

# LA RÉFRACTION

VERSION 03.1

**COORDONNATEUR : ALAIN PÉCHEREAU**  
André Roth (Genève), Charles Rémy (Lyon)  
Mario Angi (Padoue), Marie de Bideran (Bordeaux),  
Jean-Pierre Bonnac (Paris), Véronique Capart (Nantes),  
Jean-Claude Charlot (Paris), Guy Clergeau (Paimpol),  
Monique Cordonnier (Bruxelles), Danièle Denis (Marseille),  
Marie-Andrée Espinasse-Berrod, Nicole Jeanrot (Castres),  
David Lassalle (Nantes), Olivier Malauzat (Bordeaux),  
Françoise Oger-Lavenant (Nantes),  
Vincent Paris (Marche-en-Famenne), Béatrice Roussat (Paris),  
Claude Speeg-Schatz (Strasbourg) & Dominique Thouvenin (Toulouse)

ÉDITION : A & J PÉCHEREAU



# PRÉFACE

*Alain Pêchereau*

Ce polycopié sur la réfraction de l'école d'Orthoptie de Nantes est composé de quatre parties :

- Le cours du Professeur André Roth à l'école d'Orthoptie de Lausanne. Ce document permet d'avoir la synthèse d'un grand professionnel de la réfraction des enfants et des adultes. Il ne pouvait pas y avoir meilleur document introductif à un tel sujet.
- Les éléments d'optique du Docteur Charles Rémy. Celui-ci est le seul ophtalmologiste français ayant pris pour livre de chevet « l'optique physiologique » d'Yves Legrand. Par ailleurs, il est le seul ophtalmologiste capable de maîtriser les équations de l'optique physique mais également d'en saisir toutes les conséquences cliniques grâce à sa pratique d'ophtalmologiste de terrain.
- Le colloque sur la réfraction que notre équipe avait organisé en l'an 2000.
- Enfin, le chapitre sur Vision Binoculaire et Troubles Oculomoteurs du rapport présenté à la Société Française d'Ophtalmologie en 2001 et consacré à la chirurgie réfractive. Saragoussi JJ, Arné JL, Colin J, Montard M et collaborateurs. Chirurgie Réfractive. Masson éditeur (Paris), 2001, 791 pages. Celui-ci permet de faire une synthèse entre la réfraction, la vision binoculaire et la chirurgie réfractive.

Cet ensemble, parfois voir souvent redondant (mais avoir plusieurs présentations du même problème n'est-il pas le meilleur moyen d'en voir la richesse et la complexité ?) doit permettre de fournir les éléments de base et les éléments permettant de poursuivre une réflexion sur ce chapitre passionnant et délaissé qu'est la réfraction. En effet, celle-ci est le point de départ de tout processus d'évaluation et de traitement de tout trouble de la fonction visuelle.

Cet ensemble doit également faire comprendre que la réfraction est un processus dynamique. L'œil n'est pas ou n'est qu'accessoirement un système optique. Il est fondamentalement un système de traitement du signal visuel dont l'optique n'est qu'une partie certes non négligeable mais qu'une partie que tout bon professionnel de la vision donc de la réfraction devra maîtriser le plus parfaitement possible sans oublier qu'il n'en est qu'une partie.

La prise en charge des troubles de la réfraction a, comme le reste de l'ophtalmologie, fait des progrès considérables ces dernières années : lentilles de contact, chirurgie réfractive, implants cristalliniens, etc. Mais, à côté de ces évolutions fortement médiatisées, une révolution a eu lieu qui, malheureusement, n'a pas été suffisamment pris en compte par l'ensemble des professionnels de la vision. C'est l'apparition des cycloplégiques d'action rapide permettant au médecin en quelques minutes (soixante minutes au maximum) de connaître la réfraction de base (qui, chez l'enfant, peut évoluer de façon importante) avec un maximum de précision. Cette révolution permet enfin

au thérapeute de connaître la situation de son patient. Dire qu'il suffit de prescrire cette réfraction pour que tous les problèmes soient réglés serait une position qui ne prendrait pas en compte la complexité et la richesse des possibilités adaptatives du patient, possibilités à laquelle il est nécessaire de rajouter toutes les contraintes personnelles et sociales d'une telle correction. Le thérapeute doit toujours évaluer ce qui est supportable ou non par son patient, ce qui en vaut « le coup » et ce qui ne le vaut pas sur le plan de la santé visuel. Mais ce serait faire peu de cas de la confiance que le patient lui accorde si la seule réponse au trouble réfractif du patient était son confort ! (Que diable, un professionnel de la vision n'est pas un marchand de chaussures ou il faut en tirer les conséquences !) La cycloplégie permet de préciser le lieu à atteindre comme un phare éclaire le navigateur dans la nuit, mais elle ne dit pas toujours le chemin pour y parvenir (les vents sont parfois contraires) et s'il faut y parvenir (mais, grâce à la presbytie, tous y parviendront. En fait, ce n'est qu'une question de temps). Tout ceci est de la responsabilité du thérapeute : « grandeur et servitude de la condition médicale ». Mais si soustraire serait cantonné le thérapeute à un rôle de technicien qui serait lourdement sanctionné par les patients.

Les références de cet ouvrage sont les suivantes : « Auteurs ». « Titre ». In : « La réfraction ». Ed A & J Péchereau. Nantes, 2006, « pages ».

Les opinions émises dans le présent ouvrage doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et que l'éditeur n'entend leur donner aucune approbation ou improbation.

NB. Les erreurs ou les fautes étant consubstantielles à l'exercice de l'édition, n'hésitez pas à les signaler au webmaster par l'intermédiaire du site : <http://www.strabisme.net> ou en écrivant à : [webmaster@strabisme.net](mailto:webmaster@strabisme.net)

# Table des matières

<b>L'optique de l'œil ..... 4</b>	
<i>André Roth</i>	
<b>La réfraction de l'œil            4</b>	
Définition    4	
La lentille convergente de l'œil    4	
L'œil emmétrope et l'œil amétrope 4	
À propos de l'accommodation    5	
<b>L'évolution de la réfraction au cours des premières années de la vie    6</b>	
L'amétropie sphérique    6	
L'astigmatisme    6	
Évolution de la réfraction chez l'enfant    7	
<b>Les amétropies sphériques ..... 8</b>	
<i>André Roth</i>	
<b>L'hypermétropie    8</b>	
Définition    8	
La vision de l'œil hypermétrope    8	
L'évolution de l'hypermétropie    9	
La correction de l'hypermétropie    9	
<b>La myopie    9</b>	
Définition    9	
La vision de l'œil myope    9	
L'évolution de la myopie    10	
La correction de la myopie    10	
<b>L'astigmatisme ..... 11</b>	
<i>André Roth</i>	
<b>Définitions    11</b>	
La vision de l'œil astigmatique    12	
La correction de l'astigmatisme    12	
<b>L'anisométrie ..... 13</b>	
<i>André Roth</i>	
Définition de l'anisométrie    13	
Les types d'anisométrie    13	
Anisométrie et anisocornie    13	
Les conséquences de l'anisométrie    13	
<b>La place de la réfraction en orthoptique .. 15</b>	
<i>André Roth</i>	
L'amétropie chez l'enfant strabique    15	
La mesure de la réfraction chez le jeune enfant    15	
La correction optique (CO): quand et dans quels cas?    15	
Quand prescrire la correction optique totale?    15	
Quand et dans quels cas la CO totale est-elle nécessaire, oui ou non?    15	
Sur ou sous-corrrections    16	
<b>La mesure objective de la réfraction ..... 20</b>	
<i>André Roth</i>	
<b>La skiascopie            20</b>	
Comprendre le principe de la skiascopie    20	
Pratiquer de la skiascopie    22	
Première orientation, sans placer de lentille devant l'œil examiné    22	
Détermination de l'amétropie sphérique    22	
Détermination de l'astigmatisme    23	
Déduction selon la distance de l'examineur    23	
Précision de la skiascopie    24	
Quelles valeurs prescrire    24	
<b>Auto-évaluation des connaissances 24</b>	
Que pouvez-vous conclure pour l'œil que vous examinez en skiascopie?    24	
Quelle est la valeur de l'amétropie?    24	
Comment vérifiez-vous la valeur de l'amétropie sphérique?    25	
Vous avez mesuré une amétropie de -1,0 $\delta$ à 100° et de +3,0 $\delta$ à 10°    25	
<b>La kératométrie selon Javal 26</b>	
Le principe de la kératométrie    26	
Pratiquer la kératométrie    27	
<b>La réfractométrie    28</b>	
La réfractométrie manuelle    28	
La réfractométrie automatique    28	
<b>Recommandations pratiques    29</b>	
Vérification subjective des valeurs mesurées chez les enfants    29	
Vérification objective des valeurs mesurées chez les enfants    29	
Vérification des lunettes chez les enfants    29	
<b>La détermination subjective de la réfraction 30</b>	
<i>André Roth</i>	
<b>Lignes directrices générales de la détermination subjective de la réfraction 30</b>	
Première étape    30	
Deuxième étape    30	
Troisième étape    30	
Quatrième étape    30	
<b>Les amétropies sphériques 30</b>	
La détermination de la sphère    30	
Le cas particulier de la correction de la myopie forte    31	
<b>L'astigmatisme    32</b>	
Technique de la réfraction subjective    32	
Vérification objective de l'axe d'un astigmatisme    34	
La première correction d'un astigmatisme    34	
La méthode du cylindre croisé de Jackson    35	
<b>Comment corriger l'anisométrie, pourquoi, quand?    37</b>	
Petite ou moyenne anisométrie ou anisoastigmatisme    37	
Anisométrie ou anisoastigmatisme fort    38	
L'anisométrie provoquée    38	

<b>L'égalisation binoculaire</b>	<b>38</b>
La première étape	38
L'équilibre binoculaire	38
Examen des phories de loin et de près	39
<b>La compensation de la presbytie</b> .....	<b>40</b>
<i>André Roth</i>	
<b>Les spasmes de l'accommodation de l'enfant phorique (non strabique)</b> .....	<b>44</b>
<i>André Roth</i>	
<b>Les spasmes de l'accommodation de l'adolescent et de l'adulte phorique</b> .....	<b>44</b>
<i>André Roth</i>	
<b>Les spasmes de l'accommodation des sujets strabiques</b> .....	<b>46</b>
<i>André Roth</i>	
Le strabisme accommodatif	
Les ésootropies concomitantes précoces et tardives	
<b>Quelques notions d'optique</b> .....	<b>49</b>
<i>Charles Rémy</i>	
L'optique géométrique	49
Les différents types de lentilles	50
Les lentilles minces sphériques	50
Les lentilles épaisses sphériques	50
L'espace transformé 51	
Les prismes	51
L'optique physique	51
Composition de la lumière	54
<b>Pupille et acuité visuelle (la pseudo-accommodation)</b> .....	<b>59</b>
<i>Charles Rémy</i>	
<b>Pupille et accommodation</b>	<b>59</b>
Le déplacement transversal de l'image	59
Le déplacement longitudinal de l'image	60
Les variations de position du punctum proximum	60
<b>Taille de la pupille et acuité visuelle</b>	<b>61</b>
<b>Le test rouge/vert</b> .....	<b>63</b>
<i>Charles Rémy</i>	
Principe	63
Application à l'œil	64
Étude critique du test rouge/vert	64
Conclusion	65
<b>Réfraction de près (étude du PPA)</b> .....	<b>67</b>
<i>Charles Rémy</i>	
<b>La pseudo-accommodation est secondaire</b>	<b>67</b>
Le déplacement transversal	67
Le déplacement longitudinal	68
<b>L'accommodation vraie proprement dite</b>	<b>68</b>
<b>Les variations physiologiques de la position du PPA</b>	<b>68</b>
<b>Les variations pathologiques de la position du PPA</b>	<b>69</b>
L'amétropie modifie la position du remotum et du proximum	69
Les variations de position du punctum proximum	70
<b>PPA et vision binoculaire</b>	<b>71</b>
Chez le sujet emmétrope	71
Chez l'amétrope	72
Chez l'anisométrope	72
<b>La relation accommodation convergence</b>	<b>72</b>
<b>Détermination de la réfraction de près</b>	<b>73</b>
<b>L'aniséiconie</b> .....	<b>75</b>
<i>Charles Rémy</i>	
<b>Aniséiconie et correction optique</b>	<b>75</b>
Taille de l'image rétinienne et distance verre/œil	76
Modification de la taille de l'image rétinienne par effet prismatique	77
Rôle de l'accommodation	78
<b>Origines de l'aniséiconie</b>	<b>78</b>
<b>Les signes fonctionnels</b>	<b>78</b>
<b>Les méthodes de mesure de l'aniséiconie</b>	<b>78</b>
<b>Traitement</b>	<b>79</b>
<b>Aphaquie et pseudophaquie</b> .....	<b>81</b>
<i>Charles Rémy</i>	
<b>Rappel d'optique physiologique</b>	<b>81</b>
<b>Puissance optique de l'œil</b>	<b>82</b>
<b>Aphaquie</b>	<b>83</b>
<b>La pseudophaquie</b>	<b>83</b>
<b>Les systèmes oculaires grossissants</b>	<b>84</b>
Positions relatives des objets et images dans une lentille divergente	84
<b>Optique des amétropies</b> .....	<b>87</b>
<i>Charles Rémy</i>	
<b>Plan</b>	<b>87</b>
<b>Définitions</b>	<b>87</b>
Emmétropie	87
Amétropie	87
Lentilles minces — Lentilles épaisses	87
<b>La dioptrique oculaire</b>	<b>88</b>
<b>Les différentes amétropies</b>	<b>88</b>
La myopie	88
L'hypermétropie	88
L'astigmatisme	88
Correction des amétropies	89
La distance verre/œil	89
<b>Physiologie de l'accommodation</b> .....	<b>91</b>
<i>André Roth</i>	
<b>Les mécanismes de l'accommodation et de la désaccommodation</b>	<b>91</b>
<b>La neurophysiologie de l'accommodation</b>	<b>93</b>
<b>L'hystérèse accommodative</b>	<b>93</b>
<b>Le pouvoir d'accommodation</b>	<b>94</b>
<b>La triade de la vision de près</b>	<b>95</b>
<b>La pathologie du rapport CA/A et les traitements possibles</b>	<b>95</b>
<b>Épidémiologie des amétropies</b> .....	<b>99</b>
<i>Danièle Denis</i>	
De la naissance à l'âge de 3 ans	100
Après l'âge de 3 ans	100
<b>Les facteurs de risques amétropiques</b>	<b>101</b>
Les antécédents familiaux:	101
Facteur de risque réfractif	101
Quel protocole, pour quel dépistage?	102
<b>Formes de l'enfant</b>	<b>102</b>
Prévalence	102

Hypermétropie	103		
Myopie	104		
Astigmatisme	105		
Anisométrie	105		
<b>Chez l'adulte</b>	<b>106</b>		
La myopie	106		
L'hypermétropie	106		
La presbytie	106		
<b>Génétique des Amétropies.....</b>	<b>109</b>		
<i>Mario Angi</i>			
Héritabilité de l'hypermétropie	110		
Héritabilité de l'astigmatisme	111		
Héritabilité de la myopie	111		
Génétique expérimentale	112		
<b>Le phénomène d'emmétropisation.....</b>	<b>115</b>		
<i>Monique Cordonnier</i>			
La croissance du globe chez l'enfant	116		
La croissance du cristallin chez l'enfant	116		
Mise en évidence d'un phénomène actif d'emmétropisation	116		
Le maintien de l'emmétropie chez l'adulte	118		
<b>Amétropie et environnement.....</b>	<b>121</b>		
<i>Françoise Oger-Lavenant</i>			
Les substances chimiques	121		
La vie scolaire et ses contraintes	121		
Utilisation intensive de vision de près	122		
Vie professionnelle et conditions de travail	122		
Psychisme et stress	122		
Niveau d'éducation	122		
Nutrition	123		
Correction optique totale	123		
Effets favorables de l'environnement	123		
<b>Évolution de la Réfraction .....</b>	<b>125</b>		
<i>Alain Péchereau</i>			
Population	125		
La réfraction	125		
La puissance du cylindre	126		
La puissance moyenne	126		
L'astigmatisme moyen (+ astigmatisme = 0)	126		
L'axe du cylindre	126		
La sphère	126		
Évolution en fonction des examens	126		
Évolution en fonction du bilan initial	126		
En fonction du bilan final	127		
Évolution de la sphère en fonction de l'âge	128		
<b>Évolution des amétropies.....</b>	<b>131</b>		
<i>Guy Clergeau</i>			
Application pratique	131		
Description de la réfraction	132		
Évolution des amétropies — Étude transversale	132		
Évolutions des amétropies — Étude longitudinale	132		
L'étude mono paramétrique	133		
Étude globale	134		
<b>L'aniséiconie .....</b>	<b>137</b>		
<i>Charles Rémy</i>			
Définition	137		
		<b>Rappel physiopathologique</b>	<b>137</b>
		<b>Les méthodes de mesure</b>	<b>138</b>
		Méthodes de mesure de laboratoire	138
		Méthodes simples et empiriques au cabinet	138
		<b>Aspect clinique</b>	<b>138</b>
		L'aniséiconie constitutionnelle, telle qu'elle se manifeste dans l'anisométrie.	138
		L'aniséiconie acquise	138
		Les pièges de l'aniséiconie	139
		Conduite à tenir	139
		<b>La cycloplégie .....</b>	<b>141</b>
		<i>Françoise Oger-Lavenant</i>	
		La cycloplégie : pourquoi ?	141
		La cycloplégie : comment ?	141
		Atropine	141
		Cyclopentolate (Skiacol)	142
		La cycloplégie : quand ?	142
		<b>La réfractométrie automatique .....</b>	<b>145</b>
		<i>David Lassalle</i>	
		Principe de la mesure	145
		Le réfractomètre automatique fixe	146
		Présentation de l'appareil	146
		Caractéristiques	146
		Limites	146
		Le réfractomètre automatique portable	146
		Présentation de l'appareil	146
		Caractéristiques	147
		Limites	147
		Étude comparative NR 5000/Rétinomax K-plus	148
		Matériel et Méthode	148
		Résultats de l'étude statistique	148
		<b>Kératométrie et réfractométrie .....</b>	<b>151</b>
		<i>Olivier Malauzat</i>	
		Morphologie de la cornée	151
		L'astigmatisme cornéen	151
		La kératométrie manuelle	152
		La kératométrie automatique	152
		La vidéokératoscopie	153
		Perspectives d'avenir	153
		<b>La réfraction de l'enfant de moins de un an.</b>	<b>155</b>
		<i>Marie de Bideran</i>	
		Techniques	155
		Matériel	155
		Méthode	155
		Résultats	156
		Astigmatisme	156
		Hypermétropies fortes	156
		Cas particuliers	157
		Au total	157
		Limites	157
		Mesure de l'astigmatisme ± cycloplégie	157
		Puissance cylindre/réfractométrie fixe/skiascopie	158
		<b>La méthode du brouillard &amp; le test duochrome .....</b>	<b>161</b>
		<i>Marie-Andrée Espinasse-Berrod</i>	
		La méthode du brouillard	161

En théorie	161	Les exophories	190
En pratique	161	<b>Les ésootropies accommodatives</b>	<b>191</b>
<b>Le test duochrome</b>	<b>162</b>	<b>Les ésootropies avec participation accommodative minimale</b>	<b>191</b>
En théorie	162	Les exotropies	191
En pratique	163	<b>Les rapports Accommodation &amp; Convergence accommodative.....</b>	<b>193</b>
<b>La méthode du cylindre croisé de Jackson</b>	<b>165</b>	<i>Dominique Thouvenin</i>	
<i>André Roth</i>		<b>La vision dans l'espace fini</b>	<b>193</b>
Son but	165	L'accommodation	193
Son principe	165	Le myosis	194
Son utilité	165	Les convergences en physiologie	194
La méthode	166	<b>La convergence accommodative (CA) et le rapport CA/A</b>	<b>194</b>
<b>À propos de 50 cas de réfractions objectives et subjectives.....</b>	<b>169</b>	Caractérisation de CA et du rapport CA/A	194
<i>Véronique Capart</i>		Anomalies de CA, de A et des vergences	195
Population étudiée	169	Mesure de CA/A	196
Caractères étudiés	169	<b>Les hétérophories accommodatives</b>	<b>197</b>
Comparaison des 8 méthodes entre elles	169	Les hétérophories accommodatives réfractives	197
Comparaison entre les méthodes non cycloplégiées	170	Les hétérophories accommodatives non réfractives	199
Comparaison entre les méthodes cycloplégiées	170	Les spasmes accommodatifs	199
Comparaison entre trois méthodes	171	<b>« Presbytie précoce » &amp; « Viscosité des vergences » .....</b>	<b>201</b>
Courbes de régression	171	<i>Véronique Capart</i>	
<b>Réfraction subjective sous cycloplégie. Le juge de paix? .....</b>	<b>175</b>	<b>La presbytie précoce</b>	<b>201</b>
<i>Jean-Claude Charlot</i>		Symptomatologie	201
La cycloplégie	175	Examen clinique	202
L'élément cylindrique ou astigmatisme	175	Physiopathologie	202
L'élément sphérique de la réfraction	175	Prise en charge thérapeutique	202
<b>Détermination de la réfraction sous cycloplégie</b>	<b>176</b>	<b>La « viscosité des vergences »</b>	<b>202</b>
La cycloplégie	176	<b>Anomalies réfractives et phories.....</b>	<b>205</b>
L'étude de la réfraction	176	<i>Vincent Paris</i>	
<b>Réfraction objective et subjective.....</b>	<b>179</b>	<b>Position du problème et historique</b>	<b>205</b>
<i>Béatrice Roussat</i>		<b>Disparité anormale: conséquences pratiques</b>	<b>206</b>
Chez l'enfant d'âge préverbal	179	<b>Hétérophorie symptomatique: notions simples</b>	<b>207</b>
Généralités	179	<b>Méthodologie</b>	<b>208</b>
En fonction des symptômes	179	Examen systématique	208
Chez l'enfant entre 3 et 5 ans	180	Notre test de disparité	208
Chez l'enfant plus âgé (après 5 ans) et chez l'adulte	180	Commentaires	209
Chez le sujet pithiatique	181	<b>Résultats</b>	<b>210</b>
<b>Anomalies réfractives, accommodation et acuité visuelle .....</b>	<b>183</b>	Les plaintes	210
<i>André Roth</i>		La correction prismatique	210
L'emmétropie	183	Les classes d'âge	211
Les amétropies	183	La puissance	211
L'hypermétropie	184	L'asymétrie de prescription	211
La myopie	185	Population cible: les anomalies réfractives « contre la règle »	211
L'astigmatisme	186	Application du principe précédent: l'anticipation	212
L'anisométrie et l'anisétropie	187	Commentaires	212
<b>Accommodation et examen orthoptique.</b>	<b>189</b>	<b>Les traitements anti-accommodatifs.....</b>	<b>215</b>
<i>Nicole Jeanrot</i>		<i>Alain Pêchereau</i>	
Examen orthoptique	189	<b>Accommodation et amblyopie</b>	<b>215</b>
Déficits oculomoteurs ou sensoriels et composante accommodative	189	<b>Accommodation et système oculomoteur</b>	<b>216</b>
L'insuffisance de convergence pure	189	Chez le sujet normal	216
L'asthénopie accommodative	190		
Les ésothories	190		



Chez le sujet pathologique	216
<b>Accommodation et temps</b>	<b>217</b>
<b>Les traitements anti-accomodatifs</b>	<b>217</b>
La cycloplégie	217
<b>La Correction Optique Totale</b>	<b>218</b>
<b>Les surcorrections optiques unilatérales: les pénalisations optiques</b>	<b>218</b>
<b>Les surcorrections optiques bilatérales</b>	<b>219</b>
Les moyens	219
Règles de prescription des verres progressifs	219
Les indications	219
<b>Les lentilles de contact</b>	<b>220</b>
<b>Le traitement de l'amblyopie</b>	<b>220</b>
<b>La lutte contre la déviation oculomotrice</b>	<b>220</b>
Les ésootropies	220
Les exotropies	220
<b>Correction optique et binocularité .....</b>	<b>223</b>
<i>Claude Speeg-Schatz</i>	
<b>La correction optique sphérique</b>	<b>223</b>
Le mécanisme physiologique	223
Le mécanisme optique	223
<b>Rôle de la correction optique dans les strabismes?</b>	<b>224</b>
Dans les strabismes à vision binoculaire anormale	224
Dans les strabismes à vision binoculaire normale	224
<b>Rôle de la correction optique dans les hétérophories</b>	<b>225</b>
<b>Rôle de la correction optique dans l'insuffisance de convergence</b>	<b>225</b>
<b>Rôle de la correction optique dans les paralysies oculomotrices</b>	<b>225</b>
<b>Prescription d'une correction optique chez les anisométropes</b>	<b>225</b>
<b>Classiques inconvénients des verres bifocaux</b>	<b>226</b>
<b>Vision binoculaire et implantation</b>	<b>226</b>
<b>Vision binoculaire et cataracte traumatique unilatérale</b>	<b>226</b>
<b>Correction de l'astigmatisme.....</b>	<b>227</b>
<i>Jean-Pierre Bonnac</i>	
<b>Astigmatisme direct</b>	<b>227</b>
<b>Astigmatisme inverse</b>	<b>228</b>
<b>Dosage de la sous-corrrection cylindrique</b>	<b>228</b>
<b>Les montures de lunettes.....</b>	<b>231</b>
<i>Jean-Pierre Barberie</i>	
<b>Les montures pour adultes</b>	<b>231</b>
Finalité du produit	231
Comment réussir ce challenge	231
<b>Les montures pour enfants</b>	<b>232</b>
Une évidence	232
<b>Amétropies et procédés de correction ....</b>	<b>235</b>
<i>Jean-Pierre Bonnac</i>	
<b>Optique aérienne</b>	<b>235</b>
Valeur de l'amétropie	235
Éclairage rétinien	235
Accommodation	236
Chromatisme	236
Les vergences oculaires	236
Champ visuel et champ de regard	236
Les effets ciné-prismatiques	236
<b>Optique de contact, Kératochirurgie, Implant réfractif</b>	<b>236</b>
<b>Effets prismatiques .....</b>	<b>241</b>
<i>Jean-Pierre Bonnac</i>	
<b>Prismes remède</b>	<b>241</b>
Puissance	241
Épaisseur	241
Distorsions	242
Chromatisme	242
Réalizations	242
<b>Prismes pièges</b>	<b>242</b>
Verres bifocaux	243
Verres progressifs	243
<b>Vision Binoculaire et Troubles Oculomoteurs</b>	<b>245</b>
<i>Alain Péchereau</i>	
<b>Dépistage et examen pratique</b>	<b>245</b>
L'acuité visuelle	245
La réfraction	246
L'équilibre oculomoteur	246
La mesure de la vision stéréoscopique	246
Conclusion	247
<b>Les conséquences de la chirurgie réfractive</b>	<b>247</b>
Les situations à risque	247
Les troubles induits	248
Les troubles révélées	249

# Les auteurs

<b>Docteur Mario Angi</b>	<b>Padoue, Italie</b>
<b>Docteur Marie de Bideran</b>	<b>Bordeaux</b>
<b>Monsieur Jean-Pierre Bonnac</b>	<b>Paris</b>
<b>Docteur Guy Clergeau</b>	<b>Paimpol</b>
<b>Mademoiselle Véronique Capart</b>	<b>Nantes</b>
<b>Docteur Jean-Claude Charlot</b>	<b>Paris</b>
<b>Professeur Monique Cordonnier</b>	<b>Bruxelles, Belgique</b>
<b>Professeur Danièle Denis</b>	<b>Marseille</b>
<b>Docteur Marie-Andrée Espinasse-Berrod</b>	<b>Paris</b>
<b>Madame Nicole Jeanrot</b>	<b>Castres</b>
<b>Monsieur David Lassalle</b>	<b>Nantes</b>
<b>Docteur Olivier Malauzat</b>	<b>Bordeaux</b>
<b>Docteur Françoise Oger-Lavenant</b>	<b>Nantes</b>
<b>Docteur Vincent Paris</b>	<b>Marche-en-Famenne, Belgique</b>
<b>Professeur Alain Péchereau</b>	<b>Nantes</b>
<b>Docteur Charles Rémy</b>	<b>Lyon</b>
<b>Professeur André Roth</b>	<b>Genève, Suisse</b>
<b>Docteur Béatrice Roussat</b>	<b>Paris</b>
<b>Professeur Claude Speeg-Schatz</b>	<b>Strasbourg</b>
<b>Docteur Dominique Thouvenin</b>	<b>Toulouse</b>

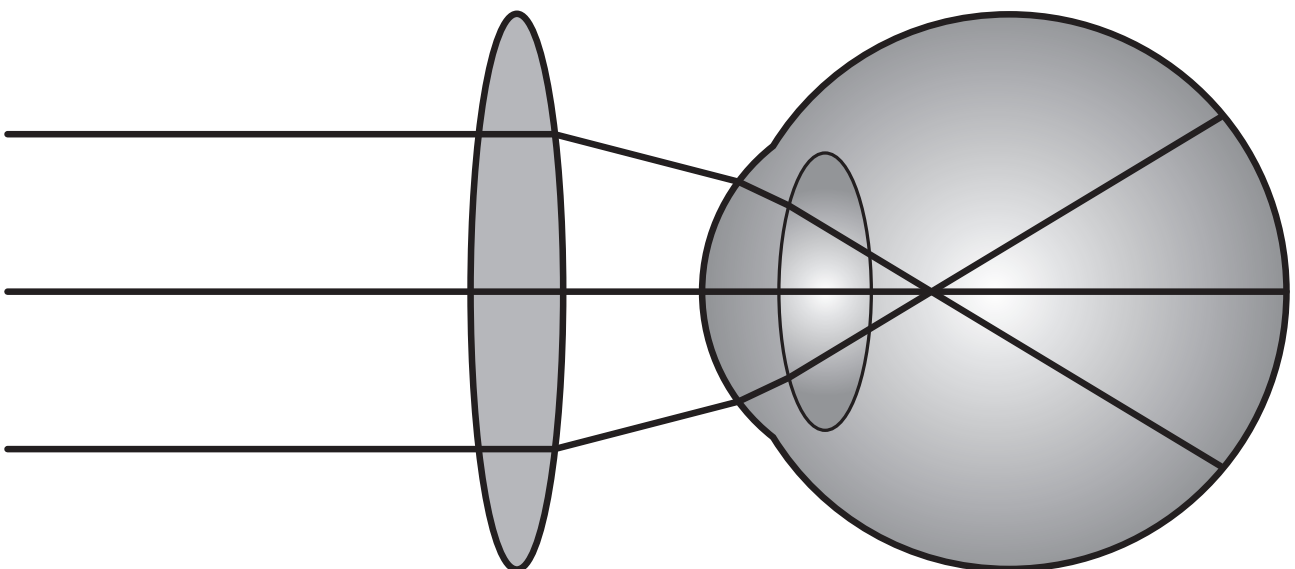
École d'Orthoptique de Lausanne  
Directeur: Médecin-Chef Dr Georges Klainguti M.E.R.

# INTRODUCTION À L'OPTIQUE MÉDICALE

à l'usage des orthoptistes et élèves orthoptistes

*Professeur em. A. ROTH*

*Genève - 2004*



Éditeurs: A & J Péchereau pour FNRO Éditions

#### **MONOGRAPHIES CONSEILLÉES**

- Castiella JC. La refracción en el niño. McGraw-Hill-Intermedica, Madrid, 1997.
- Ellington AR, Frank HJ, Greaney MJ. Clinical optics. 3rd edit., Blackwell science, Oxford, 1999.
- Lachenmayr B, Friedburg D, Hartmann E. Auge - Brille - Refraktion. « Begleitschrift zum Schober-Kurs », 3. Aufl., Thieme, Stuttgart, 2004.
- Paliaga GP. Die Bestimmung der Sehschärfe. Quintessenz, München, 1993.
- Paliaga GP. I vizi di refrazione. 3. ediz., Edizione Minerva Medica, Torino, 1995.
- Pechereau A (éd.). La réfraction. Cahiers de Sensorio-Motricité, FNRO Éditions, Nantes, 2000.
- The Foundation of the American Academy of Ophthalmology. Optics, Refraction, and Contact Lenses. Section III, San Francisco, 2001-2002.

*Première partie*

# **Bases théoriques**

# L'OPTIQUE DE L'ŒIL

## LA RÉFRACTION DE L'ŒIL

### DÉFINITION

Le dioptre de l'œil doit donner une image nette sur la rétine d'un objet visuel, sans accommodation surajoutée, lorsque celui-ci est situé à l'infini, ou avec accommodation surajoutée, lorsqu'il est plus rapproché.

La *réfraction de l'œil* désigne le pouvoir réfractif global de l'ensemble des milieux oculaires. Il est égal à la somme du pouvoir réfractif  $D$  des surfaces de transitions entre les milieux d'indices de réfraction différents qui se succèdent dans l'œil, de la surface antérieure de la cornée à la rétine (fig 1-1).  $D$  est donné par la formule :

$$D = n' - n/r$$

- $D$  est le pouvoir réfractif de la surface de transition en dioptries ;
- $n$  et  $n'$  sont les indices de réfraction des milieux avant et après la surface de transition ;
- $r$  est le rayon de la surface de transition en mètre (m).

Pour le clinicien, cependant, le terme de « réfraction » désigne de façon usuelle le rapport entre la réfraction globale et la longueur axiale de l'œil : si les deux grandeurs sont en adéquation, l'œil est *emmétrope* ; si elles ne le sont pas, l'œil est *amétrope*, hypermétrope ou myope, sans ou avec un astigmatisme surajouté.

### LA LENTILLE CONVERGENTE DE L'ŒIL

La lentille convergente de l'œil est une lentille épaisse d'une puissance totale d'un peu plus de 60 dioptries (fig 1-2b). Elle est composée de deux lentilles principales :

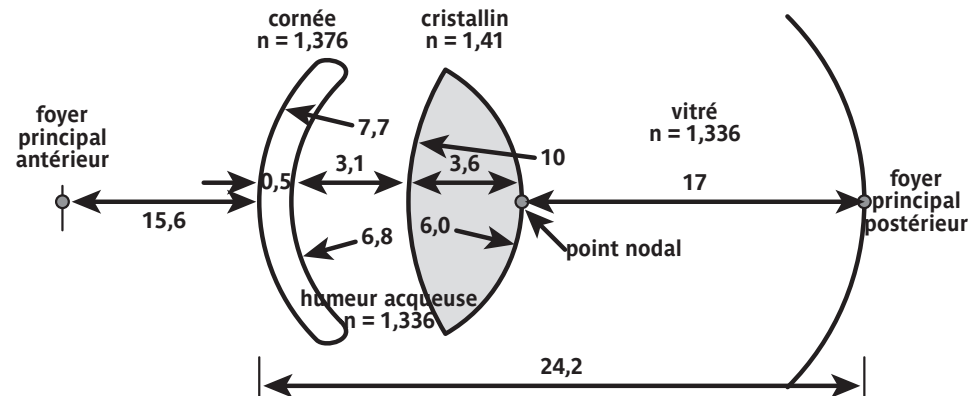
- La face antérieure de la cornée d'une puissance de 40 à 45 dioptries ;
- Le cristallin (une succession de transitions) d'une puissance d'environ 22 dioptries.

Les deux lentilles donnent une image inversée  $O'$  d'un objet  $O$ .

L'aberration sphérique (selon laquelle les rayons passant près de l'axe optique sont légèrement moins réfractés que ceux qui passent plus en périphérie. L'aberration positive ne joue qu'un rôle minime. Elle devient un facteur de gêne après une opération de chirurgie réfractive.

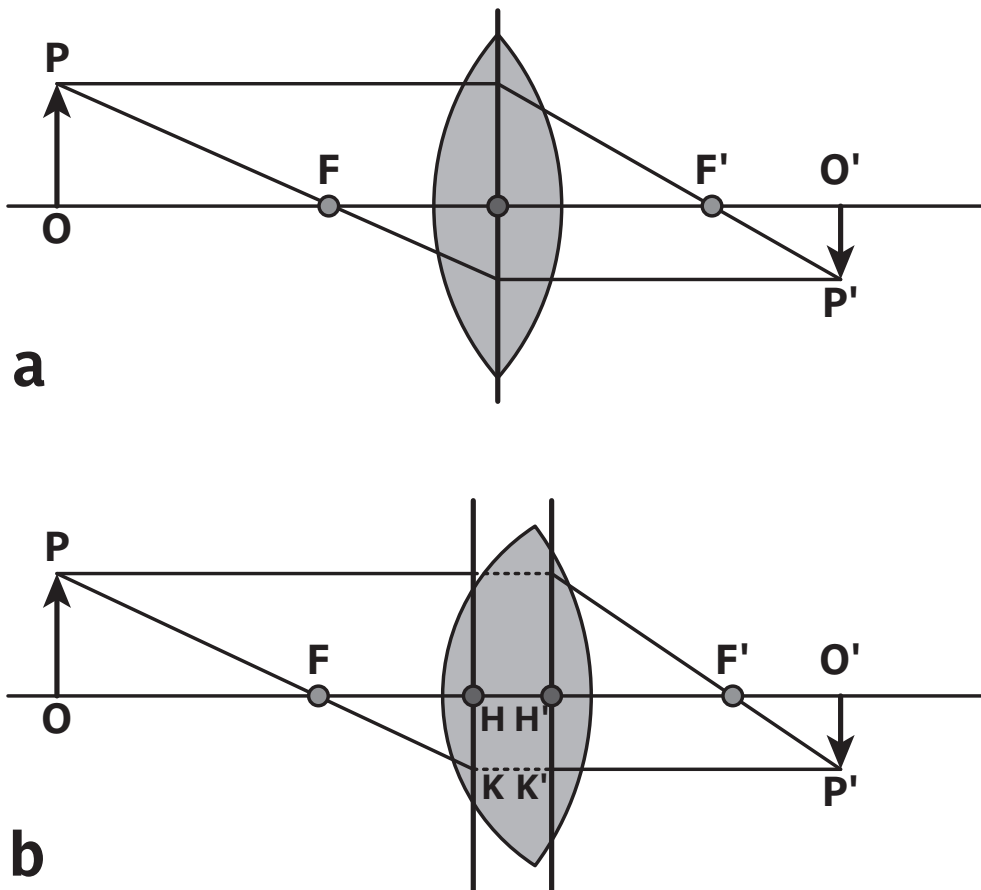
### L'ŒIL EMMÉTROPE ET L'ŒIL AMÉTROPE

Dans l'œil emmétrope la réfraction globale et la longueur axiale de l'œil sont en adéquation, indépendamment de la dimension du globe oculaire (fig



**Fig 1-1 (GP Paliaga).** Coupe de l'optique oculaire et indices de réfraction des milieux oculaires (les chiffres indiquent les longueurs et les rayons de courbure).

*NB.* La mesure de l'acuité visuelle est une mesure de seuil. Il ne suffit donc pas d'atteindre le niveau de 1,0. Il faut rechercher la capacité de discrimination maxima. Celle-ci est normalement de 1,5 à 2,0 chez les adolescents et les adultes jeunes.



**Fig 1-2 (Lachenmayr et al, Abb. 1.1.5 a, b).** a) lentille mince avec son plan principal, b) lentille épaisse avec les plans objet et image H et H'. F et F' sont les foyers objet et image de l'optique.

1-3E, a-b). L'image d'un objet visuel situé à l'infini se forme sur la rétine dans l'œil non accommodant (c'est-à-dire désaccommodant). L'œil emmétrope voit mieux au loin, sans aucune lentille devant l'œil. Il voit plus mal si l'on place une lentille sphérique ne serait-ce que de +0,25  $\delta$  devant lui.

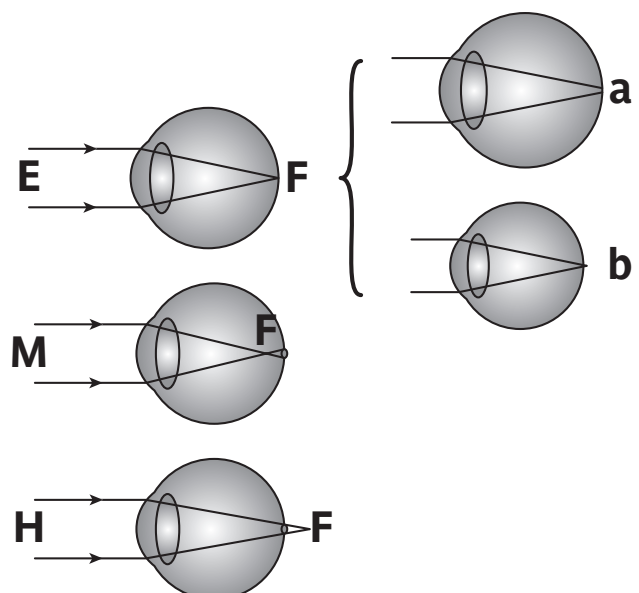
Dans l'œil myope la réfraction globale est trop forte par rapport à la longueur axiale de l'œil (fig 1-3M). L'image d'un objet visuel situé à l'infini se forme en avant de la rétine, même dans l'œil non accommodant.

Dans l'œil hypermétrope la réfraction globale est trop faible par rapport à la longueur axiale de l'œil (fig 1-3H). L'image d'un objet visuel situé à l'infini se forme en arrière de la rétine dans l'œil non accommodant.

L'optique est « stigmatte », si la réfraction globale est la même selon tous les méridiens. Si, au contraire, la réfraction globale varie progressivement selon les méridiens, en passant d'une valeur minima à une valeur maxima, l'optique est « astigmatte ».

#### À PROPOS DE L'ACCOMMODATION

L'accommodation et son inverse, la désaccommodation, représentent la capacité des yeux d'augmenter ou de diminuer automatiquement et de façon synchrone leur pouvoir réfractif, de sorte que l'image d'un objet visuel soit en permanence reproduite nette sur la rétine, autrement dit soit vue nette. Cela est possible, à condition que l'objet visuel soit situé entre le *punctum remotum* de l'œil, c'est-à-dire le point le plus éloigné que l'œil



**Fig 1-3 (d'après G.P. Paliaga).** E a et b: l'œil emmétrope; M: l'œil myope; H: l'œil hypermétrope.

est capable de voir net (à l'infini pour un œil emmétrope, ou pour un œil amétrope corrigé), et le *punctum proximum* de l'œil, c'est-à-dire le point le plus rapproché que l'œil est capable de voir net. Cette capacité accommodative a été appelée « réfraction dynamique » par Landolt (1902).

L'accommodation résulte de la contraction du muscle ciliaire, qui entraîne un relâchement des fibres zonulaires ; celui-ci provoque, à son tour, une augmentation des courbures du cristallin, principalement de la courbure antérieure, et de son pouvoir réfractif. La désaccommodation résulte des mécanismes inverses.

La distance du *punctum remotum* au *punctum proximum* est appelée « parcours accommodatif » (mesuré en dioptries, c'est-à-dire l'inverse de la distance). Le parcours accommodatif diminue progressivement avec l'âge (voir la courbe de Duane).

L'accommodation peut être maintenue pendant un temps prolongé aux 2/3 de sa capacité maximale.

L'accommodation et la désaccommodation sont des processus actifs. L'innervation est d'origine parasympathique pour l'accommodation et d'origine sympathique pour la désaccommodation. Entre les deux états se trouve la position de repos accommodatif qui correspond à une myopie d'environ de -1,50 à -2,0 dioptries. L'œil se met en position de repos accommodatif à l'obscurité (c'est pourquoi on parle aussi de myopie nocturne) ou lorsque les objets visuels sont peu contrastés.

L'accommodation n'agit pas de façon isolée. La fixation d'un objet visuel rapproché déclenche une triple réaction :

- une augmentation du pouvoir réfractif du cristallin, c'est-à-dire l'accommodation ;
- un mouvement de convergence des yeux ;
- une contraction de la pupille.

C'est ce que l'on appelle la réaction syncinétique au près.

## **L'ÉVOLUTION DE LA RÉFRACTION AU COURS DES PREMIÈRES ANNÉES DE LA VIE**

### **L'AMÉTROPIE SPHÉRIQUE**

Cette évolution peut se diviser ainsi :

- Le nouveau-né présente en moyenne une hypermétropie de +3 à 4 dioptries  $\pm$  2.
- L'hypermétropie augmente légèrement au cours des deux premiers mois de la vie, puis diminue progressivement.
- L'emmétropie est atteinte entre 6 et 10 ans.
- Dans le cas contraire, il peut persister une hypermétropie ou, au contraire, apparaître une myopie.

Ce schéma est cependant variable selon le degré d'hypermétropie ou de myopie (voir tab 1).

### **L'ASTIGMATISME**

Cette évolution peut se diviser ainsi :

- Il n'est pas rare qu'il existe un astigmatisme au cours de la première année de la vie, souvent *contraire* à la règle ou *oblique* ;
- Il régresse progressivement jusqu'à la 6e année.
- Un astigmatisme durable ne survient qu'à partir de l'âge de 4 à 8 ans ; il est alors le plus souvent *conforme* à la règle.



## ÉVOLUTION DE LA RÉFRACTION CHEZ L'ENFANT

<i>Amétropie sphérique</i>		
Âge	Amétropie moyenne	Déviaton standard
<i>Prématurité</i>	+1 $\delta$	
<i>1 mois</i>	+3,75 $\delta$	$\pm 1,50$
<i>2 mois</i>	+3,85 $\delta$	
<i>3 mois</i>	+3,60 $\delta$	
<i>6 mois</i>	+2,50 $\delta$	
<i>9 mois</i>	+2,0 $\delta$	
<i>10 mois</i>	+1,75 $\delta$	$\pm 1,30$
<i>3 ans</i>	+1,25 $\delta$	
<i>10 ans</i>	+0,75 $\delta$	$\pm 1$
Les chiffres en italique sont tirés d'une étude [non publiée] de G Clergeau sur 590 enfants.		

Tab I. Évolution de la réfraction chez l'enfant.

### **L'EMMÉTROPIE**

Elle est atteinte entre 6 et 8 ans. Il faut cependant distinguer plusieurs sous-groupes :

- Petite hypermétropie  $\rightarrow$  emmétropie ;
- Hypermétropie moyenne  $\rightarrow$  peut ou peut ne pas diminuer ;
- Hypermétropie  $\rightarrow$  reste  $\pm$  inchangée ;
- Petite myopie  $\rightarrow$  augmente lentement ;
- Myopie forte  $\rightarrow$  n'augmente pas au cours des 10 premières années de la vie.

### **L'ASTIGMATISME**

À l'âge de :

- 6 mois : chez 42 % des enfants ;
- 3 ans :
  - $\neg \geq 1 \delta$  chez 23 % des enfants (si modéré, souvent oblique),
  - $\neg \geq 2,5 \delta$  chez 3,6 % des enfants, dont 83 % contraires à la règle.

L'astigmatisme diminue de 60 % au cours des 2 années suivantes.

### **HÉRÉDITÉ & GÉNÉTIQUE**

Les amétropies se transmettent sur le mode autosomal dominant, mais seulement dans 16 % des cas avec une forte pénétrance.

## LES AMÉTROPIES SPHÉRIQUES

La réfraction d'un œil est le résultat de plusieurs composantes, dont les plus importantes sont les courbures de la cornée, la puissance du cristallin et la longueur axiale de l'œil. Chacune d'elles répond à une moyenne biométrique et une certaine variance autour de cette moyenne. De ce fait l'œil n'est pas nécessairement emmétrope. Les amétropies (exception faite des amétropies fortes) ne sont donc pas des états pathologiques, mais des variantes autour d'une moyenne biologique.

### L'HYPERMÉTROPIE

#### DÉFINITION

Un œil est **hypermétrope** lorsque le pouvoir du dioptre oculaire est trop faible par rapport à la longueur axiale de l'œil, ou inversement, lorsque l'œil est trop court par rapport au pouvoir dioptrique de l'œil.

L'hypermétropie se décompose en (fig 1-4) :

- hypermétropie *obligatoire* qui représente la part de l'hypermétropie qui doit être corrigée pour que l'œil voie 1,0 (plus précisément, de façon maximum) de loin ; cette part augmente avec l'âge au fur et à mesure que la capacité de compensation de l'hypermétropie par l'accommodation diminue ; c'est pourquoi il existe le plus souvent une hypermétropie obligatoire chez les sujets de plus de 40 ans ;
- l'hypermétropie *manifeste* qui représente l'hypermétropie maximale pouvant être constatée ; mais est-elle l'hypermétropie *totale* ? Le doute persiste toujours, en particulier chez l'enfant strabique convergent ;
- hypermétropie *facultative* qui représente la différence entre l'hypermétropie manifeste et l'hypermétropie obligatoire ;
- hypermétropie *latente* : chez l'enfant, l'adolescent et jusqu'à l'âge de 50 ans, et plus spécialement chez les sujets ésoptropes, la question d'une éventuelle hypermétropie latente, non reconnue, se pose toujours.

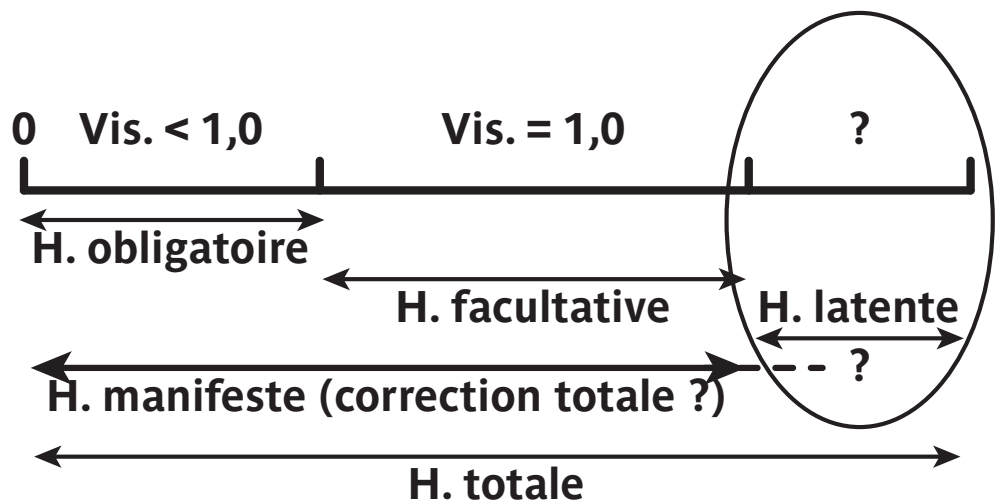


Fig 1-4. L'hypermétropie.

NB. En l'absence de cristallin, c'est-à-dire en cas d'aphakie, l'œil est hypermétrope de 12 à 13 dioptries de verre de lunettes, pour une longueur axiale moyenne.

#### LA VISION DE L'ŒIL HYPERMÉTROPE

L'œil hypermétrope voit au loin parce qu'il est en mesure de compenser son hypermétropie par une accommodation équivalente, dans la limite de d'hypermétropie facultative. Pour la vision de près, il est obligé d'accroître son effort accommodatif d'autant. Cette sursollicitation permanente de l'accommodation peut provoquer des spasmes accommodatifs et entraîner des troubles asthénopiques. Le *punctum proximum* sans correction est plus éloigné que normalement.

L'image rétinienne est agrandie par la correction par verre de lunettes, et cela d'autant plus que le verre est plus puissant et placé plus loin de l'œil. La taille de l'image rétinienne n'est pas sensiblement modifiée par la correction par lentille de contact.

L'œil hypermétrope corrigé par un verre de lunettes doit accommoder davantage que l'œil emmétrope pour fixer, à distance égale, un objet rapproché : en effet, ce que l'œil voit à travers le verre de lunettes est l'image de l'objet, qui est rapprochée par l'effet du verre, et non l'objet lui-même ; la lentille positive correctrice ajoutée à l'optique oculaire insuffisante de l'œil hypermétrope constitue en quelque sorte une lunette de Galilée ; celle-ci rapproche l'image de l'objet visuel fixé (fig 1-5).

Ce surcroît d'accommodation prend de l'importance en cas d'hypermétropie bilatérale  $> +4,0 \text{ D}$  ou unilatérale en cas d'anisométrie.

Le verre de lunettes a un effet prismatique circulaire, base au centre du verre. De ce fait le champ de vision vu à travers le verre est rétréci ; cela n'est pas gênant pour les verres de puissance faible ou moyenne ; ce n'est qu'avec les verres de forte puissance, comme les verres d'aphakes, qu'il existe un scotome circulaire gênant entre le champ de vision vu net à travers le verre et le champ de vision périphérique vu flou au-delà du verre.

### L'ÉVOLUTION DE L'HYPERMÉTROPIE

L'hypermétropie tend à augmenter à partir de la 4<sup>e</sup> décennie en raison de l'homogénéisation optique progressive du cristallin qui devient de ce fait moins réfringent ; la presbytie vient ensuite s'ajouter à cette augmentation.

### LA CORRECTION DE L'HYPERMÉTROPIE

**La correction optique totale de l'hypermétropie correspond à la lentille convergente la plus puissante qui permet la vision maximale de loin.**

Le port de la correction de l'hypermétropie est nécessaire si, sans elle :

- le sujet n'atteint pas l'acuité visuelle maximale de loin ;
- s'il ressent une gêne (fatigue visuelle, douleurs oculaires et péri-oculaires à la lecture, rougeur oculaire) ;
- s'il présente un déséquilibre binoculaire (ésophorie ou ésoptropie ou exophorie ou exotropie).

Dans les deux derniers cas, la correction optique *totale* est nécessaire.

En l'absence de strabisme et lorsque le patient ne ressent aucune gêne visuelle le port de la correction optique de l'hypermétropie, totale ou non, n'est pas indispensable.

En cas de strabisme convergent, le port de la correction optique totale est la règle.

Chez un enfant non strabique, mais avec une anamnèse familiale de strabisme convergent, le risque de survenue du strabisme est à prendre en considération (voir plus loin sous réfraction du sujet strabique).

En cas d'exotropie, une hypermétropie de +2 dioptries ou plus, doit être entièrement corrigée.

## LA MYOPIE

### DÉFINITION

Un œil est **myope** lorsque le pouvoir du dioptre oculaire est trop fort par rapport à la longueur axiale de l'œil, ou inversement, lorsque l'œil est trop long par rapport au pouvoir dioptrique de l'œil (fig 1-6.).

### LA VISION DE L'ŒIL MYOPE

Sans correction, l'œil myope ne voit pas net au loin ; son *punctum remotum* est rapproché, à une distance correspondant à l'inverse de la valeur de

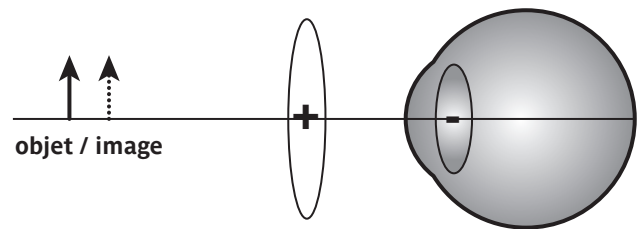


Fig 1-5. Rapprochement de l'image d'un objet visuel par le verre de lunettes en cas d'hypermétropie.

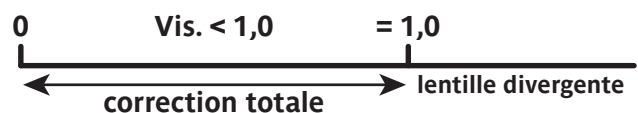


Fig 1-6. La myopie.

sa myopie ; cela signifie qu'il ne voit pas de façon maximum au-delà du *punctum remotum*. Ainsi par exemple pour une myopie de -2,0 dioptries, il voit 1,0, sans correction, jusqu'à 0,50 m. Son *punctum proximum* est situé dans la même proportion plus près de lui, ce qui facilite la vision rapprochée.

L'image rétinienne est diminuée par la correction par verre de lunettes et ce d'autant plus que le verre est plus puissant et qu'il est placé plus loin de l'œil. La correction par lentille de contact ne modifie pas sensiblement la taille de l'image rétinienne.

Le verre de lunettes a un effet prismatique circulaire, base périphérique. Il en résulte un chevauchement du champ de vision vu net à travers le verre et le champ de vision vu flou au-delà des limites du verre ; ce chevauchement n'est en fait pas gênant.

### **L'ÉVOLUTION DE LA MYOPIE**

À partir de la 4e décennie, la myopie tend à diminuer légèrement du fait de l'homogénéisation optique progressive du cristallin qui devient moins réfringent.

### **LA CORRECTION DE LA MYOPIE**

***La correction optique totale de la myopie correspond à la lentille divergente la plus faible qui permet la vision maximale de loin.***

Le port des verres correcteurs ou le non-port de ceux-ci ne modifie pas le devenir ultérieur de la myopie faible. Il va de soi que les sujets atteints de myopie moyenne portent leur correction.

Un spasme d'accommodation chez l'enfant et l'adolescent peut donner le change pour une myopie. La myopie scolaire ou pseudo-myopie, qui survient en général entre 6 et 10 ans, est due à un spasme d'accommodation chez de petits hypermétropes ; la skiascopie redresse le diagnostic. Dans ce cas il convient de prescrire la correction de la petite hypermétropie ; elle est à porter pour le travail et les devoirs scolaires (*voir « Hypermétropie latente et spasmes d'accommodation »*).

La *myopie forte* doit être corrigée le plus précocement et le plus exactement possible dans la vie des enfants pour éviter une amblyopie ex-anopsia (due à une vision floue permanente). Il est remarquable que cette myopie forte n'augmente en général pas au cours de l'enfance (*voir 2e partie*).

# L'ASTIGMATISME

## DÉFINITIONS

L'astigmatisme caractérise un système optique dont la puissance varie selon les méridiens entre un minimum et un maximum. Les méridiens correspondants au minimum et au maximum, sont appelés les axes de l'astigmatisme. Dans un tel système optique, un point objet donne deux lignes focales image, perpendiculaires l'une par rapport à l'autre, l'une plus près de l'optique et perpendiculaire au méridien optique le plus puissant, l'autre plus éloignée de l'optique et perpendiculaire au méridien optique le moins puissant (fig 1-7). L'astigmatisme est, en général, dû à une courbure inégale de la face antérieure de la cornée.

Lorsque l'astigmatisme est *régulier*, la réfraction varie régulièrement entre les deux axes principaux. Si :

- la courbure verticale de la face antérieure cornée est plus forte que la courbure horizontale, on parle d'un astigmatisme *conforme à la règle* (en fait conforme à l'astigmatisme de 0,25 à 1,0 dioptrie dû au poids de la paupière supérieure [appelé *astigmatisme physiologique*] et qui est compensé par un astigmatisme de sens inverse de la face postérieure de la cornée, de sorte qu'il ne résulte habituellement pas d'astigmatisme) ;
- au contraire, si la courbure verticale est plus faible que la courbure horizontale, on parle d'un astigmatisme *contraire à la règle* ou *inverse*.

Si les axes de l'astigmatisme sont perpendiculaires entre eux :

- ↪ si l'un des axes est emmétrope et l'autre hypermétrope ou myope, l'astigmatisme est dit *simple*,
- ↪ si les deux axes sont hypermétropes ou les deux myopes, l'astigmatisme est dit *composé*,
- ↪ si l'un des axes est hypermétrope et l'autre myope, l'astigmatisme est dit *mixte*.

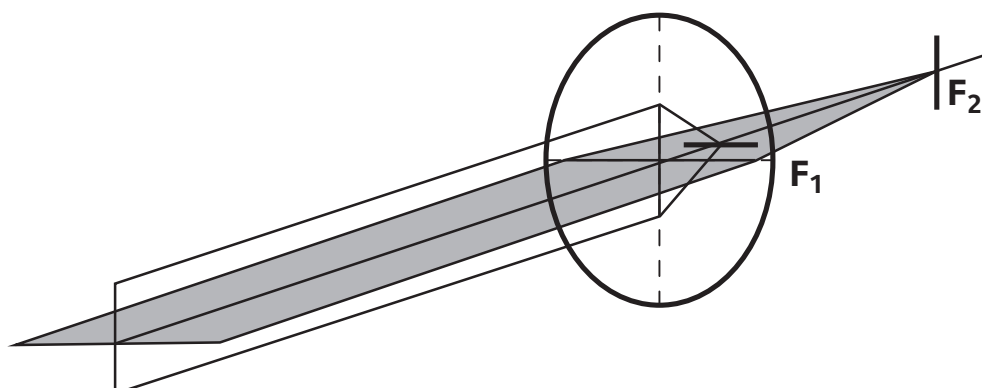
Pour les valeurs suivantes de l'axe, l'astigmatisme (cylindre exprimé en valeurs positives) est dit :

- conforme pour un axe à  $90^\circ \pm 20$  ;
- inverse pour un axe à  $0^\circ \pm 20$  ou  $180 \pm 20$  ;
- oblique pour un axe à  $45^\circ \pm 25$  ou à  $135^\circ \pm 45$ .

Les axes peuvent être vertical et horizontal, ou obliques, mais ils sont perpendiculaires entre eux.

Si les axes ne sont pas perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, l'astigmatisme est dit *bi-oblique*.

Lorsque la surface cornéenne ou l'épaisseur de la cornée sont irrégulières, l'astigmatisme est dit *irrégulier*.



**Fig 1-7.** Lignes focales horizontale F1 et verticale F2 de l'œil astigmaté ; le sujet met préférentiellement au point sur la focale verticale.

### **LA VISION DE L'ŒIL ASTIGMATE**

L'œil astigmatique voit net soit les lignes verticales, soit les lignes horizontales, mais pas les deux à la fois. Il met préférentiellement au point sur les lignes verticales, s'il le peut, parce qu'elles sont plus informatives sur le monde environnant que les horizontales.

- En cas d'astigmatisme léger (ou en cas d'astigmatisme plus fort, mais incomplètement corrigé) le patient se plaint de douleurs oculaires, de céphalées, d'asthénopie, de brûlures et de rougeur oculaire.
- En cas d'astigmatisme plus fort le patient ne voit pas bien, mais n'éprouve pas d'autre gêne.

### **LA CORRECTION DE L'ASTIGMATISME**

*Pour la correction totale de l'astigmatisme, prescrire le cylindre le plus faible qui permet la meilleure acuité visuelle.*

L'astigmatisme doit être corrigé en totalité dès le plus jeune âge, pour éviter une amblyopie méridienne. Il le sera de façon progressive chez l'adulte (voir 2e partie).

# L'ANISOMÉTROPIE

Les deux yeux d'un sujet ont le souvent la même réfraction, c'est-à-dire qu'ils sont soit les deux emmétropes, soit amétropes de façon égale ; c'est une situation d'*isométrie*. Il arrive cependant que ce ne soit pas le cas. La réfraction des deux yeux peut différer, c'est-à-dire que l'amétropie peut être différente. C'est une situation d'*anisométrie*.

## DÉFINITION DE L'ANISOMÉTROPIE

À partir de quelle différence entre les deux yeux considère-t-on qu'il y a une anisométrie, de 1 à 1,5, 2,0 ou 2,5  $\delta$ ? On admet de façon générale qu'il y a une anisométrie chaque fois que la différence est :

- $\geq 1 \delta$  pour l'amétropie sphérique ;
- $\geq 0,75 \delta$  pour l'amétropie astigmatique ;
- et/ou s'il y a une différence significative d'axe d'astigmatisme ;
- **et en pratique, lorsque l'anisométrie est la cause de troubles visuels ou de céphalées.**

## LES TYPES D'ANISOMÉTROPIE

On distingue :

- l'anisométrie *axiale*, c'est-à-dire due à une différence de longueur axiale des yeux (p. ex. une myopie unilatérale) ;
- l'anisométrie d'*indice*, c'est-à-dire due à une différence de puissance du dioptré oculaire (p. ex. une aphakie unilatérale).

La fréquence de l'anisométrie est de  $\approx 4\%$  ; elle est d'autant plus fréquente que l'amétropie est plus élevée.

## ANISOMÉTROPIE ET ANISÉÏCONIE

Une anisométrie axiale de 0,25  $\delta$  provoque une aniséïconie de 0,5 %, c'est-à-dire une différence de taille de l'image rétinienne. Une aniséïconie peut être tolérée jusqu'à 5 %, ce qui correspond à une anisométrie de 2,5  $\delta$ .

La dimension d'un objet, telle qu'un sujet la perçoit, est en réalité le résultat d'un processus plus complexe : l'apparence n'est pas la réalité !

L'iséïconie ou l'aniséïconie dépend :

- de l'optique géométrique oculaire, par iso ou anisométrie de transmission ;
- de la densité des photorécepteurs rétiniens, par iso ou anisométrie de perception ;
- de la perception subjective de la dimension de l'image, par iso ou anisométrie d'intégration.

Ainsi, p. ex., la moindre densité des cônes rétiniens peut-elle compenser une image rétinienne plus grande. De même, les centres de la perception peuvent-ils corriger une inégalité des images perçues ?

## LES CONSÉQUENCES DE L'ANISOMÉTROPIE

Elles dépendent (fig 1-8) :

- du degré d'anisométrie ;
- de l'âge du sujet lors de l'apparition de l'anisométrie.

Les anisométries congénitales ne provoquent aucune gêne subjective, donc aucune plainte ; le sujet peut y être parfaitement bien adapté et compenser l'aniséïconie qui en résulte. La gêne ne survient alors, que lorsqu'on modifie ou supprime l'anisométrie par la suite ! Ailleurs, elles peuvent avoir des conséquences visuelles.

L'anisométrie provoque la rupture de la vision binoculaire :

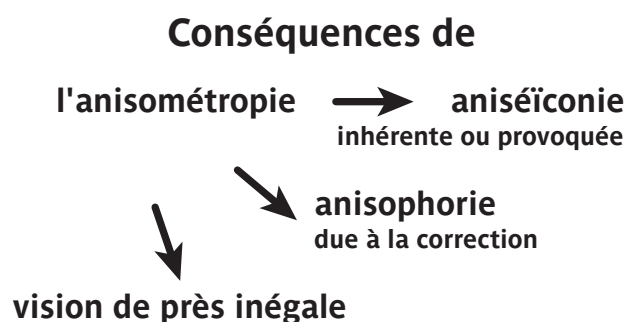
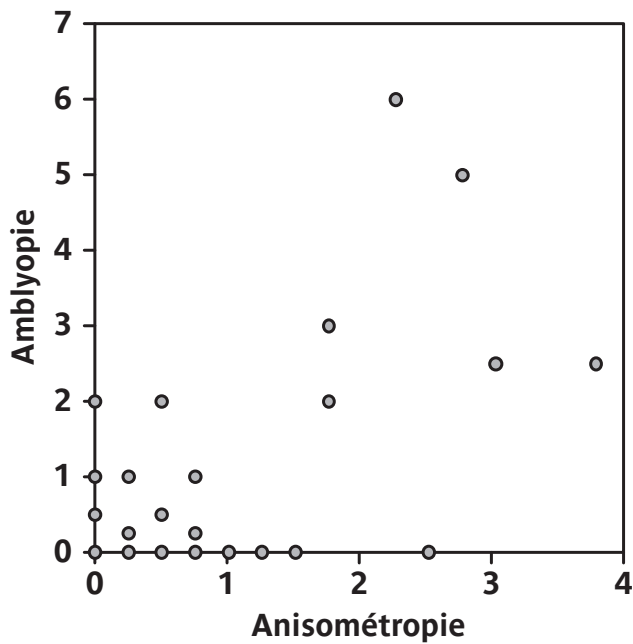


Fig 1-8. Les conséquences de l'anisométrie.



**Fig 1-9.** Amblyopie exprimée en différence d'acuité visuelle logarithmique entre les deux yeux en fonction du degré d'anisométrie.

- du fait de l'anisométrie l'image rétinienne est floue/moins nette d'un côté, ce qui entraîne un affaiblissement et, à un degré de plus, la rupture de la vision binoculaire avec :
  - ↳ alternance (p. ex. en cas de myopie modérée unilatérale),
  - ↳ neutralisation permanente de l'œil le plus amétrope,
  - ↳ ce qui peut conduire à l'amblyopie de l'œil le plus amétrope (fig 1-9). Celle-ci peut être profonde lorsque l'anisométrie est élevée.
- Les lunettes asymétriques corrigeant l'anisométrie entraînent :
  - ↳ une anisophorie (horizontale et verticale) dans les regards latéraux et verticaux,
  - ↳ une modification de l'aniséiconie,
  - ↳ une différence d'acuité visuelle de près, c'est-à-dire d'efficacité accommodative.

L'anisomyopie a moins de conséquences que l'anisohypermétropie et l'anisoastigmatisme.



# LA PLACE DE LA RÉFRACTION EN ORTHOPTIQUE

Pourquoi la réfraction occupe-t-elle une place aussi centrale en Strabologie et en Orthoptique, au point de représenter 50 % du temps de pratique ? Parce que la correction des amétropies est la condition incontournable d'un bon résultat sensoriel et moteur.

## L'AMÉTROPIE CHEZ L'ENFANT STRABIQUE

En cas de *strabisme convergent* :

- les ésootropies précoces : l'hypermétropie est en moyenne analogue à celle des enfants non strabiques ;
- les ésootropies tardives : l'hypermétropie est en moyenne plus élevée, avec ou sans amblyopie ;
- l'astigmatisme est en moyenne plus élevé ;
- l'anisométrie est plus fréquente, surtout dans les cas avec amblyopie.

Points importants :

- *l'amétropie de l'œil dominé est supérieure ou au moins égale à celle de l'œil dominant.*
- il n'y a pas de relation nécessaire entre le degré d'amétropie et l'importance de la déviation strabique.
- la réduction de l'hypermétropie moyenne est plus tardive, et ne survient, si elle le fait, qu'après l'âge de 10 ans.

En cas de *strabisme divergent*, il peut exister une corrélation entre la myopie et l'exotropie.

## LA MESURE DE LA RÉFRACTION CHEZ LE JEUNE ENFANT

Elle doit obligatoirement se faire sous cycloplégie.

Les méthodes *classiques* :

- la skiascopie sous cycloplégie, déjà chez le nourrisson ;
- la vérification skiascopique de l'axe de l'astigmatisme ;
- la réfractométrie automatique ;
- la kératométrie (axe et valeur de l'astigmatisme) dès l'âge de 3 à 4 ans ;
- la vérification subjective de l'amétropie sphérique dès l'âge de 4 à 5 ans.

Les méthodes telles que la photoréfraction (à deux flashes) ou vidéoréfractométrie, ne sont pas des méthodes de routine clinique.

*La mesure de la réfraction fait partie du diagnostic dans toutes les formes de strabisme.*

## LA CORRECTION OPTIQUE (CO) : QUAND ET DANS QUELS CAS ?

### QUAND PRESCRIRE LA CORRECTION OPTIQUE TOTALE ?

Elle doit être prescrite si elle est déterminante pour :

- l'acuité visuelle ;
- l'angle strabique ;
- La vision binoculaire.

Ou comme support pour une :

- occlusion, occlusion partielle ;
- compensation prismatique.

### QUAND ET DANS QUELS CAS LA CO TOTALE EST-ELLE NÉCESSAIRE, OUI OU NON ?

- *oui ou non* en cas de fixation croisée :
  - *non*, lorsque l'amétropie est faible,

- *oui*, en cas d'amétropie plus importante, d'astigmatisme et/ou d'anisométrie,
- ou comme support d'occlusion,
- *oui* en cas d'amétropie forte > 3 : elle est bien acceptée ;
- *oui* en cas de strabisme intermittent, même si l'amétropie est faible et s'il s'agit d'un nourrisson ;
- *oui* en cas de strabisme normosensoriel, intermittent ou non ;
- *oui* en cas de strabisme accommodatif, déjà chez le nourrisson ;
- *oui, ou CO partielle, ou non*, en cas d'amétropie sans strabisme dans une famille d'ésotropes, à discuter avec les parents.

## **SUR OU SOUS-CORRECTIONS**

### **QUAND EST-CE QU'UNE SURCORRECTION EST UTILE ?**

- Des verres bifocaux sont à prescrire en cas d'incomitance loin-près :
  - lorsque les yeux sont alignés de loin (soit sans correction en cas d'emmétropie, soit avec la correction optique totale en cas d'hypermétropie), mais qu'il existe une ésotropie de près et que celle-ci est corrigée par une addition de +3,0  $\delta$  (strabisme accommodatif avec excès de convergence ou hypo-accommodation),
  - chez le myope présentant une ésophorie gênante de près lorsqu'il porte sa correction.
- Pénalisation unilatérale de loin, alternante ou non (sur la base de la correction optique totale), de manière à pénaliser la vision de loin de l'œil dominant au cours d'un traitement d'amblyopie ou pour entretenir l'alternance.
- Des verres négatifs parfois en cas d'exotropie, pour renforcer la convergence par le biais de la convergence accommodative.

### **QUAND EST-CE QU'UNE SOUS-CORRECTION PEUT ÊTRE UTILE ?**

Elle peut être utile en cas d'XT consécutive chez un hypermétrope, mais le plus souvent de façon tout à fait *passagère*.

### **QUE FAIRE IMMÉDIATEMENT APRÈS UNE OPÉRATION ?**

- **Oui**, la correction reste nécessaire ;
- sauf pour supprimer une pénalisation, des bifocaux, ou une compensation prismatique ;
- pas de changement de verres avant deux mois.

**La prescription de la correction est le premier pas du traitement du strabisme.**

La monture des lunettes doit être adaptée à la conformation du visage de l'enfant : en particulier, le pont doit être à la mi-hauteur des verres, de manière à ce que l'ouverture orbitaire soit entièrement couverte.

### **LA CORRECTION OPTIQUE TOTALE DES AMÉTROPIES ET DES ANISOMÉTROPIES**

Elle est indispensable pour :

- la pleine acuité visuelle ;
- le traitement de l'amblyopie ;
- éliminer l'excès de convergence lié à l'accommodation en cas d'ésotropie ou l'insuffisance de convergence due à la myopie non corrigée.

En cas de strabisme normosensoriel, elle est indispensable **pour maintenir l'alignement des axes visuels** :

- en cas de strabisme normosensoriel tardif qu'il soit intermittent ou non ;
- en cas de strabisme accommodatif ;
- avec, si besoin, une compensation prismatique ou des verres bifocaux.

## CONCLUSION

- La mesure de la réfraction est la *2e étape diagnostique*, après le diagnostic étiologique du strabisme.
- Le port de la correction optique est indispensable pour neutraliser le rôle de l'amétropie, cofacteur du strabisme. La mesure de la réfraction et la prescription de la CO sont donc le *1er geste thérapeutique*.  
En cas d'ésotropie, le spasme d'accommodation et l'excès de convergence se majorent réciproquement. Le seul moyen de sortir de ce cercle vicieux est de **faire porter la correction totale de l'amétropie**.
- La réfraction est à vérifier tous les 6 mois jusqu'à 3 ans, ensuite tous les ans.



*Deuxième partie*

# **La mesure de la réfraction**

# LA MESURE OBJECTIVE DE LA RÉFRACTION

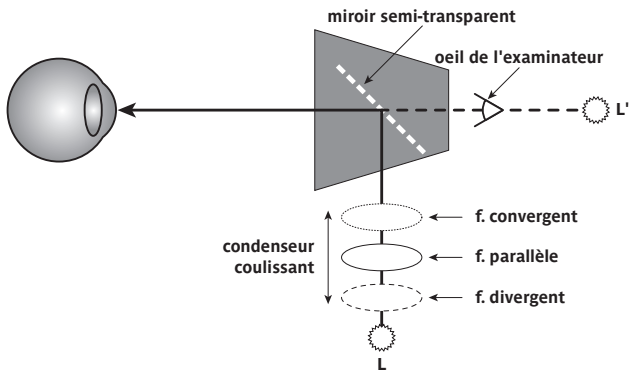


Fig 2-1. Construction du skiascope.

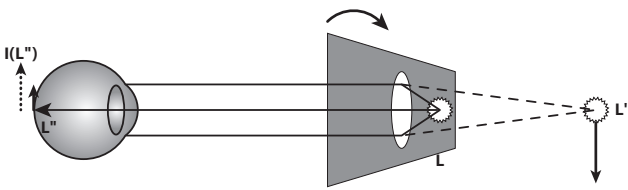


Fig 2-2. Skiascopie avec un faisceau parallèle en cas d'hypermétropie ou de myopie  $< -1 \Delta$ .

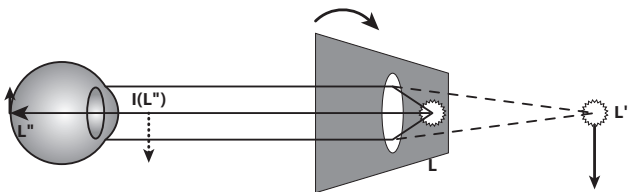


Fig 2-3. Skiascopie avec un faisceau parallèle en cas de myopie  $> -1 \Delta$ .

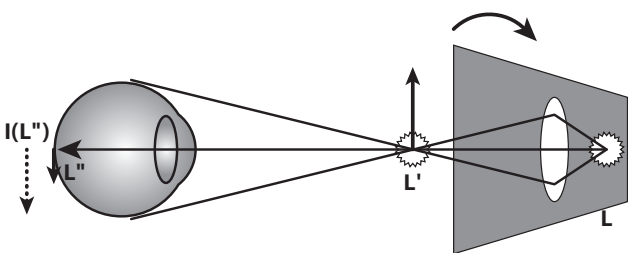


Fig 2-4. Skiascopie avec un faisceau convergent en cas d'hypermétropie ou de myopie  $< -1 \Delta$ .

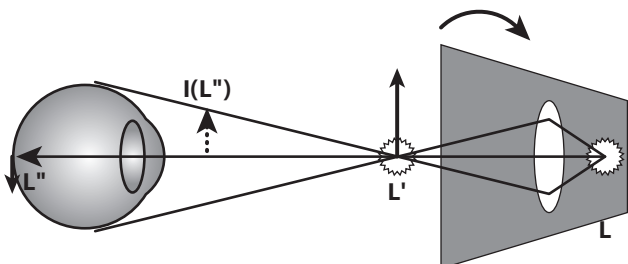


Fig 2-5. Skiascopie avec un faisceau convergent en cas de myopie  $> -1 \Delta$ .

## LA SKIASCOPIE

La skiascopie est un procédé de mesure de la réfraction de l'œil. Il a été inventé par Caignet, ophtalmologiste militaire français en poste à Lille en 1873. « Skia » (σκια) signifie « ombre » en grec ; le même terme est utilisé en allemand, alors qu'en anglais on parle de « retinoscopy ».

## COMPRENDRE LE PRINCIPE DE LA SKIASCOPIE

### LE SKIASCOPE

La source lumineuse « L » (l'ampoule), contenue dans le manche de l'instrument (fig 2-1), produit un faisceau lumineux ; celui-ci est réfléchi par un miroir semi-transparent situé dans la tête de l'instrument pour venir se confondre avec l'axe visuel de l'œil de l'examineur (comme s'il sortait de l'œil de l'examineur) et être dirigé en direction de l'œil à examiner ; la source lumineuse est virtuellement reportée en « L' ».

Selon la position du condenseur, situé entre la source L et le miroir, le faisceau lumineux sera :

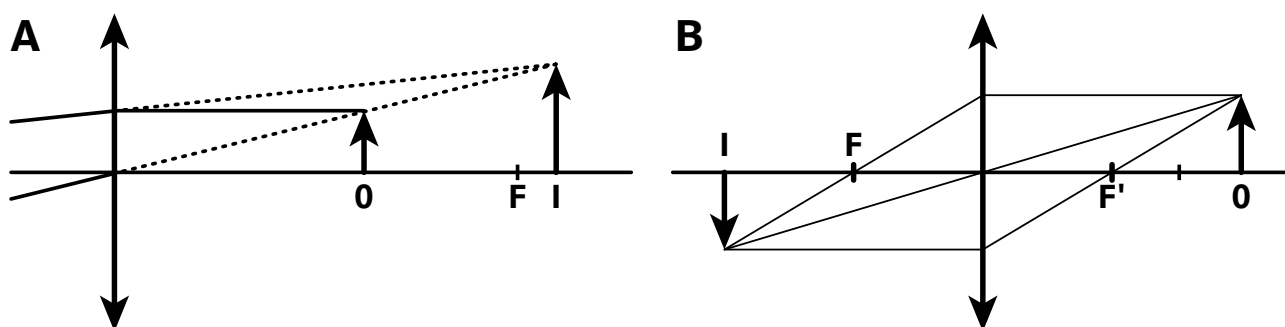
- soit **divergent** (condenseur plus près de l'ampoule) ;
- soit **parallèle** (condenseur en position intermédiaire) ;
- soit **convergent** (condenseur plus éloigné de l'ampoule).

Dans les deux cas, la source L' se trouve reportée derrière l'examineur et se déplace en sens opposé au mouvement du skiascope (fig 2-2 et 2-3),

### DU FAISCEAU LUMINEUX À L'IMAGE RÉTINIENNE

La source L' se trouve devant l'examineur et se déplace dans le sens du mouvement du skiascope (fig 2-4 et 2-5).

- L' se trouve devant l'examineur et se déplace dans le sens du mouvement du skiascope (fig 2-4 et 2-5).
- L' se trouve derrière l'examineur et se déplace en sens opposé au mouvement du skiascope (fig 2-2 et 2-3).



**Fig 2-6.** Lorsque l'objet est situé entre la lentille convergente et le foyer de la lentille convergente, l'image est droite; lorsque l'objet est situé au-delà du foyer de la lentille, l'image est inversée.

et cela **indépendamment** de la réfraction de l'œil examiné.

### **CE QUE L'EXAMINATEUR VOIT**

Ce que l'examineur voit, en éclairant la pupille de l'œil examiné et en faisant pivoter le skiascope sur l'axe de son manche n'est pas  $L'$ , mais l'**image**  $I(L'')$  de  $L''$  et le déplacement de celle-ci vu à travers l'optique convergente de l'œil examiné (cornée et cristallin) (fig 2-2 à 2-5).

#### **SI L'ŒIL EXAMINÉ EST HYPERMÉTROPE**

La rétine de celui-ci se trouve entre son optique (cornée et cristallin) et le foyer de cette optique (aucune lentille n'étant placée devant l'œil): l'image  $I(L'')$  est une **image droite**, virtuelle et plus éloignée (fig 2-6A).

Par conséquent, l'image  $I(L'')$  se déplace dans le **même sens** que la source rétinienne  $L''$ , et par conséquent aussi dans le même sens que le skiascope, lorsque le faisceau lumineux est *divergent* ou *parallèle* (fig 2-2).

#### **SI L'ŒIL EXAMINÉ EST MYOPE**

La rétine est plus éloignée que le foyer de l'optique de l'œil examiné (aucune lentille n'étant placée devant l'œil): l'image  $I(L'')$  est **une image inversée**, réelle et située devant l'œil examiné (fig 2-6B).

Par conséquent, l'image  $I(L'')$  se déplace **en sens inverse** de la source rétinienne  $L''$ , et par conséquent aussi en sens inverse du skiascope, lorsque le faisceau lumineux est *divergent* ou *parallèle* (fig 2-3).

Lorsque le faisceau lumineux est convergent, les déplacements de  $I(L'')$  sont inversés par rapport à ce qui est décrit ci-dessus (fig 2-4 et 2-5).

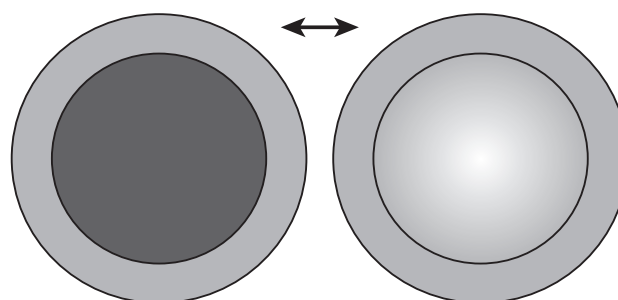
#### **SI L'ŒIL EST EMMÉTROPE**

La rétine est au foyer de l'optique oculaire et l'image  $I(L'')$  est à l'infini et paraît immobile: la pupille de l'œil examiné s'illumine en totalité lorsque le faisceau lumineux éclaire la rétine (illumination) ou s'obscurcit lorsque le faisceau lumineux tombe sur l'iris (extinction) (fig 2-7). Parfois on observe à la place de l'extinction - illumination un mouvement en ciseaux (fig 2-8).

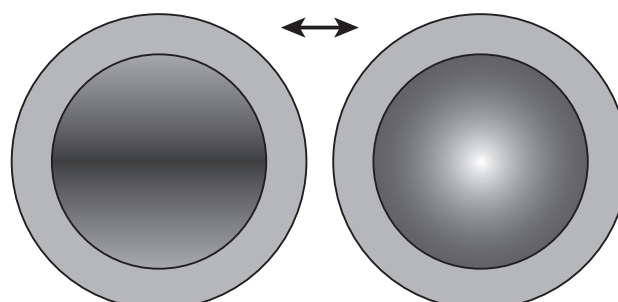
#### **SI L'ŒIL EXAMINÉ N'EST PAS EMMÉTROPE**

Si l'œil examiné n'est pas emmétrype, on place des lentilles de puissance croissante devant l'œil examiné jusqu'à obtenir le phénomène de l'extinction-illumination. Ce que l'examineur recherche par l'addition de lentilles devant l'œil examiné, c'est l'apparition du phénomène d'extinction - illumination de la pupille.

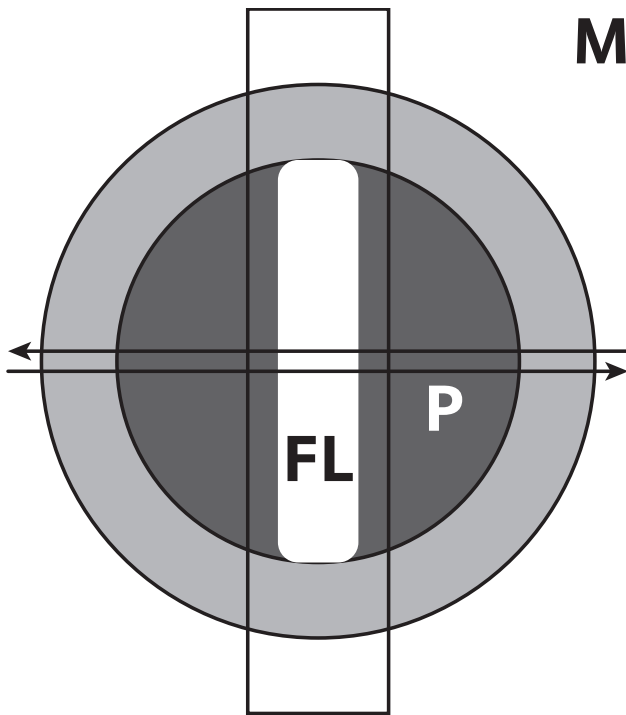
Dans les faits, afin d'être sûr d'avoir bien déterminé le point d'extinction - illumination, on commence par dépasser celui-ci avec des lentilles de puissance plus forte, puis on revient en arrière jusqu'à l'avoir atteint.



**Fig 2-7.** Extinction - illumination de la pupille.



**Fig 2-8.** Le phénomène des ciseaux.



**Fig 2-9.** Mouvement (M) de la fente lumineuse (FL).  
P = pupille.

**M**

**L'EXAMINATEUR SE TIENT À LA DISTANCE DE 1 M, OU MOINS, DU SUJET EXAMINÉ**

*L'examineur ne se tient cependant pas à l'infini, mais à la distance de 1 m, ou moins, du sujet examiné.*

L'examineur voit l'extinction - illumination lorsque son œil se trouve au foyer image donnée par l'optique de l'œil examiné plus la lentille placée devant celui-ci de « l'image I(L'') »; autrement dit, l'examineur voit l'extinction - illumination lorsque l'œil examiné plus la lentille placée devant celui-ci sera emmétropisée par rapport à la position de l'examineur. Ainsi l'examineur placé à 1 mètre, verra apparaître l'extinction - illumination, sans placer aucune lentille devant l'œil examiné, pour une myopie de  $-1 \text{ } \delta$  (en étant au punctum remotum de l'œil examiné soit la pseudo-emmétropie).

Par conséquent, pour une myopie  $< 1 \text{ } \delta$ , l'image de « l'image I(L'') » se trouve encore derrière l'examineur et se déplace comme si l'œil était hypermétrope, avec un faisceau parallèle ou divergent.

Ce n'est que lorsque la myopie est  $> 1 \text{ } \delta$ , que l'image de « l'image I(L'') » se trouve entre l'examineur et l'œil examiné et se déplace en sens inverse.

*C'est la raison pour laquelle il faut ajouter algébriquement  $-1$  (soustraire 1 en cas de mesure positive ou ajouter 1 en cas de mesure négative ou davantage, voir plus loin), à la valeur brute.*

**PRATIQUER DE LA SKIASCOPIE**

Le skiascope est tourné autour de l'axe de son manche dans le sens de la largeur de la fente lumineuse, c'est-à-dire de la plus petite dimension de celle-ci (fig 2-9).

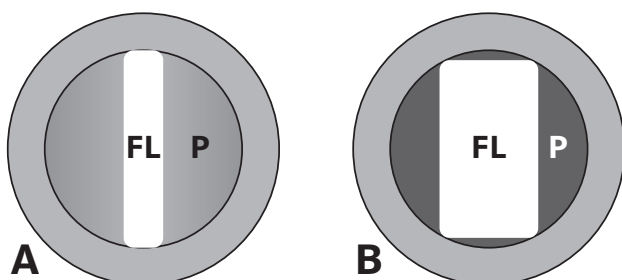
**PREMIÈRE ORIENTATION, SANS PLACER DE LENTILLE DEVANT L'ŒIL EXAMINÉ**

On observe, de préférence avec un skiascope à fente et un faisceau parallèle :

- L'orientation de l'image I(L''), à  $90^\circ$ ,  $0^\circ$  ou oblique, selon le cas,
- La largeur l'image I(L'') (fig 2-10),
- Le sens et la vitesse du déplacement de l'image I(L'').

Dès ce stade, on peut apprécier l'importance de l'amétropie :

- Si l'image rétinienne apparaît étroite et mobile (fig 2-10A), sur un fond relativement clair, on se trouve près du point d'extinction,
- Si l'image rétinienne apparaît large et peu mobile (fig 2-10B), sur un fond sombre, on se trouve loin du point d'extinction.



**Fig 2-10.** Fente lumineuse (FL) : A) étroite près de l'extinction. B) large loin de l'extinction. P = pupille.

**DÉTERMINATION DE L'AMÉTROPIE SPHÉRIQUE**

On oriente la fente du skiascope selon l'image I(L''), c'est-à-dire selon l'un ou l'autre axe (perpendiculaires entre eux) de l'optique de l'œil examiné :

- On place des lentilles positives ou négatives de puissance croissante devant l'œil examiné ;



- En progressant suivant la stratégie de la fourchette;
- Jusqu'à avoir déterminé l'amétropie.

### DÉTERMINATION DE L'ASTIGMATISME

Si l'amétropie n'est pas la même dans les deux axes, on note l'amétropie de l'axe le moins amétrope :

- On poursuit la skiascopie dans l'axe le plus amétrope (perpendiculaire au précédent), avec des lentilles soit sphériques, soit cylindriques ‡.
- On détermine avec précision l'axe de l'astigmatisme :
  - Avec la compensation de l'amétropie la plus faible (il apparaît alors le plus distinctement),
  - En faisant porter une monture d'essai et en y lisant l'axe sur un demi-cercle gradué affiché derrière le sujet (fig 2-11),
  - En vérifiant la coïncidence entre l'axe de l'image I(L') et l'axe du cylindre (fig 2-12) ‡.

### DÉDUCTION SELON LA DISTANCE DE L'EXAMINATEUR

Voir le tableau II.

Les résultats de la mesure sont notés après de la déduction correspondant à la distance de l'examineur en regard de chaque axe sur un graphique xy (fig 2-13).

#### SOURCES D'ERREURS :

- Skiascopie décentrée (non axiale);
- Fente du skiascope mal orientée (non parallèle à l'image rétinienne);
- Erreur sur la distance de l'examineur;
- Lentilles tenues trop loin de l'œil examiné ou mal centrées;
- Cycloplégie incomplète (valeurs trouvées fluctuantes);
- Mesure de la réfraction périphérique [périphérie de l'image I(L')] au lieu de la réfraction centrale (fig 2-14);
- Enfants non coopérants, hurlants.

Concernant l'amétropie de l'examineur : l'examineur doit voir la pupille de l'œil examiné nette; à défaut, il sera trompé par de faux mouvements apparents :

- **S'il est hypermétrope** il verra des mouvements de même sens;
- **S'il est myope** des mouvements de sens opposé au déplacement de la fente lumineuse du skiascope.

‡ NB. Pour la skiascopie, les verres cylindriques conviennent aussi bien que les verres sphériques; ceux-ci sont plus commodes entre les valeurs des deux axes en cas d'astigmatisme, car alors l'image pupillaire se déplace dans le même sens dans les deux axes.

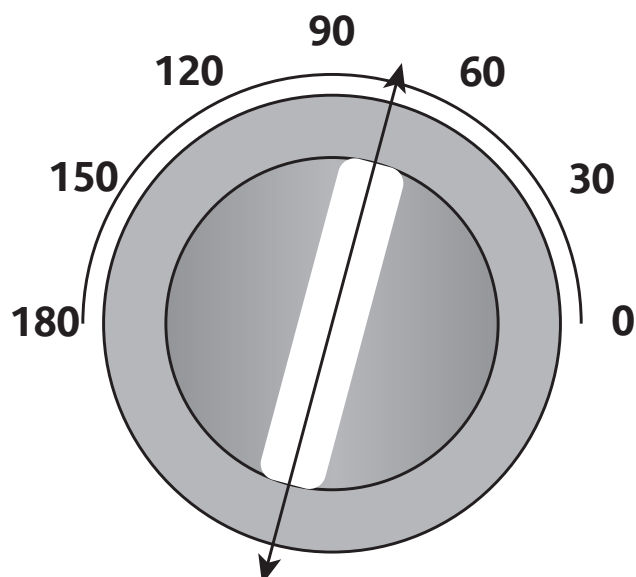


Fig 2-11. Détermination de l'axe de l'astigmatisme à l'aide d'une monture d'essai.

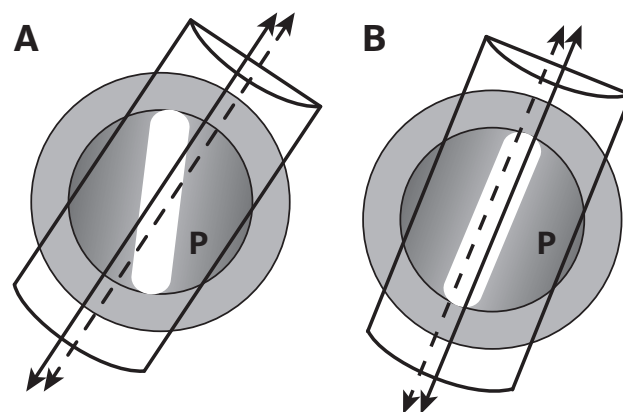


Fig 2-12. A. Non-coïncidence, B. Double coïncidence de l'axe du cylindre et de la FL avec l'axe d'astigmatisme.

Distance	Déduction
1,0 m	-1,0 δ
0,9 m	-1,1 δ
0,8 m	-1,25 δ
0,75 m	-1,33 δ
0,7 m	-1,43 δ
0,6 m	-1,66 δ
0,5 m	-2,0 δ

Tableau II.

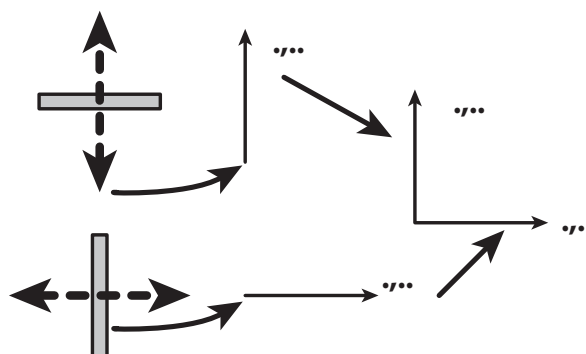


Fig 2-13.

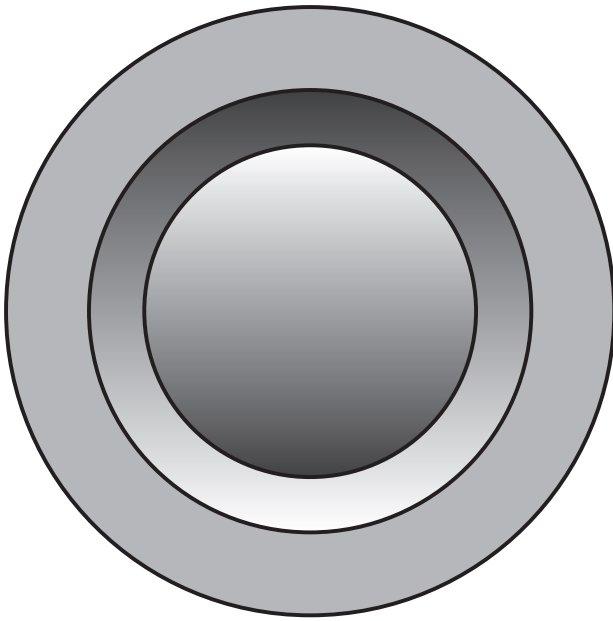


Fig 2-14. Réfraction différente au centre et en périphérie.

## PRÉCISION DE LA SKIASCOPIE

Si on skiascope avec des intervalles de lentilles de 0,50  $\delta$  : la précision est de  $\pm 0,25 \delta$  pour chacun des axes (fig 2-15)

Ainsi par exemple :

- Si nous avons mesuré +2,0  $\delta$  dans l'un des axes, la valeur exacte peut être de +1,75  $\delta$ , +2,0  $\delta$  ou +2,25  $\delta$  ;
- Et si nous avons mesuré +4,0  $\delta$  dans l'autre axe, la valeur exacte peut être de +3,75  $\delta$ , +4,0  $\delta$  ou +4,25  $\delta$ .

En conséquence, la différence entre les deux axes, c'est-à-dire l'astigmatisme, peut être de 1,50  $\delta$ , 1,75  $\delta$ , 2,0  $\delta$ , 2,25  $\delta$  ou 2,50  $\delta$ .

## QUELLES VALEURS PRESCRIRE

Quelles valeurs prescrire lorsqu'on ne dispose que des valeurs de la skiascopie ?

### CORRECTION DE L'AMÉTROPIE

#### SPHÉRIQUE

##### POUR LE SUJET NON STRABIQUE

La correction totale correspond, pour le sujet **non** strabique au résultat de la mesure, après déduction correspondant à la distance de l'examineur, moins 0,25  $\delta$ , pour éviter de surcorriger, compte tenu de l'imprécision de la mesure :

Par exemple, si nous avons trouvé +2,0  $\delta$ , après déduction, nous prescrirons +1,75  $\delta$  ; si nous avons trouvé -2,0  $\delta$ , nous prescrirons -2,25  $\delta$ .

##### POUR L'ENFANT ÉSOTROPE

Pour l'enfant **ésotrope**, la correction totale correspond à la valeur trouvée. En effet la probabilité d'une hypermétropie latente est grande. En outre, l'enfant utilise surtout sa vision rapprochée et intermédiaire, de sorte qu'une éventuelle légère surcorrection ne le gênera pas.

Dès que l'enfant aura atteint l'âge de 4 ans, il sera le plus souvent possible de vérifier subjectivement la valeur de l'amétropie sphérique avec une précision de  $\pm 0,25 \delta$ .

##### CORRECTION DE L'ASTIGMATISME

Il convient de prescrire 0,50  $\delta$  de moins que la différence mesurée (Bangerter, 1953, 1955) pour tenir compte de l'imprécision des mesures et du fait qu'une surcorrection de l'astigmatisme est mal tolérée, ce qui revient à prescrire la valeur inférieure probable.

## AUTO-ÉVALUATION DES CONNAISSANCES

### QUE POUVEZ-VOUS CONCLURE POUR L'ŒIL QUE VOUS EXAMINEZ EN SKIASCOPIE ?

Que pouvez-vous conclure pour l'œil que vous examinez en skiascopie, si, en utilisant un faisceau parallèle et en ayant placé une lentille sphérique de +3  $\delta$  devant cet œil, vous constatez que l'image de la fente lumineuse se déplace dans les deux méridiens principaux dans le sens du mouvement du skiascope ?

### QUELLE EST LA VALEUR DE L'AMÉTROPIE ?

Quelle est la valeur de l'amétropie, lorsque l'extinction apparaît sans que vous ayez besoin de placer une lentille devant l'œil que vous examinez et lorsque vous vous tenez à 1 m du sujet ?

≠ NB. La skiascopie peut se faire à travers les lunettes portées (en particulier en cas de myopie forte).

**COMMENT VÉRIFIEZ-VOUS LA VALEUR DE L'AMÉTROPIE SPHÉRIQUE ?**

Comment vérifiez-vous chez un enfant de 4 à 5 ans la valeur de l'amétropie sphérique que vous avez trouvée à la skiascopie ?

**VOUS AVEZ MESURÉ UNE AMÉTROPIE DE -1,0 D À 100° ET DE +3,0 D À 10°**

Vous avez mesuré une amétropie de -1,0 D à 100° et de +3,0 D à 10° (après la déduction correspondant à la distance à laquelle vous avez effectué la skiascopie). Écrivez l'ordonnance pour la correction optique totale.

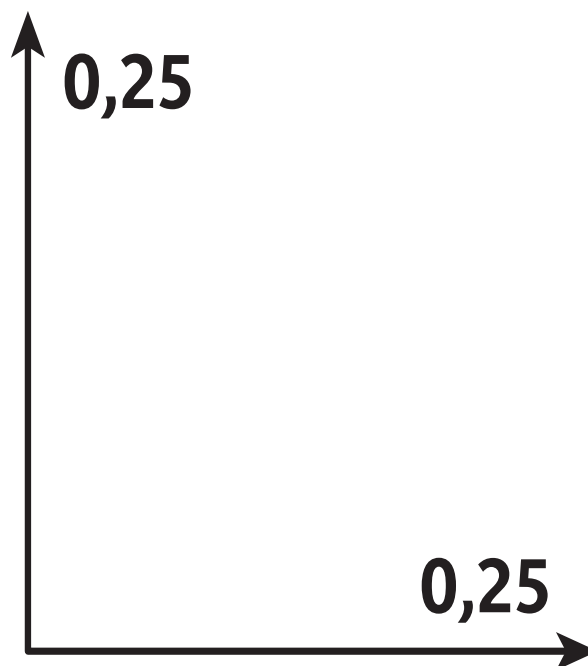


Fig 2-15.

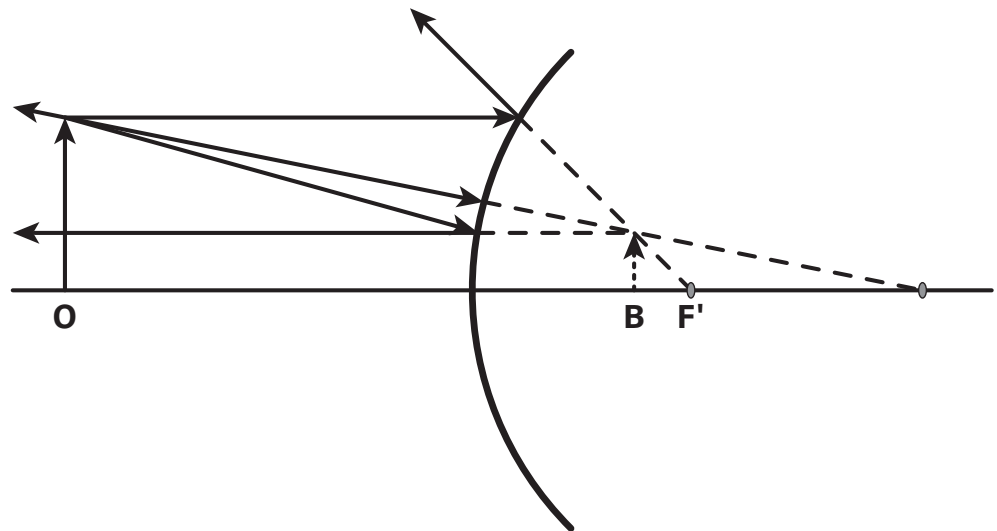


Fig 2-16. Face antérieure de la cornée.

## LA KÉRATOMÉTRIE SELON JAVAL

### LE PRINCIPE DE LA KÉRATOMÉTRIE

La face antérieure de la cornée est utilisée comme un miroir convexe (fig 2-16).

Elle donne une image droite et rapetissée de l'objet qui se réfléchit sur elle. Celle-ci est d'autant plus petite que le rayon de courbure du miroir est court ou, en d'autres termes, que la courbure est prononcée.

### LE KÉRATOMÈTRE DE JAVAL

L'objet est constitué par l'ensemble des deux boîtiers, vert et rouge, et du point de fixation central (dans la lunette d'observation) de l'instrument. Son image est dédoublée transversalement par un bi-prisme incorporé dans le kératomètre et apparaît dédoublée à l'examineur regardant à travers la lunette d'observation. Seules les parties centrales des deux images sont prises en considération pour la mesure kératométrique (fig 2-17.).

- On recherche d'abord un plan principal, en faisant pivoter l'instrument jusqu'à ce que les lignes moyennes des deux demi-figures soient alignées.
- On fait coïncider ensuite le bord interne des deux demi-figures, puis on fait pivoter l'instrument de  $90^\circ$  :
  - Si les demi-figures se chevauchent alors, il existe un astigmatisme de la face antérieure de la cornée, dont la valeur se lit directement (1 marche correspond à une dioptrie). La fig 2-18 montre l'astigmatisme physiologique de la face antérieure de la cornée;
  - Si, au contraire, les demi-figures s'écartent, on les ramène au contact l'une de l'autre; puis on fait pivoter l'instrument de  $90^\circ$  en sens

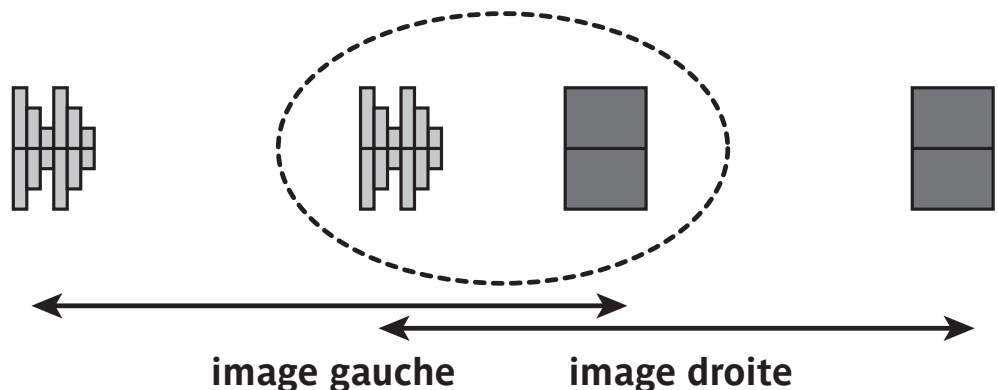


Fig 2-17. L'image des figures sur la face antérieure de la cornée, dédoublée par un bi-prisme; seule la partie centrale des deux demi-figures est prise en considération pour la mesure.

contraire et on lit directement la valeur du chevauchement.

### AUTRES TYPES DE KÉRATOMÈTRES

D'autres kératomètres comportent des figures différentes. Dans l'exemple de la fig 2-20, on mesure la puissance réfractive (lue sur l'échelle de l'instrument) de chacun des deux axes, en faisant coïncider chaque fois les deux demi-figures; la différence calculée entre les deux valeurs indique la valeur de l'astigmatisme de la face antérieure de la cornée.

### PRATIQUER LA KÉRATOMÉTRIE

#### LES AVANTAGES DE LA MÉTHODE

- Elle indique l'ordre de grandeur de l'astigmatisme;
- Elle indique l'axe de l'astigmatisme;
- Elle constitue une deuxième mesure objective (avec la skiascopie);
- Elle facilite la réfraction subjective.

#### LES LIMITES DE LA MÉTHODE

- L'astigmatisme mesuré est celui d'une zone péricentrale, à 1,25 mm du centre, et non centrale de la cornée;
- L'astigmatisme mesuré n'est que celui de la face antérieure de la cornée;
- La mesure est difficile chez le jeune enfant.

#### LA NOTATION DU RÉSULTAT:

La valeur du chevauchement et l'axe de ce chevauchement sont notés (qui correspond à l'axe du cylindre positif éventuellement à prescrire), par exemple 2,25  $\delta$  à 80°. Plus rarement il est d'usage, dans certaines cliniques, de noter l'axe du cylindre négatif.

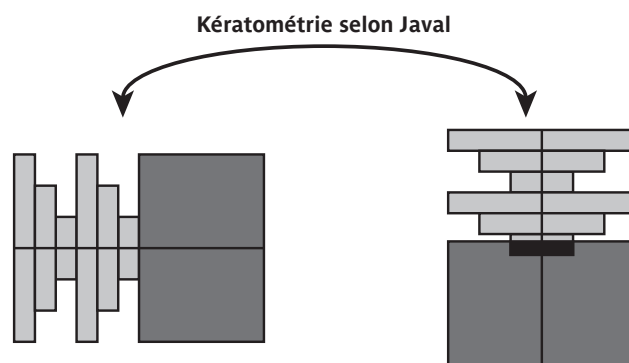


Fig 2-18. Astigmatisme physiologique de la face antérieure de la cornée.

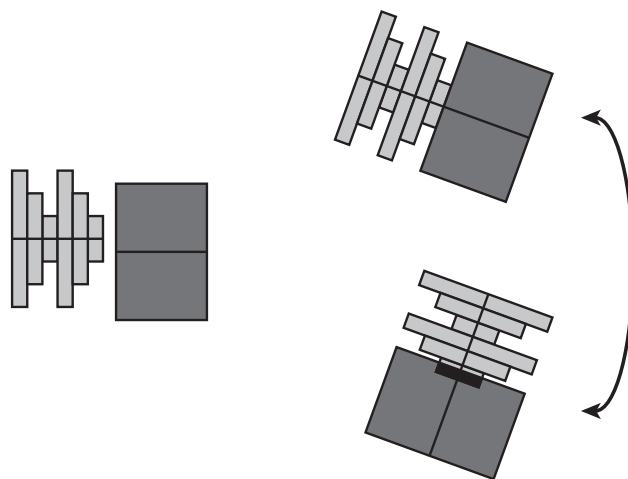


Fig 2-19. La figure montre un astigmatisme oblique de 1,75  $\delta$  à 75°, directement lisible sur l'image kératométrique.

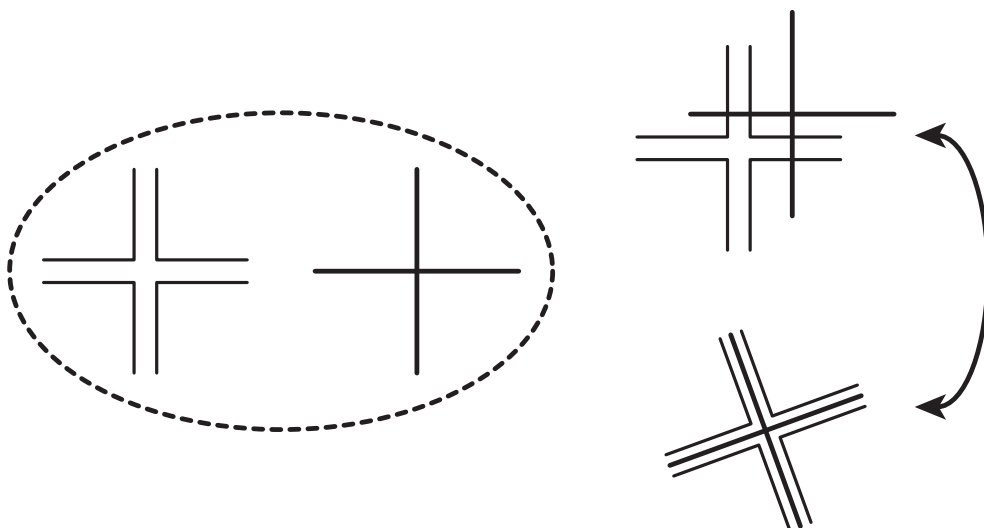


Fig 2-20. Autre type de kératomètre.

## **LA RÉFRACTOMÉTRIE**

### **LA RÉFRACTOMÉTRIE MANUELLE**

- La réfractométrie par focalisation (Rodenstock);
- La réfractométrie par coïncidence (Zeiss).

### **LA RÉFRACTOMÉTRIE AUTOMATIQUE**

- Elle utilise les mêmes principes généraux que la réfractométrie manuelle (leurs détails sont tenus secrets par les fabricants);
- Elle mesure la défocalisation de l'image sur la rétine (en infrarouge);
- Les essais de photoréfraction n'ont pas encore abouti.

**La réfractométrie manuelle et automatique, la skiascopie et la kératométrie, ne sont qu'une base pour la réfraction subjective dès que celle-ci est possible. Il n'est jamais sûr que les valeurs indiquées soient parfaitement exactes.**

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

Aussi longtemps qu'il n'est pas possible d'effectuer une détermination subjective de la réfraction, la prescription des lunettes se base uniquement chez l'enfant sur les données fournies par les mesures objectives de la réfraction, sur la skiascopie d'abord et avant tout, un peu plus tard sur la réfractométrie automatique et aussi, à partir de l'âge de 3 ans, sur la kératométrie.

À cause du jeune âge des enfants, il existe toujours un risque d'imprécision pour chacune des mesures. Les différents procédés se complètent de ce fait utilement. Ainsi par exemple, si la skiascopie indique une différence de 3  $\delta$  entre les deux axes, on prescrira un cylindre de 2,50  $\delta$ ; mais si la kératométrie n'indique qu'une différence de 2,50  $\delta$ , on prescrira plutôt un cylindre de 2  $\delta$  seulement, etc. Il est donc utile d'utiliser le maximum possible de méthodes de mesure.

## VÉRIFICATION SUBJECTIVE DES VALEURS MESURÉES

### CHEZ LES ENFANTS

Dès l'âge de 4 à 5 ans, les mesures objectives peuvent être facilement vérifiées subjectivement, immédiatement après la skiascopie ou la réfractométrie:

- L'amétropie sphérique, avec une précision de 0,25  $\delta$  (voir skiascopie):
  - ↳ En cas d'*hypermétropie*:
    - ◇ Immédiatement après la skiascopie, faire lire à distance (avec une monture d'essai),
    - ◇ Débuter avec une surcorrection de +0,50 ou +0,75  $\delta$ ,
    - ◇ Diminuer la correction de +0,25 en +0,25  $\delta$  jusqu'à avoir atteint la lentille la plus puissante qui permet l'acuité visuelle maximale,
    - ◇ Avec une lentille encore plus faible, l'enfant voit à nouveau moins bien; ses réponses sont d'une précision étonnante;
  - ↳ En cas de *myopie*:
    - ◇ Débuter avec une sous-correction,
    - ◇ Augmenter la correction jusqu'à avoir atteint la lentille la moins puissante qui permet l'acuité visuelle maximale;
- En cas d'astigmatisme composé:
  - ↳ Placer la correction de l'astigmatisme que l'on compte prescrire sur la monture d'essai (voir ci-dessus);
  - ↳ Vérifier l'amétropie sphérique comme indiqué ci-dessus.
- La vérification de l'amétropie astigmatique est plus difficile. Elle est possible à un âge plus avancé:
  - ↳ Placer sur la monture la correction sphérique optimale;
  - ↳ Faire lire avec un cylindre plus fort de 0,50  $\delta$  et un cylindre plus faible de 0,50  $\delta$  (en compensant par -0,25  $\delta$ , puis +0,25  $\delta$  sphérique, voir ci-dessous).

## VÉRIFICATION OBJECTIVE DES VALEURS MESURÉES CHEZ LES ENFANTS

L'axe d'astigmatisme peut être évalué:

- À l'aide d'une monture d'essai ou d'un schéma affiché au mur;
- Par la vérification de la coïncidence entre l'axe du cylindre et l'axe du reflet pupillaire (voir plus loin).

## VÉRIFICATION DES LUNETTES CHEZ LES ENFANTS

Chaque contrôle orthoptique commence par une vérification des lunettes. Elle s'effectue comme ci-dessus, avec des lentilles tenues devant les lunettes ou, mieux, avec la correction placée sur une monture d'essai. Les verres sont-ils bien adaptés, ou y a-t-il une sous-correction? Une surcorrection ou un spasme d'accommodation donnant le change pour une surcorrection?

# LA DÉTERMINATION SUBJECTIVE DE LA RÉFRACTION

## **LIGNES DIRECTRICES GÉNÉRALES DE LA DÉTERMINATION SUBJECTIVE DE LA RÉFRACTION**

La mesure objective de la réfraction doit être complétée dans tous les cas, dès lors que l'âge du patient le permet, par une détermination subjective de la réfraction.

### **PREMIÈRE ÉTAPE**

#### **La mesure de l'acuité visuelle brute**

L'examen débute par la détermination de l'acuité visuelle brute. Celle-ci donne une première indication, pour autant qu'il n'y ait pas de cause organique expliquant un éventuel déficit (tableau III).

### **DEUXIÈME ÉTAPE**

#### **La mesure objective de la réfraction**

##### **LA SKIASCOPIE SOUS CYCLOPLÉGIE**

- Chez l'enfant ;
- Chez l'adolescent et l'adulte si nécessaire ;
- Et, si nécessaire, sous cycloplégie.

##### **LA KÉRATOMÉTRIE**

Elle sera toujours réalisée et à tout âge, sauf chez le jeune enfant où elle n'est pas possible (économise du temps).

##### **LA RÉFRACTOMÉTRIE**

Toujours en cycloplégie chez l'enfant.

Les valeurs mesurées seront le point de départ de la détermination subjective de la réfraction.

### **TROISIÈME ÉTAPE**

#### **La détermination subjective de la réfraction**

### **QUATRIÈME ÉTAPE**

#### **La prescription de la correction**

## **LES AMÉTROPIES SPHÉRIQUES**

### **LA DÉTERMINATION DE LA SPHÈRE**

#### **LA MÉTHODE ASCENDANTE**

Commencer par tester la vision de loin (% ou 6 m). **Toujours débiter en plaçant une lentille de +0,50 D devant l'œil :**

- Si le sujet voit autant ou mieux, il est **hypermétrope** ; poursuivre avec des lentilles positives de puissance croissante jusqu'à ce que, puis aussi longtemps que le sujet voit de façon maximum ; toujours dépasser cette limite, puis revenir en arrière pour s'assurer que la limite a été bien atteinte ; mais il faut se souvenir que le sujet ne réalise en général qu'il voit moins qu'au deuxième échelon au-delà de la limite ;  
L'hypermétropie d'un sujet déterminée de façon objective par la skiascopie ou la réfractométrie sous cycloplégie et/ou de façon subjective par la recherche de la lentille convexe la plus puissante qui permet l'acuité visuelle maximale de loin, est l'hypermétropie *manifeste*. Il n'est cependant jamais certain que l'hypermétropie manifeste que nous parvenons à saisir ainsi corresponde à l'hypermétropie *totale*, même sous cycloplégie. Un spasme de l'accommodation peut masquer partiellement l'hypermétropie. En d'autres termes, il peut rester une hypermétropie latente non diagnostiquée (voir « Hypermétropie latente et spasmes d'accommodation »).



- Si le sujet voit moins bien, il est **myope**. Il faut poursuivre en plaçant des lentilles négatives de puissance croissante jusqu'à ce que le sujet voit de façon maximum.  
Après avoir corrigé la myopie de chaque œil, il faut tester la vision de près en vision binoculaire pour s'assurer que la correction est bien tolérée en vision rapprochée :
  - Si la lecture est confortable, la correction peut être prescrite ;
  - Si, au contraire, elle n'est pas confortable, diminuer la correction de 0,25 des deux côtés ; si la lecture est alors confortable, prescrire cette correction légèrement réduite ; avec elle, le sujet verra de loin, en vision binoculaire, aussi bien qu'il voyait en vision monoculaire avec la correction plus forte.

Il faut toujours penser à vérifier l'équilibre binoculaire avec correction de loin et de près, aussi bien chez l'hypermétrope que chez le myope.

### **LA MÉTHODE DU BROUILLARD (MÉTHODE DESCENDANTE)**

La méthode du brouillard a pour but de lever un éventuel spasme d'accommodation. Elle consiste, en cas d'hypermétropie, à placer devant l'œil une lentille d'environ +2,50  $\delta$  plus forte que la lentille limite trouvée par la méthode ascendante, puis à réduire progressivement sa puissance jusqu'à avoir atteint la vision maxima.

De petits spasmes d'accommodation (p. ex. celui provoqué par une lecture prolongée en salle d'attente ou par le travail d'une journée) peuvent être levés de cette manière. Elle est insuffisante, si l'on suspecte un spasme plus intense ; il faut alors pratiquer une skiascopie ou une réfractométrie sous cycloplégie.

### **LE TEST ROUGE-VERT**

L'amétropie d'un œil ne correspond pas nécessairement exactement aux échelons des verres d'essais. Par exemple, la myopie d'un œil peut être de -2,12  $\delta$ . Faut-il, dans ce cas, prescrire plutôt -2,0  $\delta$  ou plutôt -2,25  $\delta$  ?

Le test rouge-vert permet de savoir si l'œil est sur ou sous-correcté. Le patient doit fixer les signes sur fond vert et ne jeter que de courts coups d'œil sur ceux sur fond rouge (afin de ne pas solliciter l'accommodation). Il doit juger sur lequel des fonds les caractères lui paraissent le plus noirs (Lachenmayr et al.) :

- Si les signes lui paraissent plus noirs sur le fond vert, l'œil hypermétrope est légèrement sous-correcté ou l'œil myope surcorrecté ;
- Si les signes lui paraissent plus noirs sur le fond rouge, l'œil hypermétrope est légèrement surcorrecté ou l'œil myope sous-correcté ;
- Si les signes lui paraissent également noirs sur les deux fonds, l'œil est bien corrigé.

### **LE CAS PARTICULIER DE LA CORRECTION DE LA MYOPIE FORTE**

En cas de myopie forte, l'acuité visuelle peut être réduite du fait :

- De la réduction de la taille de l'image rétinienne par la correction par lunettes ;

<i>Acuité visuelle de loin</i>	<i>Acuité visuelle de près</i>	<i>Probabilité</i>
Normale	Normale	Emmétropie Hypermétropie légère Astigmatisme léger
Normale	Basse	Hypermétropie ou presbytie
Basse	Normale	Myopie, éventuellement avec astigmatisme
Basse	Basse	Forte amétropie, souvent avec astigmatisme

Tableau III.

- D'un astigmatisme cornéen notable associé, souvent bi-oblique;
- De la moindre densité des cônes rétiens;
- D'un astigmatisme rétinien;
- D'une amblyopie réfractive (correction trop tardive).

### **LA MESURE DE LA RÉFRACTION**

Elle se fait au moyen de :

- La skiascopie avec faisceau parallèle :
  - ↳ Sans lentille négative devant l'œil : on voit une lueur pupillaire homogène, mais relativement sombre, donnant l'impression de suivre le mouvement du skiascope, ce qui est perturbant pour l'examineur,
  - ↳ La myopie est facilement surévaluée,
  - ↳ Plus facile par-dessus les lunettes, si le patient en porte déjà.
- Kératométrie selon Javal ou kératométrie topographique;
- Réfractométrie automatique, souvent prise ici en défaut;
- Détermination subjective de la réfraction;

### **QUE PRESCRIRE EN CAS DE MYOPIE FORTE ?**

**La correction optique totale sera prescrite dès le plus jeune âge.**

- Les lunettes ont des désavantages :
  - ↳ L'acuité visuelle sera moindre,
  - ↳ Le champ de vision sera déformé dans les regards latéraux,
  - ↳ En périphérie il y a un chevauchement annulaire du champ de vision vu à travers les verres et de celui vu au-delà des verres,
  - ↳ Les lunettes sont inconfortables, lourdes et peu esthétiques.
- Les lentilles de contact ont de multiples avantages :
  - ↳ L'image rétinienne est plus grande, l'acuité visuelle par conséquent meilleure,
  - ↳ La correction optique nécessaire est plus faible,
  - ↳ L'illumination rétinienne est meilleure,
  - ↳ Le champ visuel est le champ de vision,
  - ↳ Elles ont un effet psychologique positif en raison d'un meilleur confort, d'une meilleure qualité optique, d'une plus grande liberté de mouvements, de l'esthétique.

## **L'ASTIGMATISME**

### **TECHNIQUE DE LA RÉFRACTION SUBJECTIVE**

#### **CHEZ L'ENFANT**

La mesure de la réfraction se fait nécessairement sous cycloplégie (voir : « contrôle subjectif des valeurs mesurées »)

Sans cycloplégie, lorsque la réfraction sous cycloplégie est déjà connue, pour le contrôle des lunettes en début de contrôle orthoptique, dès l'âge de 3 à 4 ans (voir plus haut).

#### **CHEZ L'ADOLESCENT ET L'ADULTE SANS CYCLOPLÉGIE**

Il y a trois situations de départ :

##### **UN ASTIGMATISME PHYSIOLOGIQUE**

Si la kératométrie indique un chevauchement entre 0 et 1,25  $\delta$  à 90°, ou la réfractométrie, un astigmatisme entre 0 et 0,75  $\delta$  à 90°, c'est-à-dire un astigmatisme physiologique de la face antérieure de la cornée, quelle est la probabilité pour qu'il n'y ait au total pas d'astigmatisme, ou, au contraire, qu'il existe malgré tout un léger astigmatisme conforme ou inverse (fig 2-21) La probabilité la plus grande est que l'optique de l'œil soit stigmat. Mais un astigmatisme n'est pas exclu, soit conforme (et ce d'autant plus que le chevauchement est plus important), soit inverse (et ce d'autant plus que le chevauchement est moins important).

**Comment procéder ?**

- Placer +0,50  $\delta$  sphérique, si le sujet voit :

- Mieux : poursuivre avec des lentilles positives de puissance croissante aussi longtemps que l'acuité visuelle reste maximale à 5 m,
- Moins bien : placer des lentilles négatives de  $-0,50 \text{ d}$  ou davantage, selon l'acuité visuelle brute, jusqu'à l'acuité visuelle maximale.
- Vérifier ensuite s'il y a ou non un astigmatisme (voir la méthode de Jackson):
  - Avec le cylindre de Jackson,
  - Mieux, selon la technique de Jackson, on place un cylindre de  $+0,50 \text{ d}$  selon l'axe du chevauchement à la kératométrie, en réduisant la correction sphérique de la moitié de la valeur du cylindre,
  - Puis tourner le cylindre de  $90^\circ$  :
    - ◊ S'il n'y a pas de différence, il n'y a pas d'astigmatisme
    - ◊ Si c'est moins bien dans l'une des positions, il y a un astigmatisme :
      - ∅ Il convient alors de vérifier la puissance cylindrique nécessaire ( $+0,25$ ,  $+0,50$  ou  $+0,75 \text{ d}$ ),
      - ∅ Un petit astigmatisme de  $0,25 \text{ d}$ , s'il se confirme, doit être corrigé, car il est gênant (vision pas tout à fait nette, rougeurs oculaires, brûlures oculaires, etc.).

#### UN ASTIGMATISME MODÉRÉ

La kératométrie indique un petit astigmatisme (entre  $1,25$  et  $2,0 \text{ d}$  à  $90^\circ$  ou  $0^\circ$  et  $0,50 \text{ d}$  à  $0^\circ$ ), ou la réfractométrie un astigmatisme entre  $1,0$  et  $1,75 \text{ d}$  à  $90^\circ$  ou entre  $0$  et  $0,50 \text{ d}$  à  $0^\circ$ .

#### Comment procéder ?

- Corriger d'abord aussi bien que possible l'amétropie sphérique (voir ci-dessus);
- Puis corriger l'astigmatisme;
- Enfin, corriger avec précision l'amétropie sphérique.

#### UN FORT ASTIGMATISME

La kératométrie indique un fort astigmatisme ( $\geq 2 \text{ d}$  à  $90^\circ$  ou  $\geq 0,50 \text{ d}$  à  $0^\circ$ ), ou la réfractométrie, un astigmatisme  $\geq 2,0 \text{ d}$  à  $90^\circ$  ou  $\geq 0,75 \text{ d}$  à  $0^\circ$ .

#### Comment procéder ?

- D'abord corriger approximativement l'astigmatisme (avec un cylindre positif d'abord et, si l'acuité visuelle est moins bonne, avec un cylindre négatif). Par exemple, si la kératométrie indique un chevauchement de

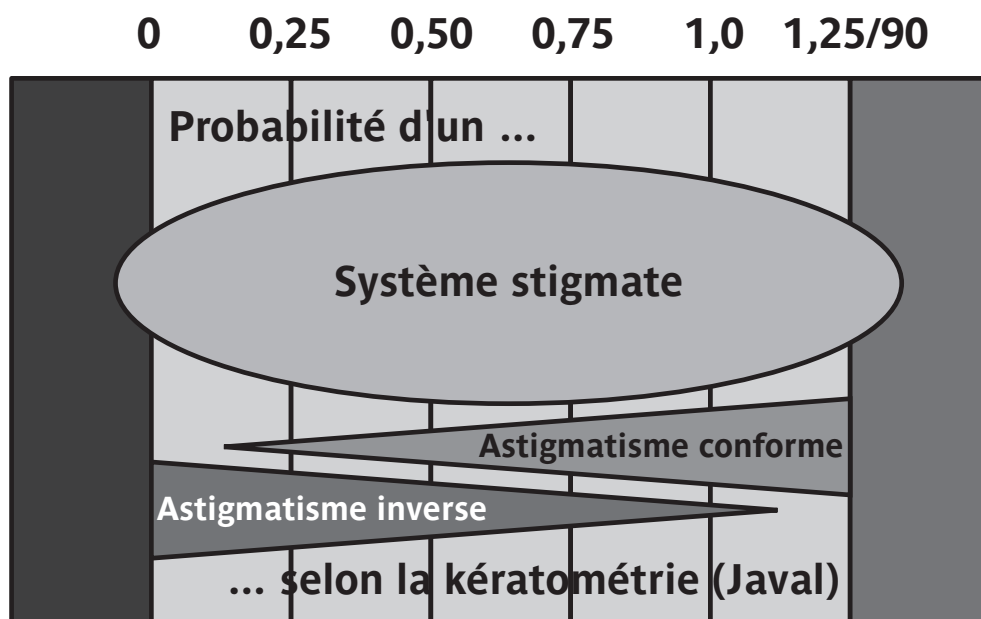
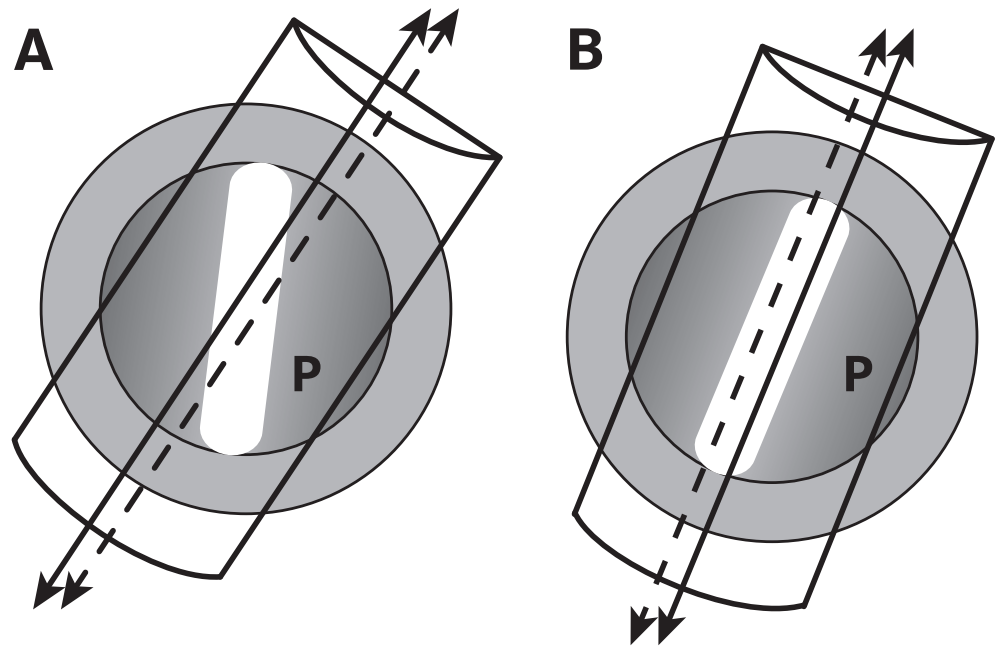


Fig 2-21. Probabilité pour que l'œil examiné soit stigmat ou astigmat, conforme ou inverse.



**Non-coïncidence (a) et riple coïncidence (b)  
de l'axe du cylindre, de la fente lumineuse (FL)  
et de celui de l'astigmatisme**

**Fig 2-22.** La vérification de la position du cylindre. En sous-corrigeant légèrement l'astigmatisme (de 0,50  $\delta$  p. ex.), le cylindre étant placé dans la position supposée exacte sur la monture d'essai et l'axe de la fente du skiascope maintenu parallèle à l'axe du cylindre, on observe si l'axe du trait de la lueur pupillaire coïncide avec les axes du cylindre et de la fente du skiascope, ou non. S'il ne coïncide pas (a), la position du cylindre n'est pas correcte: il convient alors de faire tourner le cylindre dans un sens ou dans l'autre jusqu'à ce que l'on ait trouvé la position du cylindre où les trois axes coïncident (b). Cette méthode est d'exécution facile et très sensible.

3,0  $\delta$  à 90°, placer un cylindre de +2,50  $\delta$  à 90°, ou, si avec ce cylindre la vision est moins bonne, un cylindre de -2,50  $\delta$  à 0°.

- Puis déterminer l'amétropie sphérique;
- Ensuite vérifier avec précision l'axe de l'astigmatisme;
- Ensuite affiner la correction de l'astigmatisme;
- Enfin affiner la correction de l'amétropie sphérique.

**NB.** L'équivalent sphérique d'un cylindre est égal à la moitié de la puissance du cylindre. Par exemple, l'équivalent sphérique d'un cylindre de +3,0  $\delta$  est de +1,50  $\delta$  sphérique.

**VÉRIFICATION OBJECTIVE DE L'AXE D'UN ASTIGMATISME**

À l'aide du skiascope :

- Lire l'axe de l'astigmatisme sur la monture d'essai ou sur un schéma affiché au mur;
- Par la vérification de la coïncidence entre l'axe du cylindre et l'axe du reflet pupillaire, à l'aide de l'axe de la fente du skiascope (fig 2-22).

**LA PREMIÈRE CORRECTION D'UN ASTIGMATISME**

Chez l'enfant et l'adolescent, la correction optique totale est immédiate. Il en est de même pour un astigmatisme léger chez l'adulte.

Chez l'adulte ayant un fort astigmatisme la correction totale sera prescrite par étapes; il faut:

- Prescrire la correction partielle de l'astigmatisme, mais jamais moins que la moitié de la correction totale de l'astigmatisme;
- Corriger complètement la focale verticale de manière qu'elle puisse être vue nettement. La sous-corrrection de l'astigmatisme doit être compensée par son équivalent sphérique:

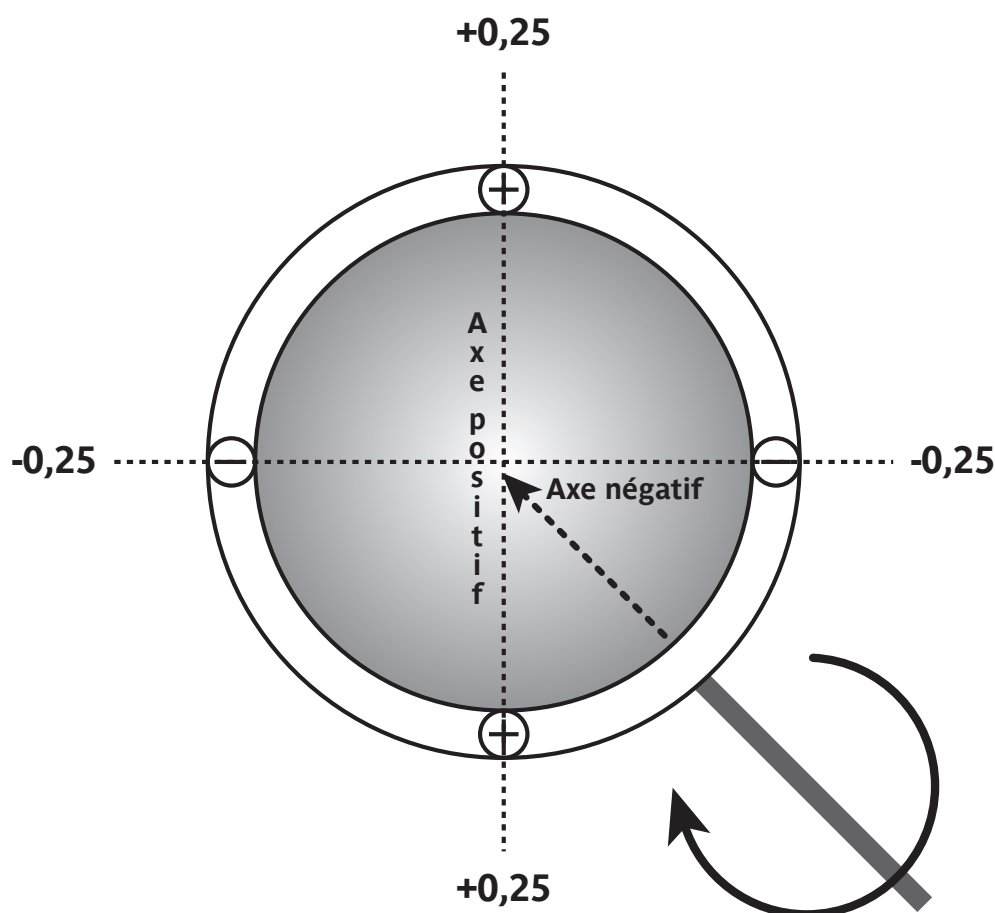


Fig 2-23. Le cylindre croisé de Jackson.

- En cas d'astigmatisme conforme, ne compenser que la moitié de l'astigmatisme non corrigé ;
- En cas d'astigmatisme inverse, compenser la totalité de l'astigmatisme non corrigé.
- Un astigmatisme inverse peut être corrigé complètement plus rapidement qu'un astigmatisme conforme ;
- En cas d'astigmatisme oblique, progresser plutôt plus lentement.

### LA MÉTHODE DU CYLINDRE CROISÉ DE JACKSON

Un léger astigmatisme non corrigé est source d'inconfort visuel, d'irritation oculaire et de céphalées orbito-frontales. Sa correction est donc essentielle. Comment le reconnaître et le corriger au mieux ? La méthode du cylindre croisé, plus que le cylindre de Jackson en lui-même, constitue la technique de base d'une correction minutieuse.

Son but est de reconnaître un léger astigmatisme (éventuellement un astigmatisme résiduel, en cours de correction) et vérifier l'utilité de sa correction.

#### SON PRINCIPE

La *méthode* du cylindre croisé est une méthode de réfraction subjective, c'est-à-dire qu'elle requiert la participation du sujet examiné.

Elle consiste à ajouter une correction cylindrique de 0,50  $\delta$  sans modifier l'équivalent sphérique de la correction en place. Cela s'obtient en ajoutant un cylindre de 0,50  $\delta$  de même signe que la correction sphérique en place et en réduisant en même temps celle-ci de 0,25  $\delta$ , c'est-à-dire de la moitié de la valeur du cylindre.

Le « *cylindre de Jackson* » est une lentille d'une puissance sphérique de -0,25  $\delta$  et cylindrique de +0,50  $\delta$  (ou, ce qui revient au même, de +0,25  $\delta$  sphérique et de -0,50  $\delta$  cylindrique), d'équivalent sphérique = 0  $\delta$  (fig 2-23). Il réalise donc en une seule lentille ce qui est énoncé ci-dessus. Si on le place devant la correction portée ou sur la monture d'essai, il ne modifie pas l'équi-

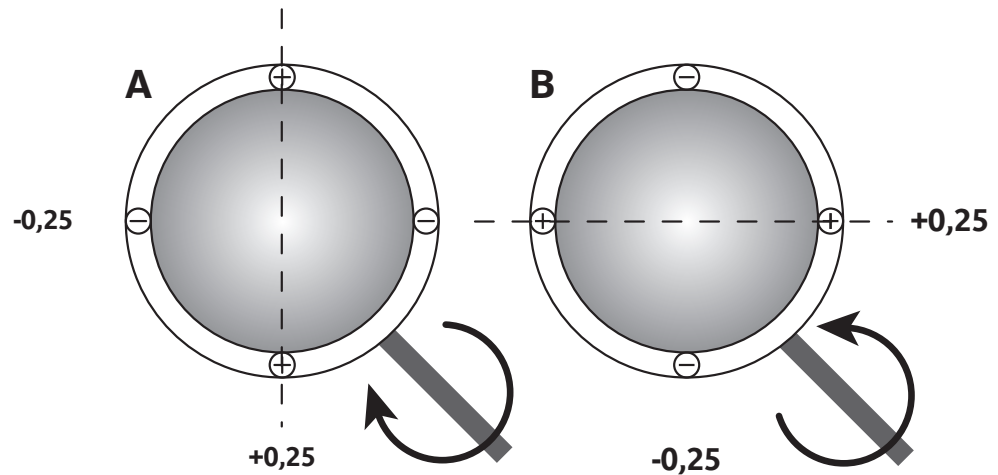


Fig 2-24. Utilisation du cylindre croisé

valent sphérique de la correction déjà en place. Le manche fixé au cylindre selon la bissectrice des axes permet de faire pivoter le cylindre de  $90^\circ$ .

### SON UTILITÉ

Pour un œil présentant un astigmatisme conforme à la règle « physiologique » (chevauchement entre 0 et  $1,25 \text{ } \delta$  à  $90^\circ$  au kératomètre de Javal) (fig 2-18), la plus grande probabilité est qu'il ne soit pas astigmat. Mais rien n'exclut qu'il le soit; la probabilité est certes plus faible, mais elle est réelle. Celle pour qu'il soit astigmat conforme est d'autant plus grande que l'astigmatisme conforme antérieur de la cornée est plus proche de  $1,25 \text{ } \delta$  et celle pour qu'il soit astigmat inverse, d'autant plus grande que l'astigmatisme conforme antérieur de la cornée est plus proche de  $0 \text{ } \delta$  (fig 2-18).

Plus l'axe de l'astigmatisme antérieur de la cornée, dans le même ordre de grandeur, est oblique, plus la correction d'un léger astigmatisme s'avère souvent nécessaire. L'astigmatisme est sûrement à corriger, si l'astigmatisme antérieur de la cornée est conforme et supérieur à  $1,25 \text{ } \delta$  ou s'il est inverse.

### LA MÉTHODE

#### PLACER L'AXE DU CYLINDRE

- D'abord selon l'axe indiqué par la kératométrie ou la réfractométrie;
- Le placer ensuite perpendiculairement à cet axe (fig 2-24).

Selon la réponse du sujet:

- S'il ne perçoit pas de différence d'une position du cylindre à l'autre, il n'y a pas d'astigmatisme à corriger;
- S'il perçoit une différence, sa vision étant meilleure dans l'une des positions du cylindre, il existe un astigmatisme; il devra être corrigé.

#### POURQUOI UTILISER UN CYLINDRE DE $0,50 \text{ } \delta$ ?

Le test ne serait pas assez sensible avec un cylindre de  $0,25 \text{ } \delta$ ; un cylindre plus fort fausserait la réponse du sujet par surcorrection en cas d'astigmatisme minime. Le cylindre de  $0,50 \text{ } \delta$  est donc l'optimum pour que le test fournisse une réponse significative; mais cela ne signifie nullement qu'il faille ensuite prescrire un cylindre de  $0,50 \text{ } \delta$ !

Il reste en effet à déterminer la puissance de la correction cylindrique qui est nécessaire (la plus faible donnant la meilleure acuité visuelle) et à préciser l'axe du cylindre (voir exemple ci-dessous).

Pour déterminer avec précision l'axe selon lequel il convient de positionner le cylindre (en partant des indications de la kératométrie ou de la réfractométrie), utiliser le skiascope pour le test de la triple concordance (fente lumineuse du skiascope - axe du cylindre - leur pupillaire) (fig 2-22).

#### Exemple:

Si pour un œil, la correction sphérique optimale est de  $+2,0 \text{ } \delta$  et que la kératométrie a indiqué un astigmatisme de  $1,0 \text{ } \delta$  à  $80^\circ$  (axe correspondant au chevauchement des images au Javal), il convient:

- D'essayer +1,75  $\delta$  (+0,50  $\delta$ )80° ;
- Puis +1,75  $\delta$  (+0,50  $\delta$ )170° (axe perpendiculaire):
  - Si le patient ne voit pas de différence selon l'une ou l'autre position du cylindre, il n'y a pas d'astigmatisme à corriger ;
  - Si, au contraire, il voit mieux lorsque le cylindre est placé dans l'un des deux axes plutôt que dans l'autre, par exemple à 80°, il conviendra de rechercher et prescrire la correction optimale, en vérifiant si, en définitive, le sujet voit mieux avec :
    - ◊ +1,75  $\delta$  (+0,5  $\delta$ )80° ou +2,0  $\delta$  (+0,50  $\delta$ )80° ?
    - ◊ +1,75  $\delta$  (+0,25  $\delta$ )80° ou +2,0  $\delta$  (+0,25  $\delta$ )80° ?
    - ◊ +1,75  $\delta$  (+0,75  $\delta$ )80° ou +1,50  $\delta$  (+0,75  $\delta$ )80° ou +2,0  $\delta$  (+0,50  $\delta$ )80°(moins probable dans l'exemple choisi) ?
  - Et si l'axe optimum est à 80°ou à  $\pm$  5, 10, 15° de 80°(axe mesuré) ?

La méthode du cylindre de Jackson est l'un des principes fondamentaux de la réfraction subjective, que l'on se serve du cylindre de Monsieur Jackson ou que l'on préfère changer la correction placée sur la monture d'essai ou introduite dans le phoroptère (les réponses sont souvent plus fiables avec le changement de la correction sur la monture ou dans le phoroptère ; si l'on se sert du cylindre de Jackson, il faut veiller à ce qu'il soit bien centré et placé dans le bon plan et non plus ou moins incliné).

## **COMMENT CORRIGER L'ANISOMÉTROPIE, POURQUOI, QUAND ?**

Des lunettes asymétriques corrigeant totalement l'anisométrie ont pour effet :

- Une anisophorie dans les regards latéraux et verticaux ;
- Une aniséiconie ;
- Une demande accommodative différente entre les deux yeux.

Il est cependant possible de prescrire d'emblée la correction optique totale aux enfants et aux adolescents en raison de leur grande capacité d'adaptation.

### **PETITE OU MOYENNE ANISOMÉTROPIE OU ANISOASTIGMATISME**

#### **CHEZ LES ENFANTS NON STRABIQUES :**

L'anisométrie est souvent reconnue tardivement, avec un diagnostic tardif de l'amblyopie, souvent relative.

Toujours prescrire la correction optique totale immédiatement :

- Bonne adaptation ;
- Souvent amélioration spontanée de l'amblyopie ;
- Amélioration de la binocularité.

#### **CHEZ LES ENFANTS STRABIQUES :**

- En cas de microstrabisme, l'anisométrie est souvent reconnue tardivement ;
- Diagnostic tardif de l'amblyopie, plus profonde ;
- Le résultat de la rééducation de celle-ci peut de ce fait rester limité.

Toujours prescrire la correction optique totale immédiatement.

#### **CHEZ LES ADULTES :**

On procédera de manière progressive :

- Correction par étapes jusqu'à la correction totale :
  - Correction partielle d'abord, puis augmenter après port d'essai,
  - Parfois correction de près différente,
  - Lentilles aniséiconiques dans de rares cas (fig 2-25).
- Chez le sujet aniso-hypermétrope et presbyte, l'addition pour le près doit parfois être de +0,25  $\delta$  plus forte pour l'œil le plus hypermétrope ;
- Parfois ne pas corriger l'anisométrie, si le bénéfice en est négligeable.

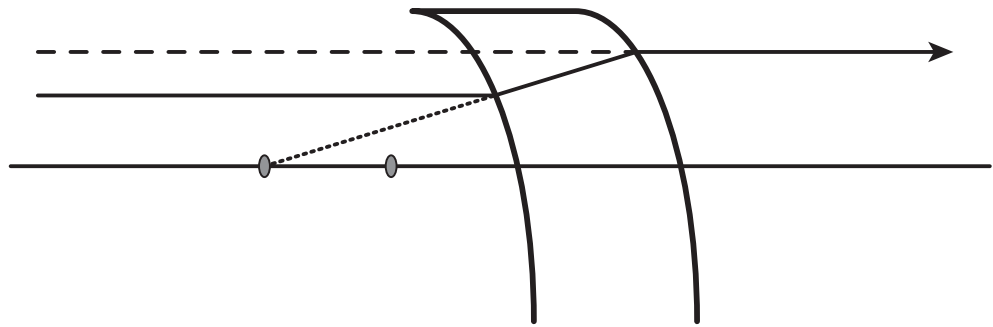


Fig 2-25. Lentille aniséiconique.

Les adultes dont l'anisométrie est ou n'est pas corrigée, sont adaptés à leur aniséiconie. Le risque est de créer une gêne en modifiant celle-ci :

- En prescrivant la correction ;
- En passant des lunettes aux lentilles de contact, ou inversement ;
- Par la chirurgie réfractive ;
- Par une opération de la cataracte.

Il est donc nécessaire de prendre toutes les précautions (essais préalables par lentilles de contact).

### **ANISOMÉTRIE OU ANISOASTIGMATISME FORT**

(Par exemple, la myopie forte unilatérale)

Selon les possibilités visuelles de l'œil le plus amétrope :

- Chez l'enfant : correction optique totale par :
  - ↳ Lentille de contact, plutôt que par lunettes,
  - ↳ Rien, si l'œil présente une amblyopie organique non améliorable et, de façon générale, en l'absence de bénéfice visuel.
- Chez l'adulte : idem.

### **L'ANISOMÉTRIE PROVOQUÉE**

La « monovision » (ou monofixation provoquée) est-elle bénéfique ? Elle est anti-physiologique chez le sujet ayant toujours eu une vision binoculaire normale.

C'est une mode de vouloir se passer à tout prix de lunettes :

- Par lentille de contact unilatéral pour la vision de près sur l'œil non dominant chez le presbyte ; la tolérance est bonne jusqu'à une myopisation de 2  $\delta$  ;
- Par myopisation unilatérale chez le pseudophake ayant toujours été isométrope.

Ne jamais oublier que la vision binoculaire est constitutive de la fonction visuelle.

### **L'ÉGALISATION BINOCULAIRE**

#### **LA PREMIÈRE ÉTAPE**

Il faut souligner que la première étape de l'égalisation binoculaire réside dans la détermination précise de la réfraction de chaque œil et que cette démarche est le plus souvent suffisante.

Il convient de prescrire la correction optique totale chez les sujets isométropes ou légèrement anisométropes. Lorsque l'anisométrie est plus importante, il est souvent nécessaire de sous-corriger l'œil le plus amétrope de 0,25 ou 0,50 pour des raisons de tolérance.

#### **L'ÉQUILIBRE BINOCULAIRE**

Il peut être testé et ajusté de plusieurs manières :

- Des prismes verticaux dissociants ;
- Des tests polarisés ;
- Un test rouge-vert double polarisé ;



- Un test rouge-vert polarisé associé à la méthode du brouillard selon Friedburg.

Un test de tolérance peut être utile, à la condition que les verres soient bien centrés sur la monture d'essai.

### **EXAMEN DES PHORIES DE LOIN ET DE PRÈS**

Une ésophorie persistante en vision rapprochée, aussi bien chez l'hypermétrope que chez le myope, équipée de la correction optique totale, peut nécessiter la prescription de verres bifocaux ou progressifs, même chez le sujet jeune.

## LA COMPENSATION DE LA PRESBYTIE

Le pouvoir d'accommodation diminue progressivement dès l'adolescence, selon la courbe de Duane. Le parcours accommodatif devient insuffisant pour la vision rapprochée vers 45 ans chez le sujet emmétrope ou amétrope corrigé.

Il faut alors ajouter à la correction pour le loin une addition pour la vision de près. La valeur de cette addition pour compenser la presbytie est **strictement dépendante de l'âge du sujet. Elle est, sur la base de la correction totale pour le loin, précisée sur le tableau IV.**

Âge en années	Addition en $\delta$	
45 ans	+1,25 $\delta$	Nécessaire selon la profession
47 ans	+1,75 $\delta$	Souvent la première addition portée
50 ans	+2,0 $\delta$	
53 ans	+2,25 $\delta$	
56 ans	+2,50 $\delta$	
60 ans	+2,75 $\delta$	
70 ans	+3,0 $\delta$	
Aphaque	+3,50 $\delta$	= moyenne $\pm$ 0,25 $\delta$
Pseudophaque	+3,25 $\delta$	Parfois moins

Tableau IV.

L'addition peut être réalisée sous la forme de lunettes pour le près, de verres bifocaux ou trifocaux, ou de verres progressifs, ou encore de lentilles de contact multifocales.

**Une addition supplémentaire de +0,25  $\delta$**  est nécessaire en cas de :

- Vision monoculaire;
- Myopie moyenne ou élevée (+0,25 ou +0,50  $\delta$ );
- Hypermétropie élevée;
- Acuité visuelle  $\leq$  0,8;
- Professions nécessitant une vision très rapprochée.

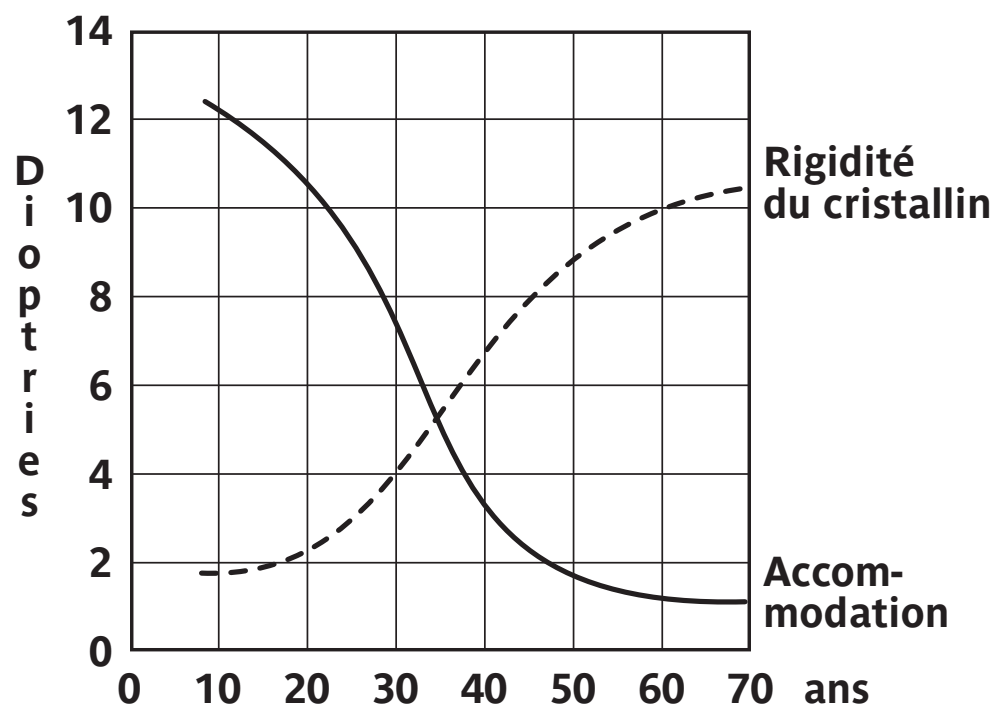


Fig 2-26. Diminution du parcours accommodatif au cours de la vie.

La prescription d'un verre trifocal ne se justifie que lorsque l'addition est  $> +2,0 \text{ D}$ , c'est-à-dire lorsqu'il existe un hiatus de vision nette entre le foyer supérieur pour le loin et le foyer inférieur pour le près.

*Les sujets jeunes peuvent avoir besoin de verres bifocaux ou progressifs en cas d'hétérophorie non compensée ou strabisme accommodatif avec excès de convergence ou hypo-accommodation.*



*Annexe I*

# **Hypermétropie latente et spasmes d'accommodation (spasmes ciliaires)**

Le spasme d'accommodation est un phénomène fréquent chez les sujets jeunes et jusqu'au-delà de la cinquantaine, même chez les sujets phoriques. Son effet myopisant peut se manifester de façon très différente. Aussi faut-il constamment penser à le rechercher. Les patients se plaignent de vision inconfortable et/ou de troubles asthéniques.

Il faut cependant différencier le spasme d'accommodation proprement dit du dérèglement de la convergence accommodative en cas d'amétropie non corrigée. Ce dérèglement provoque une ésophorie chez l'hypermétrope, une exophorie chez le myope, ou un dérèglement inverse au moment où l'on fait porter la correction, lorsque le rapport CA/A est normal. Il faut également le différencier de la convergence accommodative qu'un sujet peut utiliser pour suppléer une insuffisance de la vergence tonique et rendre latente son exotropie (le besoin de binocularité l'emportant sur le besoin de vision nette); du fait de l'accommodation vergentielle, l'acuité visuelle binoculaire de loin de ce sujet sera inférieure à son acuité visuelle monoculaire. Ces dérèglements cependant peuvent être à l'origine des mêmes troubles fonctionnels que le spasme d'accommodation proprement dit.

Le tonus accommodatif de repos varie selon l'activité accommodative que vient d'avoir le sujet en raison du phénomène d'hystérèse, dont l'origine est innervationnelle, dépendante du système autonome sympathique/parasympathique. Ces variations, non pathologiques, du tonus accommodatif de repos sont normalement asymptomatiques. Le spasme d'accommodation se surajoute à l'hystérèse. Il peut être plus ou moins passager ou durable, voire permanent et d'intensité variable. Plus rarement, c'est l'hystérèse elle-même qui est exagérée. Le spasme d'accommodation est à l'origine de troubles visuels, de céphalées péri-orbitaires et frontales et d'irritations oculaires. Le tableau clinique varie avec l'âge.

## LES SPASMES DE L'ACCOMMODATION DE L'ENFANT PHORIQUE (NON STRABIQUE)

Le travail scolaire sollicite l'accommodation de l'enfant probablement au-delà de ce que prévoit le programme du développement physiologique normal et peut conduire à la **pseudo-myopie scolaire**. Celle-ci apparaît le plus souvent à l'âge de l'école primaire, entre 6 et 8 ans. L'enfant se plaint de ne pas voir au tableau. Lorsque nous l'examinons, l'acuité visuelle sans correction de chacun de ses yeux ne dépasse pas 0,4 ou 0,5. Si nous plaçons une lentille de +0,50  $\delta$  devant l'œil examiné, l'enfant voit moins encore. Avec des lentilles négatives, sa vision s'améliore, mais ne dépasse guère 0,8 ou 0,9, même en augmentant la correction au-delà de -1,0  $\delta$  (qui devrait largement suffire compte tenu de l'acuité sans correction). La skiascopie obligatoirement sous cycloplégie révèle en fait une légère hypermétropie de l'ordre de +0,50 à +1,0  $\delta$ . L'essai subjectif de lecture de loin sous cycloplégie le confirme.

Cette hypermétropie légère, lorsqu'elle n'est pas corrigée, exige de l'enfant un effort accommodatif accru et provoque un spasme d'accommodation qui se traduit par la pseudo-myopie. Le traitement consiste par conséquent à prescrire la correction optique totale pour le travail scolaire. L'enfant la portera pendant 2 à 3 ans, puis pourra le plus souvent s'en passer. L'erreur consisterait à prescrire des verres négatifs, ce qui ne ferait qu'aggraver la situation.

## LES SPASMES DE L'ACCOMMODATION DE L'ADOLESCENT ET DE L'ADULTE PHORIQUE

La persistance d'un excès de tonus accommodatif après un effort prolongé en vision de près, de lecture, de travail à l'ordinateur, etc. s'observe bien au-delà de l'enfance. Elle se traduit par des **spasmes d'accommodation passagers**. Ainsi, il n'est pas rare de constater que certains sujets sont, en apparence, moins hypermétropes le soir après le travail que le matin, du fait d'un spasme d'accommodation rémanent. Ce phénomène s'observe même en cas d'emmétropie ou d'amétropie totalement corrigée. Mais il est plus

fréquent lorsque la correction d'une hypermétropie, même légère, (ou d'un astigmatisme hypermétropique) est incomplète ou n'est pas portée. Il suffit en général, pour que le spasme se relâche, de faire lire les optotypes à 5 m en débutant par les caractères les plus grands. Si un doute persiste, on essayera de lever le spasme par la méthode du brouillard, ou au besoin par un examen sous cycloplégie.

Il est également fréquent de découvrir un spasme d'accommodation chez le sujet presbyte débutant. En recherchant l'hypermétropie totale, base de l'addition pour le près, on s'aperçoit que l'on peut augmenter la puissance du verre convexe au-delà de la limite indiquée de prime abord par le sujet et que la véritable limite se trouve en réalité une demie ou une dioptrie au-delà. La lecture en salle d'attente suffit à provoquer ce spasme par le jeu de l'hystérèse accommodative, et cela d'autant plus que le sujet est plus hypermétrope. Il accommode plus que l'emmétrope pour des raisons optiques :

- **Sans correction**, il rapproche les objets en raison de la réduction de la taille de l'image rétinienne ;
- **Avec correction par lunettes**, les objets paraissent optiquement plus proches en raison de l'effet de lunette de Galilée.

Plus l'hypermétropie est importante, plus il faut être attentif et se méfier de fluctuations ou d'un spasme de l'accommodation survenant au cours des essais de réfraction subjective, même chez des sujets déjà presbytes.

Ces spasmes d'accommodation que l'on peut qualifier d'ordinaires sont source d'inconfort visuel. Les sujets sont nettement améliorés par la **correction optique totale**, immédiatement ou éventuellement après une courte période d'adaptation.

L'**inertie accommodative**, également appelée **viscosité accommodative**, désigne une lenteur anormale de l'accommodation et de la désaccommodation en dépit de conditions de luminosité et de contraste suffisant. Elle constitue une gêne visuelle majeure. La correction totale est ici indispensable, même si elle n'est pas toujours suffisante ; des verres progressifs sont souvent nécessaires (avec l'addition minima nécessaire chez le sujet non presbyte).

Le sujet qui, jusqu'à un âge avancé, n'aura pas porté la correction totale de son hypermétropie et aura compensé l'hypermétropie facultative par un effort accommodatif accru permanent, pourra en fin de compte être incapable de relâcher cette accommodation compensatrice. Cette situation aura été parfaitement supportable jusqu'au jour où, bien avant l'âge de la presbytie, le pouvoir d'accommodation du sujet sera devenu insuffisant pour compenser l'hypermétropie facultative et en outre accommoder pour le près. Dès lors, malgré le port de la correction optique apparemment totale de son hypermétropie moyenne ou forte, il aura besoin d'une addition pour le près ! La skiascopie montrera qu'en réalité son hypermétropie est supérieure à la correction portée ; celle-ci n'était donc pas la correction totale. La logique voudrait que l'on prescrive celle-ci ; mais, bien qu'elle lui convienne pour la vision de près, il ne la supporte pas en vision de loin ! Faut-il cependant la prescrire, en l'aidant d'un cycloplégique ? Il se peut que cela suffise à faire lâcher petit à petit le spasme d'accommodation ; mais, le plus souvent, le patient sera gêné de près par la cycloplégie ou retrouvera sa gêne de loin dès que l'effet de celle-ci sera dissipé. La seule solution est de prescrire la correction maxima acceptée de loin et l'addition minima nécessaire pour le près. En effet un tel sujet est devenu incapable de relâcher son accommodation en vision de loin et est devenu incapable de suraccommoder suffisamment en vision de près. Son accommodation/désaccommodation est comme figée. Ce tableau clinique est celui d'une « **rigidité accommodative** » ; elle représente la situation extrême du spasme d'accommodation.

Le spasme d'accommodation peut être pharmacogénique :

- Il est majeur sous pilocarpine qui provoque une myopisation de plusieurs dioptries chez l'adulte jeune ;
- L'instillation de timolol peut provoquer une myopisation de 0,85  $\delta$ .

## LES SPASMES DE L'ACCOMMODATION DES SUJETS STRABIQUES

Selon la théorie de Donders, l'hypermétropie ne constitue pas la cause des ésootropies, mais un facteur déclenchant possible. L'hypermétropie facultative peut en effet être compensée par un surcroît d'accommodation sans rompre l'équilibre binoculaire; dans d'autres cas cependant, cette compensation provoque la rupture de cet équilibre. Donders parle alors d'hypermétropie relative. S'il en est ainsi, le spasme d'accommodation et l'excès de convergence se majorent réciproquement. Tous les cas de figure d'ésootropie peuvent s'observer depuis le strabisme accommodatif réfractif jusqu'au strabisme sans excès de convergence (fig 3-1).

### **LE STRABISME ACCOMMODATIF**

C'est-à-dire le strabisme accommodatif basé sur une vision binoculaire normale ou anormale.

Le strabisme accommodatif **réfractif** ou pur (anciennement dit typique) est un dérèglement isolé du rapport CA/A, resté normal, par une hypermétropie non corrigée; il ne comporte pas d'excès de convergence. Le port de la correction totale rétablit l'alignement des axes visuels pour toutes les distances de fixation. Une hypermétropie latente peut cependant rester masquée; elle ne se révélera qu'au cours des skiascopies ou réfractométries répétées sous cycloplégie. Le spasme d'accommodation qui en résulte explique certainement la réapparition fréquente de la déviation en dépit de la correction portée. Celle-ci devra impérativement être réajustée au fur et à mesure, pour toujours corriger toute l'hypermétropie manifeste. Cette forme de strabisme peut apparaître très tôt dans la vie; c'est pourquoi il faut déjà y penser lorsqu'un nourrisson présente une ésootropie intermittente.

En cas de strabisme accommodatif par **excès de convergence** (anciennement dit atypique), vrai ou dû à une hypo-accommodation, le rapport CA/A est augmenté. L'excès de convergence est **isolé** en cas d'orthophorie ou de légère éso ou exophorie en vision de loin et d'ésootropie en vision de près. Le strabisme accommodatif est dit **mixte** lorsqu'il comporte une part réfractive, corrigée par la correction optique totale, et une part d'excès de convergence par rapport CA/A augmenté. L'excès de convergence ne peut être éliminé qu'en réduisant la demande accommodative par une addition pour le près. La part réfractive de base est le plus souvent une ésootropie, intermittente ou non, en cas d'hypermétropie, plus rarement une exotropie intermittente en cas de myopie (exotropie intermittente avec excès de convergence, anciennement dit par excès vrai de divergence). Le diagnostic d'excès de convergence se vérifie dans la plupart des cas; mais il faut toujours se demander, si celui-ci n'est pas dû, en partie ou en totalité, à un spasme d'accommodation lié à une hypermétropie latente.

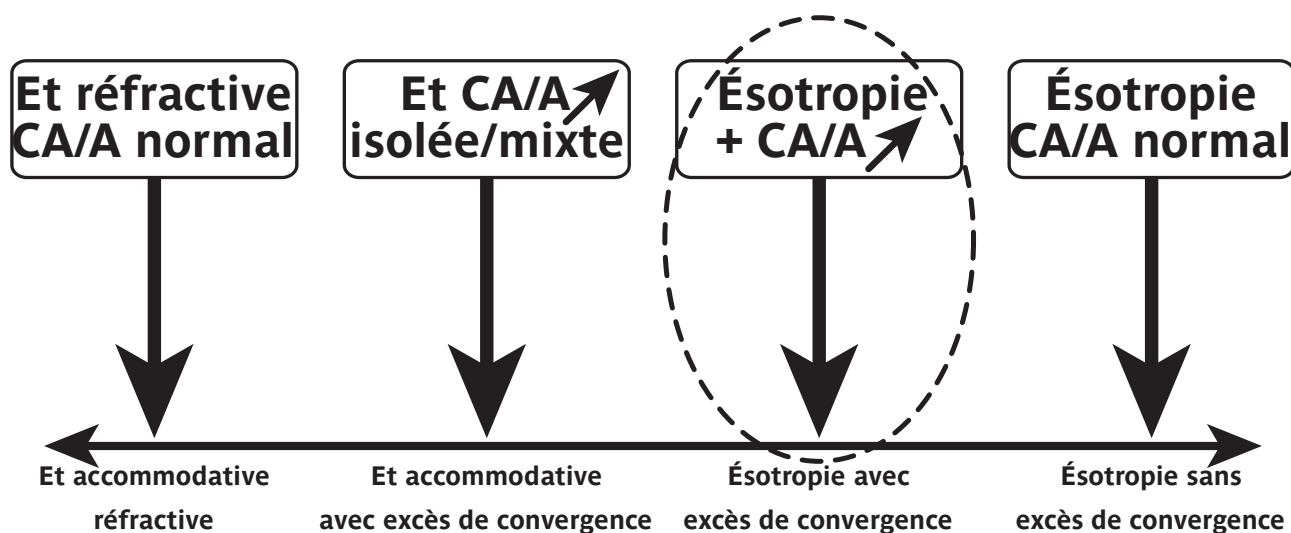
### **LES ÉSOTROPIES CONCOMITANTES PRÉCOCES ET TARDIVES**

Le spasme d'accommodation joue un rôle essentiel dans les ésootropies concomitantes à cause de son lien avec l'excès de convergence. Le spasme d'accommodation entretient l'excès de convergence et inversement, l'excès de convergence entretient le spasme d'accommodation.

La déviation de l'œil strabique varie à chaque instant selon la distance de fixation, la direction du regard et/ou le degré d'attention du sujet. Les facteurs de variation sont de trois ordres:

- Les mouvements compensatoires de Bielschowsky qui tendent à diminuer la déviation. Ils y parviennent totalement lorsque le strabisme est intermittent, mais sont négligeables en cas d'ésootropie précoce;





**Fig 3-1.** Cas de figure d'ésotropie depuis le strabisme accommodatif réfractif jusqu'à l'ésotropie sans excès de convergence (en encadré: les cas les plus fréquents sont les ésotropies avec excès de convergence).

- Les mouvements qui augmentent la déviation, les uns indépendants de l'accommodation ;
- Les autres liés à l'accommodation (fig 3-2). Ces derniers constituent « l'élément accommodatif » du strabisme, variable d'un sujet strabique à l'autre. Lorsque l'élément accommodatif est marqué, on parle aussi bien de strabisme partiellement accommodatif que de strabisme à composante accommodative. Ces deux termes sont synonymes.

**L'élément accommodatif** n'est pas surajouté au dérèglement moteur, mais en fait indissociablement partie. Il est majoré en cas d'hypermétropie ; la part réfractive de la déviation est plus ou moins proportionnelle à celle-ci. L'hypermétropie latente est ici particulièrement tenace et difficile à révéler du fait de son lien avec l'excès de convergence ; cela ne fait qu'ajouter à la nécessité de la rechercher impérativement par des skiascopies ou des réfractométries répétées sous cycloplégie. En effet, le seul moyen dont nous disposons pour sortir du cercle vicieux accommodation-convergence est de faire porter la correction optique totale. Celle-ci va réduire l'excès de convergence, qui, à son tour, va réduire le spasme d'accommodation. Cela permettra d'augmenter la correction portée, qui, à nouveau, réduira l'excès de convergence, etc. La correction optique est donc un temps essentiel du traitement médical préopératoire des ésotropies. Elle l'est tout autant au cours du suivi postopératoire, surtout en cas d'ésotropie résiduelle, même s'il ne persiste qu'une micro-ésotropie.

## En cas de strabisme concomitant l'angle horizontal $A_i$ , à l'instant $i =$

$$A_i = D_v + D_{an} + S_i(-M_c + M_h + M_{ac})$$

Angle  
minimum

Variabilité

$A_i$  = déviation strabique à l'instant  $i$  ;  $D_v$  = excès ou insuffisance de la vergence tonique ;  
 $D_{an}$  = part anatomisée de la déviation ;  $M_c$  = mouvements compensatoires ;  
 $M_h$  = + excès de la convergence non accommodative (mouvements hypercinétiques) ;  
 $M_{ac}$  = + excès de convergence accommodative.

**Fig 3-2.** Les éléments composant l'angle strabique à un instant donné.



# QUELQUES NOTIONS D'OPTIQUE

*Charles Rémy*

## **INTRODUCTION**

La nature de la lumière a toujours prêté à discussion. Parmi les Anciens, certains pensaient que l'œil émettait des rayons rendant les objets visibles; il fallut attendre la Renaissance pour que cette opinion soit invalidée.

Plusieurs approches ont été proposées pour expliquer la nature de la lumière.

**L'optique géométrique** considère que la lumière se propage en ligne droite sous forme de rayons lumineux; lorsque ceux-ci rencontrent un obstacle, ils se réfléchissent si la surface est lisse, sont absorbés si le corps est opaque en lui donnant sa couleur, tel le bleu du ciel, ou se réfractent, c'est-à-dire changent de direction, lorsqu'ils pénètrent dans un milieu transparent différent.

La **réfraction** (*refringere* = briser) sera traitée dans la première partie de cette étude.

Mais l'optique géométrique et son corollaire, la réfraction, n'explique pas tous les phénomènes observés.

Il faut faire appel à **l'optique physique ou ondulatoire**, assimilant la lumière à une onde électromagnétique, pour comprendre d'autres applications utilisées en optique et en ophtalmologie.

Dans ce cas, la réfraction fait place à **la diffraction**, les rayons ne se propagent plus en ligne de droite, mais subissent des inflexions au voisinage d'obstacles de petite taille.

La diffraction est à l'optique microscopique, ce qu'est la réfraction à l'optique macroscopique.

## **L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE**

Ses lois générales furent énoncées par Descartes (1637) :

- La lumière se propage en ligne droite; le sens positif est compté de la gauche vers la droite.
- Le retour inverse de la lumière s'applique; ce principe est mis à profit dans les tests de lecture projetés sur un miroir et toujours lus en sens direct.
- Dans tout système optique, objet et image se déplacent toujours dans le même sens.
- Un rayon lumineux changeant de milieu transparent subit une déviation lorsqu'il heurte une surface de séparation appelée dioptre, ainsi qu'une réflexion; les trois rayons, incident, réfléchi et réfracté sont dans le même plan contenant la perpendiculaire à la surface au point de contact.

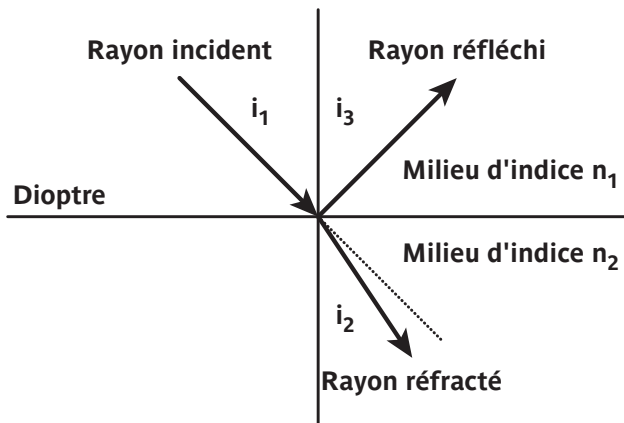


Fig 1. La loi de Descartes ou loi des sinus.

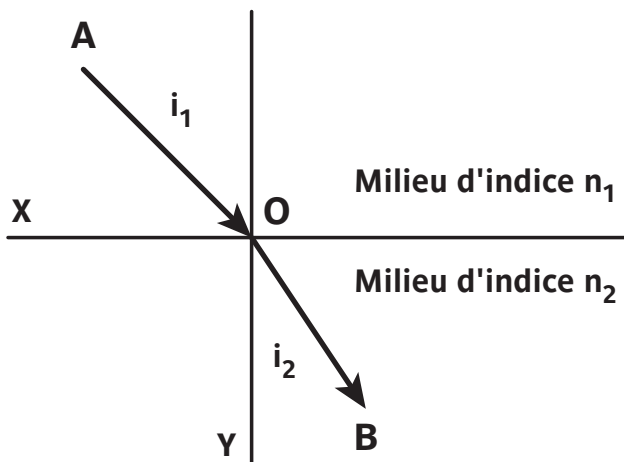


Fig 2. Le principe de Fermat.

### Le principe de Fermat

Le principe de Fermat (publié en 1679) démontre la relation de Descartes en considérant que la lumière traversant un dioptre en O, va d'un point A à un point B en utilisant le temps le plus court (cette prévalence du temps sur l'espace inaugure la mécanique quantique) (figure n° 2):

- Soit un rayon qui suit un trajet unitaire dans un milieu 1 d'indice  $n_1$ , puis un second trajet dans un milieu d'indice  $n_2$ .
- Le temps passé est:  $t = t_1 + t_2$ , soit  $n_1/c + n_2/c$ .
- En projetant cette relation vectorielle sur l'axe vertical nous obtenons:  $t = [n_1 \times \cos(i_1) - n_2 \times \cos(i_2)]/c$ .
- Cette fonction passera par un minimum lorsque sa dérivée s'annulera (fonction dite stationnaire), soit:  $[-n_1 \times \sin(i_1) + n_2 \times \sin(i_2)] = 0$ , d'où:  $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$ .
- Le même raisonnement s'appliquerait à la réflexion avec  $\sin(i_1) = -\sin(i_2)$ , d'où  $i_1 = i_2$  en valeur absolue.

### La loi des sinus

Elle se définit par  $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$ , où  $n_1$  et  $n_2$  sont des constantes propres à chaque milieu transparent et appelées indices de réfraction (figure n° 1):

- $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$  sont dans le même plan;
- $i_1 = i_3$ ;
- $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$ .

L'indice de réfraction d'un milieu se définit comme le rapport de la vitesse de propagation de la lumière  $c$  dans le vide, divisée par celle dans le milieu considéré  $v_p$ , soit:  $n_1 = c/v_p$ .

Cette considération marque une jonction avec l'optique ondulatoire.

- L'angle d'incidence est égal à l'angle réfléchi par rapport à cette perpendiculaire.
- L'angle du rayon réfracté suit la loi des sinus (figure n° 1) énoncée empiriquement par Descartes et démontrée mathématiquement par Fermat.

En optique géométrique, la réfraction est mise à profit dans la construction des lentilles, minces et épaisses, ainsi que des prismes.

## **LES DIFFÉRENTS TYPES DE LENTILLES**

On distingue les lentilles minces et les lentilles épaisses, les lentilles sphériques, cylindriques, toriques, asphériques, définies par leurs rayons de courbure, foyers, centres optiques et plans principaux.

### **LES LENTILLES MINCES SPHÉRIQUES**

Dans une lentille mince, l'épaisseur est négligée et n'intervient pas dans les calculs; si s'agit d'une lentille idéale se définissant uniquement par sa puissance, positive si convergente, négative si divergente.

### **LES LENTILLES ÉPAISSES SPHÉRIQUES**

En fait, toute lentille présente une épaisseur en son centre; lorsque celle-ci atteint une certaine valeur, la lentille n'est plus considérée comme un dioptre simple, mais comme l'association de deux dioptres correspondant à ses faces antérieure et postérieure.

Ces surfaces sont sphériques ou non (asphériques), en général asymétriques, avec un sommet antérieur et postérieur; la distance entre les sommets et les foyers est asymétrique expliquant ainsi les différentes de puissance mesurées entre la face avant et la face arrière du verre.

Enfin les lentilles épaisses n'obéissent plus à une simple additivité, mais répondent à la loi d'association des systèmes centrés.

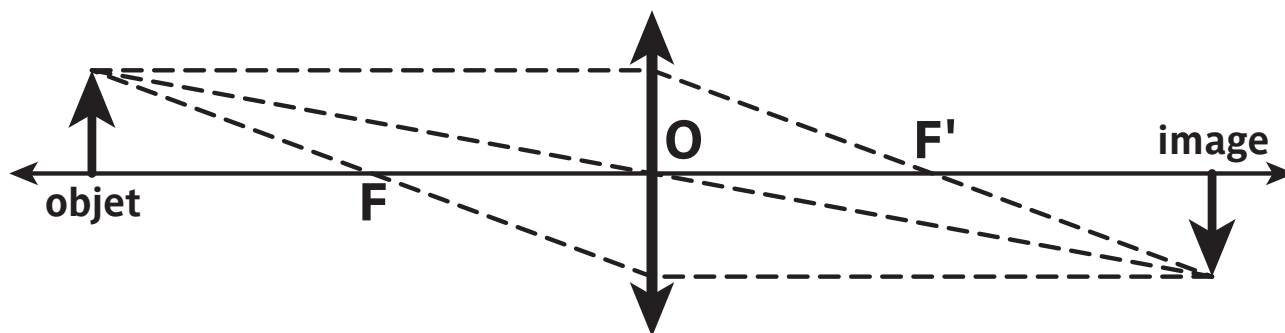


Fig 3. Les lentilles minces sphériques (exemple: une lentille convergente).

## L'ESPACE TRANSFORMÉ

La correction optique par verres, dite correction aérienne, modifie l'espace visuel du sujet; cette notion d'**espace transformé** est capitale dans la correction des amétropies fortes.

La vision nette d'un œil s'effectue naturellement entre le punctum remotum PR (éloigné) et le punctum proximum PP (rapproché) grâce à l'amplitude accommodative.

Dans l'œil amétrope, le PR n'est plus à l'infini; il est proche chez le myope en avant de l'œil, ou virtuel en arrière de l'œil chez l'hypermétrope.

La correction optique a pour but de replacer le PR amétrope à l'infini en faisant coïncider le PR avec le foyer image du système correcteur.

Dans ces conditions, toute la zone de vision nette de l'amétrope (ou zone accommodative), sera spatialement déplacée par la correction optique, illustrant ainsi la notion d'espace transformé.

Le nouvel espace visuel ainsi défini sera le conjugué virtuel de l'espace naturel à travers le verre correcteur, induisant des déformations (anamorphoses) statiques et dynamiques, liées à la distance verre-œil et aux effets prismatiques.

## LES PRISMES

### Définition

Un prisme est un solide comportant une base polygonale d'où partent des faces, en général perpendiculaires, séparées par des arêtes parallèles (schéma).

NB. La pyramide serait un prisme dont les faces convergent vers un sommet.

Le prisme va donc se définir par son sommet ou arête et ses deux faces formant un angle  $\alpha$ .

## L'OPTIQUE PHYSIQUE

Elle est encore appelée optique ondulatoire en référence à la nature d'onde vibrante de la lumière.

Il existe divers abords de la nature de la lumière dont l'essence profonde reste toujours un mystère.

Les « rayons » du soleil laisseraient supposer une nature rectiligne comme des flèches lancées par un projecteur; ces rayons se propagent en ligne droite, subissent des déviations en fonction des obstacles rencontrés, c'est l'optique géométrique.

Cette conception n'explique pas tout, en particulier les réactions chimiques dues à la lumière, comme la photosynthèse des plantes, les transmissions électrochimiques dans la rétine, ou le fonctionnement d'une cellule pho-

### Les éléments principaux d'une lentille mince

Les éléments principaux d'une lentille mince sont (figure n° 3):

- Elle se définit par ses deux foyers, objet F et image F';
- Un centre optique O;
- Sa puissance P, sa distance focale f, avec  $P = 1/f$ ;
- Les trois rayons remarquables;
- les deux rayons parallèles à l'axe passent par les foyers et le rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.

La propriété essentielle des lentilles minces est leur additivité algébrique utilisée avec les verres d'essai lors des examens subjectifs de la réfraction.

Dans ce cas, les puissances s'additionnent:  $P = \sum P_n$ , les plans principaux et le centre optique sont confondus, la puissance mesurée au fronto-focomètre par la face avant est égale à celle de la face arrière.

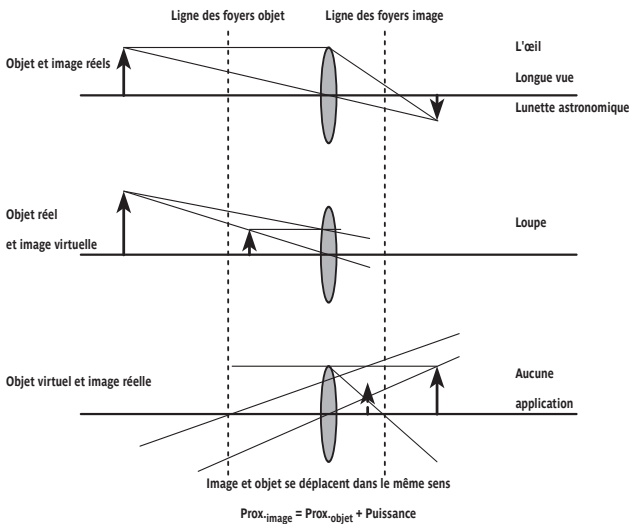


Fig 4. Image et objet dans une lentille convergente.

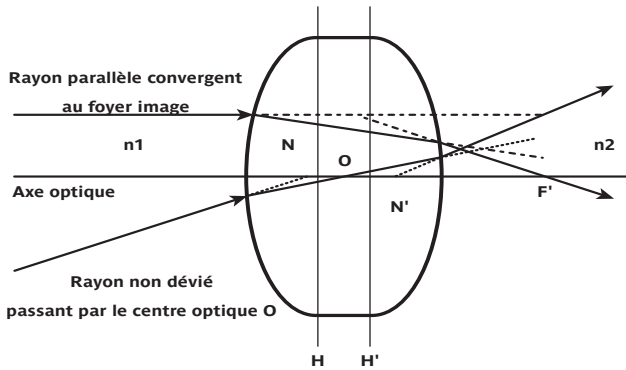


Fig 6. Éléments cardinaux d'une lentille épaisse sphérique.

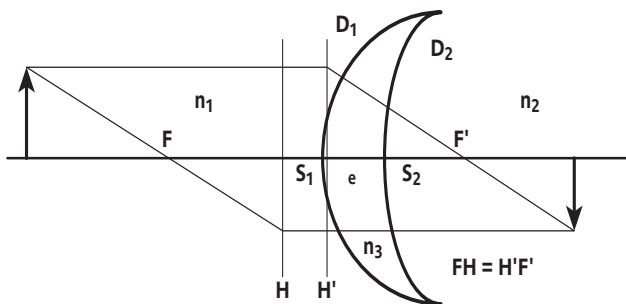


Fig 7. Éléments cardinaux d'une lentille épaisse sphérique.

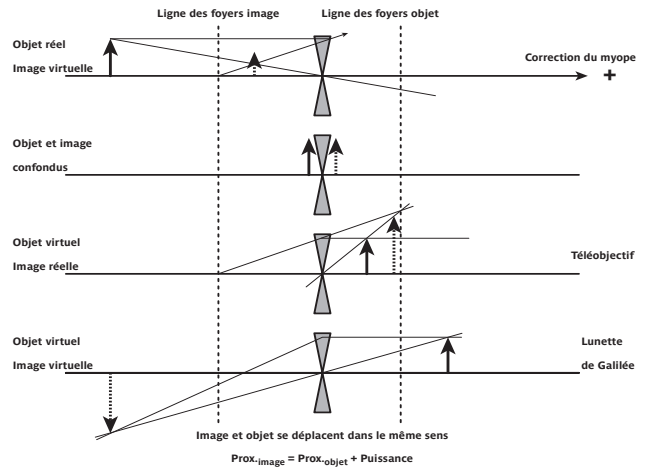


Fig 5. Image et objet dans une lentille divergente

**Les éléments cardinaux d'une lentille épaisse**

**Les éléments cardinaux d'une lentille épaisse (ou système centré)**

Ce sont (figures n° 4 et n° 5):

- La puissance  $P = -n/f = n'/f'$ ;
- La taille de l'objet  $y = f \times a$ ;
- La taille image  $y' = f' \times a'$ ;
- L'invariant de Helmholtz:  $n \times a \times y = n' \times a' \times y'$ .  
D'où  $y' = (n \times a) / P$ .

**La position de l'image**

La position de l'image d'un objet donnée par la lentille se calcule de deux manières (figures n° 6 et n° 7):

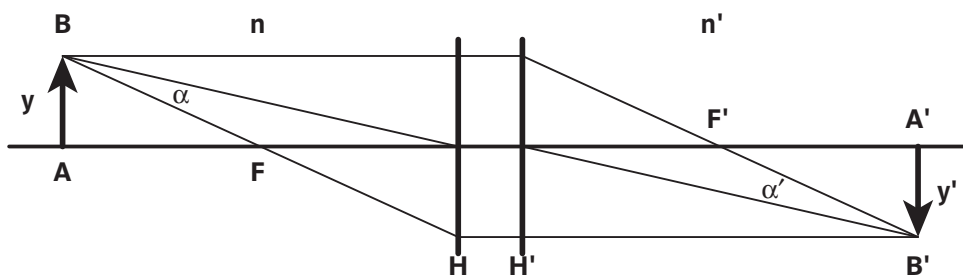
- Par origine aux foyers grâce aux formules de conjugaison (Newton 1672)  $ff' = xx'$ .  
*Application*: épaisseur rétinienne et distance minimale d'accommodation.
- Par origine au sommet grâce aux formules des proximités en valeur algébrique (Herschel 1827).

**Proximité image = proximité objet + puissance.**

Une proximité, ou « angle métrique », exprimée en dioptries, a été définie par Monoyer en 1872 comme l'inverse d'une distance en mètres. Elle est positive dans le sens gauche - droite, négative dans le sens inverse; la puissance optique d'une lentille est assimilée à une proximité, positive si convergente, négative si divergente.

Exemple de calcul:

- Position d'une image A'B' d'un objet AB situé à 5 cm d'une lentille convergente de puissance 10 δ (loupe):  
 - Prox objet =  $-1/0,05 = -20 \delta$ ,  
 - D'où prox image =  $-20 + 10 = -10 \delta$ .
- L'image est virtuelle et située à 10 cm derrière la lentille devant l'observateur (utilisation de la loupe) schéma 3b n° 2.

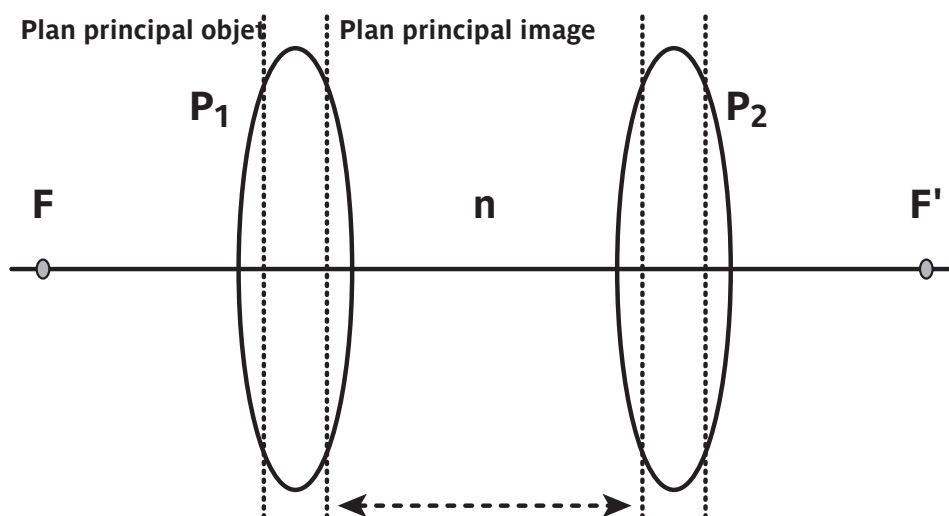


**Fig 8.** Association de deux systèmes centrés. La distance focale objet est égale à  $f = HF$  dans le milieu d'indice  $n$ ; la distance focale image est égale à  $f' = H'F'$  dans le milieu d'indice  $n'$ . L'abscisse de A est  $x_a = HA$  et sa proximité  $X_a = n/x_a$ . Le grandissement transversal est égal à:  $y'/y = x_a/x'_a$ . L'objet AB de taille  $Y$  vu sous l'angle  $\alpha$ , a son image en A'B' de taille  $y'$  vu sous l'angle  $\alpha'$  après la traversée du dioptre de plans principaux H et H' et de foyers F et F'.

### Association de deux systèmes centrés

Figures n° 8 et n° 9 :

- $X_1$  est la proximité d'un objet à l'infini donné dans un système de puissance  $P_1$ :  $X_1 = P_1$ ;
- $d$  est la distance entre le plan image  $H'_1$  et le plan objet  $H_2$  d'un 2e système;
- Le transfert de  $x_1$  en  $x_2$  s'écrit:  $x_2 = x_1 + d$ ;
- Soit en inverse par les proximités:  $X_2 = X_1/(1 - dX_1)$ ;
- La proximité  $X'_2$  donnée par le 2e système est  $X'_2 = X_2 + P_2$ ;
- Le rapport des tailles image/objet est inverse de leurs proximités:  $y'_2/y_2 = X_2/X'_2$  car  $y_2 = y'_1$ , système afocal;
- L'image de l'un devient objet pour l'autre;
- En remplaçant  $X'_2$ ,  $X_2$  et  $y_2$  par leur valeur on démontre que  $y'_2 = (n_1 \times a)/(P_1 + P_2 - d \times P_1 \times P_2)$ ;
- Ainsi, la puissance résultante de deux systèmes de puissance  $P_1$  et  $P_2$  séparés d'une distance  $d$  dans un milieu d'indice  $n$  est  $P$  telle que:  $\tilde{P} = P_1 + P_2 - (P_1 \times P_2 \times n/d)$  (Gullstrand 1880).



**Fig 9.** Association de deux systèmes centrés. La lentille résultante est égale à  $P = P_1 + P_2 - (\partial/n) \times (P_1 + P_2)$ . Les foyers F et F' ont des distances focales  $f$  et  $f'$ .

- $F1F: f_1 \cdot f' / \partial F2F: -f_2 \cdot f_2' / \partial$ .
- $HF = f_1 \cdot f_2 / \partial H'F' = -f_1' \cdot f_2' / \partial$ .

toélectrique d'un appareil photographique ; il faut faire appel à la notion de **photons**, ou grains de lumière ; c'est l'**optique corpusculaire**.

Louis de Broglie a associé une onde à toute particule ; cette longueur d'onde  $\lambda$  est égale au produit de la masse  $m$  de la particule par sa vitesse  $v$  :  $\lambda = mv$ . Cette conception marque la transition avec l'**optique ondulatoire**.

**COMPOSITION DE LA LUMIÈRE**

**La lumière est-elle faite de particules, les « grains de lumière » ou photons, ou d'ondes électromagnétiques ?**

Lorsque les obstacles rencontrés par la lumière deviennent de plus en plus petits, les lois de la réfraction ne s'appliquent plus ; on parle de **diffraction**, c'est l'**optique ondulatoire** ou **optique physique**.

La diffraction se produit lorsqu'un obstacle, dont la taille est voisine de la grandeur de l'onde, est placé sur son trajet ; dès lors l'onde subit une déviation multidirectionnelle, comme le font les vagues à la pointe d'une jetée ; l'obstacle devrait faire barrage à la propagation des ondes tel un écran, or celles-ci contournent l'obstacle et dévient de leur trajectoire : telle est la diffraction (figure n° 14).

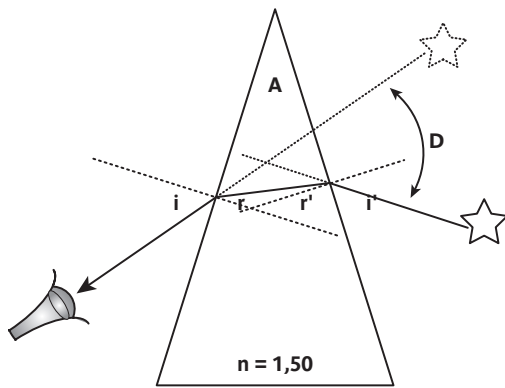


Fig 10. La déviation d'un prisme.

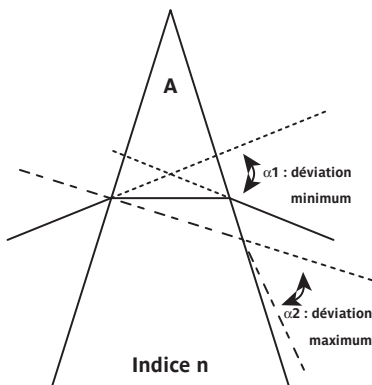


Fig 11. La déviation minimum et maximum d'un prisme.

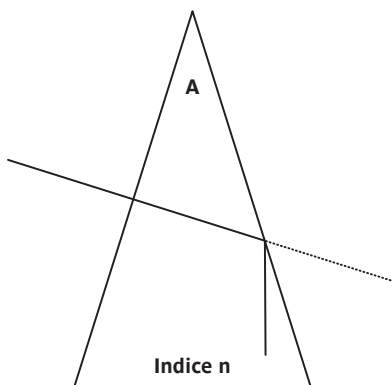


Fig 12. La condition d'émergence d'un prisme.

**Géométrie des prismes**

Un rayon lumineux qui aborde une face du prisme en ressort avec avoir subi une déviation  $D$  (figure n° 8) telle que :

- $D = i + i' - A$  ;
- $A = r + r'$  ;
- $\sin(i) = n \times \sin(r)$  et  $\sin(i') = n \times \sin(r')$ .

Pour les prismes à petit angle au sommet et petit angle d'incidence :  $D = (n - 1) \times A$ , si  $n = 1,5$ , on a  $D = A/2$ .

Dans un prisme, la déviation n'est pas constante ; elle passe par un minimum lorsque le trajet du rayon lumineux est symétrique dans le prisme (figure n° 9), sinon elle augmente (figure n° 9) en fonction de l'angle du prisme, de son indice de réfraction, de la fréquence de la radiation (le bleu est davantage dévié que le rouge), de l'angle d'incidence sur le prisme en respectant toutefois la condition d'émergence :  $A < 2 \times \arcsin(1/n)$  et  $\sin(i_o) = n \times \sin[A - \arcsin(1/n)]$  ;  $\arcsin(1/n)$  étant l'angle limite d'émergence (figure n° 10) et  $i_o$  l'angle limite d'incidence.

**Unités prismatiques**

La dioptrie prismatique ou  $\Delta$  correspond à une déviation de 1 cm à 1 m (figure n° 11) soit un angle  $t$  tel que  $\text{tg}(t) = 0,01$  d'où  $t = 0,57^\circ$ .

**Un angle de 1° correspondrait donc à 1,7  $\Delta$ .**

La dioptrie prismatique n'est pas une unité linéaire puisque  $\text{tg}(30^\circ) = 0,58$  soit 58  $\Delta$  et que  $2 \times \text{tg}(15^\circ) = 2 \times 0,27 = 54 \Delta$ .

Parler d'un angle de 100  $\Delta$  n'a pas de sens puisque la condition d'émergence n'est plus respectée ?



Fig 13. Prismes : la dioptrie prismatique.



Les rayons lumineux ne suivent plus les lois de l'optique géométrique mais celles de l'optique ondulatoire où la lumière devient une onde électromagnétique classique, avec amplitude, longueur d'onde et fréquence.

Lorsqu'un front d'onde rencontre des obstacles matérialisés par des milieux transparents d'indices différents, il apparaît des retards ponctuels liés à la nature de ces milieux dans lesquels la lumière ne se propage plus à la même vitesse; on parle de modification ou de déformation du front d'onde.

La nature de ces obstacles est diverse :

- Un simple trou minuscule crée de la diffraction: lorsque la lumière passant par ce trou parvient sur un écran situé à proximité, on observe des raies concentriques (taches décrites par l'astronome anglais Airy en 1880); cette diffraction limite le pouvoir résolutif d'un appareil en optique conventionnelle.
- Les ondes lumineuses provenant de deux sources proches forment des franges d'interférences dessinant successivement des bandes claires (superposition de lumière) ou sombres (annulation de lumière); ce phénomène a été mis à profit en ophtalmologie pour mesurer l'acuité visuelle maculaire derrière des milieux opaques (visiomètre de Lotmar).
- Les réseaux optiques sont formés de fentes juxtaposées qui diffractent la lumière selon le même principe; la structure moléculaire du stroma cornéen faite de fibres collagènes, successivement parallèles et perpendiculaires, dont la taille est voisine de celle de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse, fonctionne comme un réseau qui décompose la lumière puis la recompose par le biais d'interférences, assurant ainsi la transparence de l'organe. Toute perturbation de cette régularité en altérera la transparence.

Le phénomène de diffraction a été mis à profit dans la construction des **lentilles diffractives** utilisées en optique.

De nouvelles possibilités technologiques utilisant des microstructures maîtrisent le phénomène de la diffraction. L'intérêt réside dans un poids beaucoup plus léger des structures utilisant la diffraction que dans la réfraction classique. Une lentille diffractive est constituée d'anneaux concentriques clairs et opaques dont la distance est calculée de telle sorte que les ondes lumineuses qui la traversent se superposent partout de manière destructive, sauf au point focal où elles se renforcent et produisent un point de grande luminosité (figure n° 17).

*NB. L'angle de diffraction  $a$  est tel que  $\sin(a) = K \times (l/g)$ .  $K$  = nombre entier ou ordre de diffraction,  $l$  longueur d'onde de la lumière,  $g$  largeur de l'anneau.*

Cette approche permet de construire des lentilles de très forte puissance, peu encombrantes et légères, qui seront incorporées dans les systèmes optiques d'aide visuelle (type lunettes et Galilée).

Lorsqu'un front d'onde traverse des milieux transparents, comme ceux de l'œil, il subit des déformations ou **aberrations** de nature multiple, optiques, chromatiques et diffractives. L'œil à cet égard est un piètre instrument d'optique puisqu'il génère un nombre considérable d'aberrations.

L'analyse d'un front d'onde, issu de l'œil après réflexion sur la rétine, constitue l'**aberrométrie**, à laquelle sera consacré un chapitre particulier.

### L'énergie d'un photon

Hertz a défini l'énergie d'un photon comme le produit de sa fréquence  $\nu$  par la constante de Planck ( $6,625 \times 10^{-34}$ ); l'énergie  $h\nu$  du photon est le pilier de tous les calculs électrochimiques et photochimiques à la base de la construction des lasers par exemple.

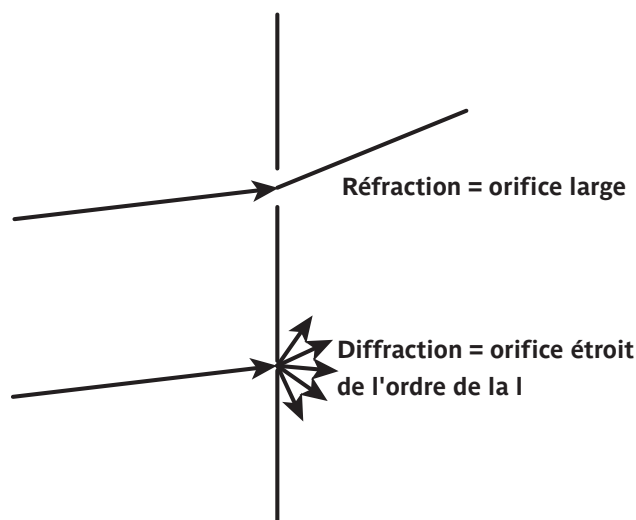


Fig 14. Réfraction et diffraction.

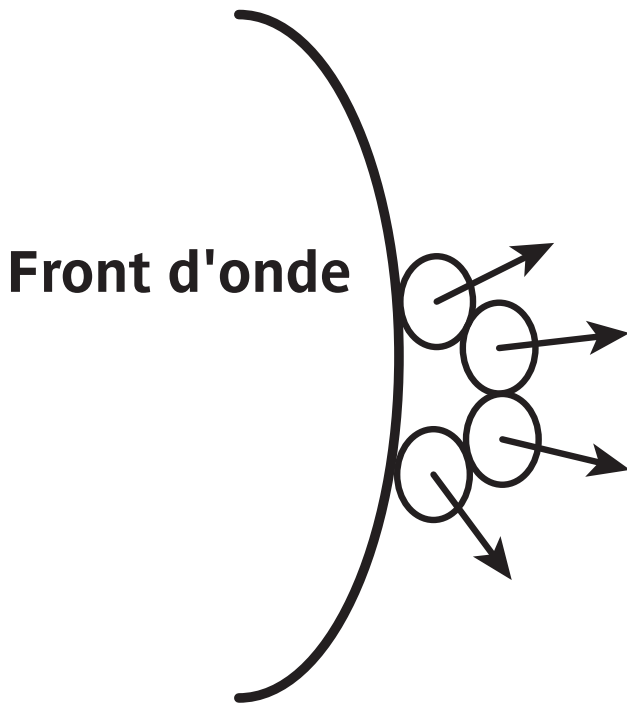


Fig 15. Les fronts d'onde.

### Les fronts d'onde

Huyghens (1678) analysa le phénomène en proposant la théorie des **fronts d'onde**; une onde à vibration transversale (telle la vague provoquée par le jet d'une pierre dans l'eau) se déplace en décrivant un front d'onde. Chaque point de ce front d'onde est lui-même considéré comme source secondaire émettant des « ondelettes », qui se propagent à leur tour dans toutes les directions (figure n° 15).

Lorsque deux sources émettent chacune des ondes pour leur propre compte, ces ondes vont se mélanger, en s'additionnant lorsque deux ondes font coïncider leur sommet (ondes en phase) ou en s'annulant si l'une est au sommet de sa vague et l'autre dans un creux (ondes en opposition de phase), et ainsi comme en cas d'interférences lumineuses, on se trouve avoir créé les ténèbres en ajoutant de la lumière à la lumière (Arago, 1816) (figure n° 16).

Cette différence de marche des ondes est fondamentale pour calculer leur résultante.

L'amplitude résultante est maximale lorsque les ondes se superposent, c'est-à-dire lorsque leur différence de marche est un multiple de leur longueur d'onde; la longueur d'onde est la distance qui sépare deux sommets de vagues; l'amplitude est nulle si les ondes s'opposent, l'une étant à son maximum, l'autre à son minimum; leur différence de marche est alors un multiple impair d'une demie longueur d'onde.

Fresnel (1815) mathématisa les différentes ondes sous forme de vecteurs inscrits dans un repère orthonormé imaginaire. Les nombres complexes ainsi obtenus ont pour module l'amplitude  $A$  de l'onde, et pour argument leur pulsation  $\omega t$ : soit  $V = A \times [\cos(t) + j \times \sin(t)]$  ou encore  $V = A \times e^{j\omega t}$  (Euler), avec la pulsation  $\omega$  égale à  $2\pi N$ , ou  $N$  est la fréquence de l'onde.

Exemple: pour la raie jaune du sodium, longueur d'onde  $\lambda$  de 550 nm, soit  $\lambda = c/N$  d'où  $N = 545 \times 10^{12}$  Hz.

Cette approche permet par combinaisons vectorielles, le calcul d'ondes résultantes, interférences, réseaux, diffraction.

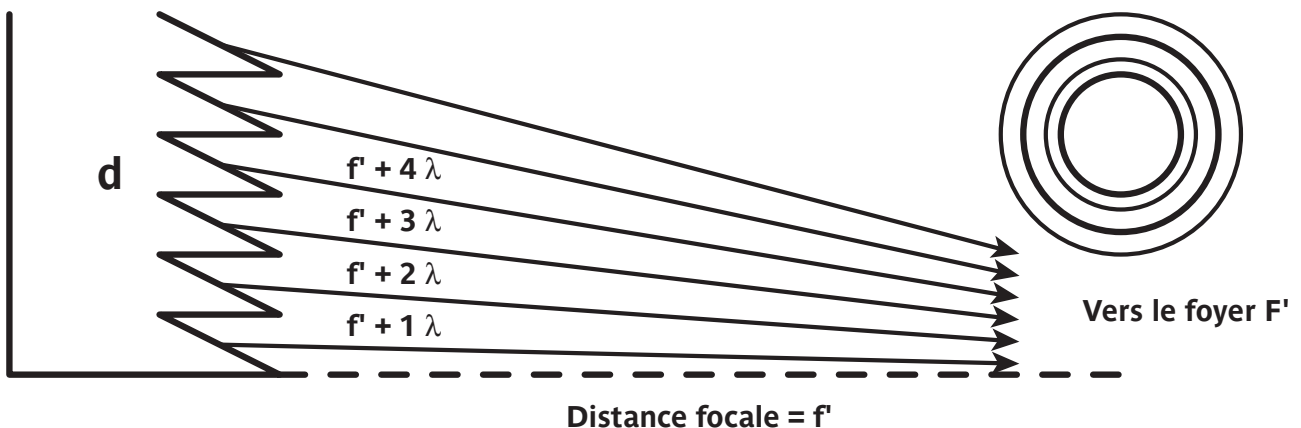
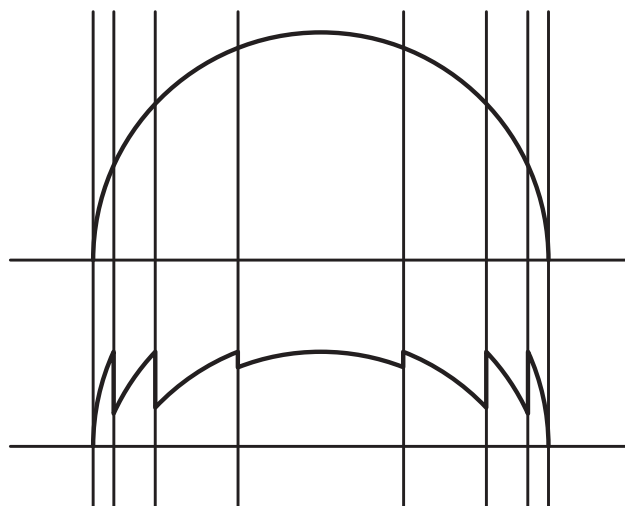


Fig 16. Lentille diffractive.

La cornée humaine est formée de microfibrilles de collagène ordonnées et parallèles ; leur diamètre est légèrement inférieur à une demie longueur d'onde lumineuse (250 nm) et leur indice voisin de celui de la substance fondamentale qui les baigne ; ces conditions assurent la transparence de la cornée (cf. structure en réseaux).



**Fig 17.** *Lentille diffractive.*



# PUPILLE ET ACUITÉ VISUELLE (LA PSEUDO-ACCOMMODATION)

*Charles Rémy*

## **INTRODUCTION**

La pupille ou diaphragme de l'œil joue un rôle très important dans le maintien de l'acuité visuelle et l'accommodation.

L'un des problèmes de l'optique physiologique est le **maintien de la focalisation rétinienne de l'image** lorsque la position de l'objet fixé varie.

Cette mise au point de l'image lorsque l'objet se déplace sur un axe antéro-postérieur fait appel à la **notion de profondeur de champ**.

La profondeur de champ est l'amplitude antéro-postérieure de vision nette entre un punctum proximum (PP) et un punctum remotum (PR); elle fait partie des qualités d'un système optique (figure n° 1).

Plusieurs mécanismes augmentent l'amplitude de cette profondeur de champ: les uns sont passifs et ne font pas appel à une modification de la puissance optique du système, c'est la pseudo-accommodation, les autres sont actifs et en modifient la puissance, c'est l'accommodation.

Nous décrivons les mécanismes de la pseudo-accommodation qui comprennent:

- Le déplacement transversal lié au grain rétinien;
- Le déplacement longitudinal de l'image liée à l'épaisseur de la rétine;
- Ainsi que les facteurs de variation de la position du punctum proximum.

## **PUPILLE ET ACCOMMODATION**

### **LE DÉPLACEMENT TRANSVERSAL DE L'IMAGE**

Il est lié *au grain*, c'est-à-dire au pouvoir de définition de la plaque sensible, pellicule photographique ou rétine (figure n° 2).

Si  $a'$  correspond à la taille d'un photorécepteur rétinien, il faut, pour que l'image soit nette, que la tache de diffusion reste inférieure au grain, soit trois microns chez l'homme.

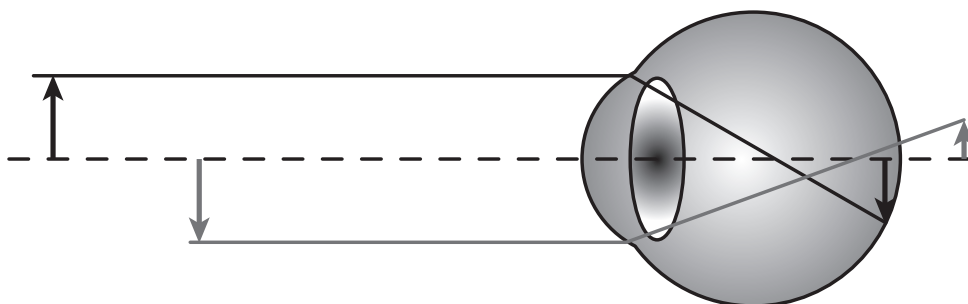


Fig 1. Optique de l'accommodation.

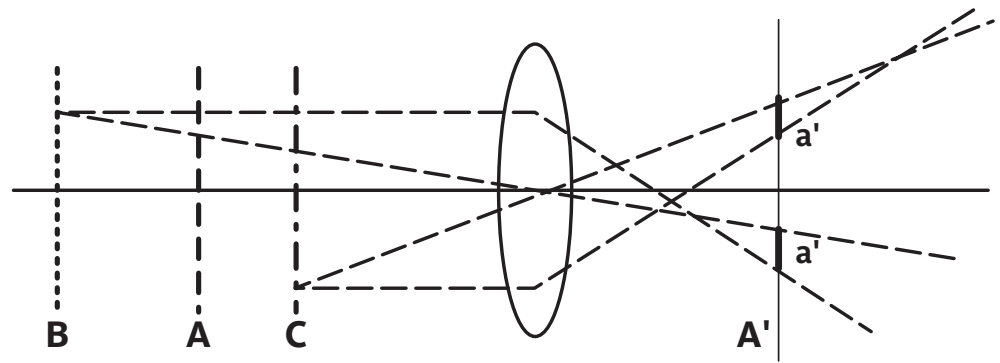


Fig 2. Le déplacement transversal de l'image.  
Pour que l'image soit nette, il faut que  $a' < \text{grain}$ .

### Le calcul de la profondeur de champ

La profondeur de champ  $p$  dépend de plusieurs paramètres:  $p = (2a' \times D_2) / (\Theta \times f)$ .

Avec:

- $a'$  = diamètre d'un cône rétinien;
- $D$  = distance de visée;
- $\Theta$  = diamètre de la pupille;
- $f$  = distance focale image de l'œil.

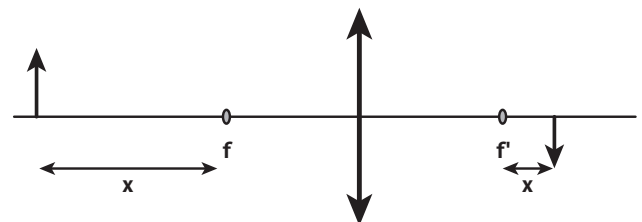
La discussion de la formule conclut à une augmentation de la profondeur de champ avec la distance de visée, une diminution du diaphragme pupillaire (2 mm représenteraient un optimum) réalisant au mieux les fameuses conditions de Gauss de la **visée sténopéique**; la profondeur de champ serait plus grande chez l'hypermétrope.

### Distance de lecture à cinq mètres et vision lointaine

Voici pourquoi:

- Lorsqu'un sujet regarde à 5 m, la distance objet est de l'ordre de 5 m (il faudrait ôter la distance focale objet de 20 mm) et le produit des distances focales de l'ordre de 20 mm au carré soit  $400 \times 10^{-6}$  m. Dans ces conditions la distance image au foyer image en est le quotient, soit  $80 \times 10^{-6}$  mètre, ou encore 80 microns.  
Cette distance de 80 microns correspond à l'épaisseur de l'article externe des cônes fovéolaires, et on considérera dans ces conditions, que le sujet n'accomode pas si l'image se forme dans l'épaisseur de sa rétine, c'est-à-dire depuis une distance de vision comprise entre le lointain et cinq mètres.
- La variation de pseudo-accommodation serait dans ces conditions de 0,20 dioptrie.

Fig 3. Le déplacement longitudinal de l'image. Formule de Newton:  $f \times f' = x \times x'$ .  
Application à la rétine:  $f = f' = 20$  mm,  
 $x = 5$  m,  $x' = 80 \mu\text{m}$



Le gain d'accommodation pour une distance de visée d'un mètre, un myosis de 2 mm, chez un sujet emmétrope, serait de 0,37 dioptrie.

La **tolérance de netteté** est une tache de diffusion sur la rétine qui doit être inférieure au grain.

### **LE DÉPLACEMENT LONGITUDINAL DE L'IMAGE**

Il obéit à la loi de Newton qui énonce que le produit des distances focales égale celui des distances image par objet, soit:  $f \times f' = x \times x'$  (figure n° 3).

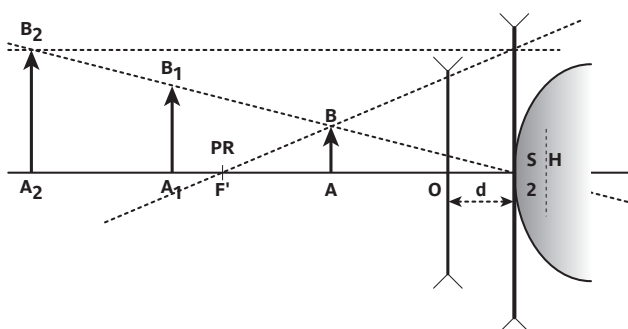
Une application immédiate est donnée par la distance de lecture de cinq mètres assimilée à une vision lointaine.

Au total, cumulée à la précédente, la pseudo-accommodation s'élèverait à une demie dioptrie, ce qui n'est pas négligeable.

### **LES VARIATIONS DE POSITION DU PUNCTUM PROXIMUM**

Une dernière modalité de pseudo-accommodation réside dans les variations de position du punctum proximum liées au mode de correction optique par le biais de la **distance verre/œil**.

En effet les modifications de la distance verre/œil influent la puissance apparente du verre correcteur. Le punctum proximum s'éloigne en cas de correction par lentille de contact chez le myope et inversement chez l'hypermétrope. Cela occasionne quelques déboires dans l'adaptation par lentilles chez les myopes de la quarantaine qui n'avaient pas l'habitude de porter leurs lunettes pour lire de près; ils éprouvent alors d'importantes difficultés à lire du fait de l'éloignement de leur punctum proximum majoré par leur hypoaccommodation.



**Fig 4.** Distance verre/œil et modification du punctum proximum chez le myope selon le mode de correction.

AB, punctum proximum sans correction passe en A1B1 après correction aérienne et en A2B2 après correction de contact. A2B2 est un objet dont AB sera l'image donnée par la lentille de contact. PR est l'image d'un objet à l'infini: c'est un espace virtuel.

Ainsi la position du punctum proximum varie en fonction de l'éloignement de la correction: une application immédiate est l'éloignement de la correction optique de loin, positive ou négative, que réalisent spontanément les amétropes forts pour lire de près sans addition.

La puissance apparente d'un verre correcteur augmente algébriquement avec son éloignement de l'œil; elle passera ainsi de  $-4 \text{ } \delta$  à  $-3,5 \text{ } \delta$  chez le myope avec un éloignement de 12 cm; ce myope se retrouvera ainsi sous-correcté; un rétablissement de sa correction totale serait réalisé en augmentant la puissance de la correction en valeur absolue vers  $-4,5 \text{ } \delta$ , mais induisant ipso facto des effets aniséiconants gênants (diminution de la taille de l'image apparente).

Inversement chez l'hypermétrope, la puissance apparente passera de  $+4 \text{ } \delta$  à  $+4,5 \text{ } \delta$ , le surcorrigeant de loin mais favorisant sa lecture de près.

La pseudo-accommodation était utilisée largement chez les aphaques avant l'implantation; elle l'est toujours chez les presbytes.

## TAILLE DE LA PUPILLE ET ACUITÉ VISUELLE

- Le myosis augmente la profondeur de champ;
- Les conditions de Gauss;
- Taille optimale de la pupille, effet Still-Crawford;
- Une pupille trop large donne de la dispersion, trop serrée elle conduit à des aberrations diffractives;
- Acuité visuelle, taille de la pupille en photopique et scotopique;
- Influence du myosis et de la mydriase pharmaceutique.

### L'accommodation chez l'homme

Age en années	10	20	30	40	45	50	60	65
Réserve accommodative en $\delta$	12	10	7	5	3	2	1	0,5
Punctum proximum en cm	8	10	14	20	30	50	100	200

L'amplitude accommodative exprimée en dioptries (inverse de mètres) différence entre les abscisses du punctum remotum et du punctum proximum.

La confrontation entre l'âge accommodatif et l'âge chronologique traduit une hypermétropie latente.

### La distance verre/œil influe sur la puissance apparente du verre correcteur

Rappelons qu'il existe trois modes essentiels de correction des amétropies: les corrections dites aériennes par verres de lunettes, les lentilles de contact qui annulent la distance verre/œil, auxquelles la chirurgie réfractive serait assimilée, et les corrections intra-oculaires qui modifient la position des plans principaux (cf. correction de l'aphaqué).

L'amplitude d'accommodation d'un œil myope non corrigé se fait entre son punctum proximum et son punctum remotum, tous deux à une distance finie (figure n° 4).

Après correction, le punctum remotum coïncidant avec le foyer image de la lentille aura son image repoussée à l'infini.

La position du punctum proximum varie selon le type de correction: avec une correction de contact supprimant la distance verre œil, il est en A2, après correction aérienne il se rapproche en A1.

La distance A1A2 se calcule:

$$A_1A_2 = (2 \times A \times d) / RA.$$

Où A est l'amétropie, d la distance verre œil, et RA la réserve accommodative.

La réserve accommodative est égale à  $1/PP - A$ ,  $1/PP$  étant la proximité du punctum proximum (inverse de sa distance métrique).

La puissance réelle du verre correcteur emmétropisant s'écrit:  $A/(1 - A \times d)$ .

### Position de l'image sur la rétine

La figure n° 5 montre la position de l'image sur la rétine d'un objet à l'infini chez un aphaque équipé d'une correction aérienne de +10 δ.

Position du foyer résultant  $F'$  :  $F'2F' = -(f_2^*f_2)/d$ .  
 $P_1 = P_v + P_k - (d_1 * P_v * P_k)$ .

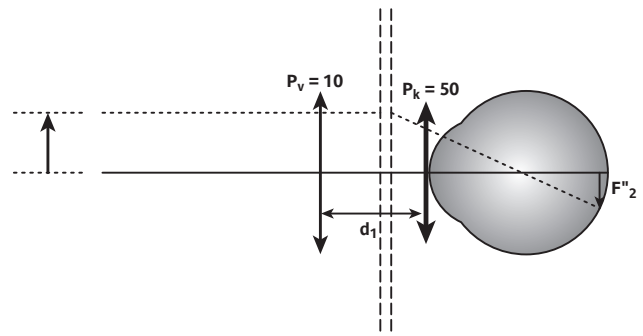


Fig 5. Variation du punctum proximum en fonction de l'éloignement et de la correction (objet à l'infini).

### La distance verre/œil

La figure n° 6 montre que si le verre correcteur s'éloigne de l'œil, l'image se décale en avant de la rétine « myopisant » l'ensemble verre/œil; dans ce cas, il est nécessaire de rapprocher l'objet pour que celui forme son image sur la rétine.

L'efficacité est très forte puisque dans une aphaque non implantée, le punctum proximum (qui est également un punctum remotum) peut s'avancer à 15 cm de l'œil pour un éloignement de 2 cm d'un verre correcteur de 10 δ.

Le foyer  $F'_2$  glisse en avant en  $F''_2$ , et la distance de vision  $D$ , après simplification, est telle que :  $D = 1/(P_v * P_k * \partial d)$  avec  $\partial d = d_2 - d_1$ .

Objet rapproché :  $P_2 = P_v + P_k - (d_2 * P_v * P_k)$ .

Avec  $P_L$  puissance de la lentille et  $P_K$  puissance de la cornée,  $\partial d$  est la variation d'éloignement.

**Ainsi l'image se rapproche si le verre correcteur s'éloigne.**

Rappelons qu'en matière de distance verre/œil, il faut bien distinguer :

- La modification de la puissance apparente d'un verre de puissance  $P$  lors d'un éloignement  $\partial d$  :  
 $\partial P = -P^2 * \partial d$  (différentielle de  $d = 1/P$ )
- De la modification de l'espace accommodatif, c'est-à-dire le déplacement du punctum proximum :  
 $\partial * PP = (2A * d) / RA$ .

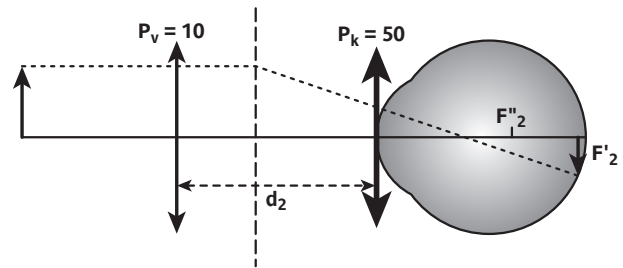


Fig 6. Variation du punctum proximum en fonction de l'éloignement et de la correction (objet rapproché).



# LE TEST ROUGE/VERT

Charles Rémy

## INTRODUCTION

Le test rouge vert est utilisé en réfraction subjective pour affiner la correction optique. Il consiste à montrer les tests de lecture, ou optotypes, successivement sur un fond rouge puis vert et à demander au sujet de dire dans quelle plage il voit mieux.

Le test rouge vert est praticable chez les dichromates (daltoniens); en effet il ne dépend pas de la perception colorée mais de la différence de focalisation des radiations rouge et verte.

Les pigments rétiens sont répartis inégalement :

- **Les cônes « rouges »** (pigment porté par le chromosome X) absorbent au maximum vers 565 nm ; la longueur d'onde du rouge est de 650 nm.
- **Les cônes « verts »** (pigment porté par le chromosome X) absorbent au maximum vers 540 nm ; la longueur d'onde du vert est de 510 nm.
- **Les cônes « bleus »** (10 %, pigment porté par le chromosome 7) absorbent au maximum vers 420 nm ; la longueur d'onde du bleu est de 470 nm.

*NB. Les maxima d'absorption ne correspondent pas aux longueurs d'onde des couleurs concernées. Il y a peu d'écart d'absorption entre les cônes rouges et verts: une explication serait de permettre une meilleure stéréoscopie en focalisant les composantes rouges et vertes des images dans la même zone d'épaisseur rétinienne, ce qui ne sera pas le cas des cônes bleus moins nombreux.*

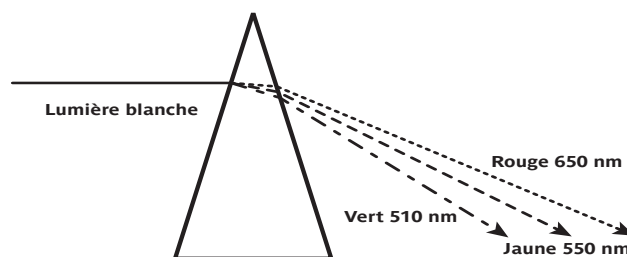
## PRINCIPE

La pratique du test rouge/vert repose sur le principe de la décomposition de la lumière par un prisme. En effet la lumière blanche du spectre visible est décomposée par la lumière en différentes couleurs. Ces différentes couleurs convergent à des distances différentes. Les rouges vont plus loin que les bleues.

Il existe des variations de la focalisation du rayon en fonction de la longueur d'onde : le rayon rouge (650 nm) focalise le plus loin, le vert (510 nm) le plus près (figure n° 1).

Le pouvoir dispersif d'un matériau transparent se définit par:  $K = (n_{\text{rouge}} - n_{\text{bleu}}) / (n_{\text{jaune}} - 1)$ , avec en général  $1/50 < K < 1/30$ ; son inverse s'appelle la constringence (tableau n° 1).

Le spectre visible est compris entre 400 et 800 nanomètres (nm) et se décompose en différentes couleurs (tableau n° 1).



**Fig 1.** Décomposition de la lumière par un prisme d'indice moyen  $n$  (jaune). Variations de la focalisation en fonction de la longueur d'onde.

<ul style="list-style-type: none"> <li>Le pouvoir dispersif K et la constringence <math>1/K : K = (n_{\text{rouge}} - n_{\text{bleu}})/(n - 1) - 1/50 &lt; k &lt; 1/30</math></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Spectre visible : 400 à 800 nanomètres</li> </ul>	
Couleur	Longueur d'onde
↯ Rouge	650 nm
↯ Orangé	600 nm
↯ Jaune	550 nm
↯ Vert	510 nm
↯ Bleu	470 nm
↯ Indigo	440 nm
↯ Violet	420 nm
<b>Tab 1.</b> Dispersion de la lumière par un prisme (Newton).	

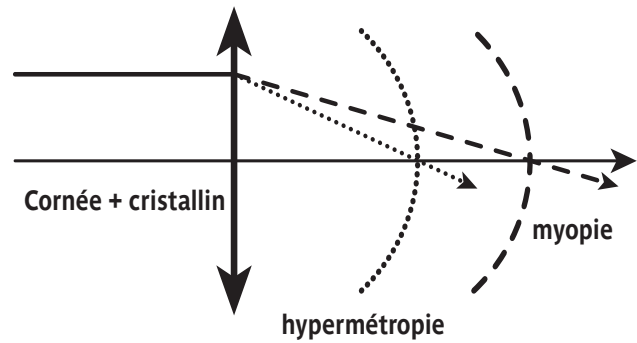


Fig 2. Focalisation des rayons vert et rouge.

**APPLICATION À L'ŒIL**

Ce principe appliqué à un œil emmétrope montre que la radiation rouge focalise en arrière et la verte en avant, et la jaune sur la rétine (figure n° 2).

Ainsi un œil légèrement myope, car trop long, verra mieux les lettres sur fond rouge (figure n° 3) et un œil hypermétrope les lettres sur fond vert.

La correction exacte de l'œil myope a pour but de replacer le conjugué de son remotum qui est en avant de sa rétine sur sa rétine (figure n° 4); dans ce cas la radiation moyenne jaune focalise sur la rétine, la rouge en arrière et le vert en avant.

En cas de sous correction d'un myope, la radiation rouge atteint la première la rétine, la verte focalisant très en avant; dans ce cas, le myope sous corrigé verra mieux les tests rouges (figure n° 5).

En cas de sur correction (figures n° 6 & 7), c'est la radiation verte qui focalise sur la rétine, la rouge focalisant plus en arrière dans l'espace hypermétrope.

**ÉTUDE CRITIQUE DU TEST ROUGE/VERT**

La pratique d'un test rouge vert exige une mise au repos de l'accommodation, donc théoriquement une cycloplégie; en effet si le sujet accommode, il majore artificiellement sa myopie, et il y a risque de surcorrection.

La méthode s'appliquera plus facilement chez l'amétrope connu et volontiers plus âgé.

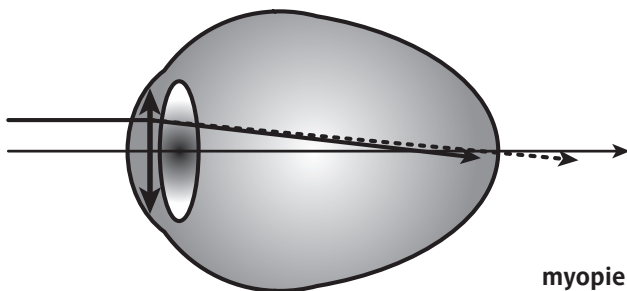


Fig 3. Application à un œil légèrement myope. L'œil myope trop long focalise la lumière blanche en avant de sa rétine. Un œil légèrement myope focalise la radiation rouge sur sa rétine.

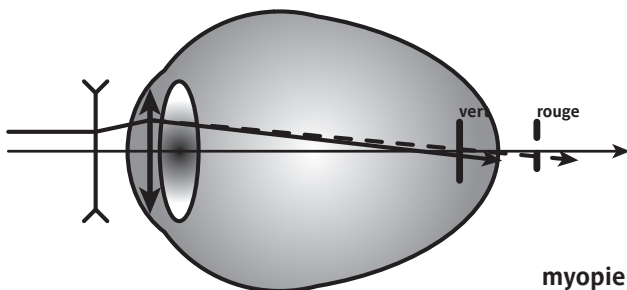


Fig 4. Correction exacte d'un œil myope. Le verre divergent repousse le rayon vers l'arrière. En cas de correction parfaite, la lumière jaune est focalisée sur la rétine, la verte en avant, la rouge en arrière.

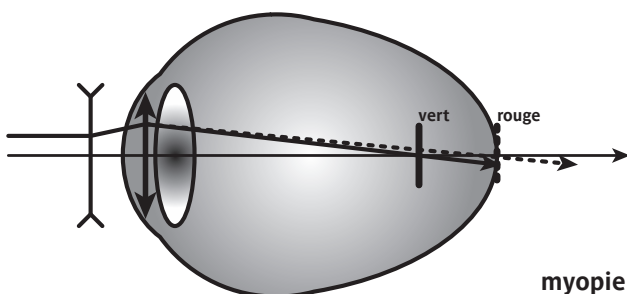


Fig 5. Application à l'œil myope sous-corrigé. La lentille divergence repousse les rayons vers l'arrière. Le rayon rouge atteint le premier la rétine. Le myope sous-corrigé verra mieux la longueur d'onde rouge.

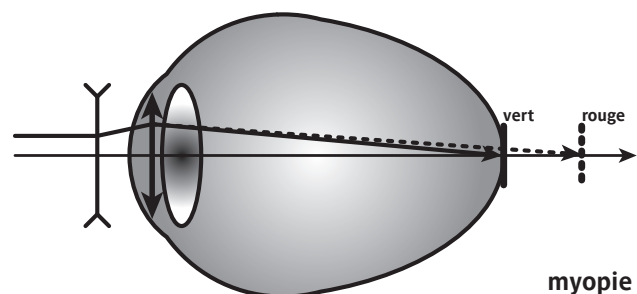


Fig 6. Application à l'œil myope surcorrigé. Le myope surcorrigé voit mieux la longueur d'onde verte. La longueur d'onde rouge étant passée dans l'espace hypermétrope.

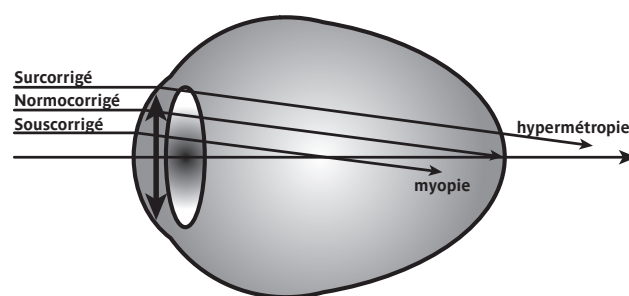
*Elle sera source d'erreur chez l'hypermétrope méconnu qui spasme conduisant à une sous-corrrection.*

Enfin elle doit s'intégrer aux autres méthodes dans une batterie de tests (brouillard...).

## CONCLUSION

Citons quelques applications des verres colorés en ophtalmologie médicale :

- Diagnostique: le test rouge/vert dépistant les sur et sous corrections des amétropies ;
- Thérapeutique:
  - ↳ Verres correcteurs marron chez les myopes,
  - ↳ Les verres verts chez les hypermétropes,
  - ↳ Bleus ou jaunes dans le nystagmus idiopathique avec ou sans dyschromatopsie.



**Fig 7.** Le myope surcorrigé focalise en arrière de sa rétine et devient hypermétrope.



# RÉFRACTION DE PRÈS (ÉTUDE DU PPA)

*Charles Rémy*

## **POSITION DU PROBLÈME**

L'œil est un appareil d'optique (dans sa partie transmission) qui permet de voir à différentes distances grâce à un processus appelé **accommodation**.

Ainsi la vision s'effectue entre un point net éloigné (punctum remotum) et un point net rapproché (punctum proximum); entre les deux s'étend l'amplitude accommodative ou profondeur de champ (figure n° 1).

La position des punctums proximum et remotum varie selon l'âge et l'amétropie de l'œil.

Le remotum normalement situé à l'infini est vu sans effort accommodatif; sa position varie en cas d'amétropie, rapprochée chez le myope, virtuelle chez l'hypermétrope en arrière de l'œil.

Le proximum est vu après l'effort accommodatif maximal développé par l'œil. Il s'éloigne naturellement avec l'âge, c'est la presbytie (πρεσβυς: vieux, οψις: vue).

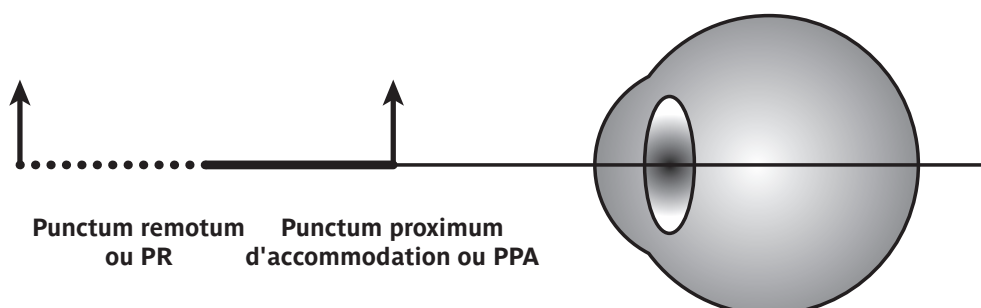
L'accommodation comprend l'accommodation vraie liée à une véritable variation de la puissance optique de l'œil (figure n° 2), et la pseudo-accommodation liée à des « astuces optiques ».

## **LA PSEUDO-ACCOMMODATION EST SECONDAIRE**

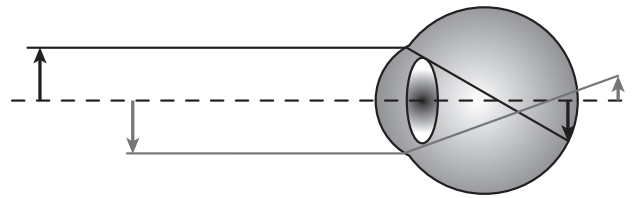
### **LE DÉPLACEMENT TRANSVERSAL**

Le déplacement transversal de l'image est lié au grain, c'est-à-dire au pouvoir de définition de la plaque sensible, pellicule photographique ou rétine (figure n° 3).

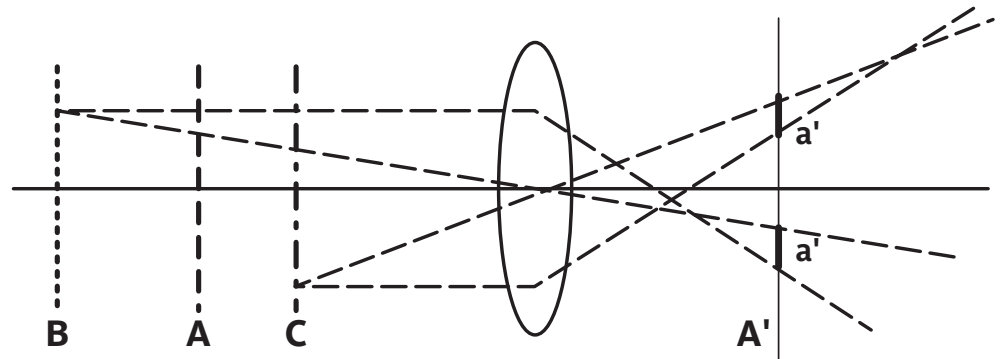
La tolérance de netteté est une tache de diffusion sur la rétine qui doit être inférieure au grain.



**Fig 1.** L'amplitude accommodative. L'amplitude d'accommodation (cm) ou profondeur de champ est égale à:  $AC = PR - PPA$ ; la réserve accommodative ( $\delta$ ) est égale à:  $RA = 1/PPA - 1/PR$ .



**Fig 2.** Optique de l'accommodation. Le déplacement de l'objet entraîne une défocalisation rétinienne de l'image. L'objet et l'image se déplacent dans le même sens.



**Fig 3.** Le déplacement transversal de l'image. Pour que l'image soit nette, il faut que  $a' < \text{grain}$ .

Le gain d'accommodation pour une distance de visée d'un mètre, un myosis de 2 mm, chez un sujet emmétrope, serait de 0,37 dioptrie.

### LE DÉPLACEMENT LONGITUDINAL

Le déplacement longitudinal de l'image obéit à la loi de Newton et est lié au déplacement de l'image dans l'épaisseur de la rétine.

La variation de pseudo-accommodation serait dans ces conditions de 0,20 dioptrie.

Au total la pseudo-accommodation fournit une bonne demie dioptrie.

### L'ACCOMMODATION VRAIE PROPREMENT DITE

Chez l'homme, elle est en rapport avec la contraction du muscle ciliaire. Elle est un phénomène réflexe mais partiellement dissociable. Elle est déclenchée par le flou rétinien, entraînant une modification de la puissance du cristallin (Helmholtz).

Ainsi, la triade accommodative, sous la dépendance du parasympathique et la troisième paire crânienne, assure la vision de près avec myosis (optimum 2 mm), la convergence (aspect binoculaire, stéréoscopie) et augmente la puissance cristallinienne par contraction du muscle ciliaire.

Le déclenchement de l'accommodation est lié au flou rétinien.

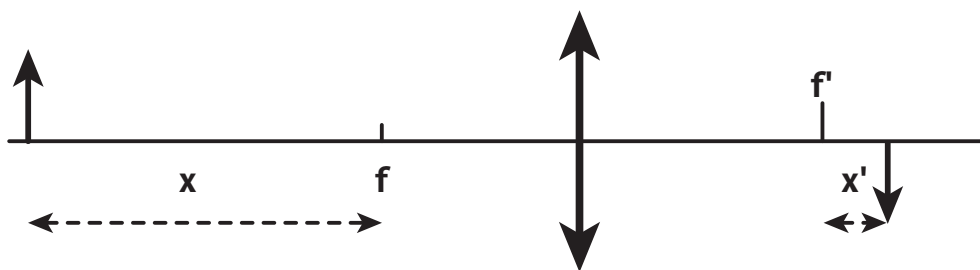
Le « flou » rétinien, source d'inconfort visuel, provoque un réflexe de mise au point par l'accommodation, en cas de vision de près ou d'hypermétropie ; chez l'astigmate, la recherche de la focale verticale provoque la moindre accommodation.

### LES VARIATIONS PHYSIOLOGIQUES DE LA POSITION DU PPA

Elles sont secondaires à l'âge, c'est la **presbytie**.

**La réserve accommodative**, capacité du sujet à accommoder, se définit en dioptries comme la différence entre les proximités du remotum et du proximum ; elle diminue avec l'âge (tableau n° 1). La proximité du remotum étant nulle chez l'émétrope (car à l'infini), la réserve accommodative se réduit à la proximité du proximum.

NB. On appelle proximité exprimée en dioptries l'inverse d'une distance exprimée en mètres (Monoyer).



**Fig 4.** Les variations pathologiques de la position du PPA. La formule de Newton:  $f \cdot f' = x \cdot x'$  → Application:  $f = f' = 20 \text{ mm}$ ,  $x = 5 \text{ m}$ ,  $x' = 80 \mu$ .

Des appareils, comme la barre de Behrens, mesurent ces trois variables. La confrontation entre âges accommodatif et chronologique révèle parfois une hypermétropie latente.

Pour être confortable, un effort naturel ne doit pas dépasser le tiers de sa capacité maximale. En conséquence, tout effort accommodatif ne doit pas être supérieur au tiers de la réserve accommodative, sinon il se déclenche une **asthénopie** ou fatigue visuelle.

Ainsi un enfant de dix ans (RA = 12  $\delta$ ) lira à 25 cm (PPA = 4  $\delta$ ) sans fatigue tandis qu'un adulte de quarante ans (RA = 5  $\delta$ ) fatiguera en lecture prolongée à 40 cm (PPA = 2,5  $\delta$ ).

Ce surcroît d'effort accommodatif avec l'âge rend compte de la survenue des strabismes accommodatifs par la décompensation de la relation accommodation convergence.

#### **Accommodation et cristallin**

La contraction des fibres circulaires du muscle ciliaire provoque une détente de la zonule, qui diminue le rayon de la face antérieure du cristallin (0,5 mm) ainsi que de sa face postérieure reculant de 0,1 mm, la chambre antérieure diminue de profondeur, l'épaisseur du cristallin passe de 4 à 4,5 mm pour une accommodation de sept dioptries, il se déplace en nasal et en bas, les plans principaux de l'œil reculent vers la rétine de 0,5 mm induisant une anisétropie de 2 %.

Aux phénomènes purement géométriques s'ajoute une augmentation de l'indice de réfraction du cristallin par glissement des fibres sur elles-mêmes.

## **LES VARIATIONS PATHOLOGIQUES DE LA POSITION DU PPA**

Elles sont secondaires à l'amétropie et à son mode de correction (figure n° 4).

### **L'AMÉTROPIE MODIFIE LA POSITION DU REMOTUM ET DU PROXIMUM**

La position du remotum reflète la nature de l'amétropie: réelle et située devant l'œil chez le myope, virtuelle en arrière de la rétine chez l'hypermétrope.

Un œil myope de deux dioptries voit flou au-delà de cinquante centimètres; sa réserve accommodative restant identique, son PPA en sera d'autant plus rapprochée: le myope voit très bien de près quel que soit son âge.

Exemple: un myope de quatre dioptries âgé de 40 ans à un PR à 25 cm, conserve une RA de 5  $\delta$  donc un PPA à 9  $\delta$  ou 11 cm.

Un hypermétrope de 40 ans sera par contre plus gêné: une hypermétropie de 2  $\delta$  place son PR à 50 cm en arrière de l'œil, sa RA étant de 5  $\delta$ , il ne pourra accommoder que de 3  $\delta$  en vision de près et son PPA ne descendra pas en dessous de 33 cm. En vieillissant le PPA rejoignant le PR, il n'aura plus aucune zone de vision nette.

*NB. Le maintien de la RA est subordonné au port de la correction; le myope paresseux qui ne porte pas ses lunettes en vision de près, ruine sa réserve et éprouvera des difficultés à lire de près dès qu'il portera ses lunettes, tel un hypoaccommodatif. Par contre l'hypermétrope non corrigé, toujours sollicité davantage pour accommoder, aura un muscle ciliaire plus développé que la normale (hyperaccommodatif).*

Âge (années)	10	20	30	40	45	50	60	65
RA (D)	12	10	7	5	3	2	1	0,5
PPA (cm)	8	10	14	20	30	50	100	200

**Tab 1.** L'éloignement du PPA et la diminution de la réserve accommodative.

## LES VARIATIONS DE POSITION DU PUNCTUM PROXIMUM

Elles sont liées au mode de correction optique induit par la distance verre/œil.

D'après la figure n° 5, l'amplitude d'accommodation d'un œil myope non corrigé se fait entre son punctum proximum et son punctum remotum, tous deux à une distance finie.

Après correction, le punctum remotum est toujours repoussé à l'infini et il coïncide avec le foyer image de la lentille.

La position du punctum proximum varie selon le type de correction. Avec une correction de contact qui supprime la distance verre œil, il est en  $A_2$ ; après correction aérienne, il se rapproche en  $A_1$ .

La distance  $A_1A_2$  se calcule :

$$A_1A_2 = (2 \times A \times d) / RA$$

Où  $A$  est l'amétropie,  $d$  la distance verre œil, et  $RA$  la réserve accommodative.

La réserve accommodative est égale à  $(1/PP) - A$ ,  $1/PP$  étant la proximité du punctum proximum (inverse de sa distance métrique).

La puissance réelle du verre s'écrit :  $A/(1 - A \times d)$ .

La position du punctum proximum varie en fonction de l'éloignement de la correction : une application immédiate est l'éloignement de la correction optique de loin, positive ou négative, que réalisent spontanément les amétropes forts pour lire de près sans addition.

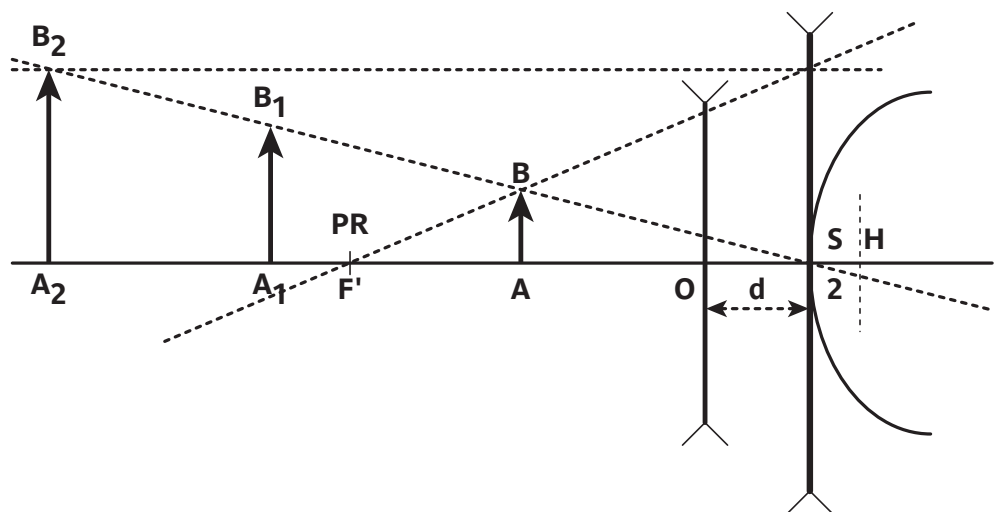
La figure n° 6 montre la position de l'image sur la rétine d'un objet à l'infini chez un aphaque équipé d'une correction aérienne de  $+10 \text{ } \delta$ .

La figure n° 7 montre que si le verre correcteur s'éloigne de l'œil, l'image se décale en avant de la rétine « myopisant » l'ensemble verre/œil. Dans ce cas, il est nécessaire de rapprocher l'objet pour que celui forme son image sur la rétine.

L'efficacité est très forte puisque dans une aphaque non implantée, le punctum proximum (qui est également un PR) peut s'avancer à 15 cm de l'œil pour un éloignement de 2 cm d'un verre correcteur de 10  $\delta$ .

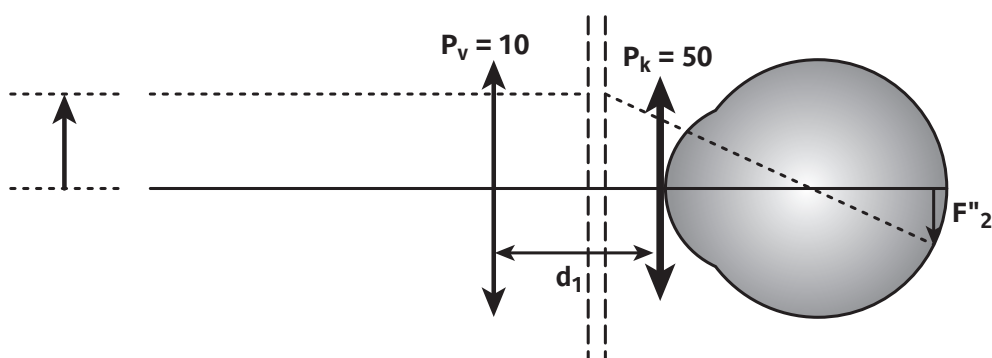
Le foyer  $F'_2$  glisse en avant en  $F''_2$ , et la distance de vision  $D$ , après simplification, est telle que :

$$D = 1/P_L \times P_K \times \delta d$$

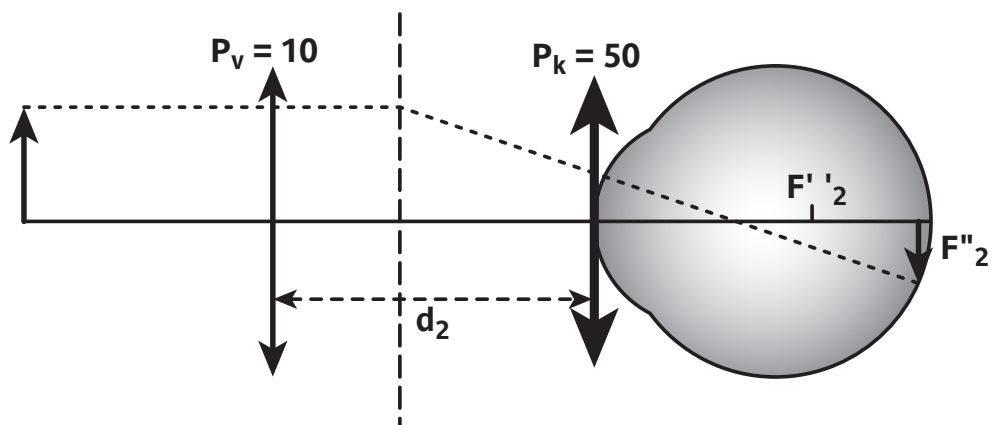


**Fig 5.** Distance verre/œil et modification du punctum proximum chez le myope selon le mode de correction.  $AB$  proximum sans correction passe en  $A1B1$  après correction aérienne et en  $A2B2$  après correction de contact.  $A2B2$  est un objet dont  $AB$  sera l'image donnée par la lentille de contact.  $PR$  est l'image d'un objet à l'infini : c'est un espace virtuel.





**Fig 6.** Correction d'un aphaque. Pour un objet à l'infini, la position du foyer résultant se calcule de la façon suivante.  $F' = F'_2 F' = -(f_2 * f'_2) / d$ .  $P_1 = P_v + P_k - (d_1 * P_v * P_k)$ .



**Fig 7.** Variation du punctum proximum en fonction de l'éloignement de la correction pour un objet rapproché. Objet rapproché:  $P_2 = P_v + P_k - (d_2 * P_v * P_k)$ . Le déplacement des plans principaux de fait vers l'avant. Le foyer  $F'_2$  glisse en avant en  $F''_2$  et la distance de vision  $D$  est telle que:  $D = 1 / (P_L * P_K * \partial d)$  avec  $\partial d = d_2 - d_1$ .

Avec  $P_L$  puissance de la lentille et  $P_K$  puissance de la cornée,  $\partial d$  est la variation d'éloignement.

**Ainsi l'image se rapproche si le verre correcteur s'éloigne (figure n° 7).**

Rappelons qu'en matière de distance verre œil, il faut bien distinguer :

- La modification de la puissance apparente d'un verre de puissance  $P$  lors d'un éloignement  $\partial d$  :

$$\partial P = -P^2 \times \partial d \text{ (différentielle de } d = 1/P \text{);}$$

- De la modification de l'espace accommodatif, c'est-à-dire le déplacement du punctum proximum :

$$\partial PP = 2A \times d / RA.$$

## PPA ET VISION BINOCULAIRE

Le sujet, qui utilise une vision binoculaire normale, fait converger ses yeux sur l'objet fixé. Là encore cet effort de convergence ne doit pas excéder le tiers de sa capacité globale; il est très pénible de converger longtemps à 15 cm pour un myope de six dioptries même s'il n'accomode pas. Ainsi pour lutter contre cette asthénopie accommodative, il renonce à toute convergence et se met à diverger.

### CHEZ LE SUJET EMMÉTROPE

Chez le sujet emmétrope qui a la chance de posséder une bonne vision binoculaire, il s'établit une relation harmonieuse entre l'accommodation (vision nette de près) et la convergence (vision simple et stéréoscopique de près): c'est la base de la relation accommodation convergence.

## CHEZ L'AMÉTROPE

Chez l'amétrope, cette relation est modifiée par le mode de correction, aérienne ou de contact, par les effets prismatiques et la distance verre/œil.

Le presbyomètre de Bonnac, dissociant en partie la vision binoculaire de près par une barre verticale interposée entre le texte de lecture et les yeux, apprécie l'équilibre de lecture binoculaire en vision de près.

## CHEZ L'ANISOMÉTROPE

Chez l'anisométrope, la correction de près se double de l'aniséiconie et de l'effet prismatique du verre.

L'aniséiconie a été traitée au chapitre

L'effet prismatique du verre est lié au décentrement; à addition égale, lorsque la correction de base est trop différente d'un œil à l'autre, l'effet prismatique induit par le décentrement de la ligne de visée est inégal et induit une phorie verticale, source d'asthénopie fusionnelle.

Dans les verres à double foyer, une solution est apportée par l'adjonction d'un prisme évitant de surcroît le sursaut lors du passage de la ligne de jonction (cf. schéma).

## LA RELATION ACCOMMODATION CONVERGENCE

- Syncinésie complexe partiellement dissociable: on peut accommoder sans converger (verres négatifs), et converger sans accommoder (prismes); la fusion et la stéréoscopie restaurent la rectitude.
- Les méthodes de mesure du rapport AC/A (ou mieux de la relation convergence/accommodation, car cette fonction n'est pas une constante) nécessitent le plus souvent une CRN; citons pour mémoire:
  - La courbe de Donders,
  - L'hétérophorie loin/près,
  - La méthode du gradient,
  - La disparité de fixation de Ogle,
  - L'ACA mètre de Bérard.

La variation des résultats s'explique par des conditions expérimentales de mesure différentes ainsi que par l'inconstance du rapport AC/A.

L'« angle métrique » ou inverse d'une distance, est une unité discutable qui exprime l'angle de convergence en fonction de l'écart interpupillaire.

- Le « cran accommodatif » traduit l'adaptation de la relation C/A chez l'amétrope et chez le presbyte selon leur correction;
- Les variations du rapport C/A:
  - Physiologiques:
    - ∅ Chez l'amétrope en fonction de la correction
    - ∅ Les myotiques le diminuent et les cycloplégiques brefs l'augmentent, l'orthoptie ne le modifie pas;
  - Pathologiques:
    - ∅ Les hypercinétiques correspondent à une hyperstimulation de la convergence pour une accommodation donnée; leur rapport AC/A est augmenté par augmentation de la quantité AC,
    - ∅ Les hypoaccommodatifs comportent, dans la genèse du strabisme qui apparaît, comme une inadaptabilité du cran accommodatif à la convergence; leur rapport AC/A est augmenté par diminution de la quantité A; une mesure de la distance de leur punctum proximum accommodatif à la barre de Behrens peut les dépister.

Cette distinction peut relever du sophisme pour certains dans la mesure où tout presbyte devenant par définition hypoaccommodatif devrait loucher en vision de près.

La notion de proximité égocentrique (Hofmann) rend compte des convergences de près en dehors de toute perturbation accommodative.

## **DÉTERMINATION DE LA RÉFRACTION DE PRÈS**

Pour ceci, il faut :

- Connaître la réfraction de loin
- Connaître la qualité binoculaire, stéréoscopie et amplitude de convergence.
- Déterminer l'addition en fonction de plusieurs paramètres (tableau n° 2):
  - ↪ L'âge : +1,5  $\delta$  à 45 ans, +2  $\delta$  à 50 ans, +2,50  $\delta$  à 60 et +3  $\delta$  à 65 ans. Ces chiffres ne sont qu'indicatifs. Une addition de +3  $\delta$  fait lire à 33 cm donc converger à cette distance ; l'effort de convergence ne doit pas être trop important pour rester confortable (ne pas demander plus d'un tiers de la capacité totale) donc connaître l'amplitude de convergence serait l'idéal. Une addition de +2,50 fait lire à 40 cm dont converger à cette distance.
  - ↪ Le besoin de l'addition, simple lecture, travail de précision (couture, bijouterie) ; dans ce cas l'addition sera plus importante.



# L'ANISÉÏCONIE

*Charles Rémy*

L'aniséïconie ( $\alpha\lambda\iota\sigma\sigma$  = inégal et  $\epsilon\iota\kappa\omega\nu$  = image), terme défini par Bangerter, est une inégalité de taille d'image perçue subjectivement par chaque œil. Elle entre dans le cadre des troubles de la vision binoculaire.

On l'exprime en pourcentage positif ou négatif de différence de taille d'image.

Il existe des aniséïconies physiologiques (comme « la diplopie physiologique ») liées à la parallaxe : un doigt placé vers la tempe est vu plus gros par un œil que par l'autre, et des aniséïconies pathologiques naturelles ou iatrogènes.

Comme dans toute perception sensorielle, l'aniséïconie sera :

- **De transmission ou objective**, celle des géomètres, opticiens et physiciens, résultant de la construction des images sur la rétine, avec des grandeurs mathématiques caractéristiques.
- **De perception ou subjective**, celle des neurophysiologistes, dépendant de la densité des photorécepteurs sur la rétine, ou celle des tests de mesure. Elle est mieux tolérée si d'origine fovéolaire que périphérique, secondaire à une amétropie de puissance plutôt qu'axiale. Sa limite de sensibilité est d'un pour cent.
- **D'intégration corticale ou fonctionnelle**, des cliniciens, celle dont la correction fait disparaître les troubles cliniques ; elle est tolérée en général jusqu'à 5 %, et relève de processus corticaux complexes à la manière des correspondances rétinienne dans le strabisme.

## **ANISÉÏCONIE ET CORRECTION OPTIQUE**

La nature de la correction optique modifie la taille de l'image rétinienne.

Trois types de correction sont disponibles :

- Les corrections « aériennes » représentées par les verres de lunettes, concaves ou convexes, sphériques ou cylindriques : le paramètre mis en cause sera la distance verre/œil soit  $\delta$ .
- Les corrections par lentilles de contact appliquées au sommet de la cornée, auxquelles se rattache la chirurgie réfractive ; on négligera dans ces conditions la distance cornée/plan principal objet (1,6 mm).
- Les corrections intra-oculaires par implants en chambre antérieure ou postérieure.

La taille de l'image rétinienne sera modifiée par le déplacement des plans principaux lié à la distance verre/œil, par l'effet prismatique induit par la correction optique, et par l'accommodation. Ces effets sont cumulatifs (figure n° 1).

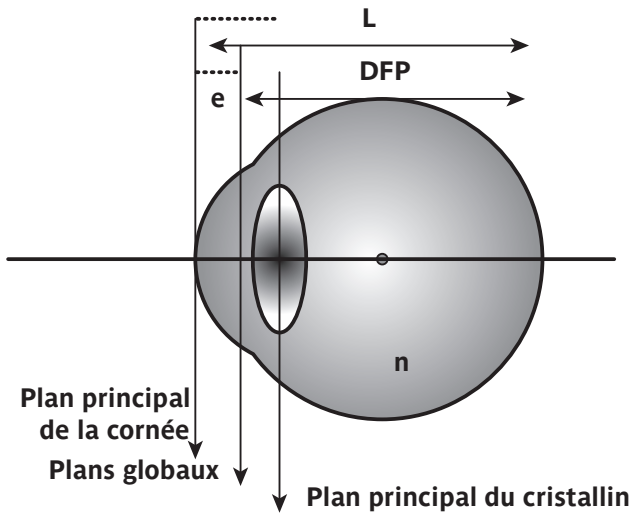


Fig 1. Plans principaux de l'œil.

- $L$ : longueur de l'œil;
  - $R$ : rayon cornéen;
  - $n$ : indice humeur aqueuse;
  - $DFP$ : distance focale postérieure;
  - Puissance de la cornée:  $P_K = (n-1)/R$ ;
  - Puissance du cristallin =  $P_L$ ;
  - Puissance totale de l'œil:  $P_T = n/(L - \varepsilon)$ .
- $$P_T = P_L + P_K - P_K \times P_L \times \delta / n$$

### TAILLE DE L'IMAGE RÉTINIENNE ET DISTANCE VERRE/ŒIL

Deux modes de calcul sont possibles:

- La modification des angles de visée: abord antérieur.
- Le déplacement des plans principaux: abord postérieur.

### MODIFICATION DES ANGLES DE VISÉE

En assimilant angles et tangentes (figure n° 2), dans tout appareil optique, le grandissement angulaire, positif ou négatif, est considéré comme le rapport des angles de visée à travers l'appareil  $\alpha'$  à celui à l'œil nu  $\alpha$ :  $G = \alpha'/\alpha$ . La variation de  $G$  donnera le pourcentage d'anisétropie.

Ce rapport est égal à  $1/(1 + P \times \delta)$ , où  $P$  est la puissance de la lentille et  $\delta$  la distance verre-œil en valeur algébrique.

Par exemple, pour une correction myopique de  $-5 \delta$  placée à 15 mm de l'œil, l'anisétropie induite sera égale à  $-7,5 \%$ ; le sujet verra plus petit de  $7,5 \%$  à travers son verre de lunette qu'avec une lentille de contact.

### DÉPLACEMENT DES PLANS PRINCIPAUX

L'adjonction d'une correction optique (figure n° 3) modifie la position des plans principaux de l'œil selon la loi des proximités et la relation de Gullstrand; par analogie mécaniste, la position définitive des plans principaux en optique serait celle d'un centre de gravité en mécanique; les plans principaux sont attirés par les puissances positives et repoussés par les négatives.

La formule des proximités nous donne le déplacement du plan principal image  $H'I'$ , reflétant la variation de la distance focale postérieure:

$$H'I' = -n \times \delta \times A / P_t$$

où  $A$  est l'amétropie et  $P_t$  la puissance de l'ensemble œil + correction.

Par homothétie, la variation  $\varepsilon$  de taille de l'image sera proportionnelle à la variation de la DFP, soit:

$$\varepsilon = \delta \times A \times P_o / (A + P_o - \delta \times A \times P_o)$$

avec  $P_o$  = puissance de l'œil nu.

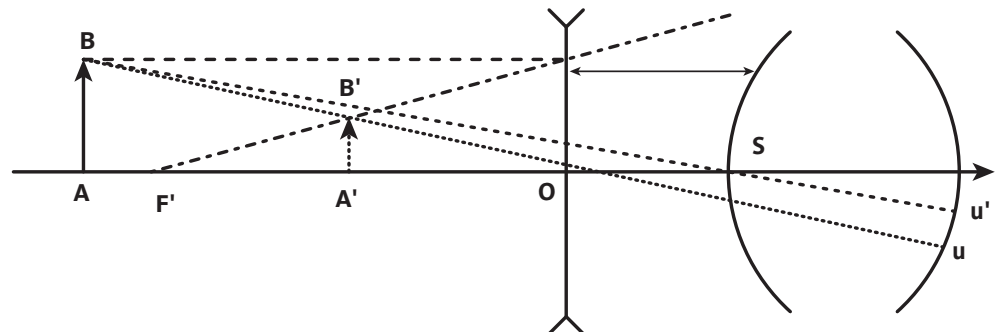


Fig 2. Les angles de visée.

La lentille divergente, de centre  $O$  à la distance  $\delta$  du sommet  $S$  de la cornée, donne de l'objet  $AB$  une image en  $A'B'$ .

Si le point  $A$  part à l'infini, l'angle de visée de  $AB$  est  $u$  car la distance verre/œil n'intervient plus et:  $tg(u) = AB/AO = A'B'/A'O$  par le verre correcteur.  $A'B'$  est vu sous l'angle  $u'$  tel que  $tg(u') = A'B'/A'S = A'B'/(A'O + OS)$  d'où le rapport:  $u'/u = 1/(1 + P\delta)$ . NB. Les valeurs sont algébriques.

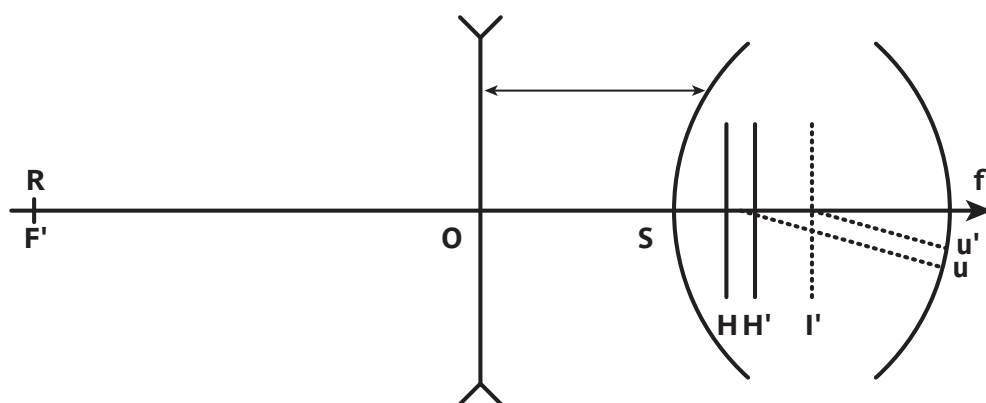


Fig 3. Conséquence de l'adjonction d'une correction optique.

Par exemple, pour la même correction myopique de  $-5 \delta$  placée à 15 mm de l'œil, on retrouve une variation de  $-7,5 \%$ .

Les deux modes de calcul donnent des résultats voisins.

Cas particulier : le verre correcteur est au foyer objet de l'œil :  $SF = -15 \text{ mm}$ , ou encore  $P_o = 1/\delta$ .

On obtient :  $I'F/H'F = 1 + \delta \times A$ , ce qui rejoint l'abord antérieur.

Dans ce cas la taille de l'image ne dépend plus de la longueur de l'œil puisque les rayons émergents sont toujours parallèles à l'axe.

### MODIFICATION DE LA TAILLE DE L'IMAGE RÉTINIENNE PAR EFFET PRISMATIQUE

Le décentrement de la ligne de visée dans un verre correcteur induit des anamorphoses par effet prismatique (figure n° 5) : cela est bien connu des porteurs de lunettes et peut être source d'inconfort lors de l'alternance entre correction optique et verres de contact chez les amétropes forts ou dans les grandes anisométries.

L'effet prismatique dépend du décentrement  $\eta$  en centimètres et suit la règle de Prentice (schéma 5) qui énonce que l'effet prismatique  $\Delta$  en dioptries prismatiques est :  $\Delta = \eta \times P$ , avec P puissance du verre en dioptries métriques.

Un exemple particulier (figure n° 6) montre l'effet prismatique d'un verre plan-concave d'indice 1,5 ; la variation d'angle  $\beta'/\beta$  est égale à  $P \times \delta$  soit à nouveau  $-7,5 \%$  pour un verre de  $-5 \delta$  à 15 mm de l'œil.

L'amélioration de la qualité des verres, des indices, des rayons de courbure, ont contribué à diminuer cet effet prismatique.

#### Aniséiconie et effet prismatique

L'effet prismatique modifie l'angle de visée : le rayon AS subit une déviation  $\alpha$  en traversant une lentille divergente et semble venir de A'.

C est le centre du verre et S le sommet de la cornée ;

- $\beta$  = angle de visée naturelle et  $\text{tg}(\beta) = \eta/\delta$  ;
- $\beta'$  = angle de visée après correction ;
- $\alpha$  = déviation prismatique (=  $\beta - \beta'$ ) ;
- $CP = \eta$  et  $CS = \delta$ .

#### Conséquence de l'adjonction d'une correction optique

- Le plan image H passera en I' après correction, soit aérienne, soit de contact soit intra-oculaire. La correction du myope fait coïncider le punctum remotum R avec le foyer image F' de la lentille.
- La distance H'I' est donnée par la formule des proximités :  $H'I' = -(n \times \delta \times A) / P_t$ .
- Par homothétie avec la DFP, elle représente la variation d'aniséiconie.

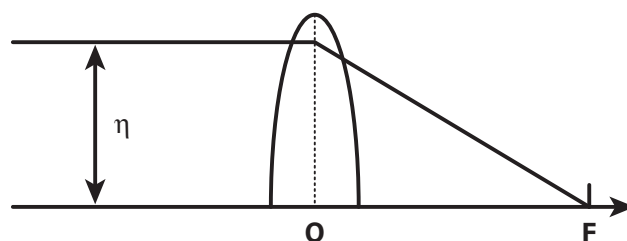


Fig 4. La règle de Prentice.

#### La règle de Prentice

Le décentrement du verre entraîne une dioptrie prismatique par dioptrie de puissance et centimètre de décentrement.

- Puissance prismatique  $\Delta = \eta \times P$
- $\eta$  en centimètres ;
- P puissance de la lentille en dioptries.

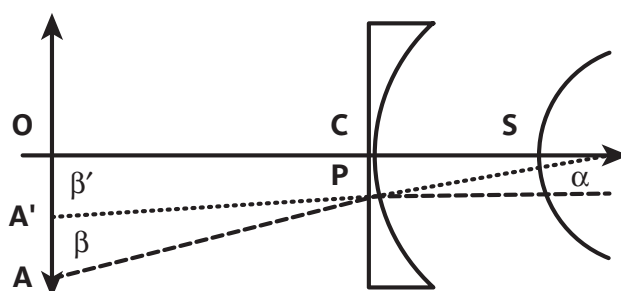


Fig 5. Aniséiconie et effet prismatique.

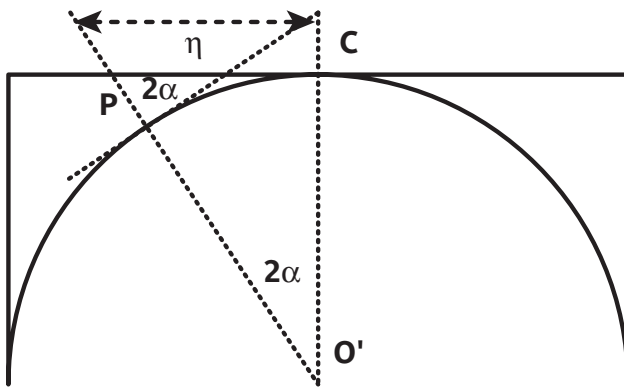


Fig 6. L'effet prismatique.

### L'effet prismatique

Il modifie la taille de l'image rétinienne :

- La déviation  $\alpha$  est la moitié de l'angle du prisme pour  $n = 1,5$ , car  $D = (n - 1) \times A = 0,5 \times A$ .
- L'effet prismatique est donc de  $2\alpha$  et égale l'angle au centre dont la tangente est :  $\text{tg}(2\alpha) = \eta / R$ , comme  $P = (n - 1) / R$ , on a  $\text{tg}(2\alpha) = \eta \times P / (n - 1)$ , en assimilant angle et tangente ;
- Comme  $\beta' = \beta - \alpha$ , on a :  $\beta' / \beta = 1 - (\delta \times P) / [2 \times (n - 1)]$  ;
- Si  $n = 1,5$ , la variation d'angle est  $= \delta \times P$  qui est l'aniséiconie.

## RÔLE DE L'ACCOMMODATION

Lors de l'accommodation, l'augmentation de la puissance cristallinienne attire les plans principaux vers la rétine, ce qui diminue la distance focale postérieure donc la taille de l'image rétinienne. Les patients décrivent ce phénomène au synoptophore lors des exercices de convergence.

L'éloignement du punctum proximum d'accommodation ( $2 \times A \times \partial / \text{rés acc}$ ) chez le myope porteur de lentille de contact par rapport à un verre de lunette, entraîne un surcroît d'accommodation à distance égale, ce qui diminuera d'autant la taille de l'image rétinienne.

## ORIGINES DE L'ANISÉICONIE

- Des aniséiconies **physiologiques** telles que :
  - ↳ L'aniséiconie parallaxique des objets vus sur le côté dont la taille est perçue différemment par chaque œil,
  - ↳ Les anisométries selon leur mode de correction.
- Et des aniséiconies **iatrogènes** :
  - ↳ Aphaquies unilatérale ou bilatérale,
  - ↳ Secondaires à une chirurgie réfractive.

L'importance de l'état antérieur est capitale à connaître avant tout geste modifiant la réfraction et le bilan sensori-moteur binoculaire préopératoire indispensable.

## LES SIGNES FONCTIONNELS

En sensori-motricité oculaire, l'importance des troubles fonctionnels n'est pas proportionnelle à la cause qui les génère.

En général l'aniséiconie devient gênante à partir de cinq pour cent, mais d'importantes variations individuelles sont possibles surtout chez les sujets habitués à plusieurs modes de correction optique.

Les signes fonctionnels sont regroupés dans l'*asthénopie aniséiconique* associant céphalées, diplopie, difficulté à fusionner les images ; il convient de distinguer cette asthénopie des autres asthénopies auxquelles elle peut toutefois s'intégrer, comme l'asthénopie fusionnelle d'une hétérophorie, accommodative de l'hypermétropie, réfractive d'un astigmatisme mal corrigé ou d'une anisométrie.

## LES MÉTHODES DE MESURE DE L'ANISÉICONIE

Elles nécessitent toutes une bonne vision stéréoscopique ; la mesure de l'aniséiconie s'adresse à des *sujets normosensoriels* ; dans le cas contraire l'interprétation des tests est plus délicate.

- Certaines méthodes sont complexes et réservées au laboratoire, donc peu utilisées :
  - ↳ Confrontation ou coïncidence au logoscope de Gramont,
  - ↳ Déplacement apparent en chambre de Ames, aniséiconomètre d'Essilor, verres iseïconisants.
- D'autres réservés à la pratique courante :
  - ↳ **Par confrontation**. Un prisme vertical de 4 à 6 dioptries associé à un verre rouge, placé devant l'œil dominant dissocie la fusion et entraîne un dédoublement d'image ; on demande au sujet qui regarde la mire éclairée des optotypes par exemple de dire s'il en voit une plus grosse que l'autre : cette méthode est empirique et approximative mais



donne déjà une bonne idée d'une anisétropie; elle permet de surcroît une appréciation de la phorie et de la torsion.

- ↪ **Par coïncidence.** Il est réalisé à l'aide des flèches rouge et verte de l'écran tangentiel, utilisées pour l'examen de la torsion et des phories. En éloignant ou rapprochant les torches de l'écran on modifie la taille des flèches projetées jusqu'à une égalité apparente pour le patient qui porte ses lunettes rouge/vert; l'observateur mesure directement le décalage longitudinal sur l'écran; cette méthode est rapide et plus précise (C. Rémy).
- ↪ **Par déplacement apparent.** Elle utilise le principe de la chambre de Ames adaptée en mires graduées pour le synoptophore (JB Weiss).

## **TRAITEMENT**

Plusieurs situations sont à envisager :

- L'anisométrie constitutionnelle se définit comme une différence de formule réfractive supérieure à une dioptrie et demie entre chaque œil (ou mieux supérieure à deux écarts types d'une population normale). La tolérance de l'anisométrie dépend de son mode de correction; l'anisométrie constitutionnelle est précoce mais peut s'exagérer avec le temps; si le sujet a échappé à l'amblyopie ou a été rééduqué, il est conditionné à son mode de correction, le plus souvent par lunette, quelquefois par lentille, ou mieux les deux; le changement brutal d'un mode de correction peut générer les signes fonctionnels de l'anisétropie; dans le cas d'une correction mixte alternée, verre ou lentille, il est parfois surprenant de constater la parfaite adaptation des sujets à leur mode de correction, sans signe fonctionnel avec des scores stéréoscopiques excellents; il existe une pluralité d'adaptation à la manière des correspondances rétinienne dans le strabisme intermittent.
- Le patient va subir une modification réfractive lors d'une chirurgie cornéenne ou cristallinienne.
 

Avant d'opérer tout sujet, quelques règles sont à observer :

  - ↪ L'information du patient est essentielle et d'ailleurs obligatoire médico-légalement.
  - ↪ L'emmétropie n'est pas synonyme d'isétropie.
  - ↪ La connaissance de l'état antérieur est fondamentale: le bilan binoculaire avec correction optimale, aérienne ou de contact, stéréoscopie, mesure de l'anisétropie induite par une autre mode de correction.
  - ↪ Ne pas inverser la dominance oculaire.
  - ↪ Le test d'adaptation par lentille de contact simule l'état postopératoire.
  - ↪ Le respect du différentiel anisétropique des anisométries constitutionnelles, en particulier myopiques, demande un minimum de réflexion et quelques connaissances d'optique.
- L'anisétropie survient après une première intervention :
  - ↪ Cataracte: la puissance de l'implant du deuxième œil sera calculée en fonction du respect du différentiel anisétropique; en cas d'erreur majeure, l'explantation reste la meilleure solution malgré ses risques.
  - ↪ Chirurgie réfractive: une première intervention s'est mal passée et le sujet hésite à se faire opérer le deuxième œil en cas d'intervention différée; le test d'adaptation par lentille de contact est une solution de repli.
- Les deux yeux ont été opérés: les possibilités sont plus réduites.
  - ↪ Cataracte: les verres isétropisants sont de prescription difficile et mal supportés car trop épais; restent les lentilles de contact ou un changement d'implant.
  - ↪ Réfractive: en cas d'intervention bilatérale d'emblée, la situation est plus délicate à gérer et dépendra de chaque cas d'espèce.

**CONCLUSION**

L'anisétropie n'est pas une question nouvelle, mais trouve un regain d'intérêt avec les problèmes posés par la chirurgie réfractive et l'implantologie cristallinienne.

Quelques connaissances d'optique sont indispensables pour aborder ces problèmes, traiter au mieux les patients et éviter des procédures de plus en plus fréquentes en responsabilité civile.

# APHAQUIE ET PSEUDOPHAQUIE

Charles Rémy

## INTRODUCTION

L'œil se comporte comme une lentille de soixante-cinq dioptries faisant converger les images d'objet à l'infini à une vingtaine de millimètres sur sa rétine. Cela est possible grâce à la somme de deux lentilles de forte puissance, la cornée qui en assure les deux tiers, et le cristallin responsable d'un dernier tiers modulable grâce à l'accommodation modulant la mise au point selon la distance.

Il existe une harmonie, appelée emmétropisation, entre rayon de courbure cornéen, puissance du cristallin et longueur de l'œil, permettant une parfaite focalisation rétinienne.

## RAPPEL D'OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE

L'étude optique de l'œil dans son intégralité est une gageure ; les dioptries qui le constituent sont trop nombreux ; aussi par souci de simplification, divers modèles « d'œil réduit » ont été proposés.

Ces réductions imposent des approximations dans les calculs. Une approximation ou une simplification est acceptable dans la mesure où l'erreur qu'elle introduit est inférieure à l'incertitude de la mesure sur l'élément considéré.

Par exemple, les deux plans principaux image et objet de la cornée seront confondus, la distance qui les sépare étant inférieure à un demi-millimètre ; l'indice interne de l'œil, cristallin excepté, sera voisin de celui de l'humeur aqueuse (1,34), lui-même proche de celui de l'eau (1,33).

- **L'œil réduit le plus simple.** Il se compose d'une forte lentille convergente de puissance 65  $\delta$  (figure n° 1) ; avec un indice moyen de 1,34 son rayon de courbure serait de 5,3 mm.
- **L'œil réduit classique.** Il inclut la cornée de rayon (7,7 mm soit 44  $\delta$ ), le cristallin (21  $\delta$ ), la longueur de l'œil (23 mm), la distance entre face postérieure de la cornée et plan principal objet (figure n° 2).

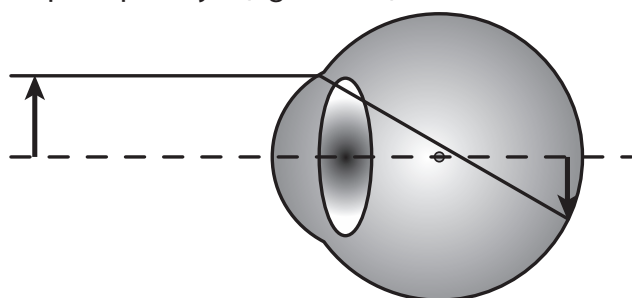


Fig 1. L'œil réduit le plus simple.

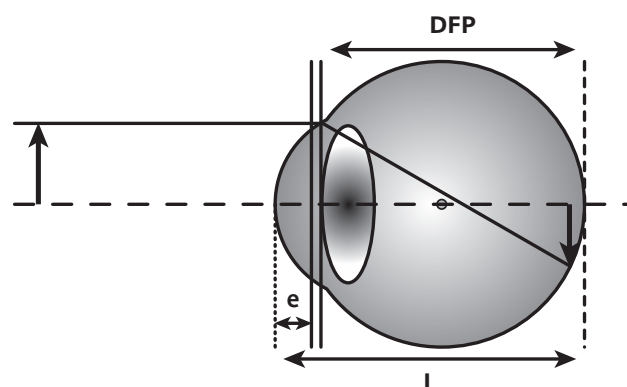


Fig 2. L'œil réduit classique.

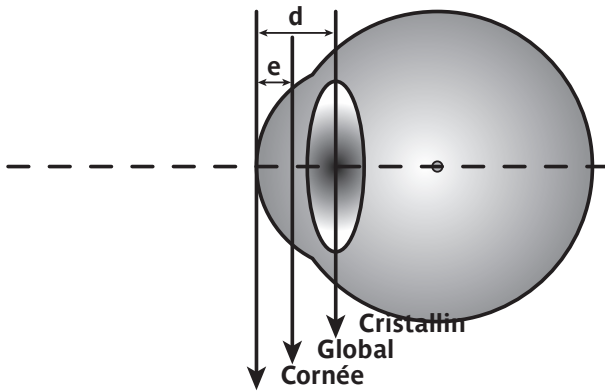


Fig 3. Plans principaux.

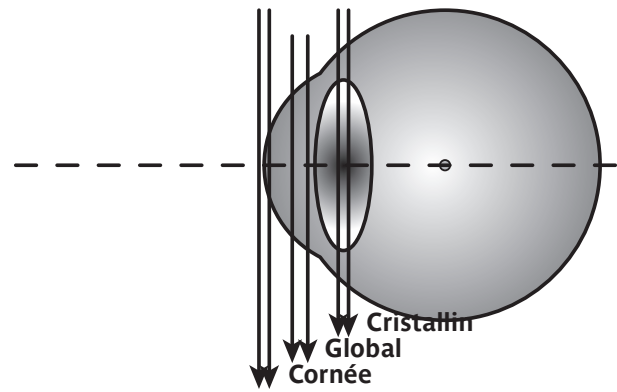


Fig 4. Distance entre plan principal image et rétine.

- **Un œil réduit plus complet.** Il propose le détail des positions des plans principaux des différents éléments optiques de l'œil (figure n° 3).

Les différents paramètres chiffrés sont la puissance du dioptré cornéen antérieur  $P_K$ , la puissance du cristallin  $P_L$  et la longueur axile  $L$  de l'œil, ainsi que la position sur l'axe antéro-postérieur des plans principaux de la cornée, du cristallin ainsi que de leur résultante, les plans principaux de l'œil.

La distance entre plan principal image et rétine s'appelle la distance focale postérieure (DFP) qui est un paramètre essentiel dans l'étude de l'anisétropie en particulier (figures n° 4 et 5).

Si chaque œil emmétrope possède une longueur axile et un rayon de courbure qui lui sont propres et variables d'un sujet à l'autre, la focalisation des images se fait toujours sur sa rétine : il existe donc une relation harmonieuse entre ces mensurations qu'on appelle le processus d'emmétropisation.

L'amétropie serait un échec à ce processus. Dans l'amétropie, ce processus serait pris en défaut.

### PUISSANCE OPTIQUE DE L'ŒIL

La formule de Gullstrand, associant deux lentilles épaisses et précédemment décrite, sert à relier les différents paramètres.

La puissance du dioptré cornéen antérieur de rayon  $R$  est donnée par la formule des dioptrés sphériques :  $P_K = (n-1)/R$ , où  $n$  est l'indice de l'humeur aqueuse, soit 1,34 (figure n° 6). Il est tenu compte dans ces calculs de la puissance du dioptré cornéen postérieur ( $-6 \delta$ ).

La formule du dioptré sphérique est reportée sur l'arceau de l'ophtalmomètre de Javal, où, par exemple, pour un rayon de 7,5 mm, on lit une puissance de 45  $\delta$ .

Si  $P$  est la puissance totale de l'œil, et  $P_L$  celle de la lentille cristallinienne (cristallin ou implant), son expression devient :  $P = P_K + P_L - d \times P_K \times P_L$ ,

Avec  $d$ , distance réduite séparant les plans principaux de la cornée à ceux du cristallin. On appelle une distance réduite une distance géométrique réelle divisée par la valeur de l'indice de réfraction du milieu où circule la lumière.

La puissance globale de l'œil s'exprime par l'inverse de sa distance focale postérieure réduite, soit  $n/DFP$ , ou encore  $n/(L-e)$ , où  $e$  est la distance entre les plans principaux cornéens et globaux.

En remplaçant les différents paramètres par leur valeur, on en déduit la puissance du cristallin :

$$P_L = [1,34 \times R - 0,35(L-e)] / [(L-e) \times (R - 0,34 \times d)]$$

Cette formule, introduite dans un logiciel de calcul, sert à déterminer la puissance d'un implant de chambre postérieure en fonction du rayon  $R$  de la cornée et de la longueur axile  $L$  de l'œil, les paramètres  $d$  et  $e$  dépendant de  $L$ .

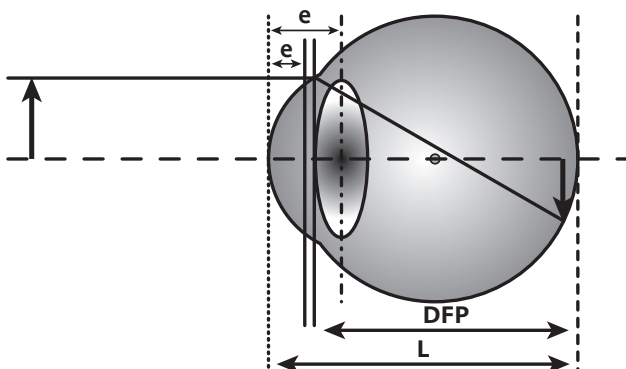


Fig 5. Distance entre plan principal image et rétine.

Comme tout œil emmétrope, les paramètres  $L$  et  $R$  varient, ainsi que les paramètres  $d$  et  $e$  dont les valeurs sont résumées dans le tableau 1.  $e$  et  $d$  varient selon la longueur  $L$  de l'œil (en mm).

$L$	$e$	$d$
$21 < L < 22$	$e = 1,56$	$d = 2,61$
$22 < L < 23$	$e = 1,66$	$d = 2,80$
$23 < L < 24$	$e = 1,74$	$d = 2,91$
$24 < L < 25$	$e = 1,88$	$d = 2,97$

NB: dans l'œil réduit de Legrand:  $R = 7,78$  mm,  $L = 23,51$  mm,  $n = 1,34$ ,  $e$  est compris entre 1,6 et 1,9 mm, et  $d$  réduit vaut 2,75 mm.

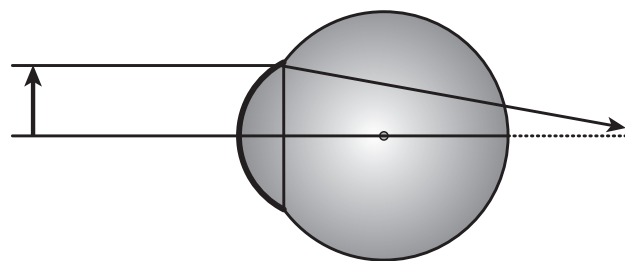


Fig 6.

Les variations de ces différents paramètres influent la puissance globale de l'œil :

1 mm de longueur axile modifie la puissance de l'œil de  $3,5 \Delta$ , et 0,1 mm sur le rayon de courbure de  $0,3 \Delta$ .

Une variation d'une dioptrie de l'implant modifie la puissance résultante de  $0,8$  dioptrie.

Il est possible d'établir par régression statistique des corrélations entre les paramètres  $R$ ,  $L$  et  $P_L$  (tableau 2) :

- $L = 8,48 \times R - 42,54$  ( $r^2 = 0,975$ );
- $L = -0,48 \times P_L + 33,46$  ( $r^2 = 0,998$ ).

D'où :

- $P_L = 13,9 \times R - 3,7 \times L$  et  $P_L = -17,66 \times R + 158,33$ ;
- $R$  en millimètres et  $P_L$  en dioptries.

Cette dernière formule sera mise en profit lorsque la longueur axile ne peut être mesurée.

## APHAQUIE

L'aphaquie réalise la perte du cristallin; ce manque de puissance optique rend l'œil très hypermétrope, comme la vision d'un plongeur dans l'eau sans son masque.

La correction de l'aphaquie se fait de trois manières (figure n° 7) :

- Par correction aérienne d'un verre correcteur de dix à douze dioptries;
- Par correction par lentille de contact au sommet de la cornée;
- Par implantation d'une forte lentille in situ dans l'œil en chambre antérieure devant l'iris, ou chambre postérieure en arrière de l'iris, dans le sac cristallinien d'origine ou le sulcus ciliaire.

**La correction par verre correcteur convergent** de forte puissance (10 à 15  $\Delta$ ) déplace considérablement les plans principaux résultants vers l'avant de l'œil, augmentant ainsi la taille de l'image rétinienne (+30 %), en rétrécissant le champ de vision avec scotome annulaire dû à l'effet prismatique du verre convergent.

La notion de distance verre/œil devient capitale à connaître (figure n° 7).

**La correction par lentille de contact** annule la distance verre/œil et place les plans principaux de l'œil au sommet de sa cornée; l'image est moins magnifiée (+8 %) et le champ de vision se normalise sans scotome annulaire.

## LA PSEUDOPHAKIE

La **pseudophakie** consiste à remplacer le cristallin d'origine par une lentille de même puissance in situ. L'emplacement idéal serait la chambre postérieure.

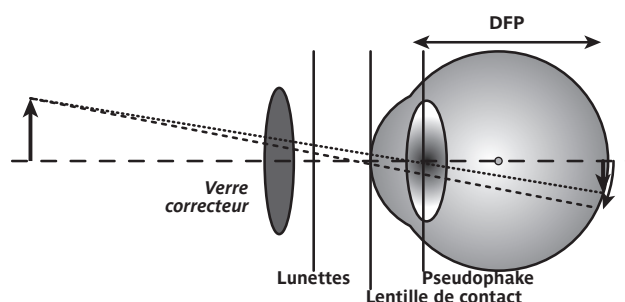


Fig 7. Notion de distance verre/œil.

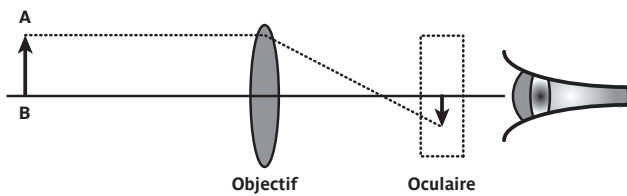


Fig 8. Notion de distance verre/œil.

La puissance optique de l'œil est restaurée, l'anisétropie supprimée, mais l'accommodation n'est toujours pas possible si l'implant est rigide et monofocal.

Les implants multifocaux sont un palliatif à la tolérance aléatoire, en attendant les implants souples intracapsulaires restaurant une fonction accommodative idéale comme celle d'un cristallin jeune et souple se déformant à sa guise.

Le calcul de la puissance de l'implant est délicat car il dépend de sa position le long de l'axe optique.

L'idéal serait de replacer l'œil sans ses conditions originelles. Cela semble une évidence pour un œil emmétrope.

La question se complique en cas d'amétropie, voire d'anisométrie.

D'une façon générale, il convient de ne pas trop s'éloigner des conditions d'origine. Si le sujet était porteur de lentilles, l'emmétropisation peut être proposée.

- En cas d'anisométrie, il faut respecter le différentiel anisétropique. Cette question sera reprise dans le chapitre de l'anisétropie.
- En cas de strabisme et a fortiori d'amblyopie, il ne faut pas inverser la dominance oculaire en induisant une amétropie.

### LES SYSTÈMES OCULAIRES GROSSISSANTS

La chirurgie de la cataracte a été mise à profit pour faire bénéficier au patient d'une aide visuelle par le biais d'un système grossissant.

Ces systèmes grossissants sont également utilisés en dehors de la chirurgie de la cataracte.

Un système grossissant est toujours composé de deux lentilles : un objectif convergent qui regarde l'objet et donne une image vue par l'œil à travers un oculaire soit convergent (jumelles, longue vue, lunette astronomique, microscope), soit divergent (lunettes de Galilée et téléobjectif) (figure n° 8).

### POSITIONS RELATIVES DES OBJETS ET IMAGES DANS UNE LENTILLE DIVERGENTE

Les deux systèmes utilisés en ophtalmologie sont les lunettes de Galilée et le téléobjectif (Figure n° 9 et suivantes).

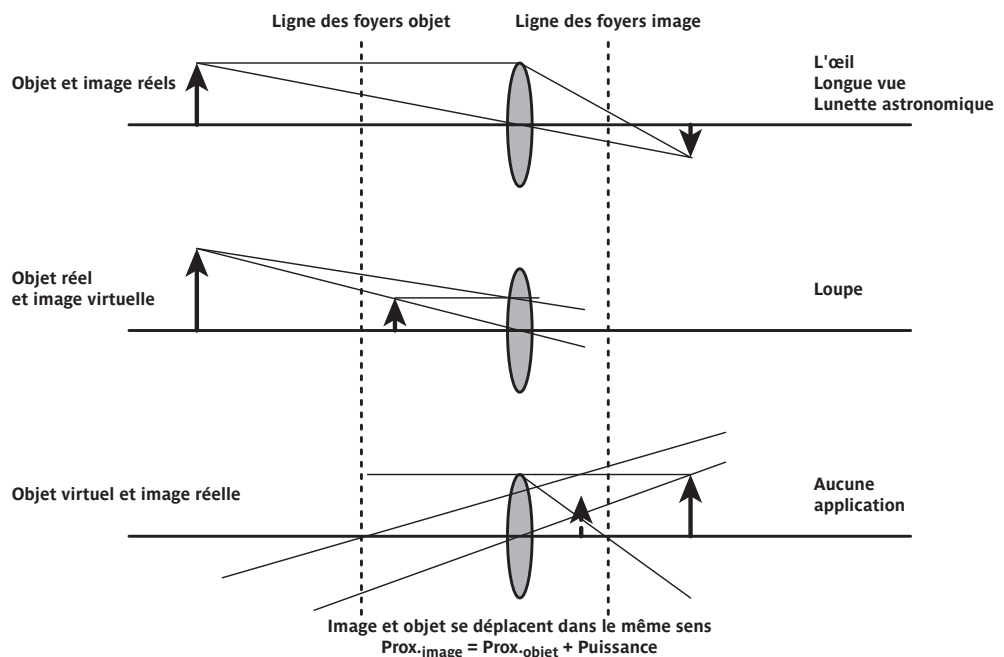


Fig 9. Positions relatives des objets et images dans une lentille divergente.

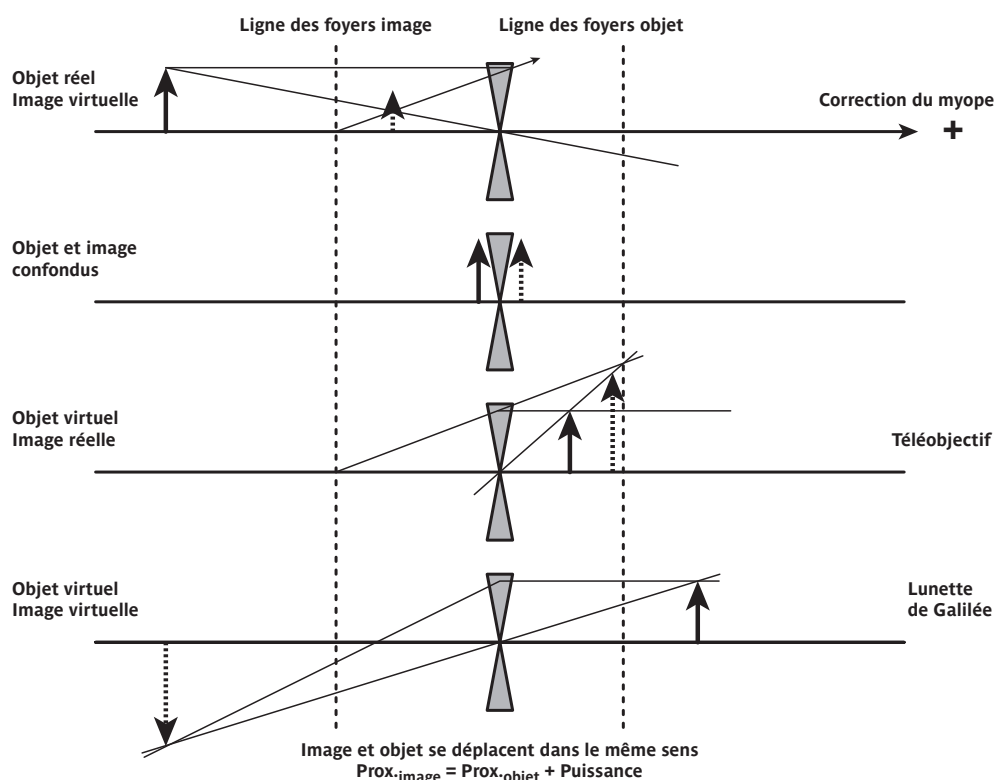


Fig 10. Les lunettes de Galilée.

### LES LUNETTES DE GALILÉE

Un objectif convergent donne d'un objet lointain une image renversée située près de son foyer ; un oculaire divergent reprend cette image comme objet virtuel et en redonne une image finale droite agrandie située en avant (Figures n° 10 et 11).

La position des foyers des deux lentilles est capitale : le foyer image de la lentille convergente est légèrement à droite du foyer objet de la lentille divergente ; le système ainsi créé, encore appelé improprement afocal car les deux foyers semblent coïncider, a un grandissement angulaire limité à deux ou trois ; ce grandissement est égal au rapport des distances focales ; son champ de vision est réduit et la luminosité est faible.

L'apport des lentilles diffractives a réduit l'encombrement de telles lunettes.

### LE PRINCIPE DU TÉLÉOBJECTIF

Il a été utilisé dans la correction de l'aphaïque avec dégénérescence maculaire (figures n° 12 à 17) ; l'objectif convergent est placé dans une monture devant l'œil, et l'œil divergent à la place du cristallin ; la puissance des lentilles nécessaires est considérable (50 à 80  $\delta$  pour la convergente et 80 à 120  $\delta$  pour la divergente) ; la mise au point se faisait en modulant la puissance et la distance de la lentille aérienne. Le faible grossissement

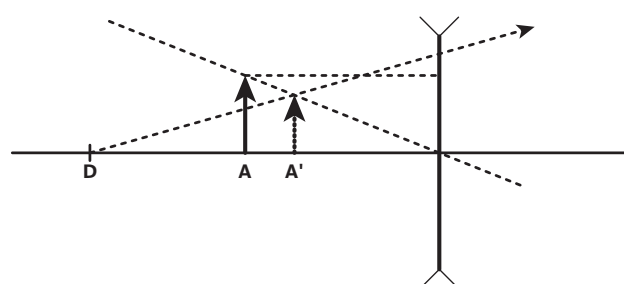


Fig 11. Les lunettes de Galilée.

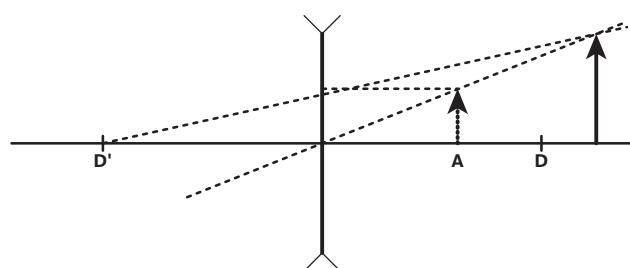


Fig 12. Le principe du téléobjectif.

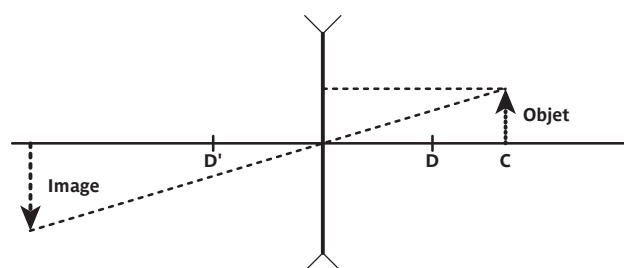


Fig 13. Le principe du téléobjectif.

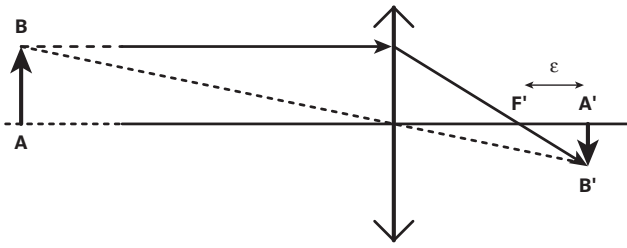


Fig 14. Le principe du téléobjectif.

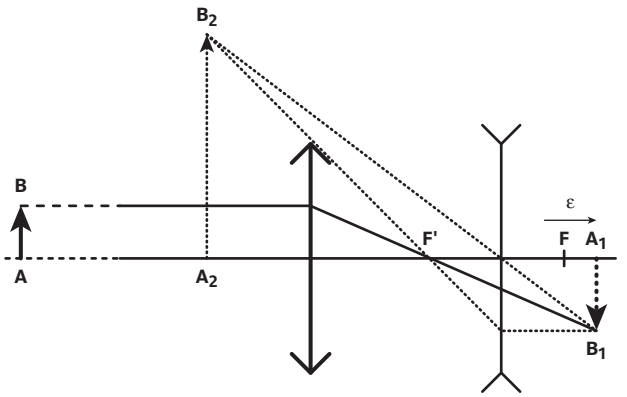


Fig 15. Le principe du téléobjectif.

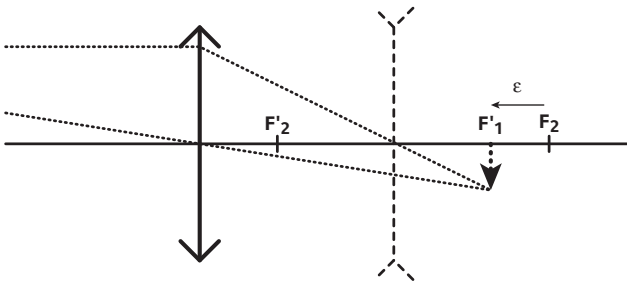


Fig 16. Le principe du téléobjectif.

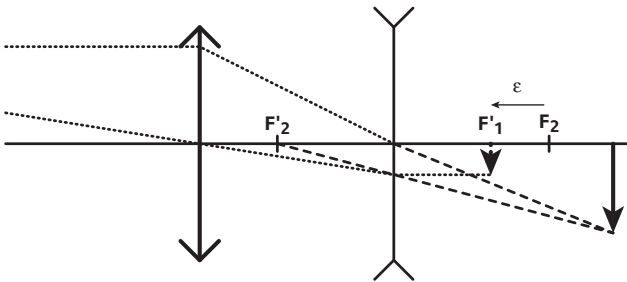


Fig 17. Le principe du téléobjectif.

obtenu et les difficultés techniques de réalisation ont conduit à l'abandon de tels dispositifs.

**CONCLUSION**

- Diminuer les incertitudes dans le calcul d'un implant, le paramètre capital est la longueur axile;
- Étalonner le kératomètre;
- Confronter plusieurs formules;
- Importance de l'amétropie antérieure;
- Applications à l'anisétropie.

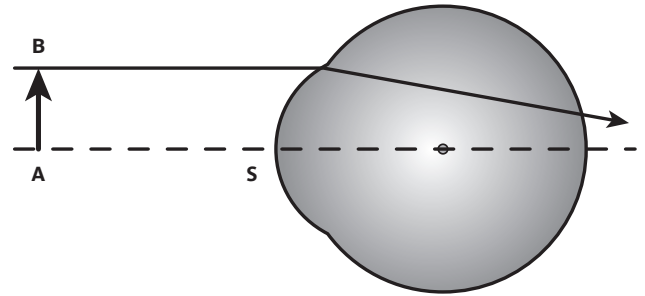


Fig 18.

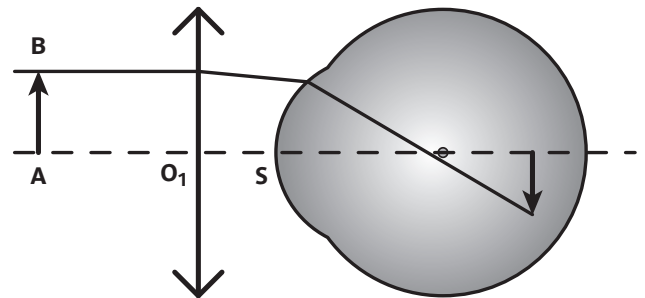


Fig 19.

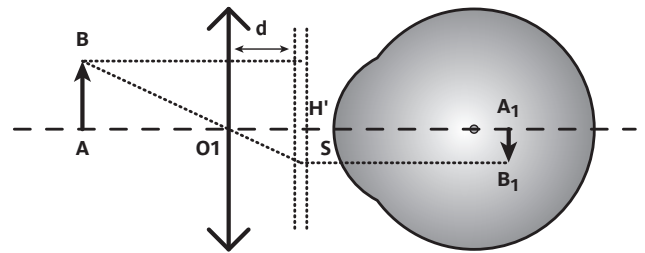


Fig 20.

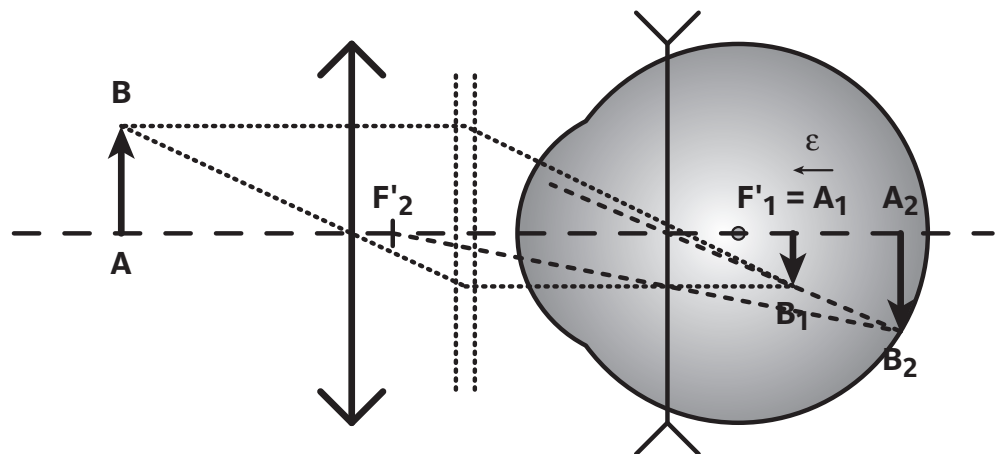


Fig 21.



# OPTIQUE DES AMÉTROPIES

*Charles Rémy*

## **INTRODUCTION**

La Nature a conçu l'œil humain pour voir de loin sans artifice. Malheureusement chez un grand nombre de personnes, il n'en va pas ainsi et une correction optique est nécessaire pour recouvrer des conditions de vision normale: il s'agit des amétropies dont les caractères feront l'objet de cet exposé.

## **PLAN**

- Définition
- Lentilles minces et lentilles épaisses
- La dioptrique oculaire, les éléments cardinaux de l'œil emmétrope
- Les différentes amétropies: myopie, hypermétropie, astigmatisme
- Les principes et modalités de correction.

## **DÉFINITIONS**

### **EMMÉTROPIE**

L'œil emmétrope (eu - metron: bonne mesure) voit de loin sans effort accommodatif; l'image d'un objet à l'infini se focalise sur la rétine.

Comme il n'existe pas de standard de longueur oculaire, de rayon de courbure cornéen ni de puissance cristallinienne, un processus d'emmétropisation conduit à une harmonie entre ces trois paramètres; la nature exacte de ce processus est inconnue (rôle de la rétine?).

### **AMÉTROPIE**

(a - metron: qui n'a pas la bonne mesure).

Elle traduit un défaut de mise au point rétinienne de l'image d'un objet situé à l'infini; ses causes sont multiples ainsi que ses effets.

On définit classiquement les amétropies axiales, défaut de focalisation lié à la longueur de l'œil, et les amétropies de puissance liées à des modifications de la vergence optique.

Selon la qualité de la défocalisation, nous définirons des amétropies stigmatiques (stigma: le point), où un point objet donne un point image, et les amétropies astigmatiques ou un point objet donnent deux focales images.

Selon la position de la focalisation se définiront les amétropies myopiques en avant de la rétine [muetin (muetin): cligner, opsis (opsis): la vue], ou hypermétrope en arrière de la rétine.

### **LENTILLES MINCES - LENTILLES ÉPAISSES**

- Les lentilles minces sont caractérisées par un centre optique séparé d'un foyer image et objet par une distance focale. Leur combinaison résulte d'une addition algébrique simple.

- L'étude des lentilles épaisses est plus complexe : le centre optique est remplacé par les plans principaux et les points nodaux séparés par une distance focale avant et arrière des foyers, leur addition suit la loi de Gullstrand :  $P = P_1 + P_2 - (e \cdot P_1 \cdot P_2) / n$ , avec  $e$  distance entre les lentilles et  $n$  indice du milieu.

## **LA DIOPTRIQUE OCULAIRE**

L'œil humain est formé de différents dioptries ; leur nombre est considérable, aussi afin de simplifier les calculs on recourt à l'œil réduit essentiellement composé de la cornée et du cristallin ayant chacun leurs plans principaux.

Les éléments cardinaux de l'œil résultent de la combinaison selon la loi de Gullstrand de ces différents éléments : les plans principaux sont situés à 1,6 - 1,9 mm en arrière de la cornée, le rayon cornéen moyen est de 7,8 mm et la longueur axiale moyenne de 22 mm, distance focale postérieure de 20 mm.

Rappelons qu'une acuité visuelle de dix-dixièmes est sous-tendue par un angle d'une minute et correspond à une distance de 5 microns sur la rétine et de 0,5 micron sur la cornée.

Le point de vision nette éloigné est le punctum remotum (PR) décrivant dans l'espace la sphère du remotum.

Le point de vision nette le plus rapproché est le punctum proximum (punctum proximum) séparé du remotum par le parcours accommodatif diminuant avec l'âge (presbytie).

## **LES DIFFÉRENTES AMÉTROPIES**

### **LA MYOPIE**

Définition : dans l'œil myope, l'image d'un objet situé à l'infini se forme en avant de la rétine ; la myopie peut être axiale si l'œil est trop long, cas le plus fréquent, avec en particulier une chambre antérieure profonde, ou de puissance lorsque la vergence de l'œil augmente liée soit à la puissance du cristallin (cataracte débutante, microsphérophakie) soit à une cornée trop bombée (microcornée, kératocône).

Le punctum remotum est réel situé en avant de l'œil à une distance finie dont la métrie définit l'importance dioptrique de la myopie. Le punctum proximum est beaucoup plus proche et facilite la vision de près (magnification des images).

Le parcours accommodatif serait théoriquement le même que celui de l'œil emmétrope mais l'absence de sollicitation de l'accommodation en vision de près lorsque la correction n'est pas portée, diminue la réserve accommodative avec un risque de divergence.

### **L'HYPERMÉTROPIE**

Définition : l'image d'un objet situé à l'infini se fait en arrière de la rétine dans l'œil hypermétrope ; on définit encore les hypermétropies axiales, œil trop court, ou de puissance par manque de pouvoir dioptrique (aphaque).

Le punctum remotum est donc virtuel situé derrière l'œil et le punctum proximum est plus éloigné de l'œil que la normale.

La réserve accommodative d'un œil hypermétrope non corrigé est importante car le muscle ciliaire est sollicité en permanence à la différence des myopes. La convergence peut s'en trouver dérégulée avec ésodéviations.

### **L'ASTIGMATISME**

Il a été défini par Whewell en 1871 comme la focalisation d'un point objet en deux lignes décrivant la célèbre conoïde de Sturm.

Il existe différents types d'astigmatisme selon la position et l'orientation des focales :

- Myopique ou hypermétrope ;
- Simple : une focale sur la rétine ;
- Composé : deux focales d'un même côté de la rétine ;
- Mixte : une focale de part et d'autre de la rétine ;

- Direct et conforme ou inverse, ou oblique ;
- Régulier si les axes sont perpendiculaires ou irréguliers (kératocône).

La cornée est responsable de 95 % de l'astigmatisme ; Young a auto-décrit l'astigmatisme cristallinien après immersion de sa tête dans l'eau.

La notation des astigmatismes comprend une donnée sphérique et cylindrique caractérisée par son axe ; par exemple : Amétropie = S (C à X°) où Sphère et Cylindre sont en dioptries positives ou négatives ; la formule peut s'inverser et devient :  $A = S + C$  (- C à X° + 90°) en contre-axe avec changement de signe du cylindre.

L'addition des cylindres est algébrique et simple en cas d'axes perpendiculaires ; en cas d'axes obliques elle suit la règle du parallélogramme dont les côtés sont représentés par chaque cylindre, la diagonale étant le cylindre résultant, l'angle au sommet étant égal au double de celui des deux cylindres (cf. indicatrices de Dupin).

À noter qu'un faisceau optique circulaire abordant obliquement un verre sphérique subit une focalisation astigmatique : on parle d'astigmatisme induit des faisceaux obliques.

Enfin, les puissances astigmatiques subissent une rotation de 90° à chaque fois qu'on passe des verres correcteurs, aux méridiens de la cornée puis aux axes de la skiascopie.

### **CORRECTION DES AMÉTROPIES**

Le principe de la correction des amétropies consiste à replacer le punctum remotum à l'infini : le foyer image de la lentille sera donc placé au punctum remotum de l'œil amétrope. Il s'en suit une variation de position du punctum proximum translaté d'une quantité dioptrique équivalente à la correction.

Le degré d'amétropie est apprécié par des méthodes :

- Subjectives basées sur les réponses du patient : boîtes de verres d'essai, brouillard...
- Ou objectives : cycloplégie + skiascopie manuelle ou automatique.

La correction se fait par des verres sphériques dont l'usage remonte au XI-Ve siècle, pour les amétropies simples et par des verres cylindriques introduits par Galland et Chamblant en 1813, ou toriques apparus à la fin du XIXe.

La correction par verres a pour avantage sa simplicité, mais provoque une déformation de l'espace image (cf. plus loin « distance verre/œil »).

C'est pourquoi d'autres méthodes ont été proposées comme :

- Les lentilles de contact ramenant les plans principaux au sommet de la cornée ;
- Ou la chirurgie réfractive et l'implantologie dont les modalités toujours objet de controverse ne cessent d'évoluer.

### **LA DISTANCE VERRE/ŒIL**

La distance entre le verre correcteur et le sommet de la cornée est responsable d'un certain nombre d'effets parmi lesquels :

- Les effets statiques (œil immobile derrière le verre) :
  - ↳ Le grandissement de l'image : négatif chez le myope, positif chez l'hypermétrope avec péjoration ou optimisation des acuités visuelles.
  - ↳ L'effet prismatique est additif (myope) ou négatif (hypermétrope et scotome annulaire) et suit la règle de Prentice (une dioptrie prismatique par dioptrie métrique et par cm d'écart au centre optique) ; il induit une hétérophorie en cas de décentrement des verres, d'où l'importance du fameux « centrage » toujours nécessaire en cas de CRN.
  - ↳ La baisse de puissance par décentrement : lorsqu'un rayon ne passe pas par le centre optique du verre, la puissance algébrique de la correction augmente, ce qui explique la sous-corrrection des myopes ne regardant pas par le milieu de leur verre (intérêt d'une monture centrée).

- ↪ La puissance dioptrique augmente également algébriquement lorsque le verre s'éloigne de l'œil d'une quantité  $P \cdot d$  où  $P$  est la puissance du verre en dioptries et  $d$  la distance en mètre. Ainsi la correction par lentille nécessite une puissance plus faible en valeur absolue chez le myope et plus importante chez l'hypermétrope (sauf modification due au ménisque de larmes); il était commun de voir des aphaques mettre leurs lunettes de loin au bout de leur nez pour lire de près.
  - ↪ La position du punctum proximum est également influencée par la mode de correction; le punctum proximum s'éloigne chez le myope corrigé par lentilles, inversement chez l'hypermétrope; cela est dû au déplacement en avant des plans principaux (cf. anisétropie).
  - ↪ Baisse de la luminosité par diminution de la pupille de sortie chez le myope.
- Les effets dynamiques (œil bougeant derrière le verre):
  - ↪ La mouvance spatiale (directe des verres concaves ou inverse des verres convexes) explique les inconforts ressentis par certains patients en particulier dans les corrections par verres progressifs changeant de signe entre vision de loin et de près.
  - ↪ Le déplacement apparent est une impression de mouvement plus important chez le myope (cf. rapetissement) qui voit bouger les objets davantage et plus petit chez l'hypermétrope ou l'aphaque dont le scotome annulaire explique le phénomène du « diable sortant de sa boîte ».
  - ↪ L'astigmatisme des faisceaux obliques explique que certains myopes sous-correctés inclinent leur monture afin d'augmenter la puissance de leurs verres.

## CONCLUSION

D'ordre général sur :

- L'avenir de la réfraction dans l'ophtalmologie de demain;
- La place de la réfraction, ainsi que celle de la rééducation monoculaire et binoculaire;
- La cycloplégie, indispensable à une réfraction précise, restera-t-elle un acte médical?

## RÉFÉRENCES

1. Optique Physiologique d'Yves Legrand.
2. Cahiers d'Optique Essilor.
3. Optique d'André Moussa et Paul Ponsonnet.

# PHYSIOLOGIE DE L'ACCOMMODATION

**André Roth**

## INTRODUCTION

L'accommodation désigne la capacité des yeux d'augmenter de façon synchrone leur pouvoir dioptrique de manière à donner l'image la plus nette possible d'un objet situé en deçà de leur *punctum remotum*, c'est-à-dire de l'infini pour des yeux emmétropes. Cette capacité de « mise au point », ou, selon le terme de Landolt (1902), de « réfraction dynamique » [8], assure la netteté permanente de l'image rétinienne quelle que soit la distance de fixation.

Mais l'accommodation n'agit pas de manière isolée :

- La fixation d'un objet rapproché déclenche un triple ajustement :
  - ↳ Une augmentation du pouvoir dioptrique du cristallin,
  - ↳ Une contraction pupillaire,
  - ↳ Un mouvement de vergence.
- Et celle d'un objet éloigné, l'ajustement inverse. Cette triple réponse motrice est appelée « *la triade ou la syncinésie de la vision de près* ».

## LES MÉCANISMES DE L'ACCOMMODATION ET DE LA DÉSACCOMMODATION

La distance entre le point le plus éloigné qu'un œil voit net sans accommoder, le *punctum remotum*, et le point le plus rapproché qu'il voit net en accommodant de façon maximum, le *punctum proximum*, représente le parcours accommodatif. Traduite en dioptries, elle exprime le pouvoir (ou l'amplitude) d'accommodation.

Quatre mécanismes pourraient en principe permettre d'accommoder : les uns en augmentant la puissance dioptrique de l'œil par l'augmentation de la courbure cornéenne ou celle des courbures et de l'indice de réfraction du cristallin, les autres en modifiant la disposition du système optique de l'œil par l'allongement de la longueur axiale ou le déplacement du cristallin vers l'avant. Souvent plusieurs mécanismes entrent en jeu simultanément ; celui qui tient le rôle prépondérant n'est pas le même dans les différentes espèces de vertébrés. Il a été démontré, dès le XVII<sup>e</sup> siècle par Christoph Schreiner (1619), et depuis lors par Thomas Young (1801), Purkinje (1823), Helmholtz (1856-66), que, dans l'espèce humaine, l'accommodation est due avant tout au cristallin, plus précisément *au changement de sa courbure antérieure et de son indice de réfraction* ; il s'y ajoute un léger déplacement du cristallin vers l'avant [8,9] et un minime allongement de la longueur axiale de l'œil [3] dont les rôles ne sont cependant qu'accessoirs. Donders a publié en 1864 (en anglais) et en 1866 (en allemand) son traité sur « les anomalies de la réfraction et l'accommodation de l'œil ».

Fibres longitudinales (externes)

phasiques  
Fibres circulaires (internes)

stabilisantes



Fig 1. Les fibres du muscle ciliaire.

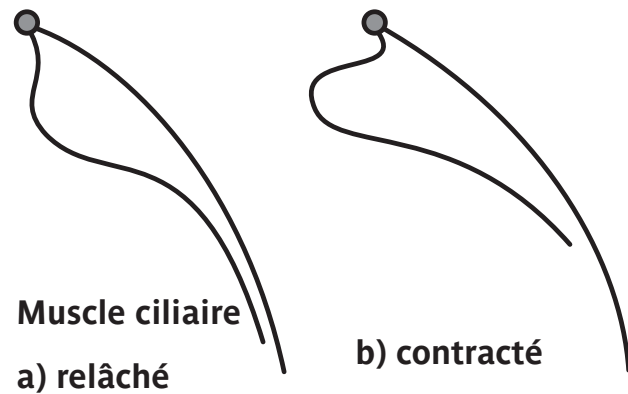


Fig 2. Coupe sagittale du muscle ciliaire.

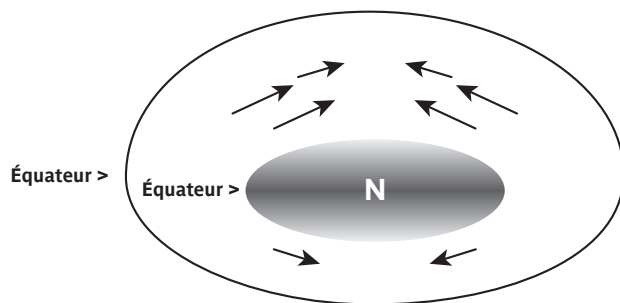


Fig 3. Glissement des fibres cristalliniennes au cours de l'accommodation.

L'accommodation et la désaccommodation se font sous l'action du muscle ciliaire (Helmholtz, 1855). Le muscle ciliaire est formé de fibres en V :

- Les unes, **externes**, sont dites longitudinales et forment un V à angle aigu ;
- Les autres, **internes**, sont dites circulaires et forment un V à angle obtus (Rohen, 1952 [8]) (figure n° 1).

Lorsque le muscle ciliaire est relâché, il maintient les fibres radiales de la zonule cristallinienne sous tension. Celles-ci exercent alors une traction centrifuge sur l'équateur et la périphérie de la capsule du cristallin ; elles aplatissent ainsi les courbures de celui-ci, principalement l'antérieure.

Lorsque, à l'inverse, le muscle ciliaire se contracte, il relâche sa tension sur les fibres radiales de la zonule ; le cristallin n'étant plus soumis à leur traction, peut alors, grâce à son élasticité et en particulier celle de sa capsule (Fincham, 1937 [12]), prendre une forme plus sphérique (Descartes, 1666) ; il augmente principalement sa courbure antérieure. De l'accommodation relâchée à l'accommodation maxima, ses rayons de courbure antérieur et postérieur passent respectivement de 10 à 6 mm et de 6 à 5,5 mm [8]. Accessoirement la pression que l'iris en myosis exerce sur le cristallin accentue encore sa courbure antérieure. L'augmentation inégale des courbures, nettement plus forte pour la courbure antérieure, déplace le centre optique du cristallin vers l'avant ; l'effet optique de celui-ci s'en trouve augmenté. A cela s'ajoute qu'en se contractant, le corps ciliaire dont le point fixe est l'éperon scléral, se déplace légèrement vers l'avant ; il entraîne avec lui le cristallin, augmentant encore l'effet optique de

celui-ci (figure n° 2). Du fait du relâchement de la zonule, le cristallin subit en outre l'effet de la pesanteur et se déplace très légèrement vers le bas, mais sans que cela ait une répercussion optique. Ces changements de forme et accessoirement de position du cristallin sont désignés du terme *d'accommodation externe* ; celle-ci représente les 2/3 de l'accommodation [8].

Mais le pouvoir réfractif du cristallin augmente en même temps du fait de l'augmentation de son indice global de réfraction ; ce changement résulte d'un glissement centripète des fibres cristalliniennes, principalement de celles du cortex antérieur ; l'équateur du cristallin se trouve alors plus en avant que celui de son noyau (figure n° 3). L'augmentation de l'indice de réfraction s'ajoute à l'effet, déjà mentionné, de la translation antérieure du centre optique du cristallin, due à l'allongement vers l'avant du diamètre antéro-postérieur de celui-ci. Ces changements internes au cristallin sont désignés du terme *d'accommodation interne*. L'accommodation interne représente le 1/3 environ de l'accommodation totale [8].

La désaccommodation se fait par le relâchement du muscle ciliaire, le recul de celui-ci sous l'effet de la tension élastique de son attache postérieure (la membrane élastique), la mise sous tension de fibres zonulaires, l'aplatissement et le recul du cristallin et le glissement vers la périphérie des fibres cristalliniennes.

## LA NEUROPHYSIOLOGIE DE L'ACCOMMODATION

Le muscle ciliaire est un muscle lisse atypique. Ses fibres sont très riches en mitochondries. Les fibres longitudinales sont phasiques rapides ; les fibres circulaires sont toniques lentes. Son innervation est particulièrement dense. Il est innervé d'une part par le parasympathique provenant du noyau d'Edinger-Westphal, faisant relais dans le ganglion ciliaire et atteignant le globe oculaire par les nerfs ciliaires courts. Il reçoit 30 fois plus de fibres que l'iris. D'autre part il est innervé par le sympathique cervical par des fibres faisant relais dans le ganglion cervical supérieur. Le parasympathique est responsable de l'accommodation, le sympathique de la désaccommodation [7]. Cette dernière est un processus actif, sans quoi elle aurait une inertie gênante.

L'accommodation est rapide ; sa vitesse atteint dès l'enfance 4,6  $\delta/s$ . Elle est précise et peut être maintenue de façon prolongée. Son temps de latence est de l'ordre de 0,4 s, supérieur pour l'accommodation que pour la désaccommodation, supérieur à celui de la réaction pupillaire, lui-même supérieur à celui des mouvements oculaires [9]. L'accommodation se fait avec une très grande précision dans les conditions optimales de luminosité et de contraste. Mais sa précision diminue et le temps de latence augmente lorsque la luminosité ambiante et le contraste lumineux diminuent ; à l'extrême, l'ajustement accommodatif devient incertain et peut nécessiter plus de 10 secondes [8]. On parle alors de *presbytie nocturne*.

L'effort accommodatif peut être maintenu de façon prolongée aux 2/3 de sa capacité maxima.

La fixation d'un fond uniforme (Ganzfeld) ou la fixation dans le noir met les yeux en position de *repos accommodatif* ; celui-ci ne correspond pas l'état de désaccommodation totale, mais à une position accommodative intermédiaire de 1 à 1,5  $\delta$ , équivalent par conséquent à un « foyer à l'obscur » myopique ou myopie nocturne de -1 à -1,5  $\delta$  [6, 8] (figure n° 4).

Il convient de distinguer l'effort accommodatif (l'effort effectué) du gain accommodatif (l'effet obtenu), même si leurs valeurs sont souvent très proches l'une de l'autre [8]. Une différence peut cependant apparaître en cas d'amétropie marquée, corrigée par des verres de lunettes. En effet le système optique constitué par un œil hypermétrope et la correction de l'hypermétropie par une lentille placée à distance de l'œil constitue une lunette de Galilée ; celle-ci rapproche en apparence l'objet fixé. De ce fait l'œil hypermétrope devra accommoder un peu plus que l'œil emmétrope. Inversement la correction de la myopie par un verre de lunettes constitue une lunette de Galilée inversée qui éloigne en apparence l'image de l'objet fixé. De ce fait l'œil myope devra accommoder un peu moins que l'œil emmétrope. La différence est négligeable pour les amétropies faibles ou modérées, surtout en cas d'isométrie. En revanche en cas d'amétropie forte, surtout si elle est unilatérale, il faut en tenir compte pour la prescription de l'addition pour le près. Cette différence n'apparaît pas si l'amétropie est corrigée par des lentilles de contact.

## L'HYSTÉRÈSE ACCOMMODATIVE

Après le maintien prolongé d'un niveau d'accommodation donné, il persiste une *accommodation tonique résiduelle* correspondante. Ainsi, le déplacement du foyer à l'obscur, après une fixation de 8 minutes est :

- De **loin** de -0,37  $\delta$ , équivalent à une position de repos moins « myopique » d'autant ;

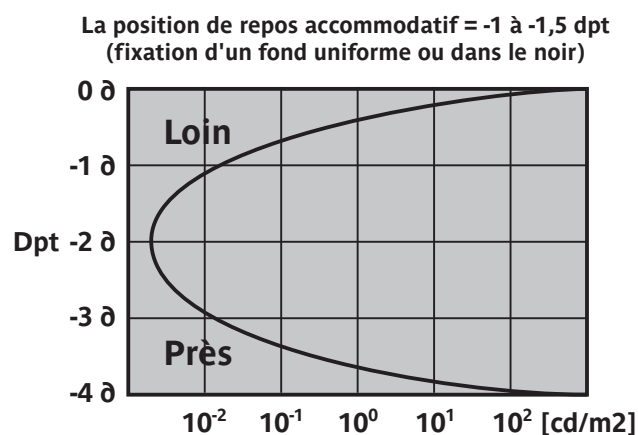


Fig 4. L'accommodation (ordonnée) en fonction de la luminosité (abscisse)

- De près de +0,62 δ, équivalent à une position de repos plus « myopique » d'autant.

Le retour à la position de départ se fait progressivement :

- En 72 minutes après la fixation au loin ;
- Mais en 10h 30 seulement après la fixation de près [4]!

Cette persistance prolongée de l'accommodation tonique résiduelle rend compte de l'hypermétropie latente.

Il a été vérifié que l'installation d'une goutte de timolol (bêtabloquant) provoque une myopisation de -0,85 δ ; à l'inverse, celle d'une goutte de Tropicamide (parasympatholytique) provoque une hypermétropisation de + 1,24 [5]. Les variations interindividuelles du tonus accommodatif relèvent surtout de l'action du parasympathique [5].

Il a pu être montré par des mesures échographiques que l'amplitude accommodative est à peine diminuée sous l'effet de la phénylnéphrine, qu'elle n'est que *partiellement* diminuée sous l'effet du Tropicamide (Mydriaticum®) ; l'accommodation est en revanche quasi totalement abolie sous Cyclopentolate (Skiacol®).

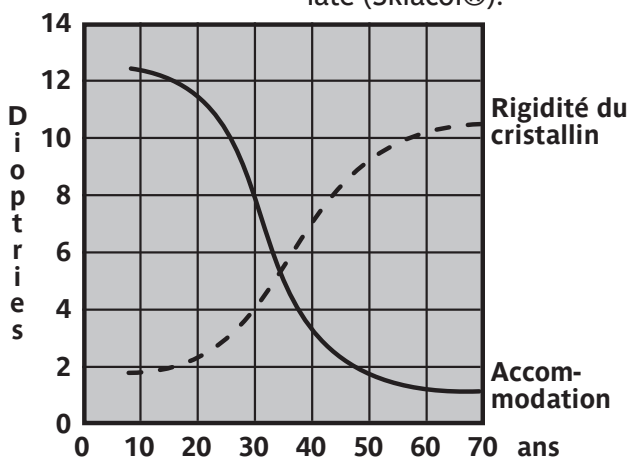


Fig 5. L'accommodation suivant l'âge (courbe de Duane).

### LE POUVOIR D'ACCOMMODATION

L'enfant âgé de 1 mois 1/2 à 3 mois accommode déjà. À cet âge, son accommodation est assez précise pour le près, mais l'est moins pour le loin ; ce n'est que progressivement qu'elle deviendra plus précise pour des distances plus éloignées [2].

Le pouvoir d'accommodation s'exprime en dioptries (l'inverse de la distance du punctum proximum en mètre pour un œil emmétrope ou emmétropisé). Il diminue progressivement à partir de l'adolescence. Il est de 18,5 δ à l'âge de 6 mois, de 14 δ à l'âge de 15 ans, de 2 à 3 δ à 40 ans, de 1 à 2 δ à 50 ans et de moins de 1 δ à 60 ans. Il ne s'annule pas tout à fait grâce aux mécanismes annexes (binocularité, myosis, déplacement antérieur du cristallin, voir plus haut). Autrement dit, le punctum proximum s'éloigne de l'œil selon une progression qui s'accélère quelque peu entre 35 et 50 ans, ce qu'illustre par la classique courbe de Duane [8, 10] (figure n° 5). À partir du moment où le punctum proximum se trouve au-delà de la distance normale de lecture (33 cm), l'œil, tout comme le sujet, est dit presbyte, ce qui signifie étymologiquement qu'il est « vieux » ! C'est en moyenne à partir de 45 à 47 ans qu'il est nécessaire de porter une addition pour la vision de près pour un œil emmétrope ou rendu emmétrope par la correction de son amétropie (tableau n° 1).

La diminution du pouvoir d'accommodation est due à la perte d'élasticité du cristallin, réduisant l'amplitude des variations de sa courbure antérieure et de son indice de réfraction. La perte d'élasticité affecte le noyau plus rapidement que le cortex, mais il est uniforme vers l'âge de 60 ans. La diminution de l'indice de réfraction et l'homogénéisation optique du cristallin sont dues à l'augmentation relative des protéines cristalliniennes hydrosolubles avec l'âge.

La presbytie est également due à une incidence moins favorable de la traction des fibres zonulai-

Addition pour une presbytie		
Il faut en moyenne à... une addition de...		
45 ans:	+1,25 δ	nécessaire selon la profession
47 ans:	+1,75 δ	souvent la première addition portée
50 ans:	+2,00 δ	<b>Strictement dépendante de l'âge</b>
53 ans:	+2,25 δ	
56 ans:	+2,50 δ	
60 ans:	+2,75 δ	
70 ans:	+3,00 δ	
Addition supplémentaire de +0,25 δ en cas de:		
• Vision monoculaire ;		
• Myopie moyenne ou élevée (+0,25/+0,50) ;		
• Hypermétropie forte ;		
• Vision ≤ 0,8 ;		
• Professions nécessitant une vision très rapprochée.		
<b>Tableau 1.</b>		



res du fait de la croissance du cristallin, ainsi qu'à l'hyalinisation de ces fibres (dont l'élasticité, de 2 à 4 mm pour une longueur totale de 10 mm, diminue de 0,1 mm par an). Elle est encore due à la moindre excursion du muscle ciliaire, résultant d'une augmentation du collagène et d'une élastose progressive (id. que pour la peau), à une plus grande rigidité de l'insertion élastique antérieure et un relâchement de l'insertion postérieure, aboutissant à un tassement du corps ciliaire vers l'avant [1].

### **LA TRIADE DE LA VISION DE PRÈS**

L'accommodation est déclenchée par le flou des images rétinienne et par d'autres stimuli sensoriels, dont les aberrations sphériques et chromatiques, ainsi que par la sensation de proximité. Mais elle l'est aussi à partir de la disparité des images rétinienne par la vergence fusionnelle.

À l'inverse, le mouvement de vergence fusionnelle est provoqué par la disparité des images rétinienne; mais il l'est aussi à partir du flou des images rétinienne par l'accommodation (la vergence accommodative) et la sensation de proximité (la vergence de proximité).

Il existe donc deux systèmes en boucle fermée séparés, mais interactifs, entre l'accommodation et les vergences d'ajustement (accommodative, fusionnelle, de proximité), comme Semmlow et Venkiteswaran l'ont montré [2, 12].

**La convergence accommodative**, c'est-à-dire la convergence provoquée par l'accommodation, se définit par le rapport  $CA/A^1$ .

#### Convergence Accommodative Accommodation

**L'accommodation convergentielle**, c'est-à-dire celle provoquée par la convergence, se définit par le rapport  $AC/C$ .

#### Accommodation Convergentielle Convergence

*La mesure du rapport CA/A peut s'effectuer par [9, 13]:*

- **La méthode de l'hétérophorie** (mesure de la différence d'hétérophorie selon la distance de fixation); le rapport est donné par la formule  $CA/A = DP + \Delta_p - \Delta_L / D$ ;  
(*DP = distance interpupillaire; D = distance de fixation de près exprimée en dioptries;  $\Delta$  = hétérophorie mesurée*).
- Ou par **la méthode du gradient** (mesure de la différence d'hétérophorie selon la puissance de la lentille placée devant les yeux); le rapport est donné par la formule  $CA/A = \Delta L - \Delta \theta / D$ .  
(*DP = distance interpupillaire; D = puissance de la lentille L;  $\Delta$  = hétérophorie mesurée*).

### **LA PATHOLOGIE DU RAPPORT CA/A ET LES TRAITEMENTS POSSIBLES**

Le rapport CA/A normal se situe entre 3 et 5; un rapport CA/A supérieur à 5 est trop élevé; un rapport CA/A inférieur à 3 est trop faible [C étant mesuré en dioptries prismatiques ( $\Delta$ ), A en dioptries d'accommodation ( $\theta$ )]. Le rapport CA/A est acquis tôt dans la vie; il est susceptible de s'adapter, par exemple chez un myope capable de lire de près aussi bien avec, que sans sa correction; il le fait normalement au moment où apparaît la presbytie. Le rapport CA/A normal varie en fait largement d'un sujet à l'autre. C'est pourquoi sa mesure n'a qu'un intérêt clinique limité; ses anomalies s'évaluent par la mesure de l'incomitance loin-près.

L'excès de convergence (sur la base d'une vision binoculaire normale ou anormale), qu'il soit réfractif pur avec un rapport CA/A normal, ou dû à une

<sup>1</sup> *CA/A est l'abréviation anglaise de « accommodative convergence/accommodation ».*

augmentation isolée du rapport CA/A (excès vrai de convergence ou par hypoaccommodation), qu'il soit mixte (c'est-à-dire réfractif + CA/A augmenté), peut coexister avec une hétérophorie de base.

Le dérèglement de la convergence accommodative lié à la rupture du lien binoculaire en cas de strabisme concomitant constitue l'élément accommodatif de ce strabisme; il est variable d'un cas à l'autre; il s'ajoute aux autres dérèglements moteurs; on parle aussi bien de strabisme partiellement accommodatif que de strabisme à composante accommodative; les deux termes signifient en fait la même chose (figure n° 6).

La paralysie fonctionnelle ou d'origine organique de l'accommodation nécessiterait un long développement dépassant le cadre de ce rappel orienté vers la strabologie.

Peut-on agir :

- *Sur l'accommodation ? Non*, car l'accommodation est strictement dépendante de l'âge du sujet [1]; retarder le port de l'addition pour le près n'y change rien!
- *Sur la convergence par le biais de l'accommodation ? Oui*, on agit sur la convergence accommodative en faisant porter la correction de l'amétropie (hypermétropie ou myopie), et, si besoin est, une sur ou une sous-corrrection (ou par les myotiques, cités pour mémoire).
- *Sur la vergence tonique ? Non*; exercer la convergence accommodative, vergence d'ajustement, autrement dit, essayer d'augmenter par des exercices le rapport CA/A pour compenser l'insuffisance de vergence tonique, en cas de strabisme divergent concomitant par exemple, n'est pas logique; souvent le résultat n'est pas suffisant ou n'est pas durable; s'il l'est, le rapport CA/A augmenté peut devenir à son tour source de gêne.

Cet exposé, loin d'être exhaustif, veut uniquement rappeler quelques notions sur l'accommodation utile en strabologie, en particulier celle de sa stricte dépendance de l'âge, de sa variabilité selon les conditions visuelles, celle de l'hystérèse accommodative et de son lien avec l'hypermétropie latente, celle des dérèglements du rapport CA/A dans les diverses formes de strabisme concomitant et de leur traitement possible.

#### RÉFÉRENCES

- 1 Bruce AS, Atchison DA, Bhoola H. Accommodation-convergence relationships and age. Invest. Ophthalmol Vis Sci 1995; 36: 406-413.
- 2 Currie DC, Manny RE. The development of accommodation. Vis Res 1997; 37: 1525-1533.
- 3 Drexler W, Findl O, Schmetterer L, Hitzenberger CK, Fercher AF. Eye elongation during accommodation in humans: differences between emmetropes and myopes. Invest Ophthalmol Vis Sci 1998; 38: 2140-2147.
- 4 Ebenholtz SM, Zander PAL. Accommodative hysteresis: influence on closed loop measures of far point and near point. Invest. Ophthalmol Vis Sci 1987; 28: 1246-1249.
- 5 Gilmartin B, Hogan RE, Thompson SM. The effect of timolol maleate on tonic accommodation, tonic vergence and pupil diameter. Invest. Ophthalmol Vis Sci 1984; 25: 763-770.
- 6 Hope GM, Rubin ML. Night myopia. Surv Ophthalmol. 1984; 29: 129-136.
- 7 Huber A, Kömpf D. Klinische Neuroophthalmologie. Thieme, Stuttgart, 1998.
- 8 Lachenmayr B, Friedburg D, Hartmann E. Auge - Brille - Refraktion. Begleitheft zum « Schober-Kurs ». 2e édit. Bücherei des Augenarztes, Band 136, Enke Verl 1999, 190 p.
- 9 Moses RA, Hart WM. Adler's Physiology of the eye. Clinical application. The C.V. Mosby Cie., St Louis, 1987.
- 10 von Noorden GK. Binocular vision and ocular motility. Theory and management of strabismus, 4e édit. The C.V. Mosby Cie, St Louis, 1990.
- 11 Roth A. L'accommodation et la triade de près. J Franç Orthop 2000; 32: 55-61.
- 12 Semmlow JL, Hung GK. Experimental evidence for separate mechanisms mediating accommodative vergence and vergence accommodation Docum Ophthalmol 1981; 51: 209-224.

- 13 Spielmann A. Les strabismes: de l'analyse clinique à la synthèse thérapeutique, 2e édit. Masson, Paris, 1991.

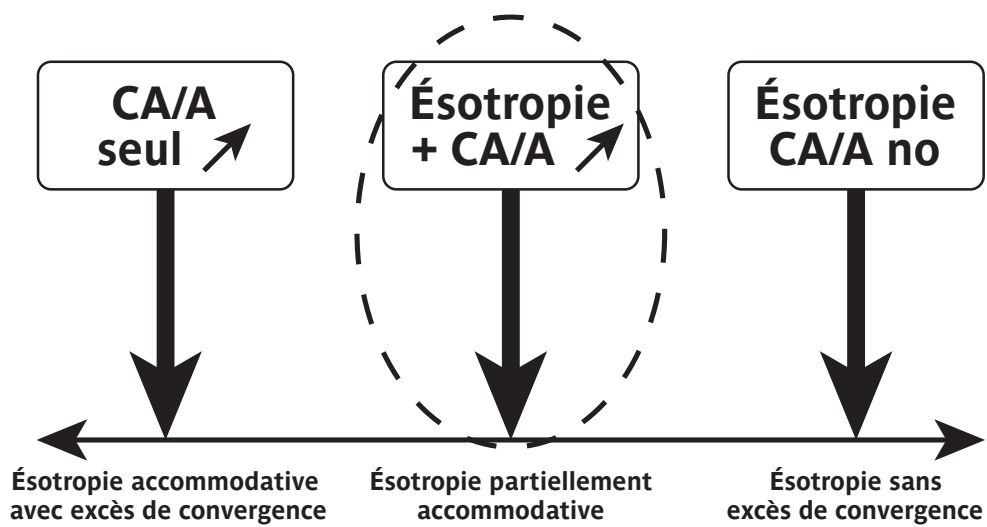


Fig 6. Esotropies et CA/A.



# ÉPIDÉMIOLOGIE DES AMÉTROPIES

*Danièle Denis*

## **LES FACTEURS DE RISQUES AMÉTROPIQUES**

- Les antécédents familiaux
- Facteur de risque réfractif
- Quel protocole, pour quel dépistage ?

## **CHEZ L'ENFANT**

- Prévalence
- Hypermétropie
- Myopie
- Astigmatisme
- Anisométrie

## **CHEZ L'ADULTE**

- La myope
- L'hypermétropie
- La presbytie

## **CONCLUSION**

### **INTRODUCTION**

Tout examen oculaire débute par l'étude de la réfraction. L'ophtalmologiste doit posséder les connaissances nécessaires concernant l'optique physiologique de l'œil, les anomalies de la réfraction et bien sûr la correction de celles-ci.

La mesure de l'acuité visuelle et de divers paramètres de la vision ne prend, en effet, tout son sens qu'après la correction du facteur optique qui permet à l'image fixée de se faire sur la rétine. Cette mise au point est conditionnée par la puissance optique du dioptré cornéen et de la lentille cristallinienne, par la longueur du globe et accessoirement la profondeur de la chambre antérieure.

Ces trois mesures sont en moyenne respectivement: 51 dioptries, 35 dioptries et 16,08 mm chez le nouveau-né normal et de 40 dioptries, 18.5 dioptries et 23,5 mm chez l'adulte. En effet, l'œil au cours de la croissance va se modifier pour permettre la perception rétinienne d'images nettes. Cette mise au point est conditionnée par **la longueur axiale, le pouvoir réfringent de la cornée et le pouvoir réfringent du cristallin**. La réfraction va dépendre de **l'évolution de ces trois éléments** dont la variation va aboutir à la réfraction finale et déterminer le degré d'amétropie. Ces modifications physiologiques,

très importantes chez l'enfant, vont évoluer de façon très rapide de la naissance à l'âge de 3 ans et bien plus progressivement à partir de cet âge.

## **DE LA NAISSANCE À L'ÂGE DE 3 ANS**

### **LA LONGUEUR AXIALE**

Mesurable et mesurée par la biométrie donnée par échographie, elle est réduite à la naissance : en effet on note une longueur axiale de 15 mm chez le prématuré, de 16,5 à 18 mm chez le nouveau-né, de 18,5 mm chez le nourrisson de 6 mois, de 22,5 à 23 mm chez l'enfant de 3 ans (15) Ces dernières mesures sont proches de celle de l'adulte qui atteint 24 mm vers l'âge de 13 ans. Cette longueur axiale augmente sur une période beaucoup plus longue par opposition à l'évolution du pouvoir réfringent de la cornée et du cristallin qui est rapidement stable à la fin de la première année. Il est important de signaler qu'une différence de 1 mm de longueur axiale induit environ 5 dioptries d'amétropie en plus ou en moins.

### **LE POUVOIR RÉFRINGENT DE LA CORNÉE**

Chez le prématuré, il est de 49 à 51 dioptries, de 47 à 47,5 dioptries chez le nouveau-né, de 41 à 43 dioptries chez l'adulte. En effet, du fait de son allongement, la cornée va devenir moins sphérique, son rayon de courbure passe de 6,6 mm à la naissance à 7 mm à l'âge de 1 an, ce qui diminue sa puissance d'environ 5 à 5,5 dioptries, ceci par augmentation du rayon de courbure de la cornée très tôt dans le développement (15).

### **LE POUVOIR RÉFRINGENT DU CRISTALLIN**

Il est de 38 à 42 dioptries chez le nouveau-né et 18,5 à 22 dioptries chez l'adulte. En effet, le cristallin presque sphérique à la naissance a un pouvoir réfractif important. Il s'aplatit la première année par augmentation du rayon de courbure du cristallin, ce qui diminue également sa puissance.

Au total ces différentes modifications concourent toutes à l'acquisition de l'emmétropie appelée « **effet emmétropisant** ». Selon Delmarcelle, l'emmétropie est issue d'un **rapport harmonieux développé après la naissance entre la longueur axiale et le pouvoir de réfraction de la cornée et du cristallin**. En effet, on note une diminution de la puissance de convergence de la cornée et du cristallin par opposition à l'augmentation de la longueur axiale du globe oculaire : le fait que l'œil soit trop court est compensé par un **fort pouvoir réfringent du cristallin et de la cornée** (environ 24 dioptries de plus que celui de l'adulte). Les facteurs responsables de l'emmétropisation sont inconnus. Chez l'homme, ce processus s'exerce principalement la première année de vie et modérément les deux années suivantes.

Ainsi, au cours de la croissance, la puissance de convergence de la cornée et du cristallin diminue tandis que la longueur du globe augmente. Comment s'étonner qu'au cours ou à la fin de ces transformations, dans l'ensemble harmonieuses, il se produise parfois quelques erreurs à l'origine de l'hypermétropie, la myopie, ou de l'astigmatisme ?

On peut comprendre que lors de ces modifications réfractives dans l'ensemble harmonieuse, il se produise parfois **quelques erreurs** à l'origine de **l'hypermétropie, de la myopie ou de l'astigmatisme** témoignant d'un défaut du processus d'emmétropisation etc..

## **APRÈS L'ÂGE DE 3 ANS**

Les modifications relatives de ces paramètres interdépendants vont se poursuivre à un rythme beaucoup plus lent : **toute anomalie dans l'évolution** se traduira par une amétropie de degré plus ou moins élevée dans la genèse de laquelle il est souvent difficile d'incriminer un facteur oculaire particulier. La répartition des amétropies se fait **selon une courbe de Gauss** : à la fin de la croissance, les troubles de la réfraction se répartissant selon une courbe de Gauss : la courbe montrant une grande majorité d'emmétropie, prend un aspect symétrique pour les hypermétropies et les myopies lorsqu'on a éliminé la myopie maladie.

Nous étudierons successivement la prévalence de ces anomalies chez l'enfant puis chez l'adulte après avoir rappelé leurs facteurs de risque.

## **LES FACTEURS DE RISQUES AMÉTROPIQUES**

L'étude des facteurs de risque amétropiques s'intègre dans une démarche globale comportant un certain nombre d'objectifs. Leur mise en évidence implique un dépistage dont nous précisons ci-après les objectifs et modalités.

### **LES ANTÉCÉDENTS FAMILIAUX :**

Sous ce terme, la littérature se limite malheureusement **aux antécédents** de strabisme avec ou sans amblyopie car ils s'accompagnent très souvent de troubles réfractifs.

Un examen plus ou moins précoce de tous les enfants ayant un antécédent de ce type en incluant le 3<sup>e</sup> degré est à proposer : en effet un antécédent strabique est signalé dans 25 à 30 % des cas.

Plusieurs études réalisées dans ce sens (Ingram et Kramar, Atkinson, Abrahamsson et Sjöstrand) ont abouti aux constatations suivantes :

- La recherche isolée à un âge prédéfini chez un enfant ayant un antécédent strabique est d'un intérêt limité car le diagnostic n'est pratiquement jamais fait au moment de cet examen mais le plus souvent établi par la famille depuis longtemps. Le meilleur moyen de dépistage est donc d'enseigner à la maman les manifestations élémentaires d'un trouble oculomoteur et de lui demander de consulter au moindre doute (étude Sjöstrand). On peut souligner la réalité des liens statistiques entre le risque strabique, ses antécédents et le risque amétropique.
- Tous les auteurs cités retrouvent que les enfants ésotropes ont au moins un antécédent strabique dans 50 à 60 % des cas.
- Par contre la relation inverse s'avère beaucoup moins évidente : 50 % des strabismes n'ont en conséquence pas d'antécédent strabique, mais surtout le risque de présenter un strabisme pour un enfant ayant un antécédent strabique n'est que de 15 à 20 %. Cette situation est en fait directement liée au caractère multifactoriel de l'hérédité strabique avec entre autre **un élément fondamental qui est le trouble réfractif associé**. Abrahamsson en conclut d'ailleurs que seuls les enfants d'une fratrie strabique présentant eux-mêmes une amétropie significative ont un réel risque strabique.

### **FACTEUR DE RISQUE RÉFRACTIF**

En présence d'antécédents : De façon logique et en conséquence des études précédentes, la première approche a été faite à partir des antécédents strabiques et/ou amblyopiques. Un certain nombre de relations statistiques significatives ont été mises en évidence :

Kramar et Ingram (1973-1977) ont trouvé pour les enfants avec antécédent strabique ayant été examinés en skiascopie cycloplégique :

- Qu'une hypermétropie de base  $> 2 \delta$  entraînait un risque strabique de 87 %.
- Qu'une anisométrie  $> 1 \delta$  entraînait un risque strabique de 76 %.
- Que la présence d'un astigmatisme n'était pas significative.
- Qu'il existait une relation significative entre l'association d'une hypermétropie, d'une anisométrie et d'une amblyopie.

Aurell quant à lui en 90 retrouvait en skiascopie cycloplégique, 17.6 % de risque d'ésotropies chez des enfants de 6 mois porteur d'une hypermétropie  $> 4 \delta$  ; à noter la disparition de ce risque si l'hypermétropie diminue spontanément.

**Même en l'absence d'antécédent strabique ou amblyopique**, la quasi-totalité des travaux est restée orientée vers le risque strabique ou amblyopique. Il est néanmoins logique de concevoir le dépistage et la prévention dans un cadre plus large de l'amétropie en général. Deux démarches dans l'évaluation du risque amétropique furent proposées :

- Une première approche rétrospective déterminant les niveaux de risque à partir des anomalies observées au terme d'un certain suivi.
- Une seconde approche prospective, basée sur un critère statistique de « normalité » en fonction de la répartition des réfractions.

Différentes études (Ingram, Atkinson, Abrahamson et Sjostrand: rétrospectives et Howland: prospectives) sur le sujet furent conduites donnant apparemment toutes des résultats différents.

Ces différences ne semblent nullement être expliquées par des problèmes de méthodologie car chaque auteur a généralement pris le soin de corrélérer les résultats avec ou sans cycloplégie. La différence essentielle semble en fait situer dans l'objectif du dépistage réalisé. On aura constaté que la grande majorité des travaux sont uniquement orientés sur les problèmes de strabisme et d'amblyopie.

On comprend que les chiffres présentés soient tout à fait différents lorsqu'on inclut les problèmes visuels isolés :

- Ainsi **les bilans PMI** suspectent généralement au moins 20 % des enfants de troubles visuels. Malheureusement les résultats réels restent souvent indéterminés par insuffisance de suivi correct.
- Un travail beaucoup plus précis a été publié par la CPAM de Paris en 1995 sur une série de 15 000 enfants répartis en 3 groupes de 10 m, 2 ans et 4 ans, examinés en skiascopie sous cycloplégie. Pour ces 3 groupes il a été découvert 32 à 39 % d'amétropies.
- Angi en 91 sur une série de 711 enfants de 3-5 ans examinés par auto réfractomètre sans cycloplégie a retrouvé 9 % d'amétropies.
- Cordonnier en 99 pour une série de 1 745 enfants de 6 mois à 6 ans examinés sous auto réfractomètre sans cycloplégie ont trouvé **20 % d'amétropies**.

### **QUEL PROTOCOLE, POUR QUEL DÉPISTAGE ?**

En dehors d'Aurell qui pour des raisons d'économie préconise un dépistage sélectif; tous les auteurs s'accordent à dire qu'un dépistage de masse est nécessaire.

**L'école suédoise** considère que le moment optimal du dépistage est l'âge de **4 ans** parce que le diagnostic de l'amblyopie est facile et le traitement efficace!

**Les écoles anglo-saxonnes** apparemment ne partagent pas cet avis et préconisent un dépistage nettement plus précoce, basé sur la réfraction objective: 1 an pour Ingram, **6 à 9 mois** pour Atkinson. L'option dès **6 mois** paraît prématurée si l'on tient compte de l'évolution réfractive.

Pour Clergeau, l'âge de 9 mois paraît optimal.

Par ailleurs **le choix de deux examens comparatifs** paraît fondamental puisque le plus souvent c'est le processus évolutif qui est l'aspect le plus caractéristique avec absence d'emmétropisation ou accentuation de l'amétropie initiale ou apparition secondaire d'une anisométrie (Abrahamsson, Saunders...).

La skiascopie sous cycloplégie a longtemps représenté l'examen de référence et reste incontournable chez le très jeune enfant.

Cependant l'apparition de l'autoréfractométrie (portable) semble être la solution d'avenir.

## **FORMES DE L'ENFANT**

### **PRÉVALENCE**

#### **À LA NAISSANCE**

Le nouveau-né présente une hypermétropie physiologique de 1,5 à 2 dioptries. On dénombre de 4 à 6 % de myopes et environ 6 % de forts hypermétropes. Le nombre d'astigmatés dans les premiers mois de la vie est très élevé atteignant pour Abrahamson 13,5 % (299 cas sur 2 200 sujets). La grande majorité présente un astigmatisme inverse.



### **AU COURS DE LA CROISSANCE**

- Les hypermétropies physiologiques diminuent pour se situer entre 0.5 dioptries et l'emmétropie vers 14 à 15 ans. Les fortes hypermétropies précoces restent stationnaires ou augmentent légèrement.
- Les astigmatismes disparaissent dans la plupart des cas pour atteindre le pourcentage observé chez l'adulte, au cours des deux premières années pour Atkinson, entre 1 et 4 ans pour Abrahamsson, pas avant 6 ans pour Gwiazda. La puissance de ceux qui persistent diminue considérablement mais l'axe ne change pas. Les astigmatismes conformes et les astigmatismes obliques nécessitent une surveillance prolongée car ils disparaissent moins souvent. À l'âge scolaire, le nombre d'astigmatismes conformes est plus important.
- Parmi les myopies: les myopies congénitales, disparaissent en majorité pendant la première année; seul un petit nombre persiste. Parmi celles-ci, certaines restent stables, d'autres progressent, et revêtent les caractères des myopies pathologiques. La plupart des myopies acquises apparaissent entre 5 et 12 ans. Plus elles surviennent tôt, plus elles risquent de progresser. Celles qui apparaissent après 9 à 10 ans demeurent limitées.

### **À LA FIN DE LA CROISSANCE**

Curtin rapporte plusieurs statistiques mondiales montrant que les troubles de la réfraction se répartissent suivant une courbe de Gauss avec une très forte majorité d'emmétropes mais une quantité de myopes supérieures à celles des hypermétropes. La courbe prend un aspect symétrique si on soustrait de la statistique les sujets myopes présentant à l'examen du fond d'œil un croissant myopique, signe témoignant en pratique d'une myopie pathologique.

### **HYPERMÉTROPIE**

L'hypermétropie est liée à une brièveté du globe et/ou une insuffisance du pouvoir convergent de la cornée et du cristallin. En l'absence d'accommodation, l'image de l'objet fixé à l'infini se fait théoriquement en arrière de la rétine. Celle-ci reçoit donc une image floue. L'accommodation est ainsi constamment sollicitée pour parfaire la netteté de l'image, moyennant quoi l'enfant hypermétrope, en l'absence de cycloplégique, a une excellente acuité visuelle.

On sépare désormais l'hypermétropie faible < 3,5 dioptries de l'hypermétropie forte > 3,5 dioptries. L'hypermétropie faible n'entraîne en général aucun trouble fonctionnel car l'enfant a une énorme réserve accommodative. Mais plus l'hypermétropie est élevée, plus l'accommodation constante est susceptible d'entraîner des petits troubles subjectifs: picotements oculaires, maux de tête, asthénopie de fixation. 2 cas se présentent selon la présence ou non de symptômes (asthénopie, gêne oculaire, céphalées, irritations conjonctivales, prurit vespéral) et selon la présence ou non d'antécédents de troubles oculomoteurs, d'amblyopie.

L'hypermétropie forte est l'anomalie réfractive la plus fréquente (6 %) retrouvée lors des dépistages de masse à l'âge de 1 an.

L'étude d'Atkinson a montré que, lorsqu'il existe une hypermétropie supérieure à 3,5 dioptries, les enfants âgés de 7 à 9 mois ont un risque de strabisme augmenté de 13 fois, et un risque d'amblyopie de 6 fois jusqu'à l'âge de 4 ans. Si elle est traitée par une sous-correction d'une dioptrie, il existe alors 4 fois moins de risque de strabisme et 2,5 fois moins de risque d'amblyopie. Cette sous-correction n'entrave pas le processus d'emmétropisation qui entraîne une diminution de l'hypermétropie forte d'un équivalent sphérique de -0,6 dioptries à l'âge de 3 ans.

### **CONCLUSION**

Il paraît indispensable de corriger l'hypermétropie forte chez l'enfant de 1 an avec ou sans strabisme. Par contre l'hypermétropie faible ne nécessite pas de correction s'il n'existe pas de signes fonctionnels. Celle-ci survient

parfois devant une forte hypermétropie, supérieure à 5 dioptries au moins, très fréquente aussi en cas d'astigmatisme associé.

## **MYOPIE**

Contrairement à l'hypermétropie et l'astigmatisme, qui varient peu après 4 ou 5 ans et qui demeurent des anomalies à conséquences purement optiques, la myopie est une affection qui, au moins dans ses formes importantes, histologiques et physiologiques du globe suivies de conséquences éventuellement graves.

Dans une statistique parisienne portant sur 400 enfants aveugles, la myopie isolée est cause de cécité légale dans 1,75 % des cas.

Entre la myopie physiologique et forte, Curtin estime que la séparation n'est pas tranchée et qu'il existe une tranche intermédiaire. Dans cette frange on trouve des myopies physiologiques de 5 dioptries et des myopies pathologiques de 4 dioptries ayant déjà des caractères de myopies pathologiques.

On distingue environ 82 % de myopie faible ( $< 3 \delta$ ), 12 % de myopie intermédiaire ( $< 6 \delta$ ) et 6 % de myopie forte ( $> 6 \delta$ ).

### **LA MYOPIE FAIBLE**

Elle apparaît entre 7 et 12 ans, mais le plus souvent après 9 ans. Bien qu'elle puisse être stationnaire dans la moitié des cas environ, dans les autres elle progresse surtout entre 8 et 13 ans d'environ 0,25 dioptrie par an. La progression se ralentit ensuite et peut durer jusqu'à 20 ans. La longueur du globe ne dépasse pas 25,5 mm. L'acuité visuelle corrigée demeure maximale. Il n'y a pas d'altération du segment antérieur ni du fond d'œil. Une insuffisance de convergence et une exophorie sont parfois notées. Les travaux d'Atkinson ont montré que la myopie  $< 3,5 \delta$  à l'âge de 9 mois à 1 an évoluait vers l'emmétropisation avec tendance à l'hypermétropie faible à l'âge de trois ans.

### **LA MYOPIE INTERMÉDIAIRE**

Elle débute souvent un peu plus tôt dès l'âge de 5 ans. L'évolution est d'emblée plus rapide et peut déborder sur la troisième décennie de la vie. La longueur du globe peut atteindre voire dépasser 27 mm et le fond d'œil est souvent marqué par l'apparition d'un conus myopique sans staphylome postérieur, apanage des myopies pathologiques. Bien que 35 % de ces myopies soient stables, une surveillance régulière du fond d'œil est justifiée pour entreprendre en temps voulu un traitement préventif devant un trou ou une déchirure.

Les myopies acquises faibles ou moyennes, même si elles ne présentent pas de risque de gravité au fond d'œil, peuvent au cours de la vie présenter des signes de dégénérescence périphérique conduisant à des complications.

### **LES MYOPIES FORTES**

Elles sont en général détectées précocement, souvent au cours de la première année, et pratiquement toujours avant l'âge scolaire. Il existe souvent un myope parmi les parents et leur attention est attirée par le désintérêt de leur enfant pour son environnement éloigné, tandis qu'il approche exagérément de ses yeux les objets qu'il manipule.

La fréquence est basse, pour Atkinson 0,5 % sur une population de 3 000 enfants.

La myopie forte permet une vision nette mais pas au-delà de 30 centimètres. Elle n'a pas de tendance à la diminution justifiant la correction optique totale. Angi démontre sur 42 enfants que la meilleure focalisation des images sur la rétine est obtenue en donnant la correction optique totale que cela entraîne une réduction voire un arrêt de la myopie.

L'interrogatoire précise les antécédents familiaux, l'éventualité de désordres pré et périnataux ainsi que d'affections connues pouvant s'accompagner de retentissement oculaire.

L'acuité visuelle même corrigée atteint rarement 10/10 et se réduit le plus souvent à 5 à 6/10.

Le fond d'œil montre parfois déjà un staphylome myopique ainsi qu'une hypoplasie de l'épithélium pigmentaire au pôle postérieur permettant de voir le réseau choroïdien.

L'évolution d'une myopie est imprévisible de façon précise ; en règle plus elle apparaît tôt, plus elle évolue vite. La période qui semble la plus critique se situe entre 9 et 13 ans. La longueur du globe mesurée grâce à l'échographie est parallèlement au chiffre de myopie un bon moyen de suivre l'évolution de cette dernière.

Les complications à type d'hémorragies choroïdiennes, de taches de Fuchs, d'atrophie chorio-rétinienne dans cette région ne s'observent pas chez l'enfant mais sont des menaces pour l'avenir. De plus, plus la myopie est forte, plus le risque de décollement est grand. Dans une statistique de 164 décollements non traumatiques consécutifs chez des enfants de moins de 15 ans, 33 cas soit 20 % étaient liés à une myopie isolée. Parmi ces 33 cas, 29 soit plus de 80 %, présentaient une myopie forte (moyenne 13 D).

Les myopies fortes allient au risque de dégénérescence du pôle postérieur, conduisant à l'altération grave de la vision, celui de la dégénérescence de la périphérie rétinienne.

### **CONCLUSION**

Il ne semble pas utile de corriger la myopie forte avant l'âge de 1 an car cette anomalie n'est amblyogène, la vision de près étant nette et l'évolution se faisant dans la majorité des cas vers l'amélioration. Mais après l'âge de 1 an il faudra corriger. En âge préscolaire la correction permet une meilleure activité psychomotrice et la réduction ou l'arrêt de l'évolution.

### **ASTIGMATISME**

L'astigmatisme est considéré lorsqu'il est > 1 dioptrie. Il est fréquent chez l'enfant : en effet il est présent chez 50 % des enfants de l'âge de 1 an. C'est un astigmatisme cornéen qui diminue par aplatissement de la cornée lors de la croissance. Il résulte de la modification torique d'une optique normalement sphérique : la cornée. De ce fait les images des points situés sur deux axes orthogonaux de l'objet ne se font pas sur le même plan.

Au cours d'un astigmatisme myopique pur inverse (90° -2), l'image de l'axe horizontal se trouve dans le plan rétinien et celle de l'axe vertical en avant de celui-ci. Toute l'image est donc déformée, et un tel astigmatisme s'il est important peut être à l'origine d'une amblyopie.

D'autre part, étant donné la grande variation dans le temps des astigmatismes avant l'âge de 4 ans, il semble que la correction puisse être différée. En effet, il disparaît au cours des premières années. À l'âge scolaire la fréquence rejoint celle de la population d'adulte 8 %.

L'astigmatisme est amblyogène par amblyopie méridionale si l'astigmatisme persiste après l'âge de 1 an et qu'il est associé à Hypermétropie forte (Atkinson 1996).

Pour Friedburg (1996), l'astigmatisme est amblyogène s'il est associé à un strabisme, à une hypermétropie et à une correction d'astigmatisme avant 2,5 ans. Après cet âge la non-corrrection entraîne une acuité visuelle inférieure à 10/10.

- Si l'astigmatisme est < 1,5 D sans amétropie sphérique, une surveillance rapprochée est de mise.
- Si l'astigmatisme est > 1,5 D après l'âge de 18 mois à 2 ans, la correction semble justifiée pour éviter l'installation d'une éventuelle amblyopie.
- En conclusion, la correction d'un astigmatisme > 1,5 dioptrie chez un enfant de deux ans permet une vision nette de près et de loin nécessaire pour son bon développement visuel et psychomoteur.

### **ANISOMÉTROPIE**

La fréquence varie en fonction de l'âge. Chez le nourrisson elle est de 25 % et diminue à 3-6 % chez les enfants d'âge scolaire et préscolaire.

L'anisométrie est souvent associée à un astigmatisme

D'après Sjostrand et Abrahamsson même si elle importante à l'âge de 1 an elle peut disparaître à l'âge de 4 ans. Inversement elle peut apparaître plus tard.

L'anisométrie peut être isolée, on parlera d'anisométrie primaire ou secondaire à un strabisme, on parlera d'anisométrie secondaire.

L'anisométrie est **amblyogène dans 25 % des cas**.

Mais l'amblyopie peut entraîner l'anisométrie (amblyopie strabique) et l'anisométrie peut entraîner lorsqu'il n'y a pas de strabisme une amblyopie, qui corrigée s'accompagne d'une remontée de l'acuité visuelle.

### **CONCLUSION**

Lorsqu'une anisométrie est supérieure à 1, 2 dioptries, on corrige si l'enfant à plus de deux ans et a fortiori si elle est associée à un strabisme.

## **CHEZ L'ADULTE**

### **LA MYOPIE**

La myopie n'est pas l'amétropie la plus répandue.

### **L'HYPERMÉTROPIE**

La première place revient à l'hypermétropie. Mais nombre d'hypermétropes s'ignorent et compensent avec plus ou moins de facilité leur amétropie latente par un effort d'accommodation. La myopie ne possède pas ce privilège et même à faible puissance elle constitue un handicap visuel. Elle représente de ce fait **l'amétropie la plus corrigée**.

### **LA PRESBYTIE**

La presbytie est le trouble le plus répandu dans notre pays, environ 20 millions de Français en sont atteints et on estime à 600 000 nouveaux cas chaque année en France.

Chez l'hypermétrope non corrigé, la presbytie se fait sentir plus tôt que chez l'emmetrope car une partie de son accommodation restante sert pour obtenir une vision nette de loin. C'est d'autant moins qu'il ne reste pour l'accommodation en vision de près.

Par contre la presbytie apparaîtra plus tard chez le myope non corrigé car pour lire à 33 cm, ce dernier mettra en jeu une accommodation inférieure à celle de l'emmetrope ( $< 3 \delta$ ).

Pour une myopie supérieure à 3  $\delta$ , celui-ci lira sans accommodation à une distance normale; la presbytie sans verres n'apparaîtra pas. Il en sera de même pour une myopie plus forte, à la seule différence qu'il devra se rapprocher pour lire.

### **CONCLUSION**

**L'emmétropisation** apparaît tout de même statistiquement le schéma normal le schéma normal de l'évolution réfractive. On peut cependant remarquer qu'un certain nombre de cas échappent manifestement à ce processus. Nous rappellerons tout d'abord qu'il existe des éléments génétiques et raciaux pour prédisposer à certaines amétropies et en particulier la myopie. Si l'on s'en tient uniquement à l'importance de l'amétropie initiale, il apparaît de toute évidence la nécessité d'étudier l'évolution réfractive de façon différentielle :

Pour le paramètre sphérique, on peut distinguer :

- **Les hypermétropes forts et très forts** chez qui l'amétropie reste le plus souvent inchangée.
- **Les hypermétropes modérés** qui évoluent le plus souvent vers une hypermétropie physiologique qui définit l'emmétropie fonctionnelle.
- **Les petits myopes** dont une bonne partie rejoint rapidement l'emmétropie. Mais un contingent important de ce groupe repart dans un processus myopique vers l'âge de 7-8 ans.

- **Quant aux myopes forts**, ils ont la réputation d'avoir une amétropie particulièrement évolutive. Il semble en fait que ces amétropies soient stables au moins jusqu'à 10 ans.
- **Les astigmatismes** quant à eux ne semblent pas avoir toujours le même potentiel évolutif. Les forts astigmatismes ont un risque notable de persister et ce risque n'est pas dépendant de l'axe, les astigmatismes directs semblant plus défavorables.

## DÉPISTAGE

Quant au dépistage nous avons déjà exposé l'intérêt limité de faire un dépistage dans les familles à antécédents que ce soit pour le strabisme et/ou l'amblyopie, où les 15 à 20 % des strabismes apparaissent dans une population totale. C'est surtout la prise en charge précoce et correcte du strabisme qui règle le problème de l'amblyopie et non sa prévision.

Le problème du dépistage des amétropies est beaucoup plus simple parce que plus fiable :

- Si l'on s'intéresse seulement au strabisme et à l'amblyopie la conclusion générale est qu'il faut retenir moins de 10 % d'amétropies significatives. Dans le contexte économique médical actuel on peut être tenté de revenir au modèle suédois.
- Si l'on considère au contraire que les seuls problèmes visuels autres que l'amblyopie caractérisée constituent un réel problème de santé, et sous réserve de confirmer les 20 à 30 % d'amétropies significatives signalés par plusieurs auteurs.

Il apparaît logique de proposer une organisation de dépistage précoce qui ne doit pas être confondu avec les examens PMI qui révèlent typiquement les problèmes de l'examen subjectif précoce.

La question des facteurs de risque se pose donc comme un véritable problème de santé publique dont l'impact médical et économique n'est pas encore bien paramétré.

## RÉFÉRENCES

1. Abrahamsson M, Fabian G, Sjostrand J. Changes in astigmatism between the ages of 1 and 4 years: a longitudinal study. *Br J Ophthalmol*, 1988; 72 (2): 145-149.
2. Atkinson J, Braddick O, French J. Infant astigmatism: its disappearance with age. *Vision Res*, 1980; 20 (11): 891-893.
3. Banks MS. Infant refraction and accommodation. *Int Ophthalmol Clin* 1980; 20 (1): 205-232.
4. Catros A, et al. La réfraction oculaire. *Encycl. Med. Chir*, 1984. 21 070 A10: p. 30.
5. Clergeau G. Les facteurs de risques amétropiques, in D.U. strabologie. 1999 : Nantes. p. 7.
6. Clergeau G. Evolution de la réfraction chez l'enfant, in D.U. Strabologie. 1999 : Nantes. p. 5.
7. Dobson V, et al., Cycloplegic refractions of premature infants. *Am J Ophthalmol* 1981; 91 (4): 490-5.
8. Dobson, V, Fulton AB, Sebris SL. Cycloplegic refractions of infants and young children: the axis of astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25 (1): 83-87.
9. Ellis GS, Frey T, Gouterman RZ. Myelinated nerve fibers, axial myopia, and refractory amblyopia: an organic disease. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1987; 24 (3): 111-119.
10. Fulton AB, Hansen RM, Petersen RA The relation of myopia and astigmatism in developing eyes. *Ophthalmology* 1982; 89 (4): 298-302.
11. Goddé-Jolly D, Dufier JL. *Ophthalmologie pédiatrique*. 1992 : Masson.
12. Gordon RA, Donzis PB. Refractive development of the human eye. *Arch Ophthalmol*, 1985; 103 (6): 785-789.
13. Gwiazda J, et al. Infant astigmatism and meridional amblyopia. *Vision Res* 1985; 25 (9): 1269-1276.
14. Hittner HM, JAntoszyk JH. Unilateral peripapillary myelinated nerve fibers with myopia and/or amblyopia. *Arch Ophthalmol* 1987; 105 (7): 943-948.
15. Ingram RM, Barr A. Changes in refraction between the ages of 1 and 3 1/2 years. *Br J Ophthalmol* 1979; 63 (5): 339-342.

16. Lumbroso P. Correction des amétropies par lentille de contact. Encyl. Med. Chir, 1993. 21-070-B-10: p. 11.
17. Parssinen O, Hemminki E, Klemetti A. Effect of spectacle use and accommodation on myopic progression : final results of a three-year randomised clinical trial among schoolchildren. Br J Ophthalmol 1989; 73 (7): 547-51.
18. Pietrini D. Chirurgie de l'amétropie. Réalités ophtalmologiques, 1999; 64: 8-17.
19. Pietrini D. Chirurgie de la presbytie. Réalités ophtalmologiques, 2000; 71: 16-22.

# GÉNÉTIQUE DES AMÉTROPIES

*Mario Angi*

## **INTRODUCTION**

Le sujet qui m'a été confié est la génétique des amétropies. Après une brève introduction sur les développements de la génétique médicale, je présenterai les connaissances actuelles sur l'héritabilité et sur l'identification de gènes associés aux défauts réfractifs les plus courants. Je dirais également quelques mots sur cette nouvelle branche de la génétique qui étudie les gènes exprimés pendant la croissance de l'œil.

La génétique est aujourd'hui en plein essor : on lui demande de mieux comprendre la pathogenèse des maladies invalidantes, notamment dans le domaine ophtalmique, et d'améliorer leur prévention et leur traitement.

Un rappel historique. Au début du siècle, Archibald Garrod, un médecin anglais, a eu l'intuition géniale que les caractères héréditaires sont déterminés par des éléments chimiques, les enzymes. Il fallut attendre près de 50 ans pour que soit apporté la première confirmation de ses conceptions avec la mise en évidence du déficit en glucose-6 phosphatase dans la glycogénose type I. L'alcaptonurie, maladie liée au déficit de l'oxydase de l'acide homogénisique, fut découverte en 1958 et il fallut attendre encore près de 40 ans pour que son gène soit localisé puis cloné. Avec la carte physique des gènes et l'identification de ces derniers, on assiste aujourd'hui à une véritable révolution, qui fait sortir la génétique médicale de la condition marginale dans laquelle elle avait été reléguée. En 1999 on a localisé plus de 9000 gènes, dont les deux tiers sont clonés, et 1 500 maladies mendéliennes pour plus de 800 desquelles le gène a été identifié.

Juste après la découverte de la double hélice par Watson et Crick en 1953, de même qu'après le déchiffrement du code génétique achevé en 1960 par Nirenberg et par Korana, les chercheurs ont développé différentes stratégies pour l'isolement du gène en cause : les études de liaison (linkage), dont la première concernait l'hémophilie et la cécité aux couleurs ; la cytogénétique, dont la trisomie 21 allait constituer l'événement fondateur ; enfin, la biologie moléculaire et la cartographie qui développent la carte physique de la région préalablement localisée, pour extraire l'ADN, identifient les transcripts qui y sont inclus et décèlent parmi eux le gène candidat, dont les mutations sont responsables de la maladie.

On a découvert que le développement de certaines tumeurs malignes est le résultat d'une cascade d'événements mettant en cause des gènes spécifiques, qu'il est impliqué dans la prolifération cellulaire ou dans la réparation des lésions d'ADN (le gène du rétinoblastome a fourni le premier exemple de microdélétion, à l'origine de la découverte des gènes suppresseurs de tumeurs), et que les malformations congénitales et de nombreuses rétinopathies sont la conséquence d'anomalies génétiquement programmées, qui interrompent une chaîne d'événements en un point précis. Les enzymes ne jouent qu'un

rôle limité dans l'apparition de ces désordres, tandis qu'au premier plan on trouve les agents de transcription, de la réparation ou du cycle cellulaire, les canaux, les récepteurs, les facteurs qui véhiculent les signaux, les protéines de structure intra-cellulaire ou extra-cellulaire.

Il faut en outre souligner trois autres aspects de la diversité des gènes. Ce sont l'hétérogénéité phénotypique, l'hétérogénéité génique et la complexité. L'hétérogénéité phénotypique peut résulter d'un effet de dosage génique. Un exemple pour tous: le gène ABCR est un transporteur à activité ATPasique, dont les mutations sont responsables de la dégénérescence de Stargardt, de rétinopathies pigmentaires, de formes moins sévères de dystrophies maculaires ou, chez les hétérozygotes, d'une dystrophie maculaire liée à l'âge. L'hétérogénéité génique trouve dans la rétinopathie pigmentaire un exemple magnifique: le cadre clinique peut être déclenché par au moins 50 erreurs géniques différentes. La complexité peut se comprendre si l'on se rappelle que les gènes sont composés de différents domaines. La plupart ne codent pas pour une protéine unique, mais génèrent plusieurs produits dont l'expression est régulée dans le temps et l'espace, c'est-à-dire qu'ils ne s'expriment pas nécessairement aux mêmes stades de développement ni dans les mêmes tissus ou organes. Un exemple de complexité génétique régulée dans le temps peut être la croissance axiale du globe induite par le travail de près chez l'étudiant (5, 6).

L'état réfractif de l'œil est programmé sur une base génétique, mais l'expérience visuelle peut troubler le processus de croissance oculaire et influence l'état réfractif final (25).

Comment distinguer l'influence environnementale de la composante génétique? La comparaison des défauts réfractifs entre jumeaux monozygotes et hétérozygotes a été utilisée dans ce but. Les monozygotes partagent le même patrimoine génétique et, s'ils grandissent ensemble, le même environnement. En revanche, les hétérozygotes partagent un quart seulement de leur matériel génétique et, s'ils grandissent ensemble, le même environnement. Les pourcentages de concordance du facteur héréditaire étudié sont comparés entre monozygotes et hétérozygotes. Si le pourcentage de concordance s'approche de 100 % chez les monozygotes, et qu'il est significativement inférieur chez les hétérozygotes, la transmission génétique du facteur est probable. Quand le pourcentage de concordance entre monozygotes et hétérozygotes n'est pas significativement différent, les influences environnementales ou les variations casuelles revêtent une plus grande importance dans l'étiologie de la caractéristique étudiée.

Les études sur les jumeaux ont généralement montré que l'hérédité est un facteur important dans la détermination de la réfraction, avec une incidence de concordance chez les monozygotes de 70 à 80 % pour de nombreux paramètres réfractifs. Toutefois, plusieurs études signalent une diversité marquée dans l'héritabilité de la myopie et de l'astigmatisme chez des couples de jumeaux monozygotes (1).

Les études cliniques de population aident aussi à distinguer l'influence génétique et environnementale dans les amétropies. Les variations dans la distribution des défauts réfractifs infantiles dans les différentes populations sont indicatives d'une influence génétique alors que les variations de prévalence dans le temps dans la même population peuvent indiquer une influence dominante de facteurs environnementaux dans l'étiologie du défaut réfractif. Ceci est particulièrement évident dans la myopie: l'estimation de l'héritabilité entre parents et enfants est significativement différente de celle entre frères (tableau n° 1) (10).

Considérons séparément l'héritabilité de l'hypermétropie, de l'astigmatisme et de la myopie.

### **HÉRITABILITÉ DE L'HYPERMÉTROPIE**

L'hypermétropie légère représente le défaut prédominant dans les populations des pays à économie rurale du Sud du monde. Dans une récente étude de population menée au Népal chez des enfants, la moyenne de l'équivalent



<i>Auteur</i>	<i>Héritabilité</i>	<i>Relation</i>	<i>Nombre de sujets</i>
<b>Sorsby</b>	0,45	père - fils	106
	0,72	frère - frère	
<b>Ashton</b>	0,49	père - fils	377 familles
	0,74	frère - frère	
<b>Young</b>	0,10	père - fils	197
	0,98	frère - frère	
<b>Young et Leary</b>	0,46	père - fils	1 083
<b>Keller</b>	0,37	père - fils	578
<b>Alsbirk</b>	0,14	père - fils	483
	0,50	frère - frère	
<b>Nakajima</b>	0,16	père - fils	324
	0,42	père - fils	70

Tab 1. Héritabilité de la myopie calculée dans des études de familles.

sphérique était, à 5 ans, de +0,76  $\delta$  chez les garçons et de +0,85  $\delta$  chez les filles, avec une tendance minimale à la réduction dans les 10 années successives (18). Le mode de transmission héréditaire a été montré par de nombreuses études sur des jumeaux (22). La plupart des Auteurs concordent sur un mode de transmission autosomique dominant de l'hypermétropie légère. L'hypermétropie élevée est rare, et elle est souvent associée à des malformations oculaires (microphthalmie, microcornée) et des syndromes. Les modes de transmission rapportés sont aussi bien autosomiques dominants que récessifs. La nanophthalmie avec hypermétropie élevée et glaucome à fermeture d'angle a été associée au chromosome 11 (16). L'association de défauts réfractifs hypermétropiques avec des syndromes ou des anomalies chromosomiques comporte en général une hypermétropie élevée. Une recherche sur Medline avec les mots-clés microphthalmie - génétique a donné 128 syndromes décrits dans la littérature.

## **HÉRITABILITÉ DE L'ASTIGMATISME**

La prévalence de l'astigmatisme varie avec l'âge et l'ethnie (11). En Europe et aux États-Unis, l'astigmatisme  $> 1 \delta$  est fréquent à la naissance, mais il diminue spontanément (14). L'emmétropisation de 9 à 20 mois dépend fortement des valeurs initiales du défaut réfractif tant sphérique qu'astigmatique. Pour l'astigmatisme, il y a une réduction moyenne de -59 % (3). En revanche, dans certaines populations indo-américaines, l'astigmatisme élevé reste le défaut réfractif le plus fréquent. Une récente étude menée au Chili montre une présence d'astigmatisme  $> 0,75 \delta$  chez 27 % des enfants, parmi lesquels 15 % ont un astigmatisme dépassant 2  $\delta$  (12). L'astigmatisme s'associe à l'albinisme et à une hypoplasie du nerf optique. La transmission de l'astigmatisme est en règle générale autosomique dominante, même si, pour montrer un effet de gène dominant, les études de liaison doivent tenir compte non seulement de la présence ou de l'absence de l'astigmatisme, mais aussi de la gravité, c'est-à-dire du degré, et de la monolatéralité ou de la bilatéralité.

## **HÉRITABILITÉ DE LA MYOPIE**

Des contributions hétérogènes, à la fois génétiques et environnementales, concourent à l'apparition et au développement de la myopie, et l'accord est unanime sur l'importance des facteurs génétiques dans son développement. Pacella et al. (17) rapportent que le fait d'avoir deux parents myopes expose les enfants à un risque 6,42 fois plus élevé de devenir myopes que les enfants dont les parents ne le sont pas. L'étude de jumeaux monozygotes a montré une concordance supérieure de myopie par rapport aux jumeaux dizygotes. La discordance, qui peut être élevée, dans la myopie signalée chez des monozygotes a été attribuée à la présence casuelle de pathologies oculaires

(cataracte, astigmatisme) ou à des variations environnementales (charge de lecture différente) en mesure de donner une plus grande défocalisation de l'image dans l'œil devenu plus myope (1). L'héritabilité de la myopie basse ( $< -6 \text{ D}$ ) est hétérogène et semble être influencée par plus d'un gène ou, peut-être, par une combinaison de facteurs génétiques et environnementaux (28, 29). L'augmentation de la prévalence de la myopie signalée avec l'apparition de l'industrialisation dans des populations entières - phénomène qui s'est produit dans les années quarante chez les esquimaux, et qui a été plus récemment décrit à Taiwan (10) - peut être expliquée par une augmentation des influences environnementales sur un modèle polygénique (13). Aux États-Unis, Sperduto et al. signalent une corrélation significative directe entre le degré de myopie atteint et le nombre d'années d'étude (20).

Les différences de prédisposition à la myopie des divers groupes ethniques émergent aussi dans l'étude de Wensor et al. (24) menée sur des sujets résidant en Australie. La prévalence de la myopie chez ceux qui sont nés en Australie ou en Europe est d'environ 15 %, chez ceux nés en Asie ou en Afrique, de 44 %. Garner (8) signale une prévalence de la myopie de 0,77 % chez des jeunes d'âge scolaire de 6 à 17 ans de Vanuatu, Polynésie, avec une progression du défaut réfractif de  $-0.25 \text{ D}$ ; Lin et al. (10) rapporte une prévalence de la myopie chez des étudiants de Taiwan de la même tranche d'âge allant de 12 % (6 ans) à 84 % (18 ans).

La transmission de la myopie élevée confirme l'hétérogénéité génétique dont on a fait l'hypothèse pour la forme basse (15). L'analyse de l'ensemble du patrimoine génétique dans des familles avec myopie élevée a permis, à ce jour, d'identifier trois gènes différents, deux avec un mode d'héritabilité autosomique dominant [chromosome 18p11 (26), 12q21-23 (27)] et un lié au sexe [chromosome Xq28 (19)]. Les 30 transcripts du gène 12q21-23 identifiés correspondent aux séquences qui codifient des gènes régulateurs ou structuraux tels que protéoglycanes, lumicanes, décorines, dermatans sulfates, substances qui sont présentes dans la matrice extra-cellulaire de la sclère, interagissent avec le collagène et limitent la croissance de ses fibrilles.

## **GÉNÉTIQUE EXPÉRIMENTALE**

Enfin, on ne saurait passer sous silence un nouveau secteur qui est l'étude de l'expression génique associée à la défocalisation rétinienne ou à la croissance sclérale (7). Fisher et al. (4) ont montré que la défocalisation hypermétropique déclenche la production du facteur de transcription ZENK dans les cellules amacrines glucagonergiques de la rétine. La libération de glucagon a un effet inhibiteur sur la croissance oculaire. Donc le glucagon véhicule le message « signe de défocalisation », dépendant de la rétine, vers la choroïde et la sclère. Thu et al. (23) ont étudié le pattern d'expression génique associé à la croissance sclérale normale chez les lapins dans les premiers jours après la naissance. Ils signalent l'association temporelle entre l'ouverture des yeux, l'élongation axiale du globe et l'augmentation de la transcription des gènes responsables du remaniement scléral. Ces exemples sont le début d'un domaine de recherche nouveau et prometteur, qui nous permettra, dans un futur proche, de comprendre la genèse des amétropies et, peut-être, de les soigner grâce à la connaissance de leur origine génétique.

## **RÉFÉRENCES**

1. Angi MR, Clementi M, Sardei C, Piattelli E, Bisantis C. Heritability of myopic refractive errors in identical and fraternal twins. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1993; 231 : 580-585.
2. Clementi M, Angi M, Forabosco P, Di Gianantonio E, Tenconi R. Inheritance of astigmatism: evidence for a major autosomal dominant locus. *Am J Hum Gen* 1998; 63 : 825-30.
3. Ehrlich DL, Braddick OJ, Atkinson J, Anker S, Weeks F, Hartley T, Wade J, Rudenski A. Infant emmetropization : longitudinal changes in refraction components from nine to twenty months of age. *Opt Vis Sci* 1997; 74 : 822-843.

4. Fischer AJ, McGuire J, Schaeffel F, Stell WK. Light and focus dependent expression of the transcription factor ZENK in the chicken retina. *Nature Neurosci* 1999; 2: 706-712.
5. Frézal J, Kaplan J, Dollfus H. Mapping the eye diseases. *Ophthalm Ped Gen* 1992; 13 : 37-47.
6. Frézal J. Une brève histoire de la génétique médicale. *Ann Génét.* 1999; 42: 122-28.
7. Fujii S, Escaño MFT, Ishibashi K, Fujii M, Sekiya Y, Yamamoto M, Saijoh K. Differential expression of neuroendocrine-specific protein in form-deprived chick eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41 : 1533-1541.
8. Garner LF, Kinnear RF, Klinger JD, McKellar MJ. Prevalence of myopia in school children in Vanuatu. *Acta Ophthalmol.* 1985; 63 : 323-26.
9. Guggenheim JA, Kiriv G, Hodson SA. The heritability of high myopia: a reanalysis of Goldschmidt's data. *J Med Gen* 2000; 37: 227-231.
10. Lin LL, Shih YF, Tsai CB, Chen CJ, Lee LA, Hung PT, Hou PK. Epidemiologic study of ocular refraction among schoolchildren in Taiwan in 1995. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 275-81.
11. Mash AJ, Hegmann JP, Spivey BE. Genetic analysis of indices of corneal power and corneal astigmatism in human populations with varying incidences of strabismus. *Invest Ophthalmol* 1975; 14: 826-832.
12. Maul E, Barros S, Munoz SR, Sperduto RD, Ellwein LB. Refractive error study in children: results from La Florida, Chile. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 445-454.
13. Mew-may Wu M, Edwards MH. The effect of having myopic parents: an analysis of myopia in three generations. *Opt Vis Sci* 1999; 76: 387-392.
14. Mohindra I, Held R, Gwiazda J, Brill S. Astigmatism in infants. *Science* 1978; 202: 329-330.
15. Naiglin L, Clayton J, Gazagne Ch, Dallongeville F, Malecaze F, Calvas P. Familial high myopia: evidence of an autosomal dominant mode of inheritance and genetic heterogeneity. *Ann Génét* 1999; 42: 140-146.
16. Othman MI, Sullivan SA, Skuta GL, Cockrell DA, Stringham HM, Downs CA, Fornes A, Mick A, Bohenske M, Vollrath D, Richards JE. Autosomal dominant nanophthalmos (NNO1) with high hyperopia and angle-closure glaucoma maps to chromosome 11. *Am J Hum Gen* 1998; 63: 1411-1418.
17. Pacella R, McLellan J, Grice K, Del Bono E, Wiggs J, Gwiazda J. Role of genetic factors in the etiology of juvenile-onset myopia based on longitudinal study of refractive error. *Opt Vis Sci* 1999; 76: 381-386.
18. Pokharel GP, Negrel AD, Munoz SR, Ellwein LB. Refractive error study in children: results from Melchi zone, Nepal. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 436-444.
19. Schwartz M, Haim M, Skarsholm D. X-linked myopia: Bornholm eye disease: linkage to DNA markers on the distal part of Xq. *Clin Genet* 1990; 38: 281-286.
20. Sperduto RD, Hiller R, Podgor MJ, Freidlin V, Milton RC, Wolf PA, Myers RH, D'agostino RB, Roseman MJ, Stockman ME, Wilson PWF. Family aggregation and prevalence of myopia in the Framingham Offspring Eye Study. *Arch Ophthalmol* 1996; 114: 326-332.
21. Teikari JM, O'Donnel J, Kaprio J, Koskenvuo M. Impact of heredity in myopia. *Hum Hered* 1991; 41 : 151-156.
22. Teikari et al. Study of gene-environment effects on development of hyperopia: a study of 191 adult twin pairs *Acta Gemellol* 1990; 43 : 356-361.
23. Thu MK, Beuermann RW, Barathi A. Patterns of gene expression associated with normal scleral growth in the rabbit. *Myopia 2000 Proceedings VIII Intl Conference Boston* Thorn F, Troilo D and Gwiazda J Ed pag 222-225.
24. Wensor M, McCarty CA, Taylor HR. Prevalence and risk factors of myopia in Victoria, Australia. *Arch Ophthalmol* 1999; 117: 658-63.
25. Wiesel TN, Raviola E. Myopia and eye enlargement after neonatal lid fusion in monkeys. *Nature* 1977; 266: 66-68.
26. Young TL, Ronan SM, Drahozal LA, Wildenberg SC, Alvear AB, Oetting WS, Atwood LD, Wilkin DJ, King RA. Evidence that a locus for familial high myopia maps to chromosome 18p. *Am J Hum Gen* 1998; 63: 109-119.
27. Young TL, Ronan SM, Alvear AB, Wildenberg SC, Oetting WS, Atwood LD, Wilkin DJ, King RA. A second locus for familia high myopia maps to chromosome 12q. *Am J Hum Gen* 1998; 63: 1419-1424.
28. Zadnik K. Myopia development in childhood. *Opt Vis Sci* 1997; 74: 603-608.
29. Zhao J, Pan X, Sui R, Munoz SR, Sperduto RD, Ellwein LB. Refractive error study in children: results from Shunyi District, China. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 427-435.



# LE PHÉNOMÈNE D'EMMÉTROPIISATION

*Monique Cordonnier*

## PLAN

- La croissance du globe chez l'enfant
- La croissance du cristallin chez l'enfant
- Mise en évidence d'un processus actif d'emmétropisation
- Le maintien de l'emmétropie chez l'adulte
- Conclusion

## INTRODUCTION

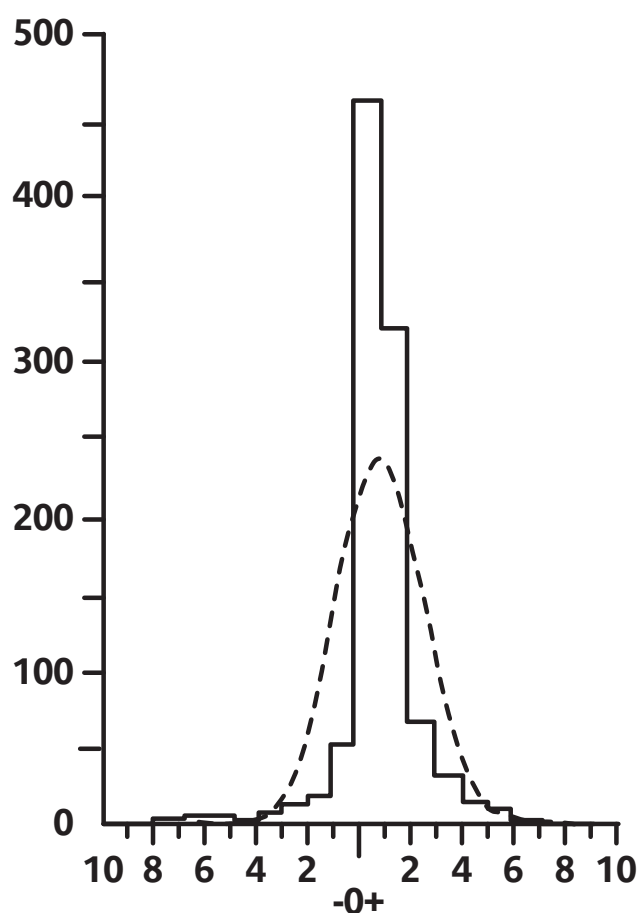
Lorsqu'on compare les données réfractives d'une population d'adultes à celle d'une population de nouveaux nés, il paraît évident que les erreurs réfractives ne sont pas un phénomène statique au cours de la vie. À la naissance, les erreurs réfractives sont normalement distribuées, suivant une courbe gaussienne dont le sommet correspond à + 2 dioptries et la déviation standard à 2,75 dioptries (1). Chez l'adulte, la variabilité est beaucoup plus réduite : la courbe devient leptokurtique, c'est-à-dire pointue et étroite, son sommet se situe entre 0 et +1  $\delta$  et la déviation standard n'est plus que de 1 dioptrie seulement.

La figure 1 tirée d'une étude de Sorsby (2) sur une population d'adultes montre cette distribution leptokurtique qui diffère d'une distribution normale Gaussienne (courbe en traits discontinus) trouvée pour d'autres paramètres humains, comme la taille par exemple.

Cette tendance naturelle de la réfraction à passer d'un état variable, habituellement amétrope à un état moins variable, emmétrope, s'appelle l'emmétropisation.

Ce processus d'emmétropisation est à la fois passif et actif.

L'emmétropisation passive est liée au fait que l'œil subit une croissance au même titre que les autres parties du corps. Comme il existe une relation inverse entre le pouvoir réfractif de la cornée et la longueur axiale, lorsque le globe oculaire grandit, il y a une compensation proportionnelle de cette myopisation relative par un aplatissement de la cornée. La croissance de l'œil réduit la puissance de son système dioptrique proportionnellement à l'augmentation de sa longueur axiale : il y a une diminution du pouvoir dioptrique



**Fig 1.** Distribution des erreurs réfractives à l'âge adulte. En abscisse est exprimée la réfraction en dioptries, en ordonnée le nombre d'individus. La courbe en traits discontinus illustre une distribution normale gaussienne.

de la cornée et du cristallin par augmentation de leur rayon de courbure et une diminution de l'action du cristallin par augmentation de profondeur de la chambre antérieure. Lorsque ces changements de longueur axiale de l'œil et du dioptré cornée-cristallin ne sont pas proportionnels, une amétropie en résulte.

L'hérédité intervient dans l'emmétropisation passive et détermine la tendance du globe à atteindre certaines proportions. Ce phénomène d'emmétropisation passive n'est toutefois pas suffisant à lui seul pour expliquer l'excès de réfraction autour de l'emmétropie à l'âge adulte.

L'emmétropisation active est liée à l'expérience visuelle. Elle implique une information de feed-back de l'image focalisée par la rétine avec un ajustement conséquent de la longueur axiale. La part active du processus explique que des anomalies réfractives importantes dans les premiers mois de vie peuvent avoir totalement régressé à l'âge d'un an, ce qui ne serait pas explicable par la simple croissance passive de l'œil. Un défaut de formation de l'image sur la rétine interfère avec ce feed-back et une amétropie en résulte.

### **LA CROISSANCE DU GLOBE CHEZ L'ENFANT**

Les auteurs s'accordent pour décrire une croissance rapide du globe pendant les trois premières années, suivie d'un net ralentissement par la suite (3). La longueur axiale moyenne d'un globe de nouveau-né est de 18 mm, pour atteindre 23 mm à l'âge de 3 ans. Cette augmentation de 5 mm induit une myopisation relative de 15 dioptries (1 mm = 3 dioptries) qui doit être automatiquement compensée par une diminution semblable du pouvoir dioptrique de l'ensemble cornée-cristallin. Il semble que le contrôle physiologique amenant l'œil à la condition d'emmétropie soit le plus capable de s'exercer pendant ces années précoces où les dimensions de l'œil changent rapidement. De l'âge de 3 ans à l'âge de 18 ans, la croissance du globe n'est plus que de 0,05 à 0,1 mm par an.

### **LA CROISSANCE DU CRISTALLIN CHEZ L'ENFANT**

Pendant la période de croissance rapide du globe, l'augmentation du diamètre équatorial du globe est associée à une augmentation parallèle du diamètre équatorial du cristallin. Celle-ci génère une force qui met la zonule sous tension et aplatit le cristallin. Ainsi, malgré une croissance bien réelle du cortex cristallinien, il n'y a pas d'épaississement de celui-ci, mais plutôt un amincissement, également lié à la compaction du noyau (3). Le pouvoir dioptrique du cristallin diminue relativement rapidement dans l'enfance, de 23 dioptries à l'âge de 3 ans pour atteindre 20 dioptries à l'âge de 14 ans. Pendant la même période, le pouvoir dioptrique de la cornée diminue peu, de 43 à 42,7 dioptries. Il semble donc que la réduction du pouvoir dioptrique du cristallin dans la prime enfance soit le facteur principal qui permette d'accomplir l'emmétropisation malgré une croissance rapide de la longueur axiale au même moment. La réduction du pouvoir dioptrique du cristallin se fait principalement par un aplatissement de celui-ci, et dans une moindre mesure par une augmentation de profondeur de la chambre antérieure.

### **MISE EN ÉVIDENCE D'UN PHÉNOMÈNE ACTIF D'EMMÉTROPISATION**

Le fait que la distribution des erreurs réfractives chez le bébé soit gaussienne et qu'elle devienne leptokurtique chez l'adulte implique la présence d'un mécanisme actif d'emmétropisation. Chez le bébé, Saunders (1) ainsi que Wood et Hodi (4) constatent qu'il existe un phénomène d'emmétropisation très rapide pendant la première année, et que les changements induits sont d'autant plus importants que l'amétropie initiale est forte (5). Cette emmétropisation ajusterait les composantes réfractives de l'œil en réponse à la qualité de l'image rétinienne.

Comme la distribution leptokurtique est déjà constatée à l'âge de 6-8 ans, cela indique que l'emmétropisation est surtout active avant cet âge. Il a été

démontré toutefois que l'influence du travail de près affecte la réfraction de personnes plus âgées, ce qui implique que les paramètres réfractifs restent encore malléables après l'âge de 8 ans (3).

L'existence d'un processus actif d'emmétropisation a été mise en évidence chez l'animal (3) (poulet, musaraigne, singe). Il existe chez ces animaux, lorsqu'ils sont jeunes, une adaptation réfractive compensatoire à l'introduction de lentilles de contact défocalisantes. L'interposition de lentilles déplaçant le plan focal a généralement pour résultat un changement correspondant de la longueur axiale pour ajuster le plan rétinien au nouveau plan focal. Il semble donc que l'œil soit capable d'adapter ses composantes réfractives de façon à corriger une défocalisation de type myopique ou hypermétropique. Ainsi, la mise en place de lentilles positives rend progressivement l'œil hypermétrope, la mise en place de lentilles négatives rend l'œil myope. Ces changements sont prédictibles et bien corrélés à la puissance des lentilles. Ils sont de plus réversibles à l'arrêt du port de lentilles. Les changements réfractifs se font par une croissance de la longueur axiale de l'œil (pour myopiser) ou par arrêt de cette croissance et épaississement de la choroïde (pour hypermétropiser) (6,7). Chez le poulet, ce processus est très net [ils peuvent s'adapter à des défocalisations de  $-10$  à  $+15$  D (8)] et est même capable de modifier la croissance de la rétine périphérique par rapport à celle du pôle postérieur : des poulets élevés dans une pièce comportant un plafond à rayures très bas acquièrent une rétine inférieure relativement myope (9). Les mammifères semblent toutefois moins performants que les poulets dans ce domaine, le singe pourrait s'adapter à une défocalisation de  $-2$  à  $+8$  D (7).

Troilo (9) insiste sur le fait que l'emmétropisation n'est pas, comme expliqué généralement, un phénomène de croissance permettant d'atteindre la focalisation à l'infini (le fameux zéro réfractif), mais bien une régulation de la croissance d'un œil qui fait en sorte que sa réfraction mute en l'état le mieux adapté à l'occupation visuelle habituelle de cet œil. L'effet du travail de près serait donc de produire une myopisation par augmentation de la longueur axiale. Cette cause est invoquée pour expliquer l'augmentation de fréquence de la myopie chez les jeunes Inuits scolarisés, par rapport à leurs parents plus âgés possédant le même bagage génétique mais n'ayant pas fréquenté l'école (10).

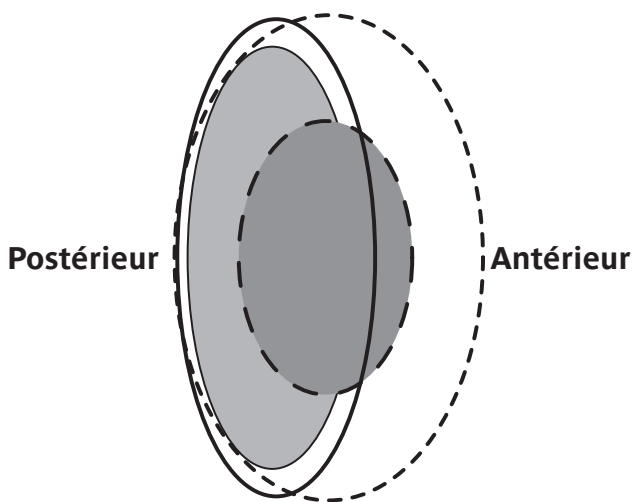
Pour emmétropiser correctement, il faut que des images d'une certaine précision puissent se former sur la rétine. L'emmétropisation est perturbée dans les expériences altérant la formation des images sur la rétine et une amétropie en résulte. Dans ces expériences amétropisantes (11), on peut distinguer celles qui induisent :

- Une myopie :
  - ↳ Par une lumière permanente,
  - ↳ Par une privation importante des formes sans privation lumineuse, comme la suture de paupières ou l'opacité cornéenne,
  - ↳ Ou encore par une privation affectant la périphérie rétinienne
- Une hypermétropie :
  - ↳ Par une obscurité permanente,
  - ↳ Par une privation affectant la fovéa

Chez le singe et le poulet, la déprivation visuelle par suture des paupières entraîne en effet le développement d'une myopie par allongement de la cavité vitrénienne (11). Chez le poulet, ce processus est réversible pourvu que la déprivation visuelle cesse avant les 6 premières semaines d'âge : il y a un arrêt de l'élongation de la cavité vitrénienne, et le degré de récupération est proportionnel à la myopie induite par la déprivation.

De même, l'enfant porteur d'un ptôsis unilatéral ou dont un œil présente une opacité cornéenne ou cristallinienne, ou une hypoplasie du nerf optique développera une myopie axiale de cet œil.

Un défaut d'emmétropisation peut être la conséquence d'une déficience dans l'information visuelle. Les fortes amétropies trouvées dans les rétino-



**Fig 2.** Morphologie d'un cristallin avec son noyau à 8 ans (traits continus) et à 80 ans (traits interrompus) [réf 13].

pathies congénitales telles que l'albinisme ou l'achromatopsie pourraient s'expliquer ainsi (12, 13).

Les facteurs responsables du processus d'emmétropisation sont encore inconnus. L'accommodation joue peut-être un rôle mais ni le blocage de celle-ci, ni la section du nerf optique n'arrêtent l'emmétropisation (11). Des neurotransmetteurs (dopamine, peptide intestinal vasoactif, antagonistes muscariniques) et des facteurs de croissance dont le taux serait modulé par l'activité rétinienne pourraient jouer un rôle (14).

### **LE MAINTIEN DE L'EMMÉTROPIE CHEZ L'ADULTE**

Durant l'âge adulte, le rayon de courbure cornéen et la longueur axiale restent identiques, alors que la profondeur de la chambre antérieure et le cristallin subissent des modifications. Le cristallin continue de croître de manière constante, et

son épaisseur augmente chaque année d'environ 0,02 mm. Cette croissance se produit par apposition de nouvelles fibres cristalliniennes tandis que le noyau du cristallin subit une compaction. La croissance du cristallin est asymétrique car elle s'accompagne d'une diminution parallèle de la profondeur de la chambre antérieure, sans qu'il y ait de répercussion sur celle de la chambre postérieure. Ceci est illustré sur la figure 2 qui montre en traits continus la morphologie du cristallin d'un enfant de 8 ans, et en traits interrompus celle d'un adulte de 80 ans. On constate sur la figure que l'augmentation d'épaisseur du cristallin se fait uniquement au dépens de la chambre antérieure.

Comme on le voit également sur la figure 2, la croissance du cristallin résulte en une augmentation de son épaisseur, mais pas vraiment de son diamètre équatorial. De ce fait, elle entraîne une augmentation du rayon de courbure du cristallin qui devrait produire une myopisation progressive. Or, cette myopisation ne se voit que chez certains individus qui développent une cataracte nucléaire, l'œil de la personne âgée ayant plutôt tendance à hypermétropiser. Le maintien de l'emmétropie, voire l'hypermétropisation relative de l'œil sain vieillissant, en dépit de l'augmentation de rayon de courbure du cristallin s'appelle le paradoxe cristallinien. Il serait explicable par les changements d'index réfractif au sein de la substance cristallinienne (3).

### **CONCLUSION**

Le terme emmétropisation traduit le phénomène qui conduit l'œil au statut d'emmétropie. Il est le résultat d'un processus à la fois actif et passif.

Le processus passif consiste en la croissance proportionnelle du globe chez l'enfant. Cette croissance du globe entraîne une réduction du système dioptrique de l'œil proportionnelle à l'augmentation de la longueur axiale : le pouvoir dioptrique de la cornée est diminué par augmentation de son rayon de courbure, le pouvoir dioptrique du cristallin est diminué pour la même raison et son action amoindrie par une augmentation de profondeur de la chambre antérieure. Lorsque ces changements ne sont pas proportionnels, une amétropie en résulte.

Le mécanisme d'emmétropisation actif implique une information de feedback de la rétine concernant la qualité de focalisation de l'image avec adaptation conséquente de la longueur axiale. Il peut être considéré comme un ajustement fin complétant le processus passif. L'emmétropisation active se déroule pendant la tendre enfance, mais l'œil reste malléable aux conditions environnementales jusqu'à l'âge de jeune adulte.

L'hérédité conditionne l'emmétropisation passive en déterminant la tendance du globe à atteindre certaines proportions, et l'environnement semble



jouer un rôle en influençant l'action des mécanismes d'emmétropisation active.

La persistance de l'emmétropie chez l'adulte en dépit de la croissance continue du cristallin et de l'accentuation de sa courbure est due à des changements d'index réfractif de sa substance qui compensent cette accentuation. Ces changements peuvent résulter de différences entre le noyau et le cortex cristallinien ou de modification de gradient d'index réfractif au sein du cortex même. Le mécanisme exact en est encore obscur.

#### RÉFÉRENCES

1. Saunders KJ: Early refractive development in humans. *Surv Ophthalmol* 1995; 40: 207.
2. Sorsby A, Benjamin B, Davey JB, et al: Emmetropia an its aberrations. MRC special report series n° 293. London. Her majesty's Stationery Office, 1961
3. Brown NP, Koretz JF, Bron AJ. The development and maintenance of emmetropia. *Eye* 1999; 13: 83-92.
4. Wood ICJ, Hodi S, Morgan L. Longitudinal change of refractive error in infants during the first year of life. *Eye* 1995; 9: 551.
5. Saunders KJ, Woodhouse JM, Westall CA. Emmetropisation in human infancy: rate of change is related to initial refractive error. *Vision Res* 1995; 35: 1325.
6. Wildsoet C, Wallman J. Choroidal and scleral mechanisms of compensation for spectacle lenses in chicks. *Vision Res* 1995; 3: 1175-1194.
7. Smith E. Spectacle lenses and emmetropization: the role of optical defocus in regulating ocular development. *Optometry Vis Sci* 1998; 75: 388-398.
8. Wildsoet C. Active emmetropization - Evidence for its existence and ramifications for clinical practice. *Ophthalmic Physiol Optic* 1997; 17: 279-290.
9. Troilo D. Neonatal eye growth and emmetropisation - a literature review. *Eye* 1992; 6: 154.
10. Johnson GJ, Mathews A, Perkins ES. Survey of ophthalmic conditions in a Labrador community. 1. Refractive errors. *Br J Ophthalmol* 1979; 63: 440-8.
11. Kiorpes L, Wallman J. Does experimentally-induced amblyopia cause hyperopia in monkeys? *Vision Res* 1995; 35: 1289.
12. Evans NM, Fielder AR, Mayer DL. Ametropia in congenital cone deficiency-achromatopsia: a defect of emmetropisation? *Clin Vision Sci* 1989; 4: 129-136.
13. Wildsoet CF, Oswald PJ, Clark S. Albinism: Its implications for refractive development. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: 1-7.
14. Mutti DO, Zadnik K, Adams AJ. Myopia, the nature versus nurture debate goes on. *Ophthalmol Vis Sci* 1996; 37: 952-957.
14. Mutti DO, Zadnik K, Adams AJ. Myopia, The nature versus nurture debate goes on. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996; 37: 952-957.



# AMÉTROPIE ET ENVIRONNEMENT

*Françoise Oger-Lavenant*

## **INTRODUCTION**

L'environnement est souvent accusé des pires maux, qu'en est-il vis-à-vis de l'amétropie ? Nous devons d'abord essayer de définir l'environnement de l'homme : d'après le Larousse l'environnement est l'ensemble des éléments physiques, chimiques ou biologiques, naturels ou artificiels qui entoure un être humain. Nous éliminerons de nos propos les conséquences de la chirurgie réfractive et des diverses pathologies iatrogènes.

La revue bibliographique nous renseigne presque exclusivement sur la myopie mais elle est souvent peu exigeante sur les critères que l'on serait en droit d'exiger pour affirmer ou soupçonner le rôle de l'environnement sur l'amétropie. Les critères objectifs sont les variations de la longueur axiale du globe et/ou les variations de la réfraction sous cycloplégiques.

Enfin nous n'avons constaté presque exclusivement que des effets négatifs de l'environnement sur l'amétropie.

Nous avons retenu comme facteurs environnementaux : les médicaments, la vie scolaire et ses contraintes (vision de près et éclairage), la vie professionnelle (vision de près et lumière artificielle), le stress et le psychisme, le niveau social et la nutrition. Ces facteurs ont souvent en commun l'utilisation intensive de la vision de près.

## **LES SUBSTANCES CHIMIQUES**

Nous avons retenu deux études :

- La première rapporte les effets de l'apomorphine sur la longueur axiale du globe de jeunes singes dont les yeux sont mis en conditions favorables pour devenir myopes (vision rendue floue monoculairement par des verres de contact). On instille à un groupe de singes des gouttes d'apomorphine et l'on constate que dans ce groupe la croissance excessive du globe, donc la myopie axiale, est retardée.
- La seconde étude est effectuée sur des poulets chez lesquels on a créé une myopie par déprivation. Dans leur rétine on constate que la dopamine et ses métabolites sont en quantité réduite par rapport au groupe contrôle. En administrant localement des antagonistes de la dopamine on constate que la croissance axiale du globe est réduite, mais pas la croissance équatoriale dont le mécanisme reste inconnu.

Aucune étude de ce type n'a été réalisée chez l'homme.

## **LA VIE SCOLAIRE ET SES CONTRAINTES**

Plusieurs études accusent la surutilisation de la vision de près et l'éclairage non approprié dans la survenue de la myopie ou son accentuation chez les

enfants en période scolaire. Le stress est également accusé. Mais les avis divergent parfois :

- Une étude japonaise (3) portant sur des enfants de 11-12 ans trouve que leur myopie est plus en rapport avec la myopie parentale et l'âge des parents à la naissance des enfants (> 30 ans) qu'avec l'environnement. À l'inverse un éclairage inadéquat provoquerait une fatigabilité de l'œil favorisant le développement de la myopie (4).
- Dans une étude danoise (5) le facteur accommodatif est minimisé par des verres bifocaux et l'instillation de timolol, la différence avec le groupe témoins n'est pas significative sur la réduction de l'évolution de la myopie. En fait les auteurs considèrent que le facteur le plus important est le « stress oculaire » engendré par les conditions contraignantes d'apprentissage scolaire.

### **UTILISATION INTENSIVE DE VISION DE PRÈS**

Les études citant l'utilisation intensive de la vision de près comme facteurs favorisant l'installation et l'accroissement de la myopie ne sont pas toujours très explicites sur la détermination de cette dernière.

Une étude norvégienne (6), dans laquelle la myopie est vérifiée sous cycloplégie, conclut que le travail prolongé en vision de près peut induire une myopie ou favoriser sa progression chez de jeunes adultes.

### **VIE PROFESSIONNELLE ET CONDITIONS DE TRAVAIL**

De plusieurs études de pays divers il ressort que la vision précise, donc faisant appel à l'accommodation intensive, est l'accusée principale dans la survenue ou l'accentuation de la myopie :

- Une étude norvégienne (7) chez des ouvrières du textile travaillant en permanence en vision à 30 cm montre la survenue d'une myopie de - 2,56 dioptries en moyenne (contrôle sous cycloplégie) alors qu'avant 20 ans elles ne présentaient pas ou peu d'amétropie. Le groupe contrôle, quant à lui, ne présente pas de myopie et reste à + 1,19 dioptrie en moyenne.
- Une étude galloise (8) trouve la même prévalence myopique chez des sujets travaillant sous microscope et constate que leur myopie s'accompagne d'un allongement de la cavité vitrénne.
- Enfin dans une étude russe (9) il est constaté une augmentation de la myopie chez des femmes triant des pierres précieuses par rapport à un groupe témoins.

Les avis divergent quant aux écrans vidéos, dans une étude malaise (10) aucune différence significative n'est retrouvée sur l'incidence de la myopie entre le groupe travaillant sur écran et celui qui dans le même bureau n'y travaille pas. Dans l'étude italienne (11) il est question de « myopisation » après un travail prolongé sur écran vidéo mais la cycloplégie ne semble pas avoir été utilisée et l'on peut penser qu'il s'agit de spasmes myopiques.

### **PSYCHISME ET STRESS**

Une étude italienne (12) faite chez 57 étudiants suggère que le stress certes ne provoque pas la survenue de la myopie mais semble accélérer sa progression et ce d'autant plus qu'une sous-corrrection optique existe.

### **NIVEAU D'ÉDUCATION**

Par le rôle prépondérant donné à la vision de près il est impliqué dans les variations réfractives. Une étude finlandaise (13) de 466 sujets de 26 et 46 ans retrouve plus de myopie chez les jeunes de 26 ans que dans le groupe des 46 ans et le taux de myopie est significativement plus élevé chez les sujets ayant eu une éducation plus poussée.

## **NUTRITION**

- Des auteurs de Hong-Kong (14) comparent les apports nutritifs et vitaminés (et oligoéléments) de 2 groupes d'enfants : dans un groupe la myopie est survenue entre 7 et 10 ans et dans l'autre elle n'est pas présente à 10 ans : ils constatent qu'existe une différence significative entre les apports énergétiques de chaque groupe, dans le groupe des myopes les apports énergétiques sont plus faibles, les différences ne se manifestent pas sur le développement corporel de ces enfants.
- Une étude anglaise (15) suggère que l'hyperglycémie favoriserait l'hypermétropie mais cette étude porte sur un petit nombre de patients adultes.

## **CORRECTION OPTIQUE TOTALE**

De nombreux modèles expérimentaux de myopie sont obtenus en induisant chez divers animaux un flou visuel. On est en droit d'en déduire que la correction optique totale (COT) de la myopie infantile est capitale pour en ralentir sa progression, plus l'image est nette moins la myopie est stimulée, cela rejoint la constatation, déjà ancienne, que les lentilles ralentissent la progression de la myopie puisqu'elles assurent une meilleure définition de l'image.

## **EFFETS FAVORABLES DE L'ENVIRONNEMENT**

Nous avons vu tous les effets néfastes de l'environnement sur l'amétropie, en modifiant cet environnement nous pouvons peut-être limiter ses effets négatifs.

Nous avons cité l'effet du stress comme pouvant favoriser l'installation de la myopie, les techniques visant à diminuer le stress seront donc les bienvenues. Deux études italiennes (16) (17) utilisant le biofeedback training constatent non pas une diminution de la myopie mais une diminution de la gêne due à cette myopie.

Parmi les techniques antistress nous pourrions citer le yoga et la sophrologie qui auront les mêmes effets.

## **CONCLUSION**

Nous retiendrons de cette revue bibliographique le rôle prépondérant de la vision de près dans la survenue ou l'accentuation de la myopie, vision de près excessivement sollicitée dans un contexte de stress aussi bien chez l'enfant d'âge scolaire qu'au cours de la vie professionnelle.

## **RÉFÉRENCES**

- 1 Iuvone PM, Tigges M, Stone RA, Lambert S, Laties AM. Effects of apomorphine, a dopamine receptor agonist, on ocular refraction and axial elongation in a primate model of myopia, *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1991 Apr; 32 (5): 1674-7.
- 2 Stone RA, Lin T, Laties AM, Iuvone PM. Retinal dopamine and form-deprivation myopia, *Proc Natl Acad Sci U S A* 1989 Janv; 86 (2): 704-6.
- 3 Nishi M, Miyake H, Shikai T, Takeuchi M, Minagawa N, Morimoto Y, Wada M. Factors influencing the visual acuity of primary school pupils, *J Epidemiol* 2000 May; 10 (3): 179-82.
- 4 Zhilov YD. Light and myopic refraction in children, *J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol* 1977; 21 (3): 234-41.
- 5 Goldschmidt E. Myopia in humans: can progression be arrested? *Ciba Found Symp* 1990; 155: 222-9; discussion 230-4.
- 6 Kinge B, Midelfart A, Jacobson G, Rystad J. The influence of near-work on development of myopia among university students. A three-year longitudinal study among engineering students in Norway, *Acta Ophthalmol Scand* 2000 Feb; 78 (1): 26-9.
- 7 Simensen B, Thorud LO. Adult-onset myopia and occupation, *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1994 Aug; 72 (4): 469-71.
- 8 McBrien NA, Adams DW. A longitudinal investigation of adult-onset and adult-progressive myopia in an occupational group. Refractive and biometric findings, *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997 Feb; 38 (2): 321-33.

- 9 Feigin AA, Korniuschina TA, Rozenblium IuZ. Ophthalmopathy caused by precision work of sorters of precious stones, *Vestn Oftalmol* 1992 May-Jun; 108 (3): 50-1.
- 10 Yeow PT, Taylor SP. Effects of short-term VDT usage on visual functions, *Optom Vis Sci* 1989 Jul; 66 (7): 459-66.
- 11 Gobba FM, Broglia A, Sarti R, Luberto F, Cavalleri A. Visual fatigue in video display terminal operators: objective measure and relation to environmental conditions, *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 60 (2): 81-7.
- 12 Anfi M, Rupolo G, de Bertolini C, Bisantis C. Personality, psychophysical stress and myopia progression. Prospective study on 57 university students: *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1993 Mar; 231 (3): 136-40.
- 13 Parssinen TO. Relation between refraction, education, occupation, and age 26- and 46-year-old Finns, *Am J Optom Physiol Opt* 1987 Feb; 64 (2): 136-43.
- 14 Edwards MH. Do variations in normal nutrition play a role in the development of the myopia, *Optom Vis Sci* 1996 Oct; 73 (10): 638-43.
- 15 Eva PR, Pascoe PT, Vaughan DG. Refractive change in hypermetropia: hyperopia, not myopia, *Br J Ophthalmol* 1982 Aug; 66 (8): 500-5.
- 16 Rupolo G, Angi M, Sabbadin E, Caucci S, Pilotto E and coll. Treating myopia with acoustic biofeedback: a prospective study of the evolution of visual acuity and psychological distress. *Psychosom Med* 1997 May-Jun; 59 (3): 313-7.
- 17 Angi M, Caucci S, Pilotto E, Racano E, Rupolo G, Sabbadin E. Changes in myopia, visual acuity, and psychological distress biofeedback visual training, *Optom Vis Sci* 1996 Janv; 73 (1): 35-42.

# ÉVOLUTION DE LA RÉFRACTION

*Alain Pêchereau*

## **INTRODUCTION**

Le but de ce travail est de suivre une population d'enfants dont la réfraction a été étudiée pendant une longue période de manière longitudinale. Cette étude nous permettra d'étudier les grandes évolutions des amétropies chez les sujets strabiques.

Pour regrouper un aussi grand nombre de patients, un certain nombre de confrères et collaborateurs (Docteur G. Clergeau, Docteur M. Cordonnier, Professeur Cl. Speeg-Schatz, Professeur M.A. Quéré, Mme H. Tessier, Docteur F. Oger-Lavenant, M. D. Lassalle & Mlle V. Capart) m'ont aidé dans cette tâche, qu'ils en soient particulièrement remerciés.

## **POPULATION**

Elle comprend 520 strabiques portant leur Correction Optique Totale pendant toute la période de suivi.

La provenance de ces patients est la suivante :

- Bruxelles: 15 (3 %);
- Nantes: 321 (62 %);
- Paimpol: 161 (31 %);
- Strasbourg: 23 (4 %).

Les caractéristiques de cette population :

- Âge moyen: 8,7 ans  $\pm$  5,1 (mini: 0; Maxi: 46,6);
- Âge de première consultation: 3,6 ans  $\pm$  2,9 (mini: 0; Maxi: 38,6);
- Durée de surveillance: 11,7 ans  $\pm$  4,0 (mini: 4,7; Maxi: 23,7).

Tous les yeux ont été regroupés dans un seul ensemble.

## **LA RÉFRACTION**

Il a été réalisé un examen initial puis tous les ans pendant 10 ans. Le dernier bilan connu a toujours été pris en compte.

Il a été réalisé 7 775 examens sur un total théorique de 12 480 (62,3 %).

Les cycloplégiques utilisés sont :

- L'atropine: 476 (6,5 %);
- Le cyclopentolate: 6 653 (91,3 %);
- Autres cycloplégiques: 156 (2,1 %).

Les méthodes d'examen utilisées sont :

- La réfractométrie automatique: 3 691 (48 %);
- La skiascopie manuelle: 3 804 (49,5 %);
- La réfraction subjective: 194 (2,5 %).

	Nombre	Pourcentage	Moyenne	Écart-Type	P-Value
Examen initial	614	59 %	1,31	± 1,00	
Dernier bilan	843	81 %	1,30	± 1,00	
Différence	537	52 %	0,08		0,31

Tab 1. Évolution de la puissance moyenne de l'astigmatisme.

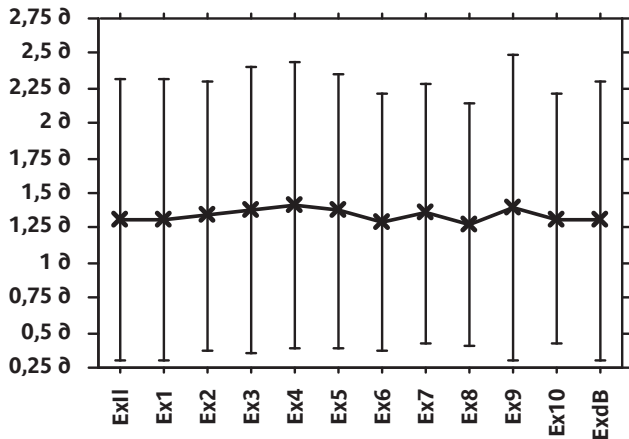


Fig 1. Évolution de la puissance de l'astigmatisme en fonction de l'examen.

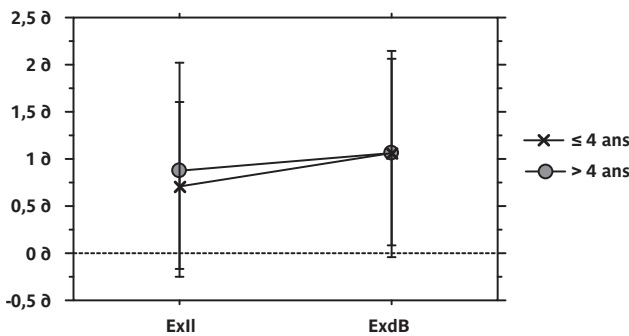


Fig 2. Évolution de la puissance de l'astigmatisme en fonction de l'examen (initial et final) et de l'âge du premier bilan.

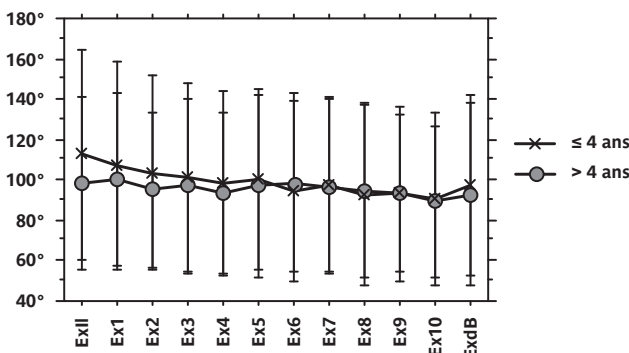


Fig 3. Évolution de l'axe d'astigmatisme en fonction de l'examen et de l'âge du premier bilan.

## LA PUISSANCE DU CYLINDRE

### LA PUISSANCE MOYENNE

Sur les 536 yeux présentant un astigmatisme en début et fin de suivi, l'évolution a été faible et statistiquement non significative. La puissance de l'astigmatisme peut être considérée comme une variable stable (figure n° 1 & tableau n° 1).

### L'ASTIGMATISME MOYEN (+ ASTIGMATISME = 0)

Si nous prenons la totalité de la population y compris les astigmatismes nuls en début et en fin de suivi, l'évolution a été plus importante, quoique discrète, mais statistiquement significative. Un élément explicatif peut être proposé. La population initiale est la plus jeune et la plus étudiée en skiascopie classique. Pour cette raison, on peut penser qu'il y a pu y avoir une sous-estimation de la puissance de l'astigmatisme initial qui explique cette évolution (figure n° 2 & tableau n° 2).

## L'AXE DU CYLINDRE

L'évolution est statistiquement significative mais faible. Le même correctif que pour la puissance du cylindre (cf. supra) peut être proposé. La permanence l'emporte sur l'évolution (figure n° 3 & tableau n° 3).

## LA SPHÈRE

### ÉVOLUTION EN FONCTION DES EXAMENS

Deux faits sont à souligner (figure n° 4 & tableau n° 4):

- La faible hypermétropie initiale de cette population strabique ;
- La faible évolution de l'amétropie (une demi-dioptrie en 10 ans). Là encore, la stabilité l'emporte sur la variabilité, mais nous allons voir qu'il existe des évolutions différentes suivant l'importance de l'amétropie.

### ÉVOLUTION EN FONCTION DU BILAN INITIAL

L'évolution des amétropies suit une tendance

	Nombre	Moyenne	Écart-Type	P-Value
Examen initial	1 040	0,77	± 1,05	
Dernier bilan	1 040	1,00	± 1,04	
Différence	1 040	0,23		< 0,001

Tab 2. Évolution de la puissance moyenne de l'astigmatisme (astigmatisme nul inclus).



	Nombre	Moyenne	Écart-Type	P-Value
Examen initial	614	106	± 48	
Dernier bilan	843	95	± 45	
Différence	538	10		< 0,02

Tab 3. Évolution de l'axe du cylindre.

	Nombre	Moyenne	Écart-Type	P-Value
Examen initial	1025	1,99	± 2,59	
Dernier bilan	1029	1,51	± 3,22	
Différence	1017	0,45		< 0,0001

Tab 4. Évolution de la sphère en fonction de l'examen.

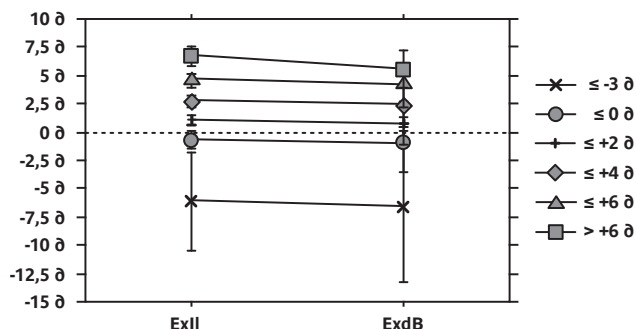


Fig 5. Évolution de la sphère en fonction de l'examen initial.

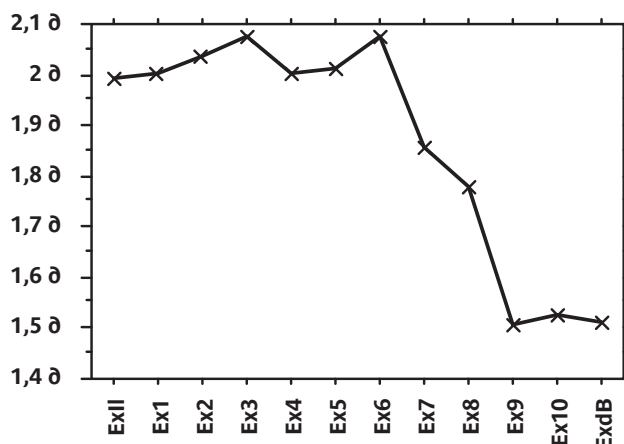


Fig 4. Évolution de la sphère en fonction de l'examen.

négative pour tous les groupes étudiés. Cette évolution est peu ou pas significative pour les myopies et l'hypermétropie faible. Elle est significative et de plus en plus importante en fonction de l'importance de l'hypermétropie. Le port de la correction optique totale semble avoir deux effets bénéfiques et paradoxaux (figure n° 5 & tableau n° 5) :

- Pour les fortes hypermétropies, ce port n'a pas empêché une évolution favorable et d'autant plus favorable que l'amétropie était forte ;
- Pour les myopies, le port de la correction optique totale semble avoir entraîné une évolution très faible de celle-ci.

### EN FONCTION DU BILAN FINAL

L'évolution des amétropies en fonction du bilan final montre un tableau plus contrasté (figure n° 6 & tableau n° 6) :

Amétropies	Nombre	Pourcentage	Différence	P-Value
Myopie $\leq -3 \delta$	34	3,4 %	-0,41	0,473
Myopie $\leq 0 \delta$	144	14,3 %	-0,45	0,603
Hypermétropie $\leq +2 \delta$	279	27,4 %	-0,25	0,053
Hypermétropie $\leq +4 \delta$	348	34,2 %	-0,47	0,001
Hypermétropie $\leq +6 \delta$	165	16,1 %	-0,51	0,011
Hypermétropie $> +6 \delta$	48	4,6 %	-1,22	< 0,0001

Tab 5. Évolution de la sphère en fonction de l'examen initial.

Amétropies	Nombre	Pourcentage	Différence	P-Value
Myopie $\leq -3 \delta$	53	5,2 %	-3,78	< 0,0001
Myopie $\leq 0 \delta$	132	13 %	-1,70	< 0,0001
Hypermétropie $\leq +2 \delta$	296	29,1 %	-0,75	< 0,0001
Hypermétropie $\leq +4 \delta$	271	26,6 %	+0,49	0,542
Hypermétropie $\leq +6 \delta$	196	19,3 %	+0,59	< 0,0001
Hypermétropie $> +6 \delta$	70	6,9 %	+0,87	0,001

Tab 6. Évolution de la sphère en fonction de l'examen final.

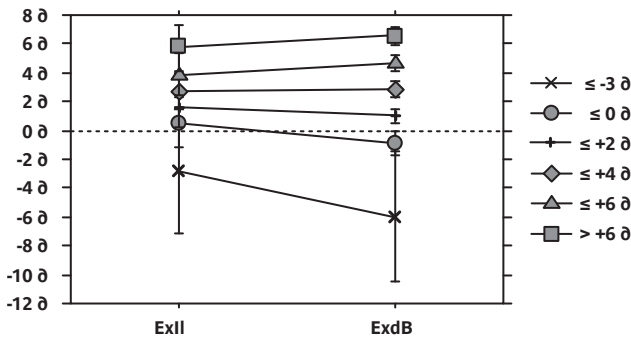


Fig 6. Évolution de la sphère en fonction de l'examen final.

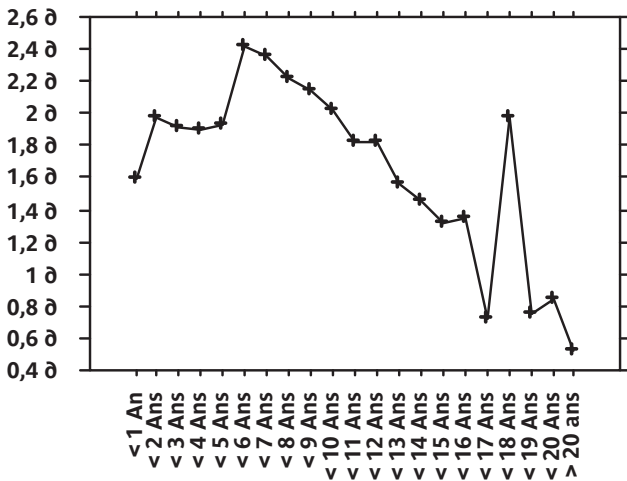


Fig 7. Évolution de la sphère en fonction de l'âge.

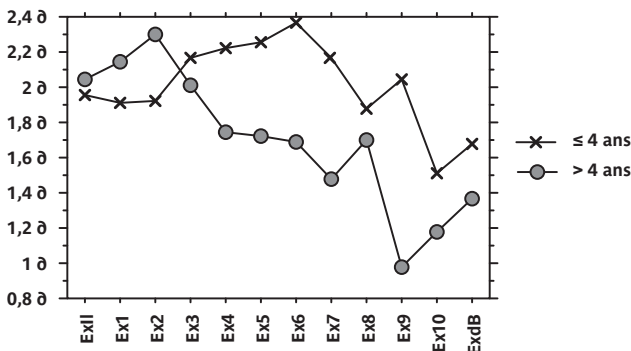


Fig 8. Évolution de la sphère en fonction de l'âge (inférieur ou supérieur à 4 ans).

On peut constater (tableau n° 8) une amélioration de l'amétropie de tous les groupes. Les myopies et les hypermétropies diminuent. Cette évolution est d'autant plus importante que l'amétropie est forte.

**EN FONCTION DU BILAN FINAL**

Ici, l'évolution est inverse (tableau n° 9). Plus l'amétropie finale est importante, plus l'évolution dans le sens de l'aggravation est importante.

- Une variation dans la répartition des amétropies (Chi-Carré : 21,6 ; P-Value : 0,0006) ;
- Une tendance à l'aggravation des amétropies. Plus les amétropies sont importantes, plus elles se sont aggravées ;
- Une augmentation relative des amétropies fortes probablement liée à deux phénomènes :
  - ↳ L'augmentation de la population myopique est probablement d'origine génétique ;
  - ↳ L'augmentation des hypermétropies fortes est liée à la difficulté de dégorger l'hypermétropie latente malgré les cycloplégies répétées et le port de la correction optique totale.

**ÉVOLUTION DE LA SPHÈRE EN FONCTION DE L'ÂGE**

**POPULATION GLOBALE**

L'évolution de l'amétropie suit une évolution qui avait été décrite, il y a de nombreuses années : augmentation jusqu'à l'âge de 5 à 6 ans puis diminution progressive. Cependant, notre étude montre une amplitude d'évolution beaucoup plus réduite (écart maximum entre les moyennes de 5 à 6 ans et de 20 ans d'une dioptrie trois-quarts) (figure n° 7 & tableau n° 7).

**ÉVOLUTION EN FONCTION DE L'ÂGE (INFÉRIEUR OU SUPÉRIEUR À 4 ANS)**

Sur le graphique, on peut voir la symétrie des courbes d'évolution de l'amétropie en fonction de l'âge lors du bilan initial : avant et après 4 ans (figure 8).

Cette superposition des courbes laisse supposer que le port de la correction optique totale n'a pas ou peu d'influence sur l'évolution de l'amétropie.

**ÉVOLUTION DE LA POPULATION D'ÂGE INFÉRIEUR À 2 ANS (BILAN INITIAL)**

**EN FONCTION DU BILAN INITIAL**

On peut constater (tableau n° 8) une amélioration de l'amétropie de tous les groupes. Les myopies et les hypermétropies diminuent. Cette évolution est d'autant plus importante que l'amétropie est forte.

	Nombre	Moyenne	Écart-Type
Résultats globaux	7 775	1,88	± 2,88
Résultats avant 1 an	194	1,58	± 2,27
Résultats à 5 - 6 ans	647	2,41	± 2,45
Résultats > 20 ans	186	0,52	± 3,56

Tab 7. Évolution de la sphère en fonction de l'âge.

Amétropies	Nombre	Pourcentage	Différence	P-Value
Myopie $\leq -3 \text{ } \delta$	7	2,1 %	2,14	0,04
Myopie $\leq 0 \text{ } \delta$	52	16 %	0,37	0,199
Hypermétropie $\leq +2 \text{ } \delta$	101	31 %	-0,05	0,76
Hypermétropie $\leq +4 \text{ } \delta$	110	33,7 %	-0,06	0,732
Hypermétropie $\leq +6 \text{ } \delta$	46	14,1 %	-0,43	0,172
Hypermétropie $> +6 \text{ } \delta$	10	3,1 %	-1,22	0,007

Tab 8. Évolution de la population d'âge inférieur à 2 ans (bilan initial).

### ÉVOLUTION DE LA POPULATION D'ÂGE INFÉRIEUR À 1 AN (BILAN INITIAL)

#### EN FONCTION DU BILAN INITIAL

(Tableau n° 10)

#### EN FONCTION DU BILAN FINAL

Les conclusions, pour le groupe des moins de 1 an sont parfaitement superposables au groupe des moins de 2 ans et à la population générale (tableau n° 11).

#### EN FONCTION DE L'ANGLE

Sur ce tableau, on pourrait croire que, dans la population globale, les strabismes divergents voient leurs amétropies évoluées de façon plus importantes que les strabismes convergents. Cependant, l'étude de l'âge montre que les strabismes convergents sont plus jeunes que les strabismes divergents et de façon statistiquement significative. De ce fait, la comparaison n'est plus possible.

C'est pourquoi nous avons créé deux populations d'âge et de nombre identiques par tirage au sort. L'étude statistique montre que l'évolution de l'amétropie est identique dans les deux groupes (figure n° 9).

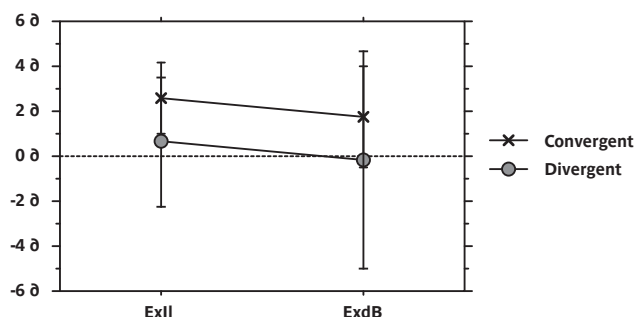


Fig 9. Évolution de la sphère en fonction de la déviation (population tirée au sort).

## CONCLUSION

Dans cette population de 520 patients dont la durée de surveillance (11,7 ans) est une des plus longue connue, un certain nombre de faits doivent être soulignés :

- Une hypermétropie moyenne faible : 2,00  $\delta$  ;
- Une évolution faible : 0,45  $\delta$  ;
- Une amétropie moyenne maximum vers 5 à 6 ans ;
- Une décroissance lente régulière ;
- Une évolution identique quel que soit l'âge de prise en charge (Effet de la COT ?) ;
- Une évolution différente suivant l'amétropie finale ;
- Une différence d'amétropie suivant la déviation ;
- Une évolution identique suivant la déviation.

Cet ensemble semble indiquer que le poids des facteurs génétiques est

Amétropies	Nombre	Pourcentage	Différence	P-Value
Myopie $\leq -3 \text{ } \delta$	7	2,1 %	-2,75	0,003
Myopie $\leq 0 \text{ } \delta$	52	16 %	-1,44	< 0,0001
Hypermétropie $\leq +2 \text{ } \delta$	101	31 %	-0,34	0,033
Hypermétropie $\leq +4 \text{ } \delta$	110	33,7 %	0,59	0,0001
Hypermétropie $\leq +6 \text{ } \delta$	46	14,1 %	1,17	< 0001
Hypermétropie $> +6 \text{ } \delta$	10	3,1 %	1,59	< 0001

Tab 9. Évolution de la population d'âge inférieur à 2 ans (bilan final).

l'élément le plus important et que les facteurs d'environnement semblent n'avoir qu'une influence aux marges. Par ailleurs, à la question si souvent posée par les parents: « Portera-t-il des lunettes toute sa vie ? » L'ophtalmologiste et l'orthoptiste doivent insister sur la permanence de l'amétropie plutôt que sur sa variabilité.

<i>Amétropies</i>	<i>Nombre</i>	<i>Pourcentage</i>	<i>Différence</i>	<i>P-Value</i>
Myopie $\leq -3 \text{ } \delta$	4	2,2 %	1,45	0,219
Myopie $\leq 0 \text{ } \delta$	41	22,8 %	0,25	0,473
Hypermétropie $\leq +2 \text{ } \delta$	56	31,1 %	-0,246	0,286
Hypermétropie $\leq +4 \text{ } \delta$	56	31,1 %	0,075	0,778
Hypermétropie $\leq +6 \text{ } \delta$	18	10,0 %	-0,789	0,156
Hypermétropie $> +6 \text{ } \delta$	5	2,8 %	-0,708	0,129

Tab 10. Évolution de la population d'âge inférieur à 1 an (bilan initial).

<i>Amétropies</i>	<i>Nombre</i>	<i>Pourcentage</i>	<i>Différence</i>	<i>P-Value</i>
Myopie $\leq -3 \text{ } \delta$	12	6,7 %	-2,269	0,015
Myopie $\leq 0 \text{ } \delta$	38	21,1 %	-1,449	< 0,0001
Hypermétropie $\leq +2 \text{ } \delta$	56	31,1 %	-0,171	0,419
Hypermétropie $\leq +4 \text{ } \delta$	33	18,3 %	0,794	0,001
Hypermétropie $\leq +6 \text{ } \delta$	31	17,2 %	1,344	< 0,0001
Hypermétropie $> +6 \text{ } \delta$	10	5,6 %	1,318	0,013

Tab 11. Évolution de la population d'âge inférieur à 1 an (bilan final).

	<i>Convergent</i>	<i>Rectitude</i>	<i>Divergent</i>
	<i>Bilan initial</i>		
<b>Nombre</b>	805	138	56
<b>Moyenne</b>	+2,22	+1,74	+0,69
<b>Écart-Type</b>	$\pm 2,23$	$\pm 2,38$	$\pm 2,81$
<b>Test de Kruskal-Wallis</b>	H = 18,46 ; P-Value : 0,0001		
	<i>Dernier bilan</i>		
<b>Nombre</b>	805	138	56
<b>Moyenne</b>	+1,71	+1,75	-0,14
<b>Écart-Type</b>	$\pm 2,81$	$\pm 2,64$	$\pm 4,79$
<b>Test de Kruskal-Wallis</b>	H = 10,82 ; P-Value = 0,005		
	<i>Évolution de la réfraction</i>		
<b>Nombre</b>	805	138	56
<b>Moyenne</b>	-0,49	+0,01	-0,81
<b>P-Value</b>	0,001	0,72	0,09
	<i>Âge</i>		
<b>Moyenne</b>	3,46		5,79
<b>Écart-Type</b>	$\pm 2,41$		$\pm 2,81$
<b>P-Value</b>	0,001		
	<i>Population tirée au sort (Âge)</i>		
<b>Nombre</b>	54	54	
<b>Moyenne (Initial)</b>	+2,58	+0,63	0,001
<b>Moyenne (Denier Bilan)</b>	+1,75	-0,18	0,02
<b>Différence</b>	-0,83	-0,81	0,30

Tab 12. Évolution de la population en fonction de l'angle.

# ÉVOLUTION DES AMÉTROPIES

*Guy Clergeau*

## **INTRODUCTION**

Il apparaît d'abord essentiel de définir le plus précisément possible ce que l'on doit entendre sous la dénomination d'amétropie :

En termes d'optique statique il s'agit de toutes les situations ne correspondant pas à l'emmétropie stricte.

L'œil a physiologiquement la capacité de compenser un certain degré d'hypermétropie par le biais de l'accommodation. L'appréciation de cette limite est généralement clinique, basée sur l'apparition de baisse visuelle ou de troubles fonctionnels. Cette compensation est toutefois variable d'un individu à l'autre ainsi qu'en fonction de l'âge, l'acuité visuelle n'étant elle-même que difficilement mesurée de façon précise avant l'âge de 3 à 4 ans. Dans ces conditions la valeur plancher définissant l'amétropie reste approximative.

Dans le cadre du strabisme, la règle est de donner la correction optique totale, toute amétropie pouvant influencer sur l'angle sans proportionnalité de degré. Il est alors habituel de parler d'amétropie significative et non significative en référence à la description précédente dont nous avons vu l'imprécision.

C'est la raison pour laquelle il peut apparaître intéressant d'aborder le problème non plus d'une manière subjective mais plutôt dans un cadre de probabilité statistique. Cette option repose sur un constat déjà ancien que les valeurs réfractives sont réparties chez l'homme d'une manière gaussienne (au moins apparentée) et que l'on peut donc utiliser les paramètres propres à ce mode de distribution et en particulier la moyenne et les écart-types.

L'écart-type ou déviation standard est la description algébrique de 2 points caractéristiques de la courbe gaussienne en forme de cloche qui sont la jonction des segments horizontaux et verticaux. La distance algébrique de ces 2 points en théorie symétriques de la ligne moyenne est de 1 DS. L'intérêt de cette valeur est qu'elle représente environ les 2/3 de la population étudiée et que lorsque cette population est une donnée biologique, on considère que l'échantillon ainsi délimité est physiologique (au sens statistique). Il est par ailleurs possible d'utiliser les multiples de la déviation standard : ainsi les valeurs de 2 et 3 DS délimitent respectivement environ 95 et 98 % de cette population. L'avantage de la méthode statistique est que les valeurs ainsi déterminées sont uniquement dépendantes de l'échantillon analysé et non plus de données subjectives.

## **APPLICATION PRATIQUE**

Sur la base de cette description statistique il ne reste plus qu'à établir un certain nombre de grilles, une pour chacun des paramètres réfractifs. Il reste également à établir une corrélation avec une dénomination empirique des différents degrés d'amétropie :

- Les valeurs situées au-delà de 3 DS pourront être qualifiées de fortes à très fortes (amétropies degré 3).
- Au-dessus de 2 DS on parlera d'amétropies importantes ou nettement significatives (amétropies degré 2).
- Les valeurs supérieures à 1 DS seront qualifiées d'amétropies moyennes (amétropies degré 1).

Le plancher de 1 DS impliquant qu'environ 1/3 de la population est considérée comme statistiquement amétrope nous avons choisi arbitrairement de ramener pour cette étude ce plancher à (2 DS -0,50  $\delta$ ).

Il apparaît dans les grilles réfractives une concordance apparemment satisfaisante avec la description empirique classique. (Annexes I)

### **DESCRIPTION DE LA RÉFRACTION**

On rappellera que les paramètres caractérisant la réfraction sont :

- La sphère la plus hypermétrope (sphère méridienne selon le terme anglo-saxon);
- La sphère la moins hypermétrope (sphère de base);  
(Cette description s'entend avec l'utilisation de cylindres positifs. On pourrait aussi utiliser des cylindres négatifs pour la myopie et parler alors de sphère la plus amétrope et la moins amétrope).
- L'équivalent sphérique qui est la moyenne des 2 paramètres précédents;
- Le cylindre;
- L'anisométrie.

Or il apparaît que lorsque l'on veut essayer de décrire de façon la plus réelle possible une réfraction, l'utilisation de 2 paramètres est indispensable :

- Soit 2 paramètres sphériques;
- Soit 1 paramètre sphérique associé au cylindre auxquels il faudra ajouter l'anisométrie.

Il n'est pas sans importance de constater que de beaucoup d'articles analysant la prévalence des amétropies, ne se base que sur un seul paramètre.

### **ÉVOLUTION DES AMÉTROPIES - ÉTUDE TRANSVERSALE**

Pour des raisons de simplicité méthodologique et surtout de recrutement, les études transversales sont les plus nombreuses. Elles permettent en fait de décrire l'évolution de la prévalence des amétropies en fonction de l'âge.

L'étude personnelle présentée ici rassemble une série de 3343 enfants âgés de 8 à 59 mois, pour qui a été retenu uniquement le premier examen, réalisé dans le cadre d'examens purement systématiques en dehors de toute pathologie oculomotrice et exclusivement sous cycloplégie.

La prévalence élevée des amétropies est en partie liée à la méthodologie statistique, mais ce chiffre est amplifié par l'analyse multiparamétrique qui montre par exemple plus de 15 % d'amétropies de degré 2 et 3 alors que pratiquement aucun article de la littérature n'atteint les 10 %. (Annexe II)

Le constat intéressant de cette étude transversale est que la prévalence des différents degrés d'amétropies est globalement stable avec le temps ce qui suggère l'absence de régression des amétropies initiales. Mais on sait parfaitement que si une étude transversale donne une bonne image d'une population elle n'est pas forcément représentative de l'évolution individuelle de chaque sujet. Seule une étude longitudinale peut fournir une telle donnée.

### **ÉVOLUTIONS DES AMÉTROPIES - ÉTUDE LONGITUDINALE**

Sur le plan de la méthodologie et du type d'information recherchée il y a lieu de préciser 2 éléments :

- Sur le plan paramétrique, on doit distinguer comme nous l'avons précisé l'étude mono paramétrique (sphère, cylindre, anisométrie) et l'étude globale qui établit une prévalence des sujets amétropes.
- Selon l'âge, il y a lieu de considérer un certain nombre d'étapes :

- Le point de départ a été fixé à la tranche des enfants de 9 à 13 mois soit un contingent de 2347 dossiers dont sont issus 665 cas d'amétropies statistiques comme définies précédemment.
- Vers 24 mois l'emmétropisation (éventuelle) n'est probablement pas définitive et on parlera seulement de tendance positive, nulle ou négative vers la normalisation.
- Entre 4 et 7 ans c'est la période où l'emmétropisation devrait en principe être effective.
- Après 7 ans la réfraction peut poursuivre son évolution mais l'interprétation en est beaucoup plus délicate par l'apparition possible d'une myopisation au sens large du terme. Nous limiterons donc cette étude à la 7e année.

## L'ÉTUDE MONO PARAMÉTRIQUE

Par simplification l'étude a été faite uniquement pour l'équivalent sphérique et pour les amétropies de degré 3 et 2.

### HYPERMÉTROPIE

	<i>Degré 3</i>		<i>Degré 2</i>	
<b>Moyenne départ</b>		+6,00 $\delta$		+4,45 $\delta$
<b>Moyenne 24 mois</b>	48 mesures	+5,10 $\delta$	94 mesures	+3,60 $\delta$
<b>Moyenne 5 à 7 ans</b>	38 mesures	+5,05 $\delta$	81 mesures	+3,97 $\delta$
	<i>La régression se limite à une dioptrie avec 1/3 des cas inchangés ou augmentés.</i>		<i>La régression se limite à 0,50 <math>\delta</math> avec plus de 40 % des cas inchangés ou augmentés.</i>	

### MYOPIE

	<i>Degré 3</i>		<i>Degré 2</i>	
<b>Moyenne départ</b>		-3,00 $\delta$		-1,05 $\delta$
<b>Moyenne 24 mois</b>	20 mesures	-2,68 $\delta$	73 mesures	-0,54 $\delta$
<b>Moyenne 5 à 7 ans</b>	19 mesures	-1,95 $\delta$	86 mesures	0 $\delta$
	<i>La régression se limite à 1 <math>\delta</math> et il n'y a aucune emmétropisation.</i>		<i>La régression moyenne conduit à l'emmétropisation théorique mais dans au moins 50 % des cas la myopie réapparaît à partir de 7 à 8 ans avec généralement un contexte d'antécédents familiaux.</i>	

### ASTIGMATISME

#### DEGRÉ 3 (21 ET 21 MESURES)

- Moyenne départ = |3,96|  $\delta$ ;
- Moyenne 24 mois = |3,19|  $\delta$ ;
- Moyenne 5 à 7 ans = |2,45|  $\delta$ .

En dehors d'une régression insuffisante on notera surtout une différence d'évolution manifeste entre les astigmatismes directs (-0,20  $\delta$ ) et les astigmatismes inverses (-2,16  $\delta$ ).

#### DEGRÉ 2 (145 ET 124 MESURES)

- Moyenne départ = |2,69|  $\delta$ ;
- Moyenne 24 mois = |1,81|  $\delta$ ;
- Moyenne 5 à 7 ans = |1,34|  $\delta$ .

L'astigmatisme diminue de moitié mais l'astigmatisme résiduel est dans la limite des 2 DS.

## **ANISOMÉTROPIE**

### **DEGRÉ 3 (17 ET 16 MESURES)**

- Moyenne départ = 2,44 d ;
- Moyenne 24 mois = 1,82 d ;
- Moyenne 5 à 7 ans = 1,81 d.

La régression se limite à 0,65 d avec 1/3 des cas inchangés ou augmentés.

### **DEGRÉ 2 (35 ET 38 MESURES)**

- Moyenne départ = 1,37 d ;
- Moyenne 24 mois = 1,18 d ;
- Moyenne 5 à 7 ans = 0,86 d.

La régression est insuffisante pour retrouver une situation physiologique et 1/3 des cas sont inchangés ou augmentés.

## **ÉTUDE GLOBALE**

Sur les 665 enfants présentant une amétropie, 458 ont été revus à 1 ou plusieurs reprises :

131 ont été revus aux environs de 24 mois : 71 d'entre eux ont montré une nette tendance à l'emmétropisation soit 54 % des cas.

327 ont été revus à 5 à 7 ans avec 116 dans une situation d'emmétropie physiologique soit 35,5 % des cas.

Si l'on fait une analyse différentielle c'est-à-dire en tenant compte du degré d'amétropie initiale :

- Dans le groupe 3 la persistance d'une amétropie est notée dans 75 % des cas ;
- Pour le groupe 2 elle est de 53 % ;
- Et pour le groupe 1 de 34 % ;
- Par ailleurs 11,4 % des amétropies proviennent du groupe considéré comme physiologique.

L'extrapolation de ces résultats à l'ensemble des 665 amétropies initiales montre une probabilité d'amétropies résiduelles de 16,8 % pour un contingent initial de 28 %. L'analyse complémentaire d'un échantillon de 340 dossiers issus du groupe initialement non amétrope montre l'apparition secondaire d'une amétropie significative dans 20 % des cas. Ceci amène à prévoir sur l'échantillon total des 2347 dossiers de 31 % d'amétropies de 5 à 7 ans ce qui confirme mais avec une explication différente le résultat apporté par l'étude transversale. Il apparaît ainsi que pour des études ultérieures la limite statistique du physiologique doit logiquement être la valeur d'un écart-type.

## **CONCLUSION**

Même s'il est essentiel de souligner que la présente étude n'est pas véritablement arrivée à son terme, le recul des observations allant de 1 à 20 ans, il apparaît 2 éléments concordants essentiels :

Sur le plan mono factoriel, la majorité des fortes amétropies ne présentent qu'une régression partielle ou nulle et la notion d'emmétropisation proportionnelle à l'amétropie mérite certainement d'être réévaluée.

Sur le plan global, le chiffre manifestement élevé des amétropies significatives (dans leur définition statistique et empirique) à l'âge de 9 mois et sa confirmation à 5 à 7 ans ne peuvent qu'inciter à réfléchir sérieusement sur l'intérêt d'une véritable procédure de dépistage précoce basée sur la réfraction même si cela semble poser quelques problèmes de réalisation pratique.

	<i>8 à 10 m</i>	<i>11 à 13 m</i>	<i>14 à 21 m</i>	<i>22 à 32 m</i>	<i>33 à 45 m</i>	<i>46 à 59 m</i>
<b>1 DS</b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>2 DS</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>3 DS</b>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

**Annexe I. Anisométrie**

<http://www.strabisme.net>



	8 à 10 m	11 à 13 m	14 à 21 m	22 à 32 m	33 à 45 m	46 à 59 m	Moyenne
Degré 3	3,2 %	5,6 %	7,4 %	5,7 %	11,2 %	6,6 %	4,8 %
Degré 2	13,0 %	11,0 %	8,8 %	9,9 %	8,7 %	11,7 %	11,7 %
Degré 1	11,8 %	12,3 %	8,8 %	11,4 %	4,9 %	17,5 %	11,3 %
Degré 0	72,0 %	71,1 %	74,9 %	73,1 %	75,2 %	64,2 %	72,2 %
Amétropie	28,0 %	28,9 %	25,1 %	26,9 %	24,8 %	35,8 %	27,8 %

*Annexe II. Étude transversale.*

	8 à 10 m	11 à 13 m	14 à 21 m	22 à 32 m	33 à 45 m	46 à 59 m
+3 DS	+6,25	+5,50	+5,50	+5,50	+5,50	+5,00
+2 DS	+4,75	+4,25	+4,25	+4,25	+4,25	+3,75
2 DS -0,50	+4,25	+3,75	+3,75	+3,75	+3,75	+3,25
+1 DS	+3,50	+3,00	+3,00	+3,00	+3,00	+2,75
m	+2,00	+1,75	+1,75	+1,75	+1,75	+1,75
-1 DS	+0,75	+0,75	+0,75	+0,75	+0,75	+1,00
-2 DS +0,50	0	0	0	0	0	0
-2 DS	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
-3 DS	-2,00	-1,75	-1,75	-1,75	-1,75	-1,50

*Annexe 1a. Sphère méridienne.*

	8 à 10 m	11 à 13 m	14 à 21 m	22 à 32 m	33 à 45 m	46 à 59 m
+3 DS	+5,50	+5,00	+5,00	+5,00	+5,00	+4,50
+2 DS	+4,00	+3,75	+3,75	+3,75	+3,75	+3,25
2 DS -0,50	+3,50	+3,25	+3,25	+3,25	+3,25	+2,75
+1 DS	+2,75	+2,50	+2,50	+2,50	+2,50	+2,25
m	+1,25	+1,25	+1,25	+1,25	+1,25	+1,25
-1 DS	0	0	0	0	0	+0,25
-2 DS +0,50	-1,00	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,25
-2 DS	-1,50	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-0,75
-3 DS	-3,00	-2,50	-2,50	-2,50	-2,50	-2,00

*Annexe 1b. Sphère de base.*

	8 à 10 m	11 à 13 m	14 à 21 m	22 à 32 m	33 à 45 m	46 à 59 m
+3 DS	+5,75	+5,25	+5,25	+5,25	+5,25	+4,50
+2 DS	+4,50	+4,00	+4,00	+4,00	+4,00	+3,50
2 DS -0,50	+4,00	+3,50	+3,50	+3,50	+3,50	+3,00
+1 DS	+3,00	+2,75	+2,75	+2,75	+2,75	+2,50
m	+1,75	+1,50	+1,50	+1,50	+1,50	+1,50
-1 DS	+0,50	+0,50	+0,50	+0,50	+0,50	+0,50
-2 DS +0,50	-0,50	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	0
-2 DS	-1,00	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,50
-3 DS	-2,50	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-1,50

*Annexe 1c. Équivalent sphérique.*

	8 à 10 m	11 à 13 m	14 à 21 m	22 à 32 m	33 à 45 m	46 à 59 m
+3 DS	+3,50	+2,75	+2,75	+2,75	+2,75	+1,75
+2 DS	+2,25	+1,75	+1,75	+1,75	+1,75	+1,00
+2 DS -0,50	+1,75	+1,25	+1,25	+1,25	+1,25	+0,50
+1 DS	+1,00	+0,75	+0,75	+0,75	+0,75	+0,25
m	0	0	0	0	0	0
-1 DS	-0,75	-1,00	-1,00	-0,75	-0,75	-0,25
-2 DS +0,50	-1,50	-1,50	-1,50	-1,25	-1,25	-0,50
-2 DS	-2,00	-2,00	-2,00	-1,75	-1,75	-1,00
-3 DS	-3,25	-3,00	-3,00	-2,75	-2,75	-1,75

*Annexe 1d. Astigmatisme.*



# L'ANISÉÏCONIE

*Charles Rémy*

## **INTRODUCTION**

L'aniséïconie est un trouble de la vision binoculaire de plus en plus fréquent en raison du développement de la chirurgie réfractive et de l'implantation. Elle est difficile à mettre en évidence car ses signes ne sont pas univoques. Source de procédures, elle doit être évitée autant que faire se peut, son traitement étant pratiquement inexistant.

## **PLAN**

Définition

Les différents types

Les méthodes de mesure

Aspect clinique

Les pièges de l'aniséïconie

Principes de traitement

## **DÉFINITION**

Le terme d'aniséïconie (aniso = différent, eicon : image) a été défini par Lancaster en 1932 comme un trouble de la vision binoculaire, au même titre que la correspondance rétinienne dans le strabisme, traduisant une différence de taille d'image perçue par chaque œil.

On distingue des aniséïconies :

- Naturelles : dues à la parallaxe ou à une anisométrie,
- Iatrogènes : après chirurgie de la cataracte ou réfractive.

## **RAPPEL PHYSIOPATHOLOGIQUE**

Plusieurs types d'aniséïconie sont à distinguer :

- De transmission : c'est l'aniséïconie des mathématiciens et des physiciens résultant de la construction géométrique des images sur la rétine ; on l'appelle encore objective.
- Les grandeurs caractéristiques de cette aniséïconie sont le grandissement transversal par affinité ou uniforme par homothétie, l'axe d'aniséïconie, dont l'obliquité donne l'effet de déclinaison.
- De perception, ou subjective, intéressant les neurophysiologistes ; elle dépend de la densité des photorécepteurs rétiniens ; c'est celle qu'évaluent les tests de mesure.
- D'intégration ou fonctionnelle ou corticale, intéressant les cliniciens ; c'est celle dont la correction fait disparaître la gêne fonctionnelle ; elle est tolérée jusqu'à 5 % ; en fait la tolérance des adaptations par lentille ou verre de lunette chez les anisométropes forts laisse supposer que

des processus corticaux complexes interviennent dans le traitement des images à la manière des correspondances rétinienne.

## **LES MÉTHODES DE MESURE**

### **MÉTHODES DE MESURE DE LABORATOIRE**

Elles nécessitent une bonne vision binoculaire et une bonne coopération faisant appel à divers tests basés sur la comparaison de taille d'images (confrontation ou coïncidence) ou le déplacement apparent d'une image formée de deux mires haploscopiques avec artifice dissociant polarisé ou duochrome.

Parmi les plus connus nous citerons :

- Le logoscope de Gramont;
- La chambre de Ames dans l'espace;
- L'aniséïconomètre polarisé d'Essilor;
- Le stéréoscope adapté au synoptophore de Weiss.

### **MÉTHODES SIMPLES ET EMPIRIQUES AU CABINET**

Les tests précédemment décrits sont délicats et d'application difficile en pratique courante; aussi aura-t-on recours pour un examen rapide au test du prisme vertical de 4 à 6 dioptries dédoublant l'écran de projection en vision de loin avec diplopie verticale provoquée; il s'agit d'une méthode par confrontation.

L'emploi des mires du synoptophore est toujours possible mais plus difficile.

## **ASPECT CLINIQUE**

Il existe deux situations dans lesquelles l'aniséïconie se rencontre :

### **L'ANISÉÏCONIE CONSTITUTIONNELLE, TELLE QU'ELLE SE MANIFESTE DANS L'ANISOMÉTROPIE.**

L'anisométrie résulte d'une différence réfractive entre les deux yeux; sa valeur limite de définition d'une dioptrie mesurée sous cycloplégie, est arbitraire (il conviendrait de fixer une limite à deux écarts types d'une population standard).

Ses conséquences sont multiples sans avoir de caractère obligatoire :

- Sur le plan monoculaire, l'œil le plus amétrope peut développer une amblyopie; il s'agit de la forme la plus bénigne des amblyopies privatives; cette amblyopie, bien que découverte plus tardivement que les strabiques, sauf en cas d'examen systématique précoce, reste en général de bon pronostic dans les formes légères.
- Sur le plan binoculaire, la complication majeure est l'apparition d'une phorie (maintien de la stéréoscopie) qui peut se décompenser en tropie (perte de la stéréoscopie et apparition d'une CRA).

Ces deux complications devront toujours être prévenues.

Les troubles aniséïconiques ne sont pas obligatoires; lorsque l'apprentissage binoculaire se fait progressivement grâce à la correction optique totale, il existe une adaptation cérébrale à la différence de taille des images; cette adaptation se met également en place lorsque le mode de correction est alterné entre verres correcteurs et lentilles.

On a beaucoup discuté du différentiel réfractif supportable; il n'est pas exceptionnel de constater une absence de trouble binoculaire pour des différences atteignant dix dioptries, corrigées tantôt par lunettes ou verres de contact, dans la mesure où la correction aura été alternée et précoce.

Dans le cas contraire, un changement brutal de correction peut placer le sujet dans le cas d'une aniséïconie acquise plus difficile à traiter.

### **L'ANISÉÏCONIE ACQUISE**

Elle est donc très différente; elle résulte en général d'une modification brutale de la réfraction telle qu'on l'observe dans :

- L'anisométrie dont le mode de correction est modifié sans préparation, tel qu'un passage d'un verre correcteur de myopie forte à une lentille de contact;
- L'implantation cristallinienne après chirurgie de la cataracte;
- Une chirurgie réfractive compliquée.

Dans ces cas, à la manière d'une diplopie soudaine par paralysie oculomotrice, le sujet est confronté brutalement à un trouble binoculaire mal supporté. Le traitement en est difficile et nous ne saurions assez insister sur sa prévention.

Notons que, comme dans l'hypermétropie ou les phories, l'importance du gêne n'est pas proportionnelle à celle du trouble.

Plutôt que de proposer une étude anatomo-clinique complexe de l'aniséiconie, nous nous limiterons à en évoquer quelques pièges.

## **LES PIÈGES DE L'ANISÉICONIE**

### **1ER PIÈGE**

L'emmétropie n'est pas synonyme d'iséiconie; la position des plans principaux de l'œil explique la géométrie de la taille des images rétiniennes.

La recherche d'une emmétropie, aussi louable soit-elle, peut comporter un piège dans la mesure où le sujet était antérieurement anisométrope.

Nous ne saurions trop insister sur la nécessité de connaître l'état antérieur du patient ainsi que de la nécessité d'un examen sensori-moteur précis s'il est encore possible.

L'anisométrique emmétropisé devient un aniséiconique induit.

Les verres de contact sont d'une aide précieuse; ils permettent, en rapportant les plans principaux au sommet de la cornée, d'anticiper les effets de certaines corrections. De plus les sujets habitués à jongler entre les deux types de correction seront mieux à même de supporter une anisométrie induite, source d'aniséiconie.

### **2E PIÈGE: L'ASTHÉNOPIE ANISÉICONIQUE**

Les signes fonctionnels dont se plaignent les patients atteints d'aniséiconie ne sont pas toujours explicites; il faut savoir y penser devant ce qu'on appelle l'asthénopie aniséiconique qui englobe un syndrome comportant des céphalées, un inconfort binoculaire qui oblige à fermer un œil, voire une diplopie, plus rarement le patient dit voir plus gros.

Cette asthénopie est à distinguer des asthénopies fusionnelles, accommodative et anisométrique auxquelles elle peut s'intriquer.

Notons enfin que la gêne n'est pas proportionnelle à l'importance de l'aniséiconie.

### **3E PIÈGE**

En cas de strabisme, ne pas inverser la dominance oculaire par une anisométrie induite lors d'une chirurgie de cataracte ou réfractive et toujours se souvenir que l'œil dominant était toujours l'œil primitivement le moins amétrope.

Donc là aussi connaître l'état antérieur.

### **4E PIÈGE**

Ne pas induire une aniséiconie. La meilleure façon est de reproduire l'état antérieur.

Il ne faut pas trop s'éloigner d'une anisométrie; d'où l'intérêt des lentilles de contact préopératoires et d'un calcul précis des implants, échographie, étalonnage du Javal, utilisation de plusieurs formules de calcul.

## **CONDUITE À TENIR**

- Avant toute intervention: il faut connaître l'état antérieur
  - Chez le sujet normal: ne pas induire d'aniséiconie,
  - Chez l'anisométrique: ne pas s'éloigner de l'état antérieur,
  - Strabisme: respecter la dominance.

- Lorsqu'un œil est déjà opéré et que l'anisétropie est constituée, il y a deux solutions:
  - ↳ Un rattrapage est possible sur l'autre œil afin de supprimer l'anisétropie induite,
  - ↳ Ou une modulation sur l'œil opéré essentiellement par correction optique par lentille de contact, les verres isétropisants étant mal supportés car trop épais.
- Lorsque les deux yeux ont été opérés, il est difficile d'influencer une anisétropie constituée ; restent les lentilles de contact, une explantation en cas d'implant mal calculé, une reprise de chirurgie réfractive.

### **CONCLUSION**

- Se méfier de l'anisétropie de plus en plus fréquente ;
- Sensibiliser les ophtalmologistes et orthoptistes ;
- Demander un bilan sensori-moteur préopératoire ;
- Situation récupérable après un premier œil ;
- Beaucoup plus difficile après un deuxième œil ;
- Ne pas rechercher l'emmétropisation à tout prix ;
- Connaître l'état antérieur ;
- Avoir quelques notions de biométrie oculaire.

# LA CYCLOPLÉGIE

*Pourquoi ? Comment ? Quand ?*

*Françoise Oger-Lavenant*

## **INTRODUCTION**

La cycloplégie permet une étude objective et subjective de la réfraction et la mise en place de la correction optique totale (COT).

## **LA CYCLOPLÉGIE : POURQUOI ?**

L'accommodation est particulièrement efficace chez l'enfant sans troubles oculomoteurs, elle est totalement dérégulée lors des troubles oculomoteurs innervationnels et elle présente des variations significatives jusqu'à l'âge de 50 ans. Donc si l'on veut connaître la réfraction il est nécessaire que les milieux traversés par les rayons lumineux aient la même stabilité et il faut donc éliminer les variations accommodatives cristalliniennes.

## **LA CYCLOPLÉGIE : COMMENT ?**

Il n'existe pas de cycloplégiques parfaits mais deux produits qui bien utilisés donnent de bons résultats : l'atropine et le Cyclopentolate (Skiacol). De plus la COT permanente stabilise le système réfractif et joue donc le rôle d'un cycloplégique. Dans tous les cas d'instillations il ne faut pas omettre d'obturer le point lacrymal.

### **ATROPINE**

Le dosage varie en fonction de l'âge et de la pigmentation.

- Avant 2 ans : 0,30 %;
- Entre 2 et 5 ans : 0,50 %;
- À partir de 5 ans : 1 %;
- Le dosage peut être supérieur à l'âge théorique si l'iris est très pigmenté;
- La durée des instillations est de 5 jours au minimum et peut aller jusqu'à 10 jours si l'on soupçonne une résistance.

### **LES RISQUES**

#### **POUR LE PATIENT**

- Locaux : cutanés (rougeur, œdème); ces signes doivent faire interrompre le traitement;
- Généraux : les signes d'une intoxication par surdosage : tachycardie, délire, troubles intestinaux. L'intoxication peut être mortelle.
- Inconvénients : sécheresse buccale, soif.

#### **POUR L'ENTOURAGE**

- Un flacon peut tuer plusieurs enfants en cas d'ingestion per os.

### **LES INCONVÉNIENTS**

À l'arrêt des instillations une mydriase et une gêne en vision de près persistent pendant 8 à 15 jours, cela constitue un frein à la répétition des cycloplégies à l'atropine chez un enfant en période scolaire et chez un patient en activité professionnelle.

### **CYCLOPENTOLATE (SKIACOL)**

L'efficacité de ce produit est directement liée au respect du protocole :

À t0, t5, t10 une goutte est instillée et la réfraction est mesurée entre t45 et t60. Ce protocole est à réaliser au cabinet pour être sûr du timing. La restriction aux enfants de plus de un an sur la notice n'est due qu'à des raisons financières et ne constitue pas une contre-indication absolue (expérience de plus de 20 ans dans le service).

### **LES RISQUES**

- Locaux : avant 18 mois des rougeurs cutanées sur les joues ne contre-indiquent pas l'utilisation du Skiacol ;
- Généraux : soit excitation, soit assoupissement de l'enfant, phénomènes passagers qui disparaissent après 30 minutes. Au maximum, sur un terrain prédisposé, il a été décrit dans les crises d'épilepsie, c'est pour cela que le Skiacol est contre-indiqué chez les patients ayant des antécédents d'épilepsie ou un terrain neurologique sensible comme les encéphalopathes. Aucun cas mortel n'a été rapporté.

### **LES AVANTAGES**

L'action du Skiacol est rapide, ses effets disparaissent totalement en moyenne après une dizaine d'heures, ses instillations peuvent donc être facilement répétées.

### **LES INCONVÉNIENTS**

La courte période d'instillation peut ne pas suffire pour des iris fortement pigmentés, on peut y pallier en instillant en même temps que le Skiacol du Tropicamide.

## **LA CYCLOPLÉGIE : QUAND ?**

Le plus important dans la cycloplégie n'est pas avec quel cycloplégique mais quand l'instiller.

- Pour connaître la réfraction objective et subjective d'un patient : acuité visuelle subjective, méthode du brouillard, écran duochrome et cylindre de Jackson doivent être effectués sous cycloplégie afin de minimiser les effets accommodatifs.
- Pour prescrire la COT qui jouera elle-même le rôle d'un cycloplégique.
- Devant tout trouble oculomoteur, du strabisme quel qu'il soit (convergent ou divergent) à l'insuffisance de convergence (qui n'est bien souvent qu'une pseudo-insuffisance de convergence par absence de COT) et bien sûr devant tout nystagmus.
- Devant toute plainte bien ou mal précisée de fatigue visuelle, de céphalées, de conjonctivite ou blépharite baptisées chroniques.
- Devant tout antécédent d'amétropie et/ou de troubles oculomoteurs.
- Les cycloplégies « réflexes » en cas de troubles oculomoteurs :
  - ↪ 3 la première année ;
  - ↪ 2 fois par an ensuite ;
  - ↪ À chaque changement de verres ;
  - ↪ 2 à 3 mois après une chirurgie oculomotrice ;
  - ↪ Systématiquement en cas d'échec thérapeutique (lunettes non supportées, non-récupération d'une amblyopie ou baisse d'acuité visuelle) ;
  - ↪ Cycloplégie adjuvante (1 goutte de Skiacol au retour de l'école ou du travail pendant 10 jours) pour lever un spasme accommodatif rebelle et pouvoir ainsi s'adapter à sa COT ;



- Cycloplégie jusqu'à 50 ans devant tout trouble oculomoteur ou toute asthénopie.

## **CONCLUSION**

La cycloplégie constitue la base de l'étude de la réfraction, elle permet la prescription de la COT, elle-même constituant un excellent cycloplégique. Le spasme accommodatif diminue avec la répétition des cycloplégies.

Le Cyclopentolate est un excellent cycloplégiant à condition de respecter strictement son protocole d'instillation.



# LA RÉFRACTOMÉTRIE AUTOMATIQUE

David Lassalle

## INTRODUCTION

Pour des raisons pratiques, l'auteur tient à prévenir le lecteur qu'il ne sera fait référence dans cet article qu'au réfractomètre Nidek ARK-700A, au réfractomètre Nikon NR 5000 et au Rétinomax K-plus de Nikon. Ce sont ceux qui équipent le service d'Ophtalmologie du CHU de Nantes.

Apparu pour la première fois en France au milieu des 70, le réfractomètre automatique s'est très vite imposé chez une grande majorité d'ophtalmologistes.

En effet, avec l'apparition de ce dernier, il devenait possible de réaliser une réfraction précise et fiable dès l'âge de 2 ans/2 ans et demi.

## PRINCIPE DE LA MESURE

Les réfractomètres automatiques utilisent le principe de la skiascopie et de la rétinoscopie. Le système d'éclairage projette sur la rétine l'image d'un test en lumière infrarouge pour minimiser l'accommodation instrumentale.

Le système d'observation, constitué de récepteurs photo-sensibles, est couplé à un ordinateur pour déterminer le plan conjugué de la rétine.

La figure n° 1 (2) illustre le système optique du réfractomètre ARK-700A de Nidek. Pour un système emmétrope, la fente se trouve à la distance focale de la lentille optique du système émetteur. L'image de la fente se projette précisément sur la rétine du patient à travers la lentille du système optique émetteur et le cristallin du patient.

La figure montre que l'image de la fente projetée par les sources lumineuses A et B coïncide avec le projecteur A et le projecteur B sur les photorécepteurs A et B.

La figure n° 2 illustre le système optique lorsque l'on mesure une hypermétropie de 10 dioptries. Si la fente se trouve à la distance focale de la lentille optique du système émetteur, l'image de la fente se projette en arrière de la rétine. Ainsi, le photorécepteur A reçoit la lumière principalement du projec-

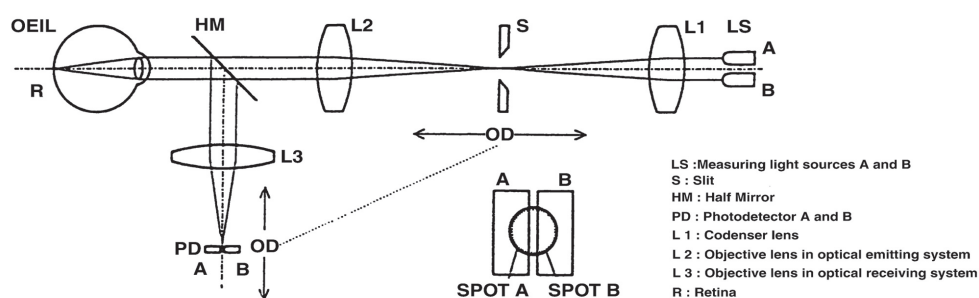


Fig 1. Principes d'un réfractomètre automatique.

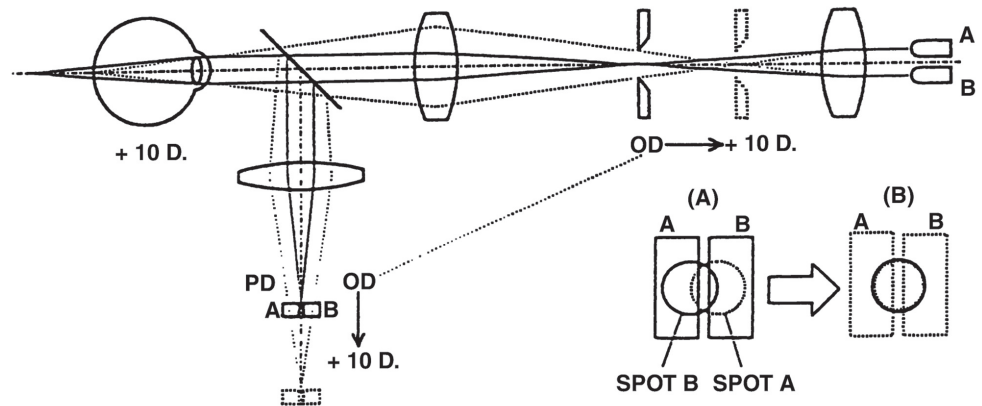


Fig 2. Le système optique de mesure.

teur B. De l'autre côté, le photorécepteur B reçoit la lumière principalement du projecteur A.

La fente lumineuse doit donc effectuer un mouvement positif permettant d'atteindre la position (B).

En cas de myopie, la fente devra accomplir mouvement négatif.

## LE RÉFRACTOMÈTRE AUTOMATIQUE FIXE

### PRÉSENTATION DE L'APPAREIL

D'un côté de l'appareil, on note la présence d'une mentonnière (1), tandis que du côté opposé se trouve la sortie de l'imprimante (2) qui permet à l'opérateur de prendre connaissance des valeurs mesurées.

Sur le corps de l'appareil lui-même se trouve un moniteur de télévision (3), un panneau de commande (4) et une manette (5) pour effectuer les déplacements et les manipulations requises.

L'appareil de mesure (figure n° 3) comprend une fenêtre sur laquelle le patient dirige son regard (6) et d'où part le rayonnement infrarouge qui vient frapper ses yeux. Un mécanisme de poursuite automatique assure le déplacement de l'unité de mesure en fonction de celui des yeux tandis qu'un dispositif commande une série de prises de mesures dès que la mise au point est correctement effectuée.

### CARACTÉRISTIQUES

Le réfractomètre automatique est un appareil qui allie :

- Précision (pas de 0,01, 0,12, 0,25 dioptrie pour la sphère et le cylindre);
- Rapidité (0,3 seconde/mesure);
- Une large gamme de mesure (-18 à + 23 dioptries pour la sphère, -8 à + 8 dioptries pour le cylindre);
- La possibilité que la mesure soit réalisée par une personne autre que l'ophtalmologiste lui-même.

### LIMITES

La principale limite du réfractomètre est qu'il est difficile ou même impossible de réaliser une mesure chez le jeune enfant avant 2 ans (mouvements rapides de l'œil, refus de maintenir la tête dans la mentonnière), chez les personnes infirmes motrices ou allongées ou chez certains patients nystagmiques du fait du tremblement oculaire incessant.

C'est pour ces raisons, qu'au milieu des années quatre-vingt-dix, est apparu le réfractomètre automatique portable (Rétinomax).

## LE RÉFRACTOMÈTRE AUTOMATIQUE PORTABLE

### PRÉSENTATION DE L'APPAREIL

À la différence d'un réfractomètre automatique classique, le Rétinomax (figure n° 4) ne présente pas de mentonnière mais uniquement un appui frontal (1) permettant de stabiliser l'unité de mesure, et un repère d'alignement

vertical (2) pour déterminer la bonne position verticale.

L'imprimante n'est pas directement reliée à l'appareil, mais est attenante à la station de charge.

Le corps de l'appareil ne présentant pas de moniteur de télévision, l'opérateur prend connaissance des mesures par le viseur (3).

La mesure se fait en pressant le bouton-poussoir (4).

Comme le montrent les figures n° 5 et n° 6, l'opérateur doit veiller au bon alignement horizontal, vertical et torsionnel de la tête du patient lors de la réalisation d'une mesure.

Le positionnement de l'unité de mesure est plus facile en plaçant le pouce sur la rainure de l'unité de mesure (figure n° 7).

La focalisation est plus aisée en plaçant l'appui front près du sourcil avant de regarder par le viseur.

### CARACTÉRISTIQUES

Le Rétinomax présente à peu de choses près les mêmes caractéristiques qu'un réfractomètre fixe.

La principale différence se situe essentiellement dans le fait qu'il présente un mode Quick, très utile en cas de mouvements rapides de l'œil chez l'enfant ou le patient nystagmique. En effet, grâce à ce mode, il est possible de réaliser une mesure toutes les 0,033 secondes (0,3 seconde pour l'ARK-700A).

De plus, il est utilisable chez les patients infirmes moteurs et les patients allongés.

### LIMITES

La limite principale vient du fait qu'un mauvais alignement horizontal, vertical ou torsionnel peut fausser la mesure.

Pour ces raisons, il nous semblait intéressant de confronter les résultats du NR 5 000 (qui est notre réfractomètre de référence), au Rétinomax.



Fig 3. Le réfractomètre automatique fixe (ARK-700A de Nidek).



Fig 4. Le réfractomètre automatique portable (Rétinomax K-plus de Nikon).

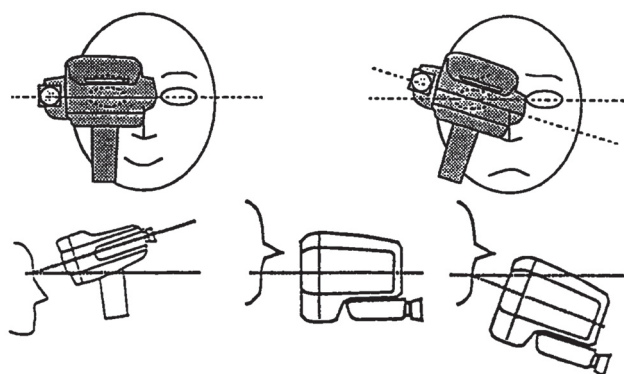
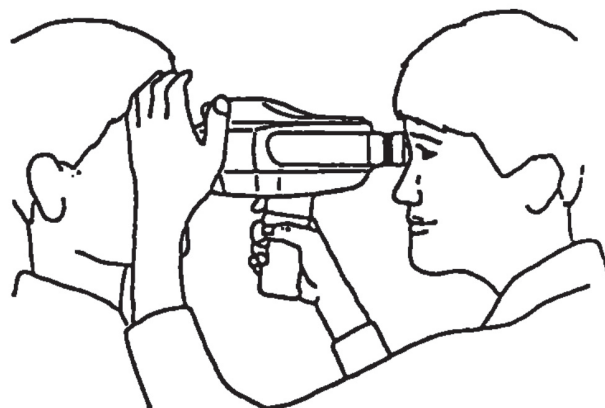


Fig 5, 6 & 7. Positionnement d'un réfractomètre automatique portable.



## **ÉTUDE COMPARATIVE NR 5000/RÉTINOMAX K-PLUS**

### **MATÉRIEL ET MÉTHODE**

50 patients amétropes, dont l'amétropie a successivement été mesurée au réfractomètre NR 5000, puis au Rétinomax K-plus (après dilatation au Skiacol).

### **RÉSULTATS DE L'ÉTUDE STATISTIQUE**

On constate que les résultats sur la sphère, trouvés au Rétinomax et au NR 5000 sont corrélés (coefficient de détermination = 0,967).

En effet, lorsque la sphère du NR 5000 varie de 1 dioptrie, celle du Rétinomax varie de 0,94 dioptrie.

On constate également que la différence moyenne entre les deux appareils est de 0,125 dioptrie et que cette dernière n'est pas statistiquement significative.

Enfin, l'histogramme des différences montre une distribution normale.

Pour le cylindre, malgré un coefficient de détermination moins bon (0,664) que pour la sphère, on constate une assez bonne linéarité.

La différence moyenne est de -0,145 dioptrie, cette dernière n'est pas statistiquement significative.

De plus, l'histogramme des différences montre une distribution normale.

En ce qui concerne l'axe du cylindre, pour des raisons de méthodologie, nous avons adopté une autre méthode qui consistait à déterminer la réfraction moyenne pour chaque réfractomètre puis à étudier la différence entre les deux.

Pour le NR 5000, la réfraction moyenne était : NT données NR 5000 (transformées) = +2,156 (+0,248) 80,06°.

Pour le Rétinomax, la réfraction moyenne était : RT données Rétinomax (transformées) = +2,0308 (+0,3935) 91,17°.

Ainsi, la différence entre les deux appareils était :

- $D = NT - RT$  ;  
Soit  $D = -0,0419 (+0,1888) 16,05^\circ$ .
- Test sur les 3 paramètres :
  - Hypothèse testée :  $D = 0$ ,
  - $T2 = 1,6891$ ,
  - Avec  $T2 \cdot 47 / (49 \cdot 3) = 0,5825 < F_{0.05, 3, 47} = 2,76$  (non statistiquement significatif).
- Test sur les 2 paramètres du cylindre :
  - Hypothèse testée :  $D = 0$ ,
  - $T2 = 1,1894$ ,
  - Avec  $T2 \cdot 48 / (49 \cdot 2) = 0,54 < F_{0.05, 3, 47} = 3,15$  (non statistiquement significatif).

On voit que le Rétinomax et le NR 5000 donnent des résultats similaires sur la sphère et le cylindre.

Pour l'axe du cylindre, il existe une différence moyenne de 16 degrés qui n'est pas statistiquement significative.

On peut donc conclure que les résultats trouvés aux deux réfractomètres sont superposables.

### **CONCLUSION**

Vingt-cinq après son apparition, la réfractométrie automatique a quasiment remplacé la skiascopie manuelle.

En effet, grâce au réfractomètre fixe et maintenant au Rétinomax, il est devenu possible de réaliser une réfraction fiable et précise chez pratiquement tous les patients.

Si, au vu des résultats de notre étude, le Rétinomax donne des résultats identiques à ceux obtenus avec notre réfractomètre de référence, il faut

préciser que la population de notre étude n'était composée que de sujets parfaitement coopérants.

Seulement, le Rétinomax ne s'adresse pas à cette population, mais plutôt aux enfants chez qui une réfraction au réfractomètre fixe n'est pas réalisable. Chez ces derniers, il n'est pas rare de trouver des différences tant au niveau de la valeur du cylindre que de l'axe.

#### **RÉFÉRENCES**

1. NIDEK - Mode d'emploi Autorek-Kératomètre (Modèle ARK-700A)
2. NIKON - Mode d'emploi Rétinomax K-plus
3. Risse JF, Boissonnot M. et Peraudeau B. Astigmatisme et réfraction objective automatisée. Bulletin de la Société Scientifique de Correction Oculaire. 84; 1 : 63-67.





# KÉRATOMÉTRIE ET RÉFRACTOMÉTRIE

*Olivier Malauzat*

## **INTRODUCTION**

La kératométrie et la réfractométrie sont deux examens liés mais distincts. En effet, la kératométrie consiste en l'étude morphologique des seuls paramètres cornéens intervenants dans la réfraction du sujet, alors que la réfractométrie analyse l'œil dans la globalité.

La réfractométrie, automatisée ou subjective, permet de corriger l'amétropie du sujet par lunettes. La kératométrie, elle, est essentielle pour la prescription de lentilles et pour le bilan pré et postopératoire de la cataracte et en chirurgie réfractive.

La kératométrie a bénéficié d'innovations techniques très importantes ces dernières années et les appareils à disposition sont multiples. Leur informatisation a permis une automatisation et une multiplication des paramètres pris en compte. La complexité de la morphologie de la cornée, connue de longue date, se voit confirmée d'année en année.

## **MORPHOLOGIE DE LA CORNÉE**

La cornée est le déterminant majeur du système optique. En effet, le pouvoir dioptrique du cristallin n'est que de 20 dioptries alors que celui de l'interface air - film lacrymal est de 43,6  $\delta$ , (l'interface film lacrymal - épithélium de 5,3  $\delta$  et l'interface endothélium - humeur aqueuse de -5,8  $\delta$ ).

La morphologie de la cornée n'est pas sphérique. Son épaisseur est très variable (de 0,55 au centre à 1,2 mm. en périphérie) en raison de la différence de rayon de courbure de sa face antérieure et de sa face postérieure (respectivement 7,8 mm. et 6,7 mm.). Cette épaisseur est par ailleurs assez variable d'un individu à l'autre, indépendamment des diverses pathologies qui peuvent l'amincir ou au contraire l'épaissir.

On distingue classiquement quatre zones : centrale (4 mm.), paracentrale (4-7 mm.), périphérique (7-11 mm.) et limbique. En fait, ces limites sont floues et variables, la cornée échappant à toute systématisation simple.

## **L'ASTIGMATISME CORNÉEN**

La morphologie de la cornée est la cause la plus importante d'astigmatisme. La face antérieure donne la quasi-totalité de cet astigmatisme car elle sépare deux milieux très différents : l'air et le tissu cornéen.

On décrit un astigmatisme cornéen dit « physiologique » conforme de 0,75 dioptrie, compensé par l'astigmatisme cristallinien qui lui est inverse.

L'astigmatisme total associe les différentes composantes. Ainsi est-il :

- Direct et inférieur à l'astigmatisme cornéen, si celui-ci est direct et important ;
- Inverse et supérieur à l'astigmatisme cornéen, si celui-ci est inverse ;

- Nul ou faible, si l'astigmatisme cornéen est « physiologique »;
- Inverse, si l'astigmatisme cornéen est nul.

On retrouve souvent cette variation aux alentours de 0,75 dioptrie entre l'astigmatisme cornéen mesuré par kératométrie et l'astigmatisme total mesuré au réfractomètre automatique et confirmé par la réfraction subjective.

### **LA KÉRATOMÉTRIE MANUELLE**

On en distingue essentiellement trois kératomètres :

- Javal : avec un dédoublement fixe, des mires mobiles,
- Helmholtz : dédoublement variable, mires fixes projetées à l'infini,
- Sutcliffe : dédoublement parallactique à mires fixes.

Ces appareils mesurent l'astigmatisme de la face antérieure, déterminant l'axe et la valeur cylindrique des deux méridiens cornéens et leur différence de puissance.

Ils donnent la place des deux focales principales l'une par rapport à l'autre, mais pas leur place par rapport à la rétine.

Ils consistent en la projection de deux mires graduées sur la zone centrale, la plus régulière. On procède alors à l'alignement des lignes de foi et au décompte des marches d'empiétement.

Il convient de les étalonner régulièrement (à l'aide d'une bille de valeur connue, en réglant réticule du + vers -).

Ils comportent des inconvénients :

- Facteur « personnel » de lecture des résultats ;
- Durée de l'examen chez l'enfant ;
- Seule la cornée centrale (3 mm.) est prise en compte (soit 6 % seulement de la surface cornéenne) ;
- Ils ne tiennent pas compte de la morphologie de la portion de cornée comprise entre les 2 points de projection des mires (la forme peut être quelconque, à la limite pourrait être inexistante!) ;
- Ils ne tiennent pas compte du fait que la cornée est asymétrique et asphérique ;
- Le centrage peut être difficile (patient ne pouvant fixer) ;
- Problème d'ergonomie (par rapport à un kératomètre couplé à un réfractomètre automatique) (place, données à recopier ou à saisir manuellement) ;
- Problème de fiabilité pour les mesures des fortes kératométries ;
- Ils considèrent les axes principaux comme perpendiculaires, ce qui n'est pas toujours le cas.

Par contre, ils permettent d'avoir la perception d'anomalies morphologiques, sans pouvoir les chiffrer (non-affrontement des mires dans les kératocônes, les astigmatismes irréguliers, les taies paracentrales).

### **LA KÉRATOMÉTRIE AUTOMATIQUE**

Les kératomètres se sont généralisés et ont pour avantage d'être :

- Couplés au réfractomètre automatique (ergonomie, informatisation) ;
- « Objectif » ;
- Centrés de façon plus certaine (cataracte blanche) ;
- Reproductible ;
- Précis (360 mesures sur 3 mm) ;
- Rapides : temps de mesure = 0,1 sec (intérêt chez l'enfant) ;
- Fiables en valeur de kératométrie et d'axe ;
- Portables éventuellement.

Le réfractomètre automatique, à la différence du kératomètre automatique, projette le test sur la rétine, déterminant l'astigmatisme total. Les valeurs d'astigmatisme servent ici plus à la prescription lunettes.

## **LA VIDÉOKÉRATOSCOPIE**

Les vidéokératoscopes sont basés sur le principe du disque de Placido, consistant en la projection sur la cornée d'un certain nombre de cercles (de 20 à 34), jusqu'à 8 000 points étant analysés.

Leur intérêt réside dans le fait qu'ils analysent la cornée sur une zone beaucoup plus vaste, bien au-delà des 3 mm centraux.

Ils sont d'autant précis que le cercle central d'analyse est petit car il n'y a pas d'information à l'intérieur du premier cercle central (problème de la détection des îlots centraux en chirurgie réfractive).

Ils ont l'avantage d'être informatisés, archivables, exportables sur la fiche informatique du patient, comparables dans le temps (cône, chirurgie réfractive).

Ils se révèlent indispensables au diagnostic des astigmatismes irréguliers (prédominant sur un méridien, ou avec deux hémiméridiens d'axe non parallèles), des kératocônes, en contactologie (simulation fluo) en chirurgie réfractive (bilan préopératoire, analyse postopératoire). En fin, ils sont d'une aide précieuse pour les expertises médico-légales (taies cornéennes).

Cependant, ils n'analysent que l'astigmatisme cornéen antérieur.

La vidéokératoscopie a permis de classer les différentes formes de la cornée :

- Ronde = 22,6 %;
- Ovale = 21 %;
- Nœud papillon symétrique = 17 %;
- Nœud papillon asymétrique = 32 %;
- Irrégulière = 7,4 %.

## **PERSPECTIVES D'AVENIR**

En fait, surtout du fait des avancées de la chirurgie réfractive, de nouvelles exigences sont apparues. En effet, la topographie cornéenne classique n'explore que les 9 mm centraux de la cornée antérieure.

L'Orbscan est un nouvel appareillage qui consiste en un balayage d'une double fente lumineuse sur l'ensemble de la cornée.

Il donne deux profilométries distinctes, l'une antérieure et l'autre postérieure. Le différentiel de ces deux profilométries permet d'établir une cartographie pachymétrique précise.

Il permet donc d'évaluer à la fois l'astigmatisme antérieur et postérieur.

Les cartes kératométriques classiques en dioptries ne donnent qu'une idée intuitive de la forme de la cornée. Au contraire, cette topographie d'élévation donne une image réelle du relief cornéen en affectant à chaque point une hauteur (en micron) par rapport à une sphère de référence.

Enfin, le couplage de l'appareil au logiciel d'ablation du laser Excimer est en cours d'évaluation, afin d'optimiser la photo ablation, en personnalisant au maximum celle-ci.

Mais l'astigmatisme n'est pas que cornéen...

Faisant la synthèse entre les avancées les plus récentes de la kératométrie informatisée et la réfractométrie, l'Aberromètre se propose de mesurer l'ensemble des aberrations optiques de l'œil en tant que système optique global.

Une source lumineuse artificielle créée au niveau macula sort de l'œil avec des distorsions propres à chaque œil. L'analyse informatique des données recueillies donne des profils d'ablation qui sont différents de ceux qui résultent de la seule géométrie cornéenne.

La photo ablation deviendrait alors le calque négatif du profil aberrométrique.

Certains auteurs s'enthousiasment tant de l'arrivée de ces nouveaux appareils qu'ils évoquent des notions de performances visuelles postopératoires

« supra normales », Partants du principe que le pouvoir discriminatif théorique serait de 20/10, ils n'hésitent pas à le fixer comme objectif...

# LA RÉFRACTION DE L'ENFANT DE MOINS DE UN AN

*Marie de Bideran*

## **INTRODUCTION**

La réfraction de l'enfant de moins de 1 an a deux intérêts :

- Équiper dès le diagnostic les enfants strabiques avec la correction optique totale ;
- Dépister les anomalies amblyogènes lors d'autres motifs de consultation et préciser leur date d'apparition dans la première année.

L'étude porte sur 103 enfants vus sous cycloplégie. Les mesures sont prises au réfractomètre portable (Rétinomax). Les limites de l'appareil sont précisées pour les mesures de l'astigmatisme :

- Avec ou sans cycloplégie ;
- En comparant aux résultats du réfractomètre fixe ou à la skiascopie.

## **TECHNIQUES**

### **MATÉRIEL**

- L'étude porte sur 103 enfants de 2 mois à 1 an, représentant 205 yeux (1 œil microphthalmie). La moitié a moins de 6 mois. 16 % sont strabiques (1 XT). Le pourcentage plus élevé par rapport à une population normale correspond au biais de recrutement du Cabinet.
- Sont enregistrés en moyenne 10 cas par mois d'âge avec 2 pics de consultations à 5 mois (16 cas) et à 10 mois (17 cas).
  - À 5 mois sont notés 7 examens demandés à titre systématique en raison dans 5 cas d'antécédents familiaux direct (strabisme opéré, forte amétropie, amblyopie unilatérale).  
Pour les autres les motifs de consultation sont : antécédents de prématurité, ptôsis, anisocorie, dépistage de strabisme.
  - À 10 mois, sont notés 9 examens systématiques en raison seulement de 4 antécédents familiaux nets. Il s'agit donc de la répercussion directe de l'examen ophtalmologique « éventuel » du 9e mois intégré dans le carnet de santé.
  - À 5 mois et 9 mois aucun strabisme n'a été diagnostiqué. L'examen du 9e mois doit donc être réservé aux enfants ayant des antécédents personnels particuliers (problèmes neurologiques, forte prématurité), ou familiaux nets (amblyopie, strabisme opéré, cataracte congénitale).

### **MÉTHODE**

#### **LA DILATATION**

Elle a été effectuée avec 4 à 5 instillations de Tropicamide + Néosynéphrine en une heure.

- Avantages :
    - ↳ Elle permet le diagnostic des fortes amétropies dans « la foulée » de la consultation,
    - ↳ Elle ne comporte pas de contre-indication d'âge obligatoirement respectée en instillation libérale.
  - Inconvénients : donne une cycloplégie incomplète à 1 ou 2 dioptries près, car efficacité plus aléatoire que le Skiacol qui ne peut toujours pas officiellement être utilisé avant l'âge de 1 an.
- L'intérêt de l'étude n'est pas de dégager une réfraction moyenne précise par mois d'âge mais de savoir si :
- La réfraction à la naissance est très différente de celle du tout-petit et de l'enfant.
  - Les fortes amétropies amblyogènes sont présentes très précocement et quand ? Avant 6 mois ? Avant 4 mois ?

### **LES MESURES**

Elles ont toujours été faites en premier lieu à la skiascopie électrique, avant le réfractomètre portable (Rétinomax). Pour l'étude, seules les mesures du Rétinomax sont prises en compte.

#### **CARACTÉRISTIQUES DU RÉTINOMAX (NIKON).**

- Prises de mesures automatiques à l'alignement cornéen ;
- Arrêt automatique à l'obtention d'une moyenne stable ;
- Distance de mesure : 28 cm ;
- Diamètre pupillaire minimum : 2,5 mm ;
- Rapidité :
  - ↳ 0,12 seconde par mesure,
  - ↳ 0,07 seconde par mesure avec la touche Quick.
- Mesure Sphère : -18 à + 23 ∅ ;
- Cylindre : -12 à + 12 ∅ ;
- Poids 900 gr.

### **RÉSULTATS**

Le but est donc de détecter les anomalies amblyogènes chez les non strabiques.

Seront donc retenus comme non physiologiques avant 1 an :

- Les sphères supérieures à + 3 dioptries ;
- Les cylindres supérieurs à + 2 dioptries ;
- Anisométries supérieures à + 1,5 dioptrie.

### **ASTIGMATISME**

#### **PUISSANCE DU CYLINDRE $\geq 2 \emptyset$**

26 yeux sur 205 = 12.6 % (6 yeux strabiques et 17 yeux avant 6 mois). Le modèle de Rétinomax utilisé pour l'étude ne comportant pas la kératométrie, il est impossible de conclure sur la nature cornéenne ou cristallinienne de l'astigmatisme.

#### **AXE CYLINDRE**

	<i>&lt; 6 mois</i>	<i>&gt; 6 mois</i>	<i>Total</i>
<b>Conforme (<math>90^\circ \pm 20</math>)</b>	57	100	163 (80 %)
<b>Inverse (<math>0^\circ \pm 20</math>)</b>	6	15	21 (10 %)
<b>Oblique</b>	12	11	23 (10 %)

Les astigmatismes inverses sont deux fois plus fréquents après 6 mois.

### **HYPERMÉTROPIES FORTES**

- 25 yeux sur 205 = 12,2 % dont la moitié était présente avant 6 mois.

- La plupart se situent entre + 3,25 et + 4,50. La surveillance sur un long terme est directement fonction des antécédents personnels et familiaux.
- 8 yeux présentaient une hypermétropie forte (+ 6 + 7) aux âges suivants :
  - 2 mois (strabique),
  - 4 mois + plagiocéphalie,
  - 8 mois (non strabique),
  - 12 mois (strabique).

## **CAS PARTICULIERS**

### **ASSOCIATION HYPERMÉTROPIE FORTE + ASTIGMATISME IMPORTANT**

10 yeux sur 205 = 4.8 % dont un seul enfant strabique.

#### **ANISOMÉTROPIE SUPÉRIEURE À 1,5 $\delta$**

- 10 yeux sur 205 = 4,8 % différents des fortes hypermétropies ;
- Avant 6 mois : 6 anisométries cylindriques ;
- Après 6 mois : 4 anisométries sphériques.

#### **LA MYOPIE**

Aucun cas ne fait partie de l'étude, car les fortes myopies ont été diagnostiquées lors d'une première consultation à 18 mois.

Une étude a été faite aux États-Unis par Choi sur 125 yeux atteints de rétinopathie du prématuré. Dans ce cas-là, la myopie apparaît à 6 mois et augmente jusqu'à 3 ans sans aucune relation avec la cryothérapie, ou la kératométrie.

## **AU TOTAL**

### **DÉPISTAGE DES ANOMALIES AMBLYOGÈNES**

- 39 yeux sur 205 = 19 % ;
- 31 yeux sur 205 non strabiques = 14,6 % dont la surveillance et l'équipement optique dépendent directement des antécédents personnels et familiaux.

#### **EN MOYENNE**

##### **ASTIGMATISME**

Après 6 mois :

- La puissance du cylindre diminue de 0,5  $\delta$  après 6 mois ;
- L'axe change de 10° en raison du nombre plus important d'astigmatisme inverse à partir de 6 mois.

##### **L'HYPERMÉTROPIE**

Après l'âge de 6 mois la puissance de la sphère diminue de 1 dioptrie.

## **LIMITES**

Les limites du Rétinomax portent sur la fiabilité de la mesure du cylindre en puissance et axe.

2 études ont été faites à ce sujet par le Dr Cordonnier (Bruxelles) dont les conclusions sont nettes :

- Comparaison de la mesure de l'astigmatisme avec ou sans cycloplégie ;
- Comparaison des mesures du Rétinomax par rapport aux réfractomètres fixe et à la skiascopie ;

## **MESURE DE L'ASTIGMATISME $\pm$ CYCLOPLÉGIE**

205 enfants ont été testés de 9 à 36 mois

- Le Rétinomax est fiable avec ou sans cycloplégie à 0,17  $\delta$  ;
- Le diagnostic positif des cylindres supérieurs à 2  $\delta$  se fait avec une valeur prédictive de 84 % ;
- Il n'y a aucune différence avec l'utilisation du mode Quick.

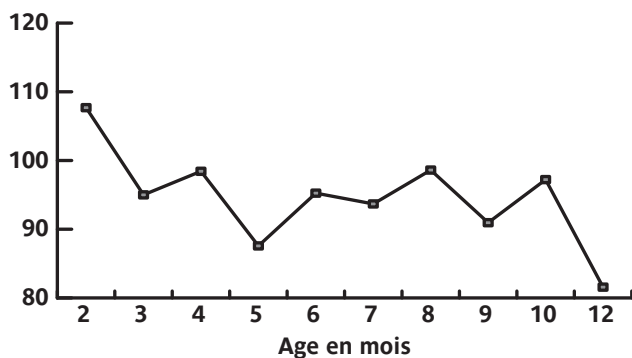


Fig 1. Courbe moyenne de l'axe du cylindre en fonction de l'âge en mois.

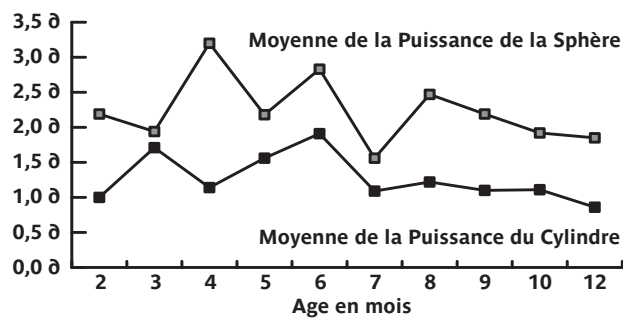


Fig 2. Courbe moyenne de la puissance de la sphère en fonction de l'âge en mois.

	< 6 mois	> 6 mois	Total
P	+1,63	+1	+1,33
A	96,6	87,9	92

### PUISSANCE CYLINDRE/RÉFRACTOMÉTRIE FIXE/SKIASCOPIE

	R. max/Réfracto	R. max/Skia	
95 % LA	± 1,28 δ	-1,37 δ/+ 1,98 δ	S
≠ Sup 1 δ	4 %	10 %	Groupe 1
	≈ 33 %	48 %	Groupe 2

Dans 95 % des cas la différence se situe à :

- ± 1,28 dioptrie en comparaison du réfractomètre fixe ;
- - 1,37 à + 1,98 en comparaison de la skiascopie.

Puis 2 sous groupes ont été faits :

- Groupe 1 :
  - Faibles amétropies inférieures à 3 dioptries,
  - La différence était supérieure à 1 dioptrie,
  - Pour 4 % d'entre eux comparé au réfractomètre fixe,
  - Pour 10 % d'entre eux comparé à la skiascopie.
- Groupe 2 :
  - Amétropies fortes supérieures à 3 dioptries,
  - La différence était supérieure à 1 dioptrie,
  - Pour environ 33 % comparés au réfractomètre fixe,
  - Pour environ 48 % comparés à la skiascopie.

En conclusion :

- Il n'y a pas de différence significative dans la mesure de l'axe du cylindre.
- Par contre, les différences de puissance du cylindre vont de - 1,30 à + 2,10.

**La puissance du cylindre est surestimée pour les fortes amétropies surtout hypermétropiques.**

**Dans la prescription de correction optique il est préférable de diviser P. Cyl/2 si les résultats sont discordants avec ceux de la skiascopie.**

### CONCLUSION

La réfraction du bébé doit être :

- Rapide ;
- Précise ;
- Répétée.

Il est important de garder plusieurs types de mesures et la skiascopie doit être systématiquement couplée aux mesures automatiques.



Les fortes amétropies sont présentes très précocement avant l'âge de 2 mois et probablement dès la naissance pour les astigmatismes et les hypermétropies.

La réfraction moyenne du tout-petit est tout à fait comparable à celle d'un enfant de 3 ans que l'on connaît bien. La conduite à tenir à 2 mois est la même que pour un enfant plus grand.

Les non strabiques :

- Ils seront surveillés tous les 6 mois jusqu'à 3 ans s'ils ont des antécédents familiaux ;
- Ils seront équipés en lunettes s'ils ont des facteurs amblyogènes, avec ou sans antécédents familiaux. La correction optique totale est alors prescrite.



# LA MÉTHODE DU BROUILLARD & LE TEST DUOCHROME

*Marie-Andrée Espinasse-Berrod*

## INTRODUCTION

Méthode de brouillard et test duochrome sont deux techniques subjectives d'appréciation de la réfraction. La méthode du brouillard permet de déterminer une anomalie réfractive. Le test duochrome permet de vérifier et éventuellement d'affiner une correction.

## LA MÉTHODE DU BROUILLARD

L'accommodation représente un piège qu'il faut à tout prix éviter, surtout chez l'enfant mais aussi chez l'adulte. Car elle masque une hypermétropie et expose au risque de prescrire une correction inadaptée si on néglige son rôle au cours de l'examen.

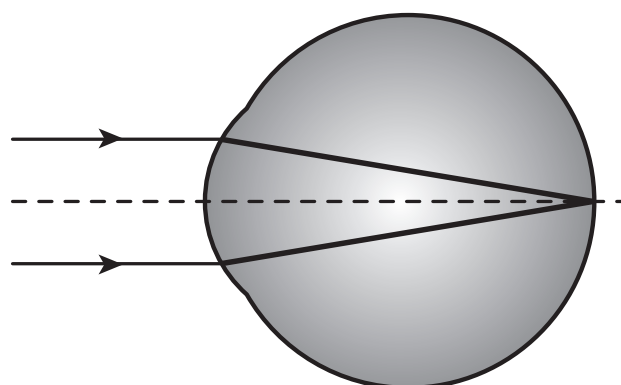
## EN THÉORIE

La méthode du brouillard a pour but de neutraliser la tendance à accommoder en myopisant par une correction dépassant de plusieurs dioptries la puissance présumée de l'œil examiné. Cette manœuvre brouille les optotypes et met l'accommodation au repos. Ainsi, chez un sujet supposé emmétrope, un brouillard avec un verre convexe de  $+2,50 \text{ } \delta$  introduit un flou et une acuité visuelle de  $1/10e$ . (Catros recommande de dépasser la correction normale de  $+4$  à  $+8 \text{ } \delta$ ).

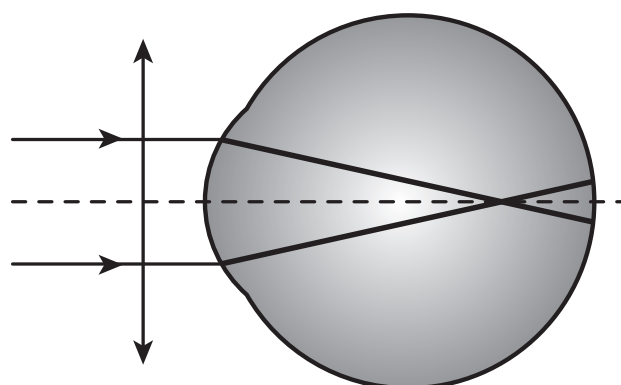
La figure n° 1 représente un œil emmétrope avec la lumière jaune se projetant au niveau rétinien, la vision étant normale sans accommodation. Une interposition de  $+2,50 \text{ } \delta$  entraîne une convergence anormale de la lumière et une acuité visuelle de  $1/10e$  chez le sujet emmétrope (figure n° 2).

## EN PRATIQUE

- Il faut pratiquer un brouillard en tenant compte de la correction présumée du sujet. Il est indispensable d'évaluer l'ordre de grandeur de l'amétropie avec, par exemple, la règle de Swain.
  - ↳ Si l'acuité visuelle est d'au moins  $7/10e$  :
    - Ø Le patient peut être hypermétrope de  $+0,25 \text{ } \delta$  (ou d'avantage en fonction de l'accommodation),



**Fig 1. Œil emmétrope**  
(Vision normale sans accommodation).



**Fig 2. Brouillard avec  $+2,5 \text{ } \delta$**   
(Vision normale sans accommodation).

- ∅ Ou le sujet peut être myope de  $-0,25 \text{ d}$ .
  - ↪ Si l'acuité visuelle de loin est égale à 5/10e :
    - ∅ Le patient peut être hypermétrope de  $+0,50 \text{ d}$  (ou d'avantage en fonction de l'accommodation),
    - ∅ Ou le sujet peut être myope de  $-0,50 \text{ d}$ .
  - ↪ Si l'acuité visuelle de loin est égale à 3/10e :
    - ∅ Le patient peut être hypermétrope de  $+1,25 \text{ d}$ ,
    - ∅ Ou le sujet peut être myope de  $-1,50 \text{ d}$ .
  - ↪ Si l'acuité visuelle initiale sans correction est égale à 1/10e :
    - ∅ Le sujet peut être hypermétrope de  $+2,50 \text{ d}$ ,
    - ∅ Ou le sujet peut être myope de  $-2,50 \text{ d}$ .
- Le verre sur correcteur à mettre en place sur la monture d'essai est ainsi mesuré en fonction de l'amétropie supposée. Si le sujet est supposé emmétrope, on va mettre dans la monture d'essai un verre de  $(+2,50 \text{ d})$ . Si le patient est supposé myope, on va mettre dans la monture d'essai un verre de  $(+2,50 \text{ d}$  moins la myopie supposée), ce qui aboutira bien sûr au même brouillard visuel. Si le patient est supposé hypermétrope, on va ajouter  $+2,50 \text{ d}$  au degré d'hypermétropie présumée.
- Le verre déterminé est placé dans la monture d'essai pendant quelques minutes, puis on le remplace par un verre de puissance inférieure que l'on a placé préalablement dans la monture. Il ne faut pas en effet laisser l'œil dépourvu de correction. Ceci déclencherait aussitôt l'accommodation et pourrait annuler le bénéfice de la méthode. La diminution progressive du verre de  $0,50$  en  $0,50 \text{ d}$  doit être effectuée de façon lente et calme jusqu'à la correction optique permettant l'acuité optimale. Alors seulement., l'astigmatisme sera corrigé.
- Exemples :
  - ↪ Acuité visuelle monoculaire égale à 3/10e → myopie supposée de  $-1,50 \text{ d}$  → sur correction de  $(+2,50 \text{ d}$  à  $-1,50 \text{ d})$  soit  $(+1 \text{ d})$  → diminution de  $0,50 \text{ d}$  en  $0,50 \text{ d}$  → verre concave minimal donnant la meilleure acuité ;
  - ↪ Acuité visuelle monoculaire égale à 3/10e → sujet hypermétrope de  $+1 \text{ d}$  → verre sur correcteur  $(+2,50 \text{ d}$  à  $+1 \text{ d})$  soit  $(+3 \text{ d}$  ou  $+4 \text{ d})$  → débrouille de  $0,50 \text{ d}$  en  $0,50 \text{ d}$  → verre convexe maximal donnant la meilleure acuité ;
  - ↪ Acuité visuelle monoculaire égale à 10/10e (hypermétrope + accommodation) → verre sur correcteur  $+2,50 \text{ d}$  → acuité visuelle de 3/10e (brouillard insuffisant) → rajout d'un verre convexe → acuité de 1/10e brouillard satisfaisant.
- Il faut vérifier la réfraction en binoculaire. Pour cela le brouillage binoculaire de  $+0,75 \text{ d}$  permet de trouver le maximum convexe donnant la meilleure acuité.

***Il faut démasquer l'hypermétropie par tous les moyens. Seule la cycloplégie peut permettre de lever avec certitude tout spasme accommodatif et donner la valeur de l'hypermétropie totale.***

## **LE TEST DUOCHROME**

### **EN THÉORIE**

La théorie du test duochrome repose sur le phénomène d'aberration chromatique. Le test duochrome est en effet une application de la loi physique en vertu de laquelle la réfraction d'un faisceau lumineux traversant un dioptre varie selon la longueur d'onde de la source lumineuse.

La lumière blanche est composée de différentes longueurs d'onde. Les plus courtes longueurs d'onde (à partir de  $400 \text{ nm}$  : violet, bleu et vert) seront plus freinées au passage d'un milieu réfringent et leur foyer sera donc plus proche du cristallin. Par contre, les longueurs d'onde plus longues (en particulier autour de  $750 \text{ nm}$  : rouge) seront moins déviées par la lentille, avec un foyer plus éloigné du cristallin. Ainsi, un œil adapté à la lumière a son maximum

de sa sensibilité dans le jaune de longueur d'onde 550 nm.

Chez le sujet emmétrope, le foyer du vert est légèrement en avant de la rétine et le foyer du rouge légèrement en arrière de la rétine (figure n° 3). C'est pourquoi un œil myope distinguera mieux un contraste dans le rouge (figure n° 4). Par contre l'œil hypermétrope étant plus court, c'est à l'inverse le foyer du vert qui sera le plus proche de la rétine avec donc un meilleur contraste dans le vert (figure n° 5).

Ce chromatisme de l'œil humain est utilisé pour vérifier si une correction optique déterminée par l'examen est satisfaisante ou au contraire perfectible.

### EN PRATIQUE

- Le test duochrome est constitué par des optotypes correspondant à 3 ou 4/10e vus en monoculaire et présentés simultanément sur fond rouge et sur fond vert grâce à des filtres colorés incorporés à un projecteur de test. Le patient portant sa correction optique, on lui demande dans quelle couleur les optotypes sont les mieux contrastés :
  - ↳ Si le patient répond « identique », il est emmétrope ou amétrope bien corrigé ;
  - ↳ Si le patient répond « mieux dans le rouge », il est myope sous corrigé ou hypermétrope sur corrigé et on rajoute des verres concaves par pas de  $-0,25 \text{ d}$  jusqu'à égalité des plages ;
  - ↳ S'il répond « mieux dans le vert », il est myope sur corrigé ou hypermétrope sous corrigé et on rajoute des verres convexes par pas de  $+0,25 \text{ d}$  jusqu'à égalité des plages.
- Mais, attention au risque d'accommoder et donc de répondre mieux dans le rouge. Si un sujet jeune myope voit mieux dans le rouge, il faut absolument rajouter temporairement  $+0,50 \text{ d}$  pour lever l'accommodation et si, quand on enlève la sur correction, le patient voit mieux dans le vert, il s'agissait bien d'une sur accommodation et la sur correction a permis de relâcher l'accommodation.
- En pratique, on sait que l'équilibre rouge-vert est l'extrême limite à ne pas dépasser et comme l'important est d'éviter une sur correction il vaut toujours mieux laisser le myope « mieux dans le rouge » et l'hypermétrope « mieux dans le vert ». Et le test duochrome permet de vérifier que l'on est très proche de la valeur minimale qui permet le changement de couleur donnant le meilleur contraste.

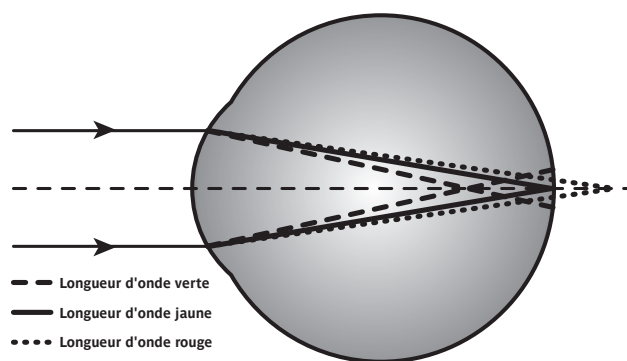


Fig 3. Principe de l'aberration chromatique dans l'œil emmétrope.

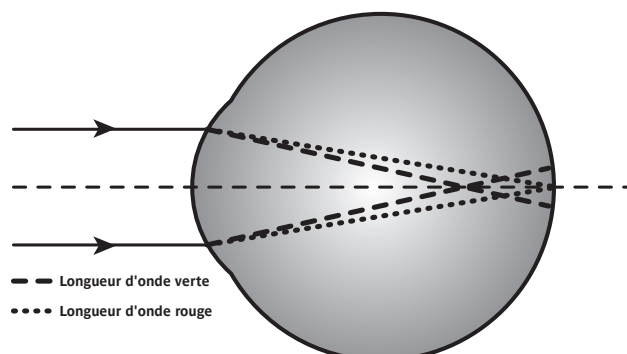


Fig 4. Œil myope.

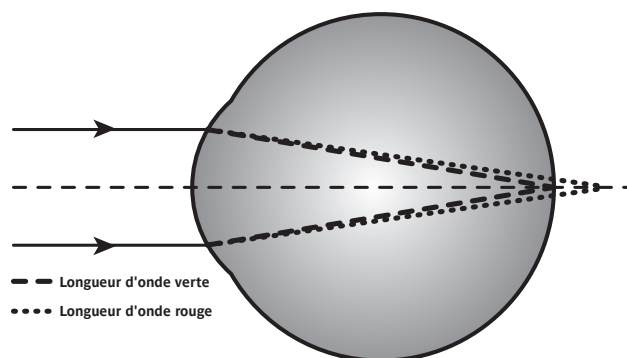


Fig 5. Œil hypermétrope.



# LA MÉTHODE DU CYLINDRE CROISÉ DE JACKSON

*André Roth*

## INTRODUCTION

Un léger astigmatisme non corrigé est source d'inconfort visuel, d'irritation oculaire et de céphalées orbito-frontales. Sa correction est donc essentielle. Comment le reconnaître et le corriger au mieux? La méthode du cylindre croisé, plus importante que le cylindre de Jackson en lui-même, constitue la technique de base d'une correction minutieuse.

## SON BUT

Reconnaître un léger astigmatisme (éventuellement un astigmatisme résiduel, en cours de correction) et vérifier l'utilité de sa correction.

## SON PRINCIPE

La méthode du cylindre croisé est une méthode de réfraction subjective, c'est-à-dire qu'elle requiert la participation du sujet examiné.

Elle consiste à ajouter une correction cylindrique de 0,50 sans modifier l'équivalent sphérique de la correction en place. Cela s'obtient en ajoutant un cylindre de 0,50  $\delta$  de même signe que la correction sphérique en place et en réduisant en même temps celle-ci de 0,25  $\delta$ , c'est-à-dire de la moitié de la valeur du cylindre.

Le « cylindre de Jackson » est une lentille d'une puissance sphérique de -0,25  $\delta$  et cylindrique de +0,50  $\delta$  (ou, ce qui revient au même, de +0,25  $\delta$  sphérique et de -0,50  $\delta$  cylindrique) (figure n° 1); il réalise donc en une seule lentille ce qui est énoncé ci-dessus: si on le place devant la correction portée ou sur la monture d'essai, il ne modifie pas l'équivalent sphérique de la correction en place.

## SON UTILITÉ

Pour un œil présentant un astigmatisme conforme à la règle « physiologique » (chevauchement entre 0 et 1,25  $\delta$  à 90° au kératomètre de Javal) (figure n° 2), la plus grande probabilité est qu'il ne soit pas astigmat. Mais rien n'exclut qu'il le soit; la probabilité est certes plus faible, mais elle est réelle. Celle pour qu'il soit astigmat conforme est d'autant plus grande que l'astigmatisme conforme antérieur de la cornée est plus proche de 1,25  $\delta$  et celle pour qu'il soit astigmat

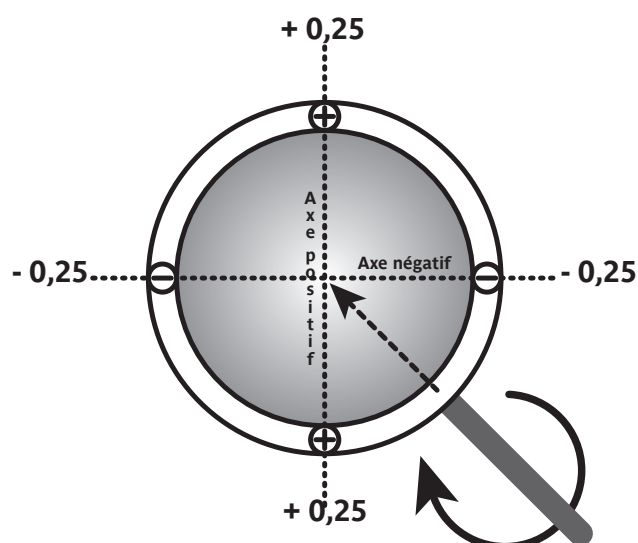
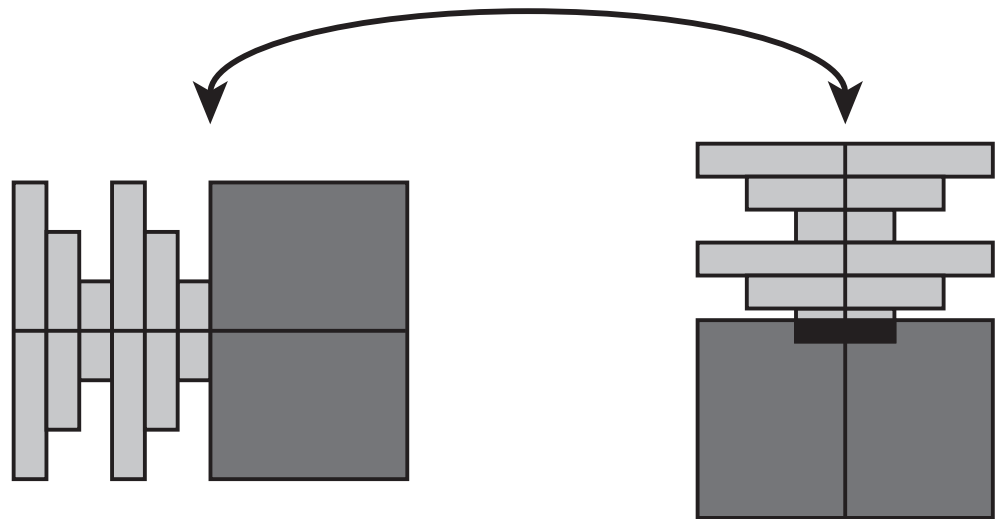


Fig 1. Le cylindre croisé de Jackson (dessin d'après E Hartmann).



**Fig 2.** Kératométrie selon Javal :  
astigmatisme physiologique antérieur de la cornée.

inverse, d'autant plus grande que l'astigmatisme conforme antérieur de la cornée est plus proche de 0  $\delta$  (figure n° 3).

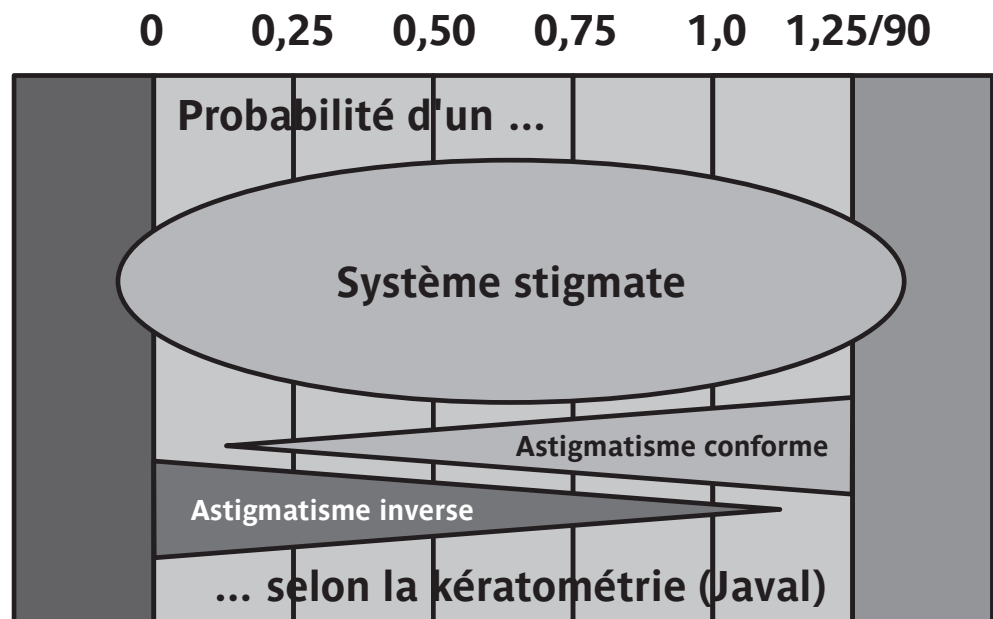
Plus l'axe de l'astigmatisme antérieur de la cornée, dans le même ordre de grandeur, est oblique, plus la correction d'un léger astigmatisme s'avère souvent nécessaire. L'astigmatisme est sûrement à corriger, si l'astigmatisme antérieur de la cornée est conforme et supérieur à 1,25  $\delta$  ou s'il est inverse.

### LA MÉTHODE

Placer l'axe du cylindre :

- D'abord selon l'axe indiqué par la kératométrie ou la réfractométrie ;
- Le placer ensuite perpendiculairement à cet axe (figure n° 4) ;
- Selon la réponse du sujet :
  - ↳ S'il ne perçoit pas de différence d'une position du cylindre à l'autre, il n'y a pas d'astigmatisme à corriger,
  - ↳ S'il perçoit une différence, sa vision étant meilleure dans l'une des positions du cylindre, il existe un astigmatisme ; il devra être corrigé.

Pourquoi utiliser un cylindre de 0,50  $\delta$  ? Le test ne serait pas assez sensible avec un cylindre de 0,25  $\delta$  ; un cylindre plus fort fausserait la réponse du sujet par surcorrection en cas d'astigmatisme minime. Le cylindre de 0,50  $\delta$  est



**Fig 3.** Probabilité pour que l'œil examiné  
soit stigmat ou astigmat, conforme ou inverse



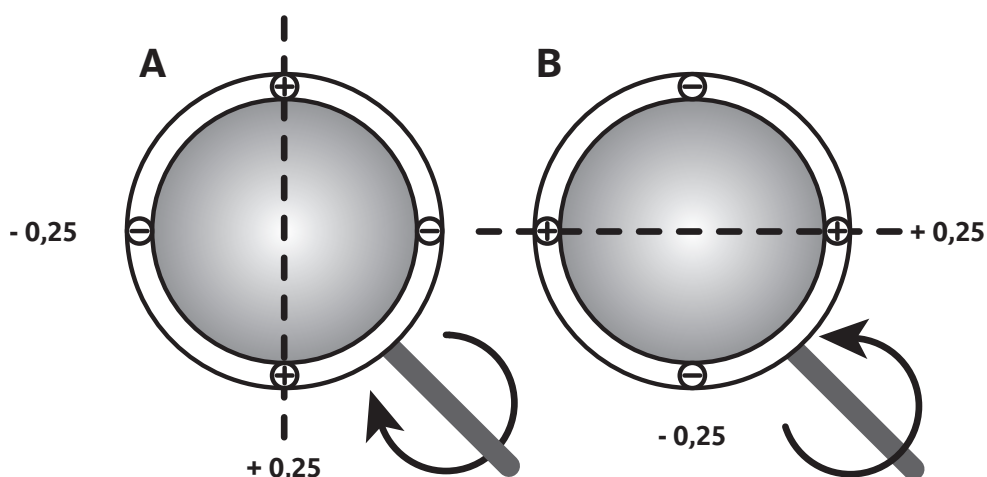


Fig 4. Utilisation du cylindre croisé.

donc l'optimum pour que le test fournisse une réponse significative; mais cela ne signifie nullement qu'il faille ensuite prescrire un cylindre de  $0,50 \text{ d}$ !

Il reste en effet à déterminer la puissance de la correction cylindrique qui est nécessaire (la plus faible donnant la meilleure acuité visuelle) et à préciser l'axe du cylindre (voir exemple ci-dessous).

Pour déterminer avec précision l'axe selon lequel il convient de positionner le cylindre (en partant des indications de la kératométrie ou de la réfractométrie), utiliser le skiascope pour le test de la triple concordance (fente lumineuse du skiascope - axe du cylindre - lueur pupillaire) (figure n° 5).

Exemple:

Si pour un œil, la correction sphérique optimale est de  $+2,0 \text{ d}$  et que la kératométrie a indiqué un astigmatisme de  $1,0 \text{ d}$  à  $80^\circ$  (axe correspondant au chevauchement des images au Javal), il convient:

- D'essayer  $+1,75 (+0,50) 80^\circ$ ;
- Puis  $+1,75 (+0,50) 170^\circ$  (axe perpendiculaire).

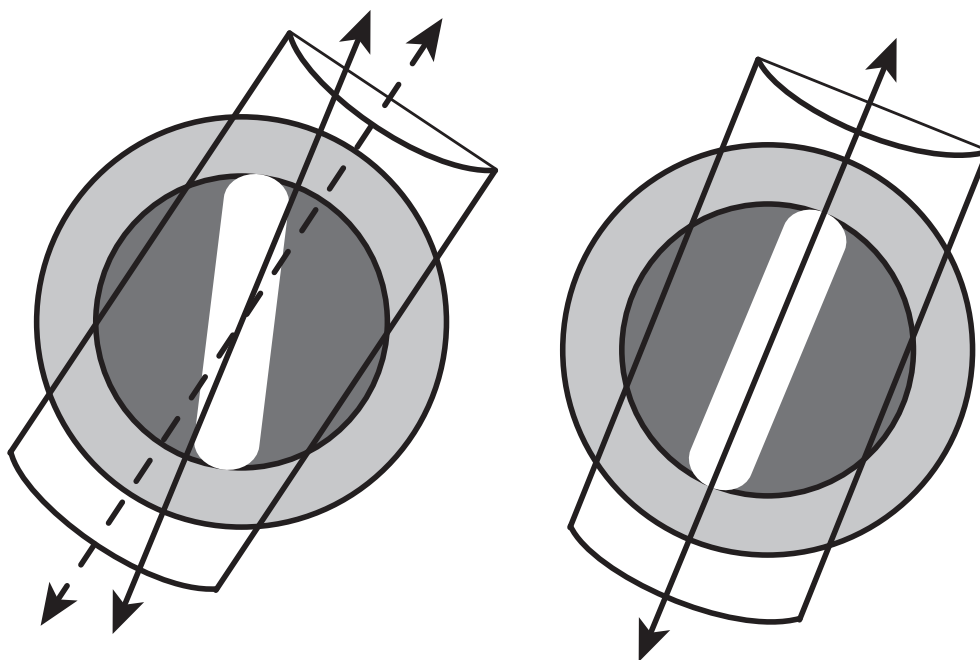


Fig 5. En sous-corrigeant légèrement l'astigmatisme (de  $0,50 \text{ d}$  p. ex.), le cylindre étant placé dans la position supposée juste sur la monture d'essai, et en observant l'axe du trait de lueur pupillaire, en maintenant l'axe de la fente du skiascope parallèle à l'axe du cylindre, on observe soit une non-coïncidence des trois axes si la position du cylindre n'est pas juste, soit, au contraire, une triple coïncidence, si elle juste. Ce test est extrêmement sensible, même pour de faibles corrections.

Si le patient ne voit pas de différence selon l'une ou l'autre position du cylindre, il n'y a pas d'astigmatisme à corriger ; si, au contraire, il voit mieux lorsque le cylindre est placé dans l'un des deux axes plutôt que dans l'autre, par exemple à 80°, il conviendra de rechercher et prescrire la correction optimale, en vérifiant si, en définitive, le sujet voit mieux avec :

- + 1,75 (+0,5) 80° ou + 2,0 (+0,50) 80° ?
- + 1,75 (+0,25) 80° ou + 2,0 (+0,25) 80° ?
- + 1,75 (+0,75) 80° ou + 1,50 (+0,75) 80° (moins probable dans l'exemple choisi) ?

Et si l'axe optimum est à 80° ou à  $\pm 5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  de 80° (axe mesuré) ?

### **CONCLUSION**

La méthode du cylindre de Jackson est l'un des principes fondamentaux de la réfraction subjective, que l'on se serve du cylindre de Monsieur Jackson ou que l'on préfère changer la correction placée sur la monture d'essai ou introduite dans le phoroptère (les réponses sont souvent plus fiables avec le changement de la correction sur la monture ou dans le phoroptère ; si l'on se sert du cylindre de Jackson, il faut veiller à ce qu'il soit bien centré et placé dans le bon plan et non plus ou moins incliné).

# À PROPOS DE 50 CAS DE RÉFRACTIONS OBJECTIVES ET SUBJECTIVES

*Véronique Capart*

## **POPULATION ÉTUDIÉE**

L'étude porte sur une population âgée de 7 à 30 ans, venue consulter pour la première fois dans le service, sans anomalie oculomotrice, avec une correction optique pour 57 % d'entre eux.

## **CARACTÈRES ÉTUDIÉS**

Ces patients ont été soumis à 4 méthodes d'évaluation de la réfraction :

- 1 méthode objective : le réfractomètre automatique (RA) ;
- 3 méthodes subjectives :
  - ↪ La méthode du brouillard (MB),
  - ↪ Le test duochrome rouge-vert (RV),
  - ↪ Le cylindre de Jackson (CJ).

Ces 4 méthodes ont été pratiquées avant cycloplégie (RNC : réfraction non cycloplégée) et après cycloplégie par instillation de Skiacol® (RC : réfraction sous cycloplégie).

Cela fait un total de 8 méthodes pour apprécier la réfraction d'un patient.

Nous avons comparé ces méthodes entre elles, et toutes les comparaisons ont été faites à partir de l'équivalent sphérique.

## **COMPARAISON DES 8 MÉTHODES ENTRE ELLES**

Ce tableau représente les moyennes des équivalents sphériques avec les valeurs minimales et maximales. Dans cette population, la réfraction s'étend de -5 à +7 dioptries (tableau n° 1)

La représentation graphique (figure n° 1) permet de distinguer 3 groupes :

- Avant Skiacol, la réfractométrie automatique se distingue nettement des méthodes subjectives avec une valeur moyenne de -0,9 δ.  
Nous savons grâce à une étude réalisée par le Pr Péchereau, qu'une accommodation résiduelle significative persiste derrière un réfractomètre automatique, malgré l'existence d'un système automatique de brouillage.
- Dans le groupe des méthodes subjectives, le brouillard apporte la moyenne d'équivalent sphérique la plus élevée.
- Après Skiacol®, les résultats obtenus sont plus convexes d'environ 0,3 δ. Les différences entre les différentes méthodes sont atténuées puisque les variations de l'accommodation ont disparu sous l'effet de la cycloplégie.
- La correction portée est en moyenne de -0,4 δ et semble avoir été prescrite sur la base d'une méthode subjective sans cycloplégie.

	Moyenne	Dév. Std.	Minimum	Maximum
RNC RA	-0,903	1,841	-5,000	5,310
RNC MB	-0,163	1,742	-4,000	5,375
RNC RV	-0,295	1,760	-4,000	5,875
RNC CJ	-0,343	1,760	-4,000	5,625
RC RA	+0,014	1,955	-3,750	6,310
RC MB	+0,031	1,971	-3,750	6,875
RC RV	+0,029	2,000	-3,750	6,875
RC CJ	-0,043	1,987	-3,750	6,625

**Tab 1.** Statistique descriptive des huit méthodes d'évaluation de l'équivalent sphérique

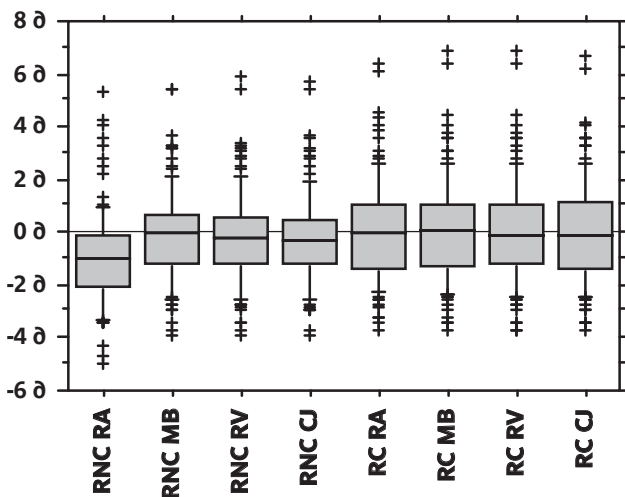


Fig 1. Graphique des huit méthodes d'évaluation de l'équivalent sphérique

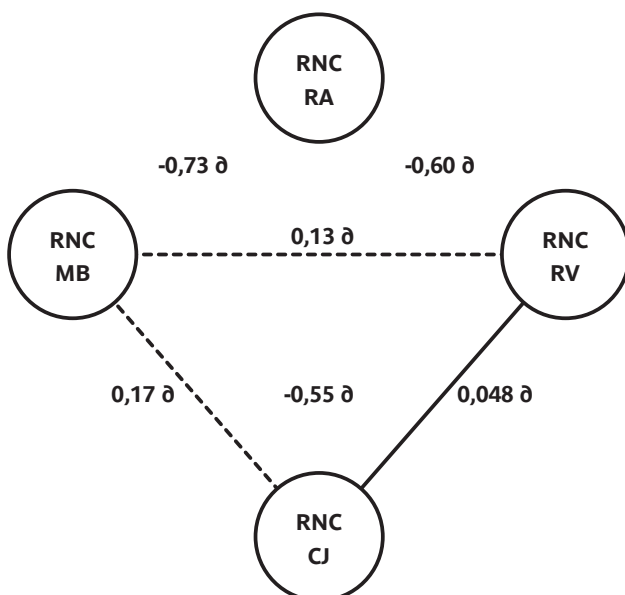


Fig 2. Liaison entre les quatre méthodes non cycloplégées.

## COMPARAISON ENTRE LES MÉTHODES NON CYCLOPLÉGIÉES

Nous venons de voir que la réfractométrie automatique avant Skiacol® se différencie des méthodes subjectives, nous en avons ici la confirmation (figure n° 2).

La différence est statistiquement significative et de loin la plus importante. Nous n'avons donc établi aucune liaison entre la réfractométrie automatique et les autres méthodes.

- La réfractométrie automatique se différencie des autres méthodes réfraction non cycloplégée.

La différence est statistiquement significative avec une moyenne d'équivalent sphérique plus convexe de 0,5 Δ par rapport aux autres méthodes.

Nous n'avons donc établi aucune liaison avec les autres méthodes.

- La méthode du brouillard est statistiquement différente des autres méthodes subjectives même si cette différence peu nous sembler négligeable (0,17 ; 0,13).
- Les méthodes duochrome et le cylindre de Jackson sont statistiquement équivalents avec une différence de 0,048 Δ.

## COMPARAISON ENTRE LES MÉTHODES CYCLOPLÉGIÉES

En revanche après Skiacol®, il n'y a plus de différence statistiquement significative entre les résultats obtenus avec la réfractométrie automatique et avec les méthodes du brouillard et duochrome (figure n° 3).

Le cylindre de Jackson apporte des résultats statistiquement différents des autres méthodes.

Nous abandonnons les liaisons trop fortes et les liaisons absentes, pour nous intéresser aux méthodes les plus utilisées à savoir :

- Réfraction sous cycloplégique & réfractométrie automatique ;

- Réfraction non cycloplégée & méthode du brouillard ;
- Réfraction non cycloplégée & méthode duochrome.

## COMPARAISON ENTRE TROIS MÉTHODES

Les méthodes suivantes ont été comparées :

- Réfraction cycloplégée & réfractométrie automatique ;
- Réfraction non cycloplégée & méthode du brouillard ;
- Réfraction non cycloplégée & méthode duochrome.

Entre ces 3 méthodes, la moyenne d'équivalent sphérique la plus élevée est obtenue avec le réfractomètre automatique.

En comparant ces 3 méthodes entre elles, les différences sont toutes statistiquement significatives (figure n° 4).

Les équations des droites de régression nous indiquent que lorsque la valeur de l'équivalent sphérique varie avec une méthode, elle varie d'autant avec une autre méthode (figure n° 5).

## COURBES DE RÉGRESSION

### INFLUENCE DE L'ÂGE

Dans cette population âgée de 7 à 30 ans, les différences ne sont pas influencées par l'âge (figure n° 6).

### INFLUENCE DE L'AMÉTROPIE

Il semblerait que les hypermétropes accommodent plus que les myopes, mais cette population ne nous permet pas d'être affirmatifs à ce sujet (figure n° 7).

### ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DE LA POPULATION

Dans l'ensemble, les sujets se comportent de la même façon.

Toutefois nous constatons une différence de 0,75 à 1,75  $\delta$  entre la réfractométrie automatique et la méthode du brouillard dans 10 % des cas, et entre la réfractométrie automatique et la méthode duochrome dans 16 % des cas.

## CONCLUSION

Dans une population au pouvoir accommodatif significatif et relativement stable, sans anomalie oculomotrice, la réfraction est incertaine dans 10 à 16 % des cas selon la méthode subjective utilisée (figure n° 8 & tableau n° 2).

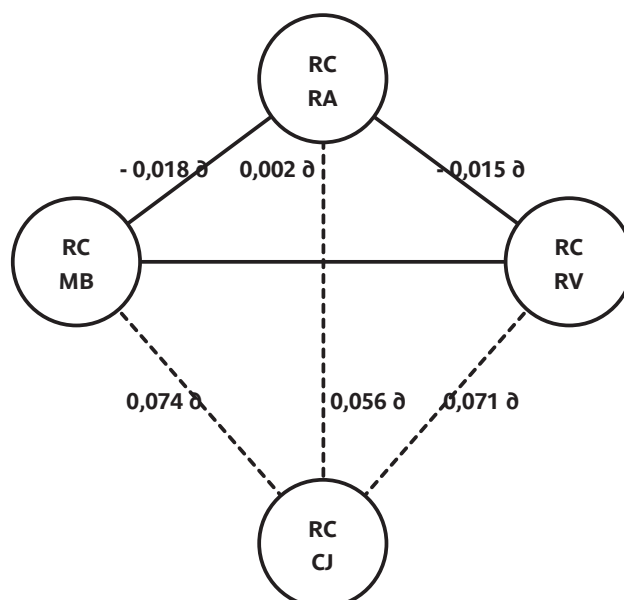


Fig 3. Liaison entre les quatre méthodes cycloplégées.

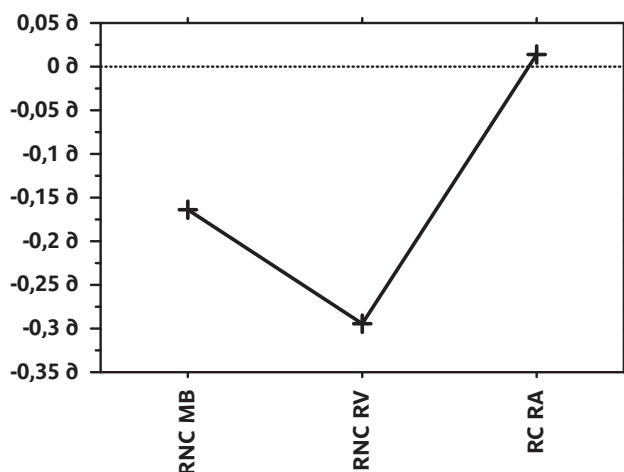


Fig 4. Comparaison entre trois méthodes non cycloplégées.

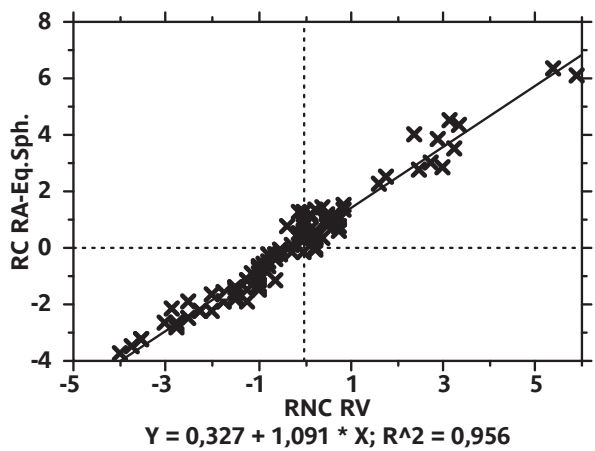
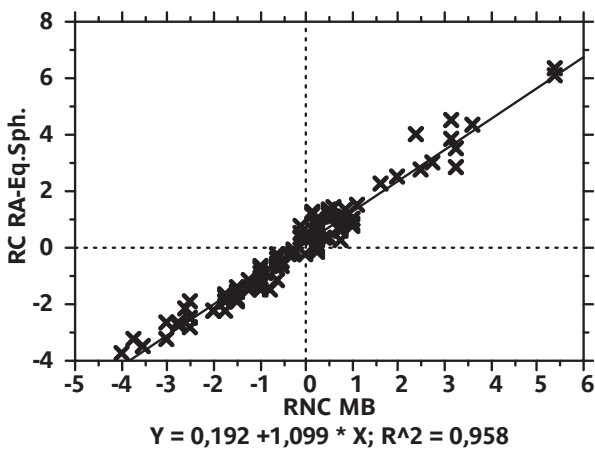
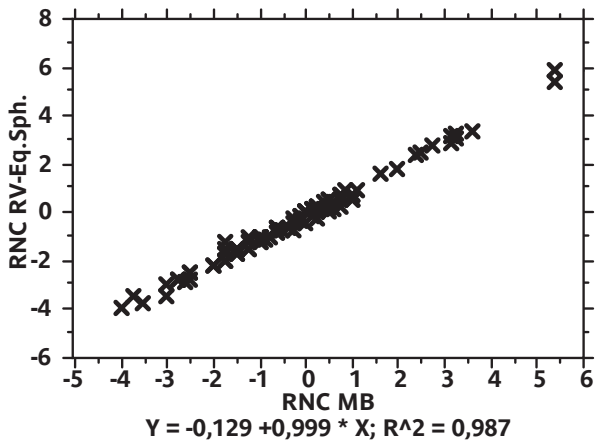


Fig 5. Évolution de l'équivalent sphérique pour la même méthode en fonction de la cycloplégie.

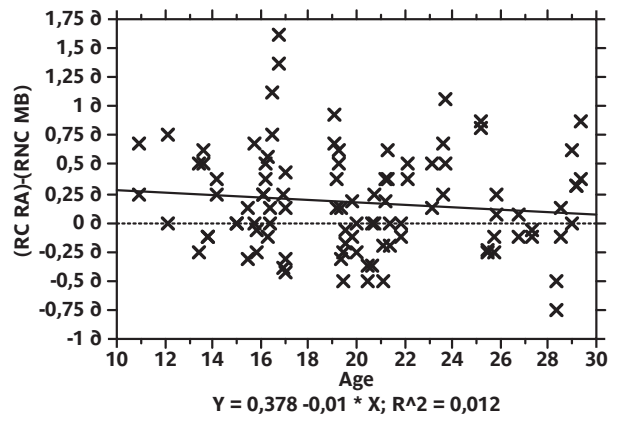


Fig 6. Évolution de l'équivalent sphérique due de la cycloplégie en fonction de l'âge.

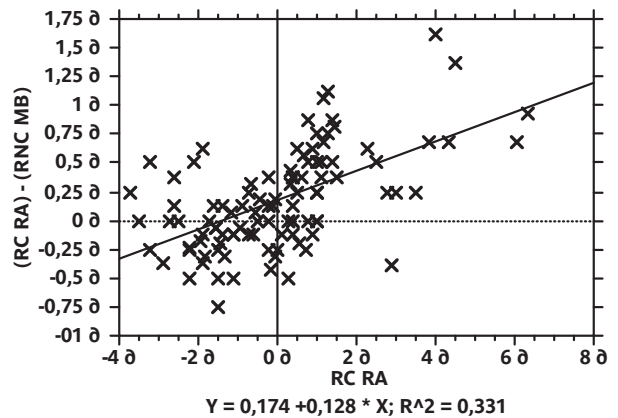


Fig 7. Évolution de l'équivalent sphérique due de la cycloplégie en fonction de l'amétropie.

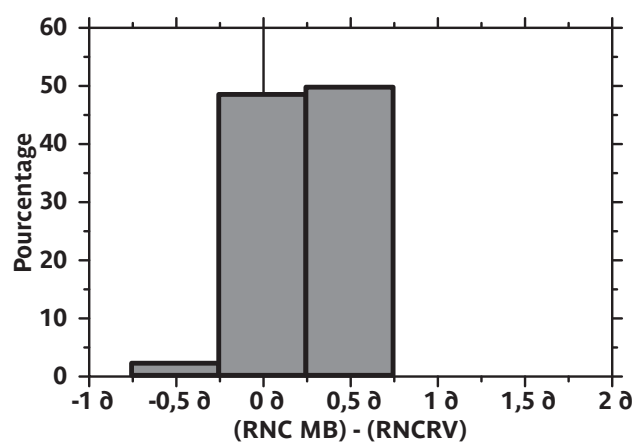
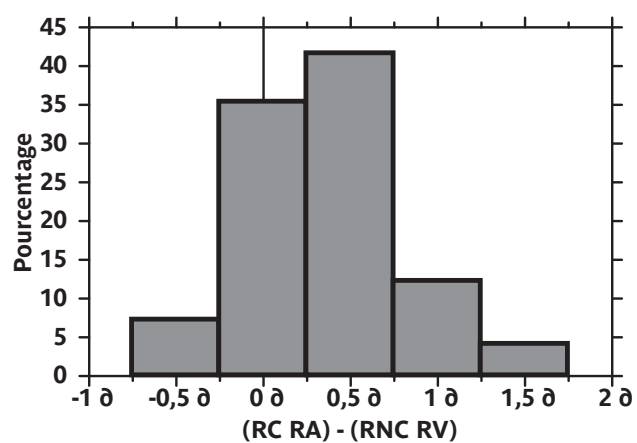
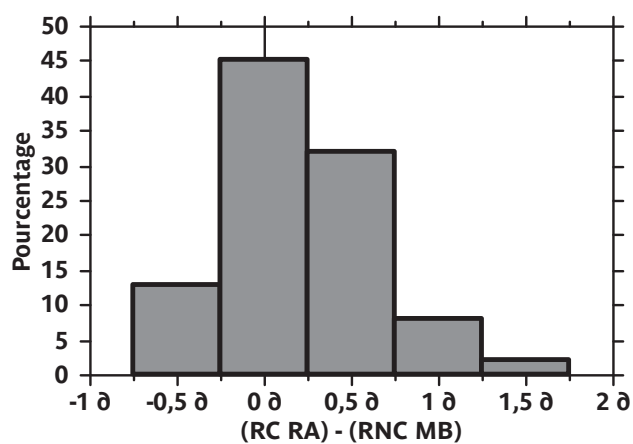


Fig 8. Répartition de l'évolution de l'équivalent sphérique en fonction de diverses méthodes.

<i>(RC RA) - (RNC MB)</i>			
(≥)	(<)	Nombre	Pourcentage
-0,750	-0,250	13	13 %
-0,250	0,250	45	45 %
0,250	0,750	32	32 %
0,750	1,250	8	8 %
1,250	1,750	2	2 %
<i>(RC RA) - (RNC RV)</i>			
(≥)	(<)	Nombre	Pourcentage
-0,750	-0,250	7	7,1 %
-0,250	0,250	35	35,4 %
0,250	0,750	41	41, %
0,750	1,250	12	12,1 %
1,250	1,750	4	4,0 %
<i>(RNC MB) - (RNC RV)</i>			
(≥)	(<)	Nombre	Pourcentage
-0,750	-0,250	2	2,0 %
-0,250	0,250	48	48,5 %
0,250	0,750	49	49,5 %
0,750	1,250	0	0 %
1,250	1,750	0	0 %

Tab 2. Répartition de l'évolution de l'équivalent sphérique en fonction de diverses méthodes.





# RÉFRACTION SUBJECTIVE SOUS CYCLOPLÉGIE. LE JUGE DE PAIX ?

*Jean-Claude Charlot*

## **INTRODUCTION**

La cycloplégie, acte médical, reste incontournable dans l'examen de la réfraction du patient, des premiers mois de vie et parfois jusqu'à la presbytie. Seule l'étude de la réfraction subjective sous cycloplégie permet de déterminer avec précision la réfraction de l'œil examiné, c'est-à-dire la correction optique qui l'emmétropise et permet de focaliser parfaitement l'image de l'objet en vision de loin sur la rétine.

Ce sujet est d'une brûlante actualité alors que les ophtalmologistes sont menacés de perdre le contrôle de la réfraction pour des raisons d'ordre budgétaire et de gestion de la démographie médicale. Paradoxalement la mesure précise de la réfraction n'a jamais été aussi indispensable à l'heure où les écrans envahissent le monde du travail.

## **LA CYCLOPLÉGIE**

La nécessité de la cycloplégie du patient dans l'étude de la réfraction ne se discute pas. En effet, la réfraction comprend l'élément cylindrique et l'élément sphérique.

## **L'ÉLÉMENT CYLINDRIQUE OU ASTIGMATISME**

S'il peut être mesuré avec précision par skiascopie manuelle au skiascope électrique par un opérateur entraîné, l'autoréfractomètre a été d'un apport considérable dans la détermination de l'astigmatisme, dans sa valeur et surtout son axe. D'ailleurs, nombre d'enfants traités pour amblyopie par occlusion ou pénalisation ont vu leur amblyopie s'évanouir lorsque, examinés à l'autoréfractomètre, leur astigmatisme a pu être mesuré avec précision quant à l'axe.

La cycloplégie n'apporte pas d'information supplémentaire quant à la puissance et l'axe de l'astigmatisme mesurés à l'autoréfractomètre ainsi que l'a étudié le Professeur Alain Péchereau : « Réfractométrie automatisée. Influence de la cycloplégie sur les paramètres de l'astigmatisme ». A. Péchereau SFO 1992, *Ophtalmologie* 1993 ; 7 : 341-343.

## **L'ÉLÉMENT SPHÉRIQUE DE LA RÉFRACTION**

C'est tout le problème de la mesure de la réfraction. L'impossibilité à l'évaluer précisément est liée à l'accommodation dont la puissance est considérable chez l'enfant, de plusieurs dioptries. Elle diminue progressivement à mesure que l'âge avance jusqu'à la presbytie où la cycloplégie devient inutile.

La cycloplégie pour l'étude de la réfraction est donc indispensable dans les troubles oculomoteurs où il est de règle de prescrire la correction optique totale, dans les ésodéviations sans aucune exception ; mais également chez le jeune enfant à l'âge préverbal pour éliminer une anisométrie et prescrire correctement la correction optique qui égalisera les images rétinienne et

sera le premier traitement contre l'amblyopie. Il en est de même pour éliminer une amétropie amblyogène. La cycloplégie est encore nécessaire pour ne pas surcorriger, comme cela est trop souvent le cas, les jeunes myopes : ces jeunes myopes surcorrectés présentent alors des difficultés à la lecture bien avant l'âge de la presbytie, la correction optique juste de l'amétropie permettant alors à nouveau de retrouver le confort en vision de près, mais elle ne ravit pas le patient en vision de loin qui trouve qu'il voit mal dans ses verres moins fort car il ne peut cesser de suraccommoder (ce qu'il faisait parfois au prix d'une consommation d'antalgiques...) Enfin, nous ne ferons qu'évoquer la nécessité de connaître parfaitement l'amétropie qui doit être traitée en chirurgie réfractive.

La juste correction de l'amétropie est encore indispensable en cas d'utilisation d'écran au travail, les corrections inadaptées étant source de plaintes importantes, à l'origine de conditions de travail pénibles et inconfortables et d'efficacité moindre.

## **DÉTERMINATION DE LA RÉFRACTION SOUS CYCLOPLÉGIE**

### **LA CYCLOPLÉGIE**

Nous ne reviendrons pas sur la cycloplégie et ses modalités, qui ont été parfaitement détaillées par le Docteur F. OGER-LAVENANT, mais nous insisterons sur le fait qu'elle doit être scrupuleusement effectuée pour être fiable.

### **L'ÉTUDE DE LA RÉFRACTION**

Peut-être réalisée de différentes façons :

- Par skiascopie manuelle au skiascope électrique, précise dans les mains d'ophtalmologistes rompus à cette pratique, ce qui devient rare, des facteurs d'imprécision demeurent pour les autres, liés à l'incertitude de la fixation de l'enfant d'autant qu'il est plus jeune (ce qui est le cas ici car dès que son âge l'autorise, il sera examiné à l'autoréfractomètre), et au correctif qu'il faut appliquer en fonction de la distance entre l'observateur et l'œil examiné.
- À l'auto (kérato) réfractomètre dès que l'âge de l'enfant le permet (qu'il n'en a plus peur) et si l'ophtalmologiste en est équipé, ce qui est la règle aujourd'hui. Là encore, les valeurs données par l'appareil montrent quelques variations liées essentiellement à la fixation du patient (ce que l'opérateur peut parfaitement vérifier en contrôlant l'œil examiné sur l'écran).

Il apparaît donc nettement que seule l'étude de la réfraction subjective sous cycloplégie permet une mesure précise de la réfraction de l'œil examiné. Il s'agit de faire lire le patient alors que l'on interpose devant l'œil examiné la correction optique indiquée par l'autoréfractomètre, en ajustant cette correction pour obtenir l'acuité visuelle la plus élevée. Le niveau d'acuité visuelle est fonction de la netteté de l'image rétinienne qui dépend de la compensation exacte de l'amétropie.

Ceci détermine la réfraction la plus précise, à 0,25 dioptrie près, de l'œil examiné, c'est-à-dire la correction optique qui emmétropise l'œil.

Il découle de cela que cette méthode s'adresse aux patients, enfants sachant lire les chiffres, les lettres, ou dont la latéralisation permet de reconnaître les E, car elle est d'autant plus précise et fiable que l'optotype lu est plus petit. Ceci explique aussi pourquoi la détermination de la réfraction est de plus en plus précise à mesure que le petit enfant grandit, et que les skiascopies sous cycloplégiques sont répétées.

Nous ne reparlerons pas ici des conditions d'examen de l'acuité visuelle (distance du test de lecture, éclairage, propreté).

Rappelons que la cycloplégie entraîne une mydriase, qui permet l'examen du fond d'œil, au verre à 3M dès que l'âge le permet, pour étudier la périphérie rétinienne, sans omettre l'examen de l'angle iridocornéen surtout chez les patients hypermétropes forts à chambres antérieures parfois étroites (GFA).

## **CONCLUSION**

L'étude de la réfraction subjective sous cycloplégie est la seule méthode pour déterminer avec précision la réfraction du patient, des premiers mois de la vie et jusqu'à la presbytie. La cycloplégie est un acte médical. L'étude de la réfraction est le début de tout examen ophtalmologique, et faut-il rappeler que l'acuité visuelle doit être de 10/10, toute baisse d'acuité visuelle étant le fait d'une pathologie que l'ophtalmologiste doit reconnaître (10/10 ou un diagnostic). Elle doit être réalisée par l'ophtalmologiste ou sous sa responsabilité directe.



# RÉFRACTION OBJECTIVE ET SUBJECTIVE

*Béatrice Roussat*

## **INTRODUCTION**

La correction des troubles réfractifs a un but essentiel : celui de permettre au sujet de bien voir, en vision monoculaire comme en vision binoculaire. Il faut que le sujet ait une sensation de confort dans la vision à toutes les distances.

Dans certains cas, cette correction n'a pas seulement ce rôle fonctionnel, mais peut représenter un traitement étiologique, par exemple dans le strabisme totalement ou partiellement accommodatif.

La décision thérapeutique est variable selon l'âge du sujet et selon ses symptômes.

## **CHEZ L'ENFANT D'ÂGE PRÉVERBAL**

C'est-à-dire entre la naissance et deux ans et demi.

### **GÉNÉRALITÉS**

À cet âge, l'examen de la réfraction a lieu à la demande des parents, en raison d'antécédents familiaux (troubles réfractifs ou autres anomalies oculaires) ou parce que l'enfant a un strabisme, un ptôsis ou des symptômes irritatifs (frottement oculaire, conjonctivites ou kératites à répétition).

Dans tous les cas, la réfraction est obligatoirement faite sous cycloplégie, et la prescription optique tient compte uniquement des données objectives : l'âge de l'enfant interdit une appréciation subjective.

Lorsqu'elle est nécessaire, la correction optique gagne à être prescrite le plus tôt possible : un enfant supporte d'autant mieux la totalité de sa correction qu'il a été corrigé tôt.

### **EN FONCTION DES SYMPTÔMES**

#### **EN L'ABSENCE DE TOUT SIGNE FONCTIONNEL, PAR EXEMPLE LORS D'UN EXAMEN SYSTÉMATIQUE**

Il est fréquent qu'on constate une hypermétropie d'une ou deux dioptries. Avant de prendre une décision thérapeutique, il convient de répéter l'examen à distance de quelques mois, en vérifiant la qualité de la cycloplégie.

Sachant, comme cela l'a été démontré par Mäntyjärvi (1985), que l'hypermétropie des enfants évolue vers une amélioration spontanée de 0,12 dioptrie par an, on tend à négliger toute hypermétropie inférieure à une dioptrie. Au-delà de cette limite, on traite l'anomalie, mais en la sous-corrigeant d'une demi-dioptrie.

La vérification de cette hypermétropie doit se faire tous les ans.

Il est plus rare qu'on dépiste à cet âge une myopie. Celle-ci doit être considérée comme pathologique et corrigée avec exactitude.

### **EN CAS DE STRABISME**

Lorsqu'il existe un strabisme, toute anomalie réfractive doit faire l'objet d'une correction optique.

Lorsque l'importance de l'amétropie conduirait à une intolérance de l'appareillage, on est amené à prescrire une « correction en deux temps » : la prescription initiale est choisie pour corriger approximativement la moitié du désordre réfractif.

Ce premier appareillage est contrôlé au bout de deux mois et remplacé par la correction définitive. Ce protocole est très utile pour faire accepter l'appareillage optique aux petits enfants.

Il est indispensable de décrire aux parents l'intérêt et les modalités de cette procédure.

L'ordonnance initiale doit comporter clairement l'indication de cet « appareillage en deux temps », pour permettre l'acceptation de son remboursement.

### **EN CAS DE PTÔSIS OU DE SYMPTÔMES IRRITATIFS, MAIS EN L'ABSENCE DE STRABISME**

On doit suivre la même démarche que s'il existait un strabisme, et tendre à une correction optimale, avec les mêmes remarques techniques.

### **CHEZ L'ENFANT ENTRE 3 ET 5 ANS**

Entre 3 et 5 ans, il est rare qu'un enfant réponde de façon satisfaisante lors de l'évaluation subjective de son acuité visuelle. On peut éventuellement parvenir à une estimation du résultat en s'appuyant sur les réactions de rejet lors de l'examen ou sur le refus ultérieur du port des lunettes.

La démarche thérapeutique est similaire à celle de la période précédente. En cas d'hypermétropie inférieure à deux dioptries, on se contentera d'une surveillance sans correction optique, sous réserve d'une absence de signe fonctionnel ou de mal vision.

Quand on examine un enfant qui porte déjà des lunettes et qui semble avoir une correction satisfaisante lors de l'examen subjectif, on constate parfois une discordance avec la réfraction objective. Tout se passe comme si l'enfant s'était habitué à une correction erronée. Il a du mal à perdre cette habitude au profit d'une correction objectivement idéale. La même situation existe chez l'adulte. Il faut pourtant revenir à la correction optimale. Si la discordance est très marquée, il faut la rectifier par étapes successives.

### **CHEZ L'ENFANT PLUS ÂGÉ (APRÈS 5 ANS) ET CHEZ L'ADULTE**

#### **GÉNÉRALITÉS**

À partir de 5 ans, la coopération de l'enfant devient possible. On obtient une réponse subjective fiable lors des essais de verres. Cette participation va devenir de plus en plus utilisable, sauf en cas d'affection neurologique ou psychologique.

Il s'agit donc du cas habituellement rencontré chez l'adulte, où l'on dispose des deux méthodes d'appréciation. On notera néanmoins que l'examen objectif devrait être effectué systématiquement sous cycloplégie. Même chez l'adulte, la persistance d'une accommodation fautive l'analyse du réfracteur automatique.

De plus, il faudrait attendre la dissipation de cette cycloplégie pour vérifier subjectivement la tolérance de la correction optimale ainsi définie. Lors d'une première correction, il est fréquent que le patient ne tolère qu'une partie de cette correction optimale.

Dans certains cas (essentiellement chez les adultes) il y a une différence de tolérance entre le résultat œil par œil et le résultat obtenu après correction binoculaire. Lorsqu'il s'agit d'une première correction, on doit donner la valeur minimale qui donne une bonne vision avec les deux yeux ouverts, puis augmenter progressivement la correction.

## **EN FONCTION DES SYMPTÔMES**

### **HYPERMÉTROPIE**

Les hypermétropes sont les plus difficiles à corriger, car ils utilisent leur accommodation pour continuer à voir net. Lors des premiers essais de lunettes en vision de loin, ils ont tendance à se plaindre de « voir flou » si on leur met d'emblée leur correction optique maximale. C'est la raison pour laquelle on peut moduler la correction donnée par la méthode objective, en la sous-corrigeant d'une demi-dioptrie, voire davantage.

En revanche, il faut obtenir que le malade porte ses lunettes en permanence, pour s'habituer à cette première correction et pouvoir dans un deuxième temps passer à la correction complète (quelques mois plus tard).

Quand il existe des signes fonctionnels, l'utilisation de cette méthode progressive permet une meilleure tolérance de la correction finale, indispensable à la disparition de la gêne.

### **MYOPIE**

Les myopes posent moins de problèmes et tolèrent tout de suite leur correction. À la rigueur, ils vont « oublier » de mettre leurs lunettes et se débrouiller comme avant, en tentant de plisser les yeux, pour voir grâce au phénomène du trou sténopéïque.

Comme ils sont faciles à appareiller, ils peuvent tolérer une correction supérieure à leur correction optimale. Il faut éviter de les suivre sur ce terrain en les surcorrigeant. Cela est particulièrement possible chez l'enfant atteint de « spasmes accommodatifs » en rapport avec les efforts de lecture (approximativement vers 7 à 8 ans).

L'utilisation des données objectives est indispensable, même si la méthode subjective donne des résultats rapides et satisfaisants.

En effet, un patient peut s'adapter à une correction différente de celle dont il a strictement besoin. Ce phénomène peut être suspecté chez certains sujets qui viennent consulter avec une correction optique différente de celle calculée par la méthode objective. La différence porte surtout sur l'axe de la correction cylindrique.

Dans la myopie forte, il peut être nécessaire dans certains cas de recourir à une correction « en deux temps », améliorant la vision de loin tout en gardant une bonne vision de près.

### **PRESBYTIE**

La perte d'accommodation est globalement proportionnelle à l'âge, mais la correction œil par œil est souvent supérieure par rapport à celle demandée pour la vision avec les deux yeux ouverts. Il faut préférer cette dernière.

### **CHEZ LE SUJET PITHIATIQUE**

Quel que soit l'âge, la prise en charge d'une baisse d'acuité visuelle non organique ne peut s'envisager qu'après avoir réalisé une étude objective de la réfraction sous cycloplégie.

## **CONCLUSION**

Dans l'idéal, la correction optimale devrait être fondée sur la mesure objective sous cycloplégie, avec vérification ultérieure de la tolérance de cette correction, par la méthode subjective, mais hors cycloplégie.

En pratique, ce protocole est rarement utilisé pour la prescription de lunettes correctrices d'une amétropie simple. Il est indispensable chez l'enfant, en particulier en cas de strabisme ou de symptôme irritatif. Il faut l'introduire systématiquement chez l'adulte présentant les mêmes symptômes, même si cela semble compliquer la prise en charge (informations préalables, nécessité d'un examen plus long ou d'une consultation complémentaire).





# ANOMALIES RÉFRACTIVES, ACCOMMODATION ET ACUITÉ VISUELLE

*André Roth*

## **INTRODUCTION**

J'espère que les lecteurs ne m'en voudront pas de rappeler ici quelques notions très élémentaires en matière de réfraction médicale, même si ces notions ont été largement enseignées et sont censées avoir été apprises de tous. Elles sont au centre de notre pratique ophtalmologique. Pour ne prendre qu'un seul exemple, j'estime que la réfraction représente 50 % de l'activité en pratique strabologique et orthoptique.

Quelle est la norme réfractive ? Est-ce l'emmétropie ? Celle-ci est-elle vraiment l'exacte une moyenne, établie par tranche d'âge sur de larges séries de sujets normaux ? Quelles sont les limites du 95e percentile définissant les limites de la normale ?

Mais nous voulons nous limiter ici à des considérations purement optiques pour décrire, non la norme réfractive et ses limites, mais les différentes variantes de l'optique oculaire.

## **L'EMMÉTROPIE**

*L'emmétropie est un état où la puissance du dioptré oculaire est en parfaite adéquation avec la longueur axiale de l'œil.* La longueur axiale peut varier d'un œil emmétrope à un autre, mais dans tous les cas la puissance du dioptré oculaire est parfaitement ajustée et vis versa.

La réfractive normale moyenne (l'emmétropie ?) représente une moyenne biologique. La distribution des valeurs réfractives autour de la moyenne est analogue à une distribution gaussienne ; elle est en fait la résultante de l'addition de plusieurs distributions gaussiennes non indépendantes (courbures cornéennes, courbure sclérale, courbures cristalliniennes, longueur axiale).

L'œil emmétrope voit de façon optimale à l'infini sans accommoder ; son punctum remotum est à l'infini. En vision rapprochée, il doit accommoder de l'inverse de la distance à laquelle il fixe ; le point le plus rapproché de vision nette, le punctum proximum, est strictement fonction de l'âge du sujet. L'accommodation peut être maintenue de façon prolongée jusqu'aux deux tiers de sa capacité maxima.

## **LES AMÉTROPIES**

Lorsque les conditions de l'emmétropie ne sont pas réalisées, l'œil est dit amétrope : *la puissance du dioptré oculaire n'est pas en adéquation avec la longueur axiale de l'œil* ; le dioptré oculaire est soit trop puissant, soit trop faible par rapport à la longueur axiale de l'œil. L'amétropie peut être stigmat, c'est-à-dire de révolution (identique dans ses méridiens), ou astigmat. Les amétropies sont l'hypermétropie et la myopie, associées ou non à un astigmatisme.

## L'HYPERMÉTROPIE

L'œil est hypermétrope lorsque sa longueur axiale est trop courte par rapport à la puissance de son dioptre ou la puissance de son dioptre trop faible par rapport à sa longueur axiale. Le punctum remotum est au-delà de l'infini. Le punctum proximum, à âge égal, est plus éloigné en proportion que celui d'un œil emmétrope.

Pour voir net à l'infini, l'œil hypermétrope a la possibilité d'augmenter la puissance de son dioptre en accommodant et de compenser ainsi son hypermétropie. Il atteindra alors une acuité visuelle normale à l'infini *sans* correction. En vision rapprochée et sans correction, il devra accommoder de la quantité déjà nécessaire pour voir net à l'infini (qu'on pourrait qualifier d'accommodation à l'origine) *plus* de la quantité nécessaire pour voir net à la distance à laquelle il fixe. L'œil hypermétrope est donc en permanence en situation de suraccommodation. Celle-ci n'est cependant possible que jusqu'à un certain degré d'hypermétropie. Cette limite recule lorsque le sujet avance en âge; elle devient d'abord sensible en vision rapprochée, puis progressivement en vision de plus en plus éloignée. Lorsque la compensation de l'hypermétropie par une accommodation supplémentaire ne peut pas ou plus être complète, l'acuité visuelle est diminuée.

On appelle hypermétropie *obligatoire*, la partie de l'hypermétropie qu'il faut corriger pour que l'œil voie 1.0 à l'infini (figure n° 1). La partie de l'hypermétropie comprise entre l'hypermétropie obligatoire et l'hypermétropie maxima est appelée hypermétropie *facultative*. L'hypermétropie obligatoire plus l'hypermétropie facultative représente l'hypermétropie *totale ou manifeste*. Mais on n'est jamais tout à fait sûr qu'il n'existe pas en outre une hypermétropie latente, non révélée en l'absence de cycloplégie et parfois même sous cycloplégie ?

L'hypermétropie se corrige par des lentilles convergentes de lunettes ou de contact. La correction totale de l'hypermétropie correspond à la lentille *la plus forte* avec laquelle l'acuité visuelle de loin est maxima, étant entendu que l'on a pris soin de rechercher l'hypermétropie totale.

En vision de près, l'œil hypermétrope *non* corrigé doit faire un effort accommodatif supplémentaire de la valeur de son hypermétropie. *Corrigé par un verre de lunette*, il doit également faire un effort accommodatif plus grand que celui que ferait un œil emmétrope pour voir net un objet placé à la même distance. En effet si l'on considère que son optique est insuffisante, qu'elle représente donc un défaut réfractif négatif, celle-ci peut être assimilée à une lentille négative. Avec le verre de lunette placée devant l'œil, elle forme de ce fait une lunette de Galilée (figure n° 2); or une telle lunette rapproche l'image de l'objet fixé (à travers le verre de lunette, l'œil ne voit pas l'objet lui-même, mais voit l'image de l'objet donnée par le verre correcteur), ce qui oblige l'œil hypermétrope à accommoder davantage pour une distance donnée de l'objet. Ce rapprochement n'est guère sensible pour les hypermétropies courantes, faibles à moyennes; elle le devient pour une hypermétropie forte et ce d'autant plus que la distance œil verre est plus grande. En pratique il

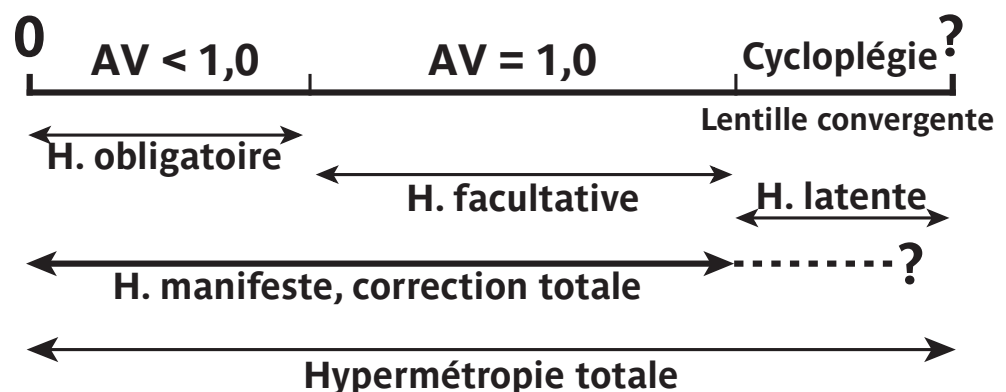


Fig 1. L'hypermétropie.

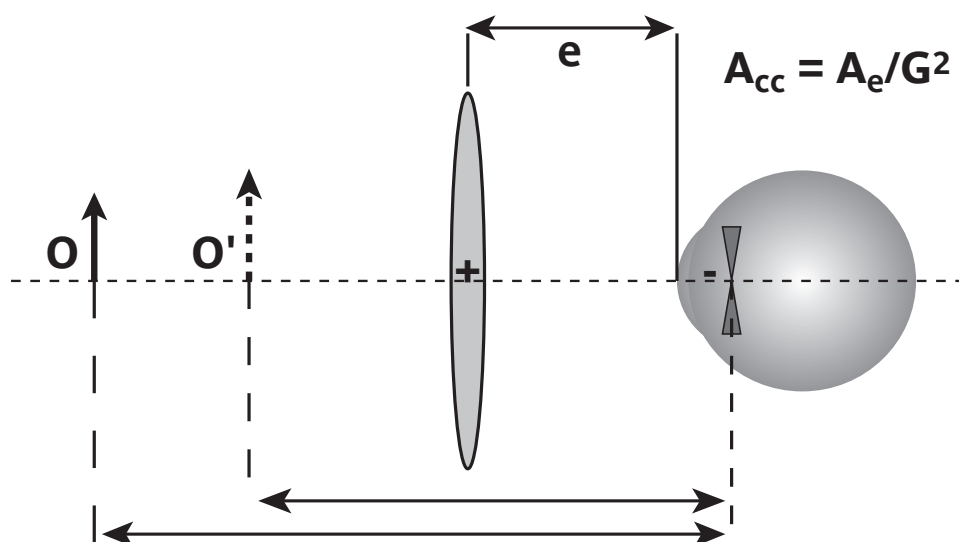


Fig 2. Effort et gain de l'œil hypermétrope d'après Diepes (1975).

faut en tenir compte pour la correction de la presbytie en cas d'hypermétropie forte et en cas d'anisohypermétropie (figure n° 5). Avec une lentille de contact, ce rapprochement est négligeable.

La dimension de l'image rétinienne est agrandie si l'hypermétropie est corrigée par un verre de lunettes; elle l'est d'autant plus que le verre est plus puissant et placé plus loin de l'œil; l'acuité visuelle s'en trouve améliorée. Avec une lentille de contact, l'image reste à peu près inchangée.

## LA MYOPIE

L'œil est myope lorsque sa longueur axiale est trop longue par rapport à la puissance de son dioptre ou la puissance de son dioptre trop forte par rapport à sa longueur axiale. Le punctum remotum est en deçà de l'infini, à une distance correspondant à l'inverse du degré de la myopie. Le punctum proximum, à âge égal, est plus rapproché en proportion que celui d'un œil emmétrope.

Pour l'œil myope il n'y a aucune compensation possible de sa myopie en vision de loin. L'acuité visuelle de loin sans correction est en apparence diminuée; en réalité, l'œil myope a une acuité visuelle potentielle, qu'il ne peut pas utiliser. Le punctum remotum (c'est-à-dire le point le plus éloigné où l'œil myope non corrigé a une acuité visuelle de 1.0) est à une distance de l'œil correspondant à l'inverse du degré de la myopie. En vision rapprochée, l'œil myope non corrigé aura besoin d'un effort accommodatif moindre qu'un œil emmétrope pour une même distance de fixation.

La correction totale de la myopie correspond à la lentille divergente la plus faible avec laquelle l'acuité visuelle de loin est maximale (figure n° 3).

En vision rapprochée, l'œil myope non corrigé est en permanence en situation de sous-accommodation. Corrigé par un verre de lunettes, il fait également un effort accommodatif moindre que celui que ferait un œil emmétrope pour voir net un objet placé à la même distance. En effet si l'on considère que son optique est trop puissante, qu'elle représente donc un défaut réfractif positif, celle-ci peut être assimilée à une lentille positive. Avec le verre de lunette placée devant l'œil, elle forme ainsi une lunette de Galilée inversée (figure n° 4). L'image de l'objet fixé sera de ce fait plus éloignée que l'objet lui-même. L'œil myope pourra donc moins accommoder, et ce d'autant plus que la myopie

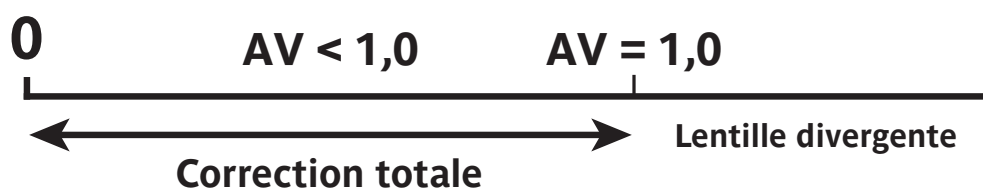


Fig 3. La myopie.

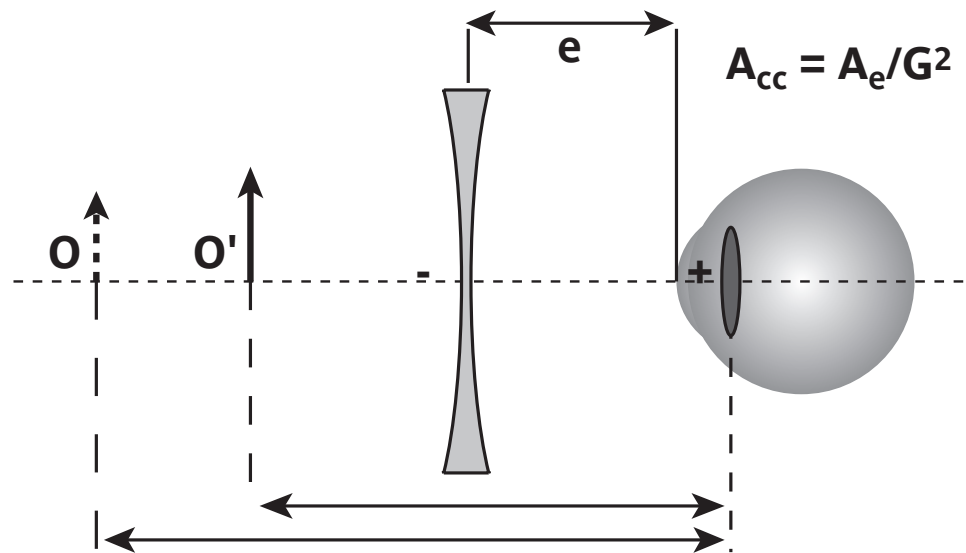


Fig 4. Effort et gain de l'œil myope d'après Diepes (1975).

est plus forte et que la distance œil verre est plus grande (figure n° 5). Avec une lentille de contact, cet éloignement de l'image devient négligeable.

La dimension de l'image rétinienne est diminuée si la myopie est corrigée par un verre de lunettes; elle l'est d'autant plus que le verre est plus puissant et placé plus loin de l'œil; l'acuité visuelle s'en trouve diminuée. Avec une lentille de contact, l'image reste à peu près inchangée; c'est pourquoi l'acuité visuelle des myopes est meilleure avec des lentilles de contact qu'avec des lunettes.

### L'ASTIGMATISME

L'œil est astigmatique lorsque la puissance de son dioptre varie selon le méridien. Si l'astigmatisme est régulier, les méridiens, ou axes de l'astigmatisme, correspondant respectivement à la puissance réfractive minima et à la puissance réfractive maxima sont perpendiculaires l'un par rapport à l'autre. Ils peuvent être verticaux et horizontaux, ou tous les deux obliques.

Lorsque le méridien vertical est plus réfringent, c'est-à-dire moins hypermétrope ou plus myope, que le méridien horizontal, on dit que l'astigmatisme est conforme à la règle. Lorsqu'au contraire, le méridien vertical est moins réfringent, c'est-à-dire plus hypermétrope ou moins myope, que le méridien horizontal, on dit que l'astigmatisme est inverse à la règle. Lorsque les axes de l'astigmatisme sont obliques, on dit que l'astigmatisme est oblique.

L'un des méridiens peut être emmétrope et l'autre hypermétrope ou myope; on parle alors d'un astigmatisme hypermétropique ou myopique simple. Lorsque les deux méridiens sont soit hypermétropes, soit myopes, on parle d'astigmatisme hypermétropique ou myopique composé. Lorsque l'un des méridiens est hypermétrope et l'autre myope, on parle d'astigmatisme mixte.

Lorsque les courbures cornéennes sont régulières, c'est-à-dire que l'astigmatisme est régulier, mais que les deux axes ne sont pas perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, on dit que l'astigmatisme est bi-oblique. On ne parle d'astigmatisme irrégulier que lorsque les courbures de chaque méridien sont irrégulières.

Un faisceau de rayons parallèles traversant un système optique astigmatique se focalise sur deux lignes focales perpendiculaires l'une par rapport à l'autre; celle correspondant au méridien le plus réfringent est plus proche du système optique

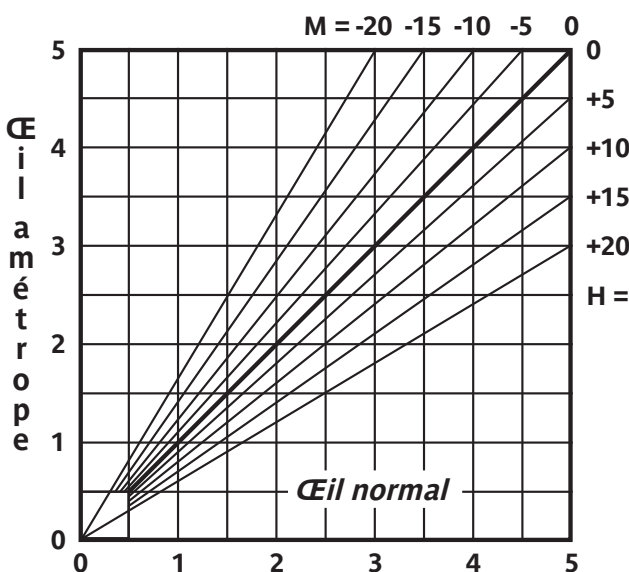
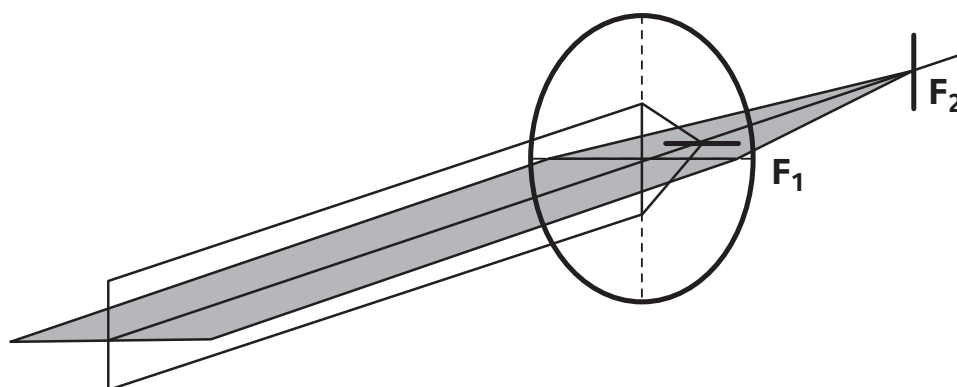


Fig 5. L'efficacité accommodative.



**Fig 6.** Accommodation et astigmatisme :  
accommodation compensatoire sur la focale verticale  $F_2$ .

et perpendiculaire à ce méridien ; celle correspondant au méridien le moins réfringent est plus éloignée du système optique et également perpendiculaire à ce méridien (figure n° 6).

Lorsque l'astigmatisme est léger, l'œil astigmatique non corrigé cherche à tirer le meilleur profit de sa situation. Il privilégie, s'il le peut, les lignes verticales qui tiennent une place prépondérante dans notre environnement pour parvenir à une acuité visuelle subnormale ; il peut, par exemple, recourir à un surcroît d'accommodation en cas d'astigmatisme hypermétropique et conforme à la règle, ou utiliser le méridien horizontal même s'il est le plus myope en cas d'astigmatisme myopique pour la vision de près. Cet effort explique les troubles dont se plaint le patient (douleurs oculaires, asthénopie, rougeur oculopalpébrale etc.). Lorsque l'astigmatisme est marqué, aucune compensation n'est possible ; le patient se plaint de mal voir ; ce serait un mauvais service à lui rendre que de sous-corriger cet astigmatisme, car on serait ramené au cas de l'astigmatisme léger avec le cortège de troubles indiqués ci-dessus.

La correction totale de l'astigmatisme correspond au cylindre le plus faible donnant la meilleure acuité visuelle.

## **L'ANISOMÉTROPIE ET L'ANISÉÏCONIE**

Pour conclure, quel doit être la différence de réfraction entre les deux yeux pour que l'on puisse parler d'anisométrie ? En pratique, on parle d'anisométrie lorsque celle-ci provoque des troubles visuels.

Une anisométrie de 0,25  $\Delta$  provoque une aniséïconie de 0,50 %. L'aniséïconie reste tolérable jusqu'à 5 %, ce qui place la limite de l'anisométrie à 2,5  $\Delta$ .

En réalité, cette question est à la fois plus complexe et plus simple. L'aniséïconie dépend d'abord de la différence de dimension des images rétiniennes. Mais cette différence peut être tempérée par la différence de densité des photorécepteurs ; si cette densité est plus faible, en cas de myopie marquée, par exemple, l'image rétinienne, bien que plus grande, n'excitera pas un nombre sensiblement plus élevé de photorécepteurs. Et finalement, le cerveau va apprendre à interpréter les messages différents en provenance des deux yeux comme des messages de même dimension.

Ainsi, un enfant qui, dès son plus jeune âge, s'est adapté à son aniséïconie, ne sera-t-il jamais gêné par elle. Mais il le sera pour son plus grand malheur, si au cours de son existence, on devait s'aviser de corriger cette aniséïconie. Tout changement de l'iséïconie à l'aniséïconie ou de l'aniséïconie à l'iséïconie peut entraîner des troubles visuels irréversibles.

N'oublions jamais que la vision est binoculaire !



# ACCOMMODATION ET EXAMEN ORTHOPTIQUE

*Nicole Jeanrot*

## **INTRODUCTION**

La majorité des troubles visuels ont à des degrés divers une composante accommodative hormis les paralysies oculomotrices ou les paralysies de fonction.

Quelle peut être la part accommodative dans les divers déficits oculomoteurs ou ceux de la vision binoculaire, à savoir l'insuffisance de convergence, l'asthénopie accommodative, les hétérophories, et les différents types de strabismes ?

Rappelons que l'élément de base dans l'examen de tout déséquilibre est la réfraction objective et subjective le plus souvent pratiquée sous cycloplégique.

## **EXAMEN ORTHOPTIQUE**

Dans le cadre de l'examen orthoptique la recherche d'une composante accommodative se pratique par le test de l'écran unilatéral puis alterné, ceci successivement sans et avec correction.

Dans ces différentes situations la déviation est mesurée avec des prismes.

Toute variation à l'écran unilatéral ou alterné et toute modification avec et sans correction peut faire penser à la présence d'une part accommodative.

Cet examen qui comprend également l'étude de la motilité et du PPC doit être complété suivant le cas par :

- La recherche du punctum proximum d'accommodation - le parcours d'accommodation ;
- L'observation aux écrans translucides et au test de l'éblouissement.

## **DÉFICITS OCULOMOTEURS OU SENSORIELS ET COMPOSANTE ACCOMMODATIVE**

Quels sont les déficits oculomoteurs ou sensoriels qui présentent une composante accommodative ?

### **L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE PURE**

À l'examen l'insuffisance de convergence pure, non liée à une hétérophorie, présente une orthophorie de loin et une légère exophorie de près dite « exophorie physiologique ».

Il n'existe pas de variabilité au test de l'écran.

On note un simple déficit des vergences, notamment de l'amplitude de fusion en convergence. L'insuffisance de convergence pure ne comporte pas de composante accommodative.

Les causes déclenchantes, sont souvent une fatigue générale, des mauvaises conditions de travail, parfois des problèmes psychologiques.

L'insuffisance de convergence réagit très bien au traitement orthoptique.

### **L'ASTHÉNOPIE ACCOMMODATIVE**

L'examen orthoptique ne montre pas d'hétérophorie mais est caractérisé par un parcours d'accommodation réduit avec un punctum proximum éloigné.

L'asthénopie accommodative présente les mêmes signes fonctionnels que l'insuffisance de convergence. De plus, le sujet se plaint souvent de gêne dans le passage de la vision de loin à la vision de près. Il semble exister une lenteur d'accommodation ou mauvais ajustement ou « viscosité des vergences ». On note parfois une baisse de l'amplitude de fusion.

Dans le cas de ces troubles accommodatifs il faut impérativement revoir la réfraction sous cycloplégique et compléter parfois par un traitement orthoptique.

### **LES ÉSOPHORIES**

L'examen doit toujours être pratiqué avec et sans correction et à l'écran unilatéral ou alterné, pour juger d'éventuelles variations.

Il existe 2 types d'ésophorie que seul l'examen de la réfraction sous cycloplégique peut différencier :

- L'ésophorie accommodative ;
- La position de repos anormale.

Dans le premier cas l'examen sous cycloplégique fera ressortir une hypermétropie latente. Le seul traitement est alors le port de correction.

Dans le deuxième cas, un traitement orthoptique prudent peut aider. Mais dans l'ensemble ces traitements ne donnent pas de bons résultats et on en arrive parfois à une prismation.

### **LES EXOPHORIES**

De même l'examen doit être pratiqué avec et sans correction, en dissociation minimum puis maximum avec recherche de la possibilité et de la qualité de la restitution.

Il existe également 2 types d'exophorie :

- L'exophorie accommodative, c'est le cas des sujets myopes. Rentrent également dans ce cadre, les exophories dites « prémyopiques » que l'on constate chez certains enfants au départ hypermétropes et dont la réfraction se modifie jusqu'à l'installation d'une myopie.
- L'exophorie provenant d'une position de repos anormale mal compensée par une amplitude de fusion déficiente.

Dans le premier cas, la correction totale doit être portée, aussi bien dans les myopies que dans les hypermétropies importantes.

Un traitement orthoptique rétablissant une bonne amplitude de fusion aidera dans tous les cas.

Si nous considérons les strabismes, la part accommodative est extrêmement variable suivant le type de strabisme. Elle peut en être la cause primordiale ou simplement une composante.

L'examen comprend comme dans tout déséquilibre oculomoteur :

- Le test de l'écran unilatéral et alterné, ceci avec et sans correction ;
- L'étude de la déviation dans ces différentes situations ;
- L'étude de la motilité.

Il devra être complété par la recherche de la modification de l'angle sous écrans translucides et à l'éblouissement.

Il arrive en effet que l'angle disparaisse ou diminue sous écrans translucides ou à l'éblouissement. Avec ces tests la motilité perturbée peut devenir normale, il existait donc des « faux syndromes alphabétiques » et de « fausses hyperactions » secondaires à la déviation horizontale.

On retrouve ces réactions dans les strabismes accommodatifs, mais également dans des spasmes de convergence non accommodatifs.



## **LES ÉSOTROPIES ACCOMMODATIVES**

Les strabismes accommodatifs purs font partie des strabismes d'angle variable, avec disparition totale de la déviation avec correction ou examinés aux tests de détente. La motilité est alors normale.

Le traitement consiste en la correction optique totale, vérifiée périodiquement sous cycloplégique. La vision binoculaire étant normale, il est possible par un traitement orthoptique d'augmenter l'amplitude de fusion si elle est limitée.

Dans le cas des strabismes accommodatifs avec angle résiduel de près, une surcorrection soulageant l'accommodation de près permet souvent la réduction de l'angle résiduel. Prescrite en verres progressifs, cette surcorrection est bien supportée.

Les strabismes accommodatifs partiels, réagissent à la correction optique en fonction de l'importance de la part accommodative, la déviation restante constitue la part statique ou anatomique.

## **LES ÉSOTROPIES AVEC PARTICIPATION ACCOMMODATIVE MINIME**

Les spasmes de convergence, ou excès de convergence, bien que faisant partie des angles variables, n'ont pas ou peu de composante accommodative.

Les ésotropies précoces ou « congénitales », dont la part accommodative est le plus souvent minime.

De même, les ésotropies tardives normosensorielles, avec part accommodative pratiquement absente paraissent avoir pour étiologie une ésophorie décompensée.

Cependant dans tous les cas, la correction optique totale doit être prescrite.

## **LES EXOTROPIES**

Les exotropies présentent souvent à l'examen un angle variable, suivant les situations avec ou sans correction, écran unilatéral ou alternée et suivant les possibilités de compensation fusionnelle.

La restitution doit toujours être recherchée et peut permettre un traitement orthoptique.

L'étiologie est parfois accommodative, notamment dans les myopies qui doivent être corrigées correctement. L'exotropie peut, dans d'autres cas, être provoquée par la décompensation d'une exophorie sans part accommodative. Les exotropies constantes ont peu ou pas de part accommodative.

Tout bilan orthoptique doit comporter, quel que soit le cas, hétérophories ou strabismes, la recherche de la part accommodative. Aucun bilan orthoptique ne peut être pratiqué sans réfraction et le plus souvent sans réfraction sous cycloplégique, même chez l'adulte.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. N. Jeanrot & F. Jeanrot: Manuel de strabologie pratique. Aspects cliniques et thérapeutiques. Masson Paris, Ed., 1994.
2. A. Spielmann: Les strabismes. De l'analyse clinique à la synthèse chirurgicale. Masson, Paris, Ed., 1989.



# LES RAPPORTS ACCOMMODATION & CONVERGENCE ACCOMMODATIVE

*Dominique Thouvenin*

## **INTRODUCTION**

Les rapports entre accommodation (A) et convergence accommodative (CA) régulent l'ensemble du système de vision dans l'espace fini. Leur compréhension est fondamentale dans l'analyse et le traitement des strabismes. Il faut toujours être capable, dans l'analyse d'une hétérophorie, de retrouver ce qui revient à une pathologie de l'accommodation et/ou de la relation accommodation/convergence accommodative. En effet, c'est probablement cette part que nous traitons le plus facilement, le moins agressivement, et le plus physiologiquement par la correction optique.

## **LA VISION DANS L'ESPACE FINI**

Les réactions du système visuel lors de la vision dans l'espace fini, ou synchronisation de la vision de près, comportent une triade de réactions physiologiques : d'une part un réflexe d'accommodation, d'autre part une convergence des axes visuels et enfin un myosis.

## **L'ACCOMMODATION**

L'accommodation est un réflexe ciliaire à la sensation de flou visuel. La contraction du muscle ciliaire provoque un bombement de la partie axiale du cristallin augmentant ainsi son pouvoir réfringent. Nous ne discuterons pas ici de son mécanisme physiologique.

L'accommodation dépend de la distance de fixation et de l'amétropie :

- $A = 1/D + Am$  ;
- D est la distance de fixation en mètre ;
- Am l'amétropie en dioptries.

L'amétropie du patient ou l'amétropisation par interposition de verres correcteurs influent sur l'accommodation. L'hypermétropie non corrigée ou l'interposition de verres concaves stimulent l'accommodation. La myopie ou l'interposition de verres convexes détendent l'accommodation. Ceci explique qu'on ne puisse évaluer correctement l'accommodation et ses conséquences que dans un état d'emmétropie.

La perte d'accommodation d'origine périphérique que l'on retrouve par exemple dans la presbytie, dans l'aphakie, mais aussi après instillation d'agent pharmacologique cycloplégique, supprime la faculté d'accommoder mais non l'incitation accommodative (Quéré) et toutes ses conséquences notamment sur la convergence. Par exemple, un aphake peut avoir des troubles de la convergence accommodative lors d'efforts de vision de près.

L'anisométrope accommode en fonction de l'œil dominant.

## LE MYOSIS

Le myosis à la vision de près est une réaction lente et tonique, qui se maintient durant toute la vision de près et diminue lentement au passage en vision éloignée. Il dépend isolément autant de la convergence (apparaît aussi bien chez le myope non corrigé que chez le presbyte corrigé), que de l'accommodation (solicitation de l'accommodation tout en neutralisant la convergence par des prismes). Il est symétrique même en cas d'amblyopie. Il a un rôle sur la profondeur de champ.

## LES CONVERGENCES EN PHYSIOLOGIE

Les vergences sont des mouvements oculaires disjoints par opposition aux versions dans lesquels les axes visuels restent parallèles. Les vergences rompent le parallélisme des axes visuels et permettent ainsi l'exploration de l'espace fini. Ce sont surtout les convergences qui nous intéressent, permettant de passer du parallélisme des axes visuels en vision à l'infini, à un rapprochement de ceux-ci pour la vision de près. Plusieurs mécanismes de convergence interviennent. Ces mécanismes physiologiques ont été bien étudiés par Maddox. L'origine des strabismes est toujours liée à une anomalie des vergences. Dans l'idéal, on devrait pouvoir retrouver quel(s) mécanisme(s) est (sont) défaillant(s) devant chaque cas d'hétérophorie.

### LA CONVERGENCE TONIQUE

La convergence tonique ou « tonus oculogyre » est le tonus de base des vergences. Il varie en fonction de nombreuses afférences d'origine neurologique, vestibulaire, proprioceptive et sensorielle. Il varie aussi avec l'âge, le stress... Son anomalie est responsable des phories, déviations heureusement le plus souvent latentes. La vergence tonique est rarement « normale » on peut d'ailleurs se demander si elle peut seulement être normale, puisqu'elle est par essence variable. L'orthophorie vraie existe-t-elle ?!

### LA CONVERGENCE FUSIONNELLE

La convergence fusionnelle est le mécanisme qui pallie aux imperfections de la convergence tonique afin de garder nos yeux en position de fixation binoculaire. On la mesure par l'amplitude de fusion. C'est elle qui « contient » les à coups et les déséquilibres des autres vergences. La rupture de la fusion transforme une phorie en tropie.

### LA CONVERGENCE ACCOMMODATIVE

La convergence accommodative est le mécanisme de convergence couplé à l'accommodation, déclenchée par une « incitation accommodative » et non par l'accommodation elle-même.

### LA CONVERGENCE PROXIMALE

Est liée à la prise de conscience de la proximité d'un objet. Cette convergence peut être responsable de spasmes en convergence d'origine non accommodative.

## LA CONVERGENCE ACCOMMODATIVE (CA) ET LE RAPPORT CA/A

### CARACTÉRISATION DE CA ET DU RAPPORT CA/A

La convergence accommodative est obligatoirement stimulée conjointement à l'accommodation, lors de la syncinésie accommodation/convergence. La convergence accommodative est nulle lorsque l'emmétrope fixe à l'infini sans accommoder. Une amétropie non corrigée ou l'interposition de verres correcteurs interfèrent donc sur la convergence accommodative par le biais de l'accommodation.

La convergence accommodative est stimulée proportionnellement à l'accommodation requise pour fixer un objet dans l'espace fini. Elle est donc proportionnelle à la distance de l'objet fixé, le centre de rotation des globes étant assimilé au centre pupillaire.

- $CA = 1/D$  en *angle métrique (am)* ;

- **CA = EIP/Δ en dioptries prismatiques (Δ), ou règle de Prentice.**

Où D est la distance de fixation en mètre (comme pour la mesure de l'accommodation) et EIP l'écart interpupillaire en cm.

L'expression de CA en angle métrique permet de comparer CA et A facilement notamment sur les classiques diagrammes de Donders. Mais il s'agit d'une valeur monoculaire et ne tenant pas compte de l'écart interpupillaire qui varie pourtant d'un sujet à l'autre: un adulte converge beaucoup plus pour fixer un objet à 33 cm qu'un bébé de 9 mois.

C'est pourquoi l'expression en dioptries prismatique est la plus utilisée, car elle exprime une notion binoculaire, tenant compte de l'excentrement de chaque œil, et mesurable facilement avec des prismes isolés ou en barre de prismes superposés.

Le lien accommodation/convergence accommodative est exprimé par le rapport **CA/A** qui exprime la quantité de convergence accommodative provoquée par 1 dioptrie d'accommodation.

La relation entre les deux est une droite à 45° sur les diagrammes de Donders, si CA est exprimée en am. Une accommodation de 1 Δ provoque une convergence de 1 am de chaque œil, CA/A = 1 dans ce système d'unité peu utilisé en clinique.

Si l'on s'exprime en dioptries, 1 dioptrie d'accommodation provoque 1xEIP de CA binoculaire (en dioptrie):

Si EIP = 5,5 cm, CA = 5,5 CA/A = 5,5 dioptries de CA par dioptrie d'accommodation.

C'est l'expression de CA/A la plus utilisée en clinique, car facilement mesurable et exprimant une convergence binoculaire tenant compte de l'EIP.

### **ANOMALIES DE CA, DE A ET DES VERGENCES**

On peut maintenant raisonner sur les conséquences des rapports de CA et A sur l'équilibre oculomoteur, tout cela de manière très théorique:

#### **SI LA VERGENCE TONIQUE EST « NORMALE »**

Le sujet est en « orthophorie tonique ».

#### **SI LE SUJET EST EMMÉTROPE, AVEC UN RAPPORT CA/A NORMAL**

On est dans l'état d'**orthophorie accommodative**:

- De loin, il existe une orthophorie avec un repos accommodatif;
- De près, l'accommodation permet une vision nette. Seule CA intervient pour faire croiser les deux axes visuels sur l'objet. En théorie, la convergence fusionnelle n'intervient pas.

#### **UNE AMÉTROPIE NON CORRIGÉE**

Elle entraîne une stimulation inadaptée de la CA, on est alors en situation d'**hétérophorie accommodative réfractive**:

- Un hypermétrope est en *ésophorie accommodative*;
- Un myope est en *exophorie accommodative* en deçà du punctum remotum.

La correction optique corrige totalement la phorie.

#### **UN RAPPORT CA/A PERTURBÉ**

Provoque une convergence inadaptée à un effort réfractif donné (en dehors de tout problème d'amétropie). On est en présence d'une **hétérophorie accommodative non réfractive**. Il peut s'agir

- D'un rapport CA/A élevé et on observe alors *une ésophorie accommodative de près*;
- Ou d'un rapport CA/A trop bas et on observe alors *une exophorie accommodative de près*.

#### **SI LA VERGENCE TONIQUE EST ANORMALE**

On est dans un état « d'hétérophorie tonique ».

#### **EN CAS D'EMMÉTROPIE ET DE RAPPORT CA/A NORMAL**

On est en présence d'une hétérophorie « tonique » sans aucun facteur accommodatif associé. La correction optique est sans objet. L'addition de

près calme de manière imprévisible et instable les spasmes toniques de près (incomitance loin-près d'origine tonique, ou liée à la convergence proximale). C'est aussi la situation des strabismes innervationnels portant la correction totale de leur amétropie.

#### **IL EXISTE LE PLUS SOUVENT UNE AMÉTROPIE ET/OU UNE ANOMALIE DE CA/A ASSOCIÉE**

On est alors en présence d'une **hétérophorie d'origine mixte, tonique et accommodative**. Il est évident qu'il faut corriger ce que l'on peut corriger, donc la part accommodative pour ne laisser qu'une phorie tonique et revenir au cas sus-jacent.

#### **RÔLE DE LA FUSION**

La fusion, dont la force est appréciée par l'amplitude de fusion, a un rôle fondamental puisqu'elle peut contenir à l'état latent un déséquilibre des vergences.

#### **EN CAS D'HÉTÉROPHORIE ACCOMMODATIVE PURE**

- Les hétérophories accommodatives, qu'elles soient réfractives ou non, sont très fréquentes. Elles sont le plus souvent « tenues » par la fusion. Elles sont responsables d'une grande quantité de troubles fonctionnels dominés par le **syndrome d'asthénopie accommodative**. Les symptômes sont alors totalement guéris par le port de la CO.
- Parfois la situation se complique : la fusion peut être dépassée et on se retrouve devant une **tropie accommodative**. Cette tropie est corrigée totalement par la correction de l'amétropie s'il s'agit d'une **tropie accommodative réfractive**. Si une anomalie de CA/A est associée, il persistera une déviation de près, corrigée par une addition optique. Il s'agit alors d'une **tropie accommodative non réfractive**.

#### **EN CAS D'HÉTÉROPHORIE MIXTE, TONIQUE ET ACCOMMODATIVE**

Celle-ci reste **latente** si la fusion peut la compenser. C'est le cas de la majorité des hétérophories en CRN.

Elle devient **permanente** si la fusion est débordée (tropie ou phorie tropie en CRN par exemple) ou si la fusion est absente (tropie en CRA).

Encore une fois, la correction du facteur accommodatif et éventuellement du dérèglement de CA/A est importante pour ne laisser qu'un dérèglement tonique.

#### **MESURE DE CA/A**

La mesure du rapport CA/A est utile en clinique, mais il faut bien connaître les limites des méthodes employées.

#### **LA MÉTHODE DE L'HÉTÉROPHORIE**

Simple et clinique, mais elle fait intervenir des phénomènes non accommodatifs qui doivent rendre prudent dans l'interprétation des résultats et multiplier les mesures. Elle se base sur la formule :

$$CA/A = EIP + (HI - Hp) / A.$$

Les mesures sont effectuées sur un patient emmétrope ou emmétropisé par sa correction optique.

HI (hétérophorie mesurée de loin) et Hp (hétérophorie mesurée de près) en dioptries, sont positifs si ésoptropie, négatif si exoptropie.

La norme est de 2,5 à 5.

#### **LA MÉTHODE DU GRADIENT**

Elle est probablement la plus fiable.

Elle est réalisée chez un patient portant sa correction optique totale et fixant en vision de loin. On stimule progressivement l'accommodation toujours en fixant de loin par interposition de verres concaves.

On mesure l'hétérophorie et le niveau accommodatif. Le rapport CA/A est donné par la formule :

$$CA/A = H2 - H1/D.$$

D est le degré d'accommodation en dioptries nécessaire pour passer de 1 à 2.

Ex:

- H1 : mesure de la déviation en fixation à l'infini avec accommodation nulle = 20 Δ;
- H2 : mesure de la déviation en fixation à l'infini avec verre concave de -3 Δ = 30 Δ;
- Δ = 3 (3 dioptries d'accommodation entre les deux situations);
- CA/A = (30 - 20)/3 = 3,33.

Pour fiabiliser la mesure, on peut utiliser des mesures multiples en stimulant progressivement l'accommodation par interposition de verres correcteurs concaves de force croissante tout en faisant fixer à l'infini, ce qui éliminerait les phénomènes de convergence proximale.

## **LES HÉTÉROPHORIES ACCOMMODATIVES**

### **LES HÉTÉROPHORIES ACCOMMODATIVES RÉFRACTIVES**

#### **LES AMÉTROPIES NON CORRIGÉES ET LES HÉTÉROPHORIES D'ORIGINE ACCOMMODATIVE**

##### **HYPERMÉTROPIE**

Elle réalise une stimulation permanente de l'accommodation, donc une stimulation permanente de la convergence accommodative.

Les limites avec la normalité sont étroites puisque toute hypermétropie est responsable d'une stimulation de l'accommodation et de la CA, or, l'emmétropie étant rare, ces troubles sont très fréquents. On ne considère la situation comme pathologique, donc à traiter, que s'il existe une symptomatologie fonctionnelle ou, chez l'enfant, un risque de dégradation ou d'entrave au développement visuel.

- L'effort accommodatif est plus ou moins supporté, responsable d'un degré variable d'*asthénopie accommodative*.
- Si la fusion permet de compenser le trouble, on est en *ésophorie accommodative*.
- Si la fusion est débordée, apparaît une *ésotropie accommodative*.

**La correction optique ramène toujours dans un état « d'orthophorie accommodative ».**

En cas d'hypermétropie forte non corrigée, le patient peut choisir de rester dans le flou avec une hypo accommodation et hypo convergence accommodative. Le rapport CA/A est en général effondré ainsi que l'acuité visuelle.

##### **MYOPIE: « LE DILEMME DU MYOPE »**

Le myope non corrigé est en état d'hypo-accommodation de près, il y a donc une stimulation insuffisante de CA, ce qui provoque une *exophorie accommodative de près*.

Si le myope reste non corrigé, il y a une modification progressive de CA/A.

En cas de port tardif de la correction, l'accommodation est de nouveau stimulée mais provoquera une réaction excessive de CA, ce qui fera paraître une *ésophorie accommodative*.

Il est donc important que les myopes portent leur correction tant en vision de loin qu'en vision de près afin de laisser agir les phénomènes physiologiques d'accommodation/convergence accommodative.

##### **LES ÉSOTROPIES ACCOMMODATIVES PURES**

Il s'agit le plus souvent d'une hypermétropie avec fusion déficiente. Le début est noté vers 2 à 3 ans, mais il peut aussi survenir plus tôt ou encore beaucoup plus tard, chez l'adulte. La déviation apparaît progressivement, accompagnée de signes fonctionnels qui peuvent être une diplopie mais aussi

des signes d'asthénopie. La déviation devient permanente avec, chez l'enfant, neutralisation puis dégradation de la vision binoculaire.

Le traitement est réalisé par correction totale de l'amétropie vérifiée à plusieurs reprises par cycloplégique. Ce traitement entraîne une orthophorie accommodative tant de loin que de près. La correction optique est donnée le plus souvent par lunettes, mais aussi par lentilles de contact. La chirurgie réfractive peut être envisagée en fonction des possibilités à partir de l'âge adulte. La chirurgie musculaire du strabisme est contre-indiquée puisque la guérison est obtenue par le port de la correction optique. La seule exception peut être la discussion de la mise en place d'un ancrage postérieur pour limiter les spasmes chez un adulte désireux de retirer occasionnellement ses lunettes. Par contre la réalisation d'une chirurgie classique de recul résection est bien entendu contre-indiquée puisqu'elle expose à une divergence lorsque le patient remettra sa correction optique.

Toutes ces situations sont bien illustrées par les cas cliniques suivant :

- Une fille de 8 ans, curieuse, perfectionniste, méticuleuse, présente une ésoptropie depuis l'âge de 3 ans : Et35, E't35. La skiascopie montre une hypermétropie de +5  $\delta$  dont la correction totale par lunettes la remet en orthophorie avec vision binoculaire normale.
- Son frère, âgé de 6 ans n'a pas de strabisme mais une baisse visuelle scolaire : 0,4 ODG. La skiascopie montre une hypermétropie de +5  $\delta$ . La correction est prescrite mais l'acuité remonte lentement. Cet enfant passif, facilement dans la lune converge très mal avec CA/A # 0... Il était en état d'hypo-accommodation et normalisera progressivement son accommodation avec le port des lunettes.
- Une femme de 25 ans présente une ésoptropie ancienne corrigée par lunettes. Lorsqu'elle retire ses lunettes, elle voit correctement mais se plaint de diplopie. La chirurgie lui est proposée comme alternative au port de la correction optique. La patiente est opérée 6 mois avant la consultation actuelle et ne se plaint plus de diplopie sans lunettes depuis l'intervention. Par contre, est apparu un syndrome d'asthénopie sévère qui est calmé par le port des lunettes... Avec lesquelles elle diplope maintenant!.. La skiascopie retrouve une hypermétropie de +4,50  $\delta$  aux deux yeux. L'examen montre une orthotropie sans correction et une exophorie tropie de 20 dioptries avec la correction... La seule solution sera de lui faire porter sa correction et de programmer une réintervention après stabilisation de cette exotropie iatrogène.

En résumé de ce chapitre, il faut retenir qu'une hypermétropie symptomatique, tant sur le plan visuel que binoculaire, doit être corrigée.

En l'absence de tout signe clinique ou fonctionnel la fratrie des enfants porteur de strabisme accommodatif doit être examinée. Si une hypermétropie supérieure à 3 dioptries est découverte, l'équipement optique doit être proposé en prévention de l'apparition d'un strabisme accommodatif. En dessous de 3 dioptries, une surveillance clinique est suffisante.

### **LES STRABISMES PARTIELLEMENT ACCOMMODATIFS**

Il s'agit d'éso ou exotropie avec neutralisation et correspondance rétinienne anormale (parfois CRN). La skiascopie montre une amétropie variable. Le port de la correction optique montre une réduction de l'angle de strabisme, mais sans guérison totale.

Il s'agit du cas le plus fréquent rencontré en strabologie. En effet, il existe presque toujours une part accommodative dans les strabismes, mais sans que le port de la correction ne les guérisse totalement. Cette part est la seule que l'on puisse traiter facilement et il s'agit d'ailleurs d'une des bases indiscutables du traitement médical des strabismes. La part restante du strabisme est liée au déséquilibre central « tonique » et éventuellement à des anomalies musculaires anatomiques associées.

Certains patients adultes arrivent à influencer et masquer artificiellement une partie de leur strabisme en contrôlant volontairement leur accommodation : en stimulant l'accommodation en cas d'exotropie, ou en la neutralisant dans



une ésoptropie, le résultat visuel dépendant de leur amétropie et du port ou non de la correction.

### **LES HÉTÉROPHORIES ACCOMMODATIVES NON RÉFRACTIVES**

Ce sont des strabismes accommodatifs par anomalie du rapport CA/A.

La convergence accommodative répond de manière inadéquate à un stimulus accommodatif donné par excès si CA/A est élevé ou par insuffisance si CA/A est trop bas.

La mesure de l'angle de près doit être faite en montrant un optotype et non une lumière afin de bien stimuler l'accommodation, et en position primaire afin de ne pas confondre une incomitance loin/près avec un syndrome alphabétique.

#### **LES ÉSOTROPIES ACCOMMODATIVES AVEC EXCÈS DE CONVERGENCE**

Il s'agit de strabisme pour lesquels l'angle de près en stimulant l'accommodation est plus important que celui de loin. La correction optique ramène en orthotropie de loin s'il s'agit d'un strabisme accommodatif pur ou réduit simplement la déviation s'il s'agit d'un strabisme partiellement accommodatif.

Par contre, la déviation reste présente en vision de près. Cette déviation de près peut disparaître par une addition optique de +3 D, qui a pour effet de mettre au repos l'accommodation, donc la convergence accommodative. Certains patients contrôlent l'excès de convergence accommodative en n'accommodant que partiellement et restant volontairement dans le flou.

Le traitement consiste d'abord en une vérification de la skiascopie par une cycloplégie prolongée. Ceci est particulièrement important, notamment chez les adultes, car la simple sous-correction d'une hypermétropie peut simuler cette situation.

Le traitement le plus simple consiste à mettre en place de verres bifocaux ou progressifs. Les collyres myotiques classiquement utilisés sont déconseillés en raison de leurs effets secondaires lors d'utilisations prolongées.

Si l'on veut se passer des équipements bifocaux, on peut discuter de l'utilisation de la toxine botulique qui est très efficace sur les phénomènes spastiques mais expose à des récurrences et enfin et surtout, si l'anomalie est stable, du traitement chirurgical par ancrage postérieur au niveau des droits médiaux.

Il ne faut pas confondre l'excès de convergence accommodative avec :

- Le spasme tonique, qui est lié à un excès de convergence proximale. Il s'agit d'un spasme de près très variable et non stabilisé par l'addition d'un verre de +3 D.
- L'ésoptropie avec syndrome alphabétique en V : on peut à tort croire à une augmentation de l'angle de près en mesurant celui-ci en position de lecture et non en position primaire.

#### **L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE PAR CA/A TROP FAIBLE**

Il s'agit d'un cas plus rare. Il s'agit d'une exophorie ou tropie avec angle moins convergent de près.

Le traitement est orthoptique ou chirurgical.

Le traitement orthoptique est basé sur la rééducation de la convergence et de l'amplitude de fusion. On peut effectivement réduire la convergence de manière active mais cela ne change rien au rapport CA/A, cela permet de mieux la contrôler par un mécanisme non accommodatif. Certains proposent de réduire l'accommodation en réalisant des exercices accommodatifs (« rock accommodatif ») par stimulation alternative par des verres convexes et concaves en fixant un optotype de près. Weiss propose aussi une stimulation de l'accommodation par l'utilisation du stéréogramme.

La chirurgie vise à renforcer les droits médiaux, elle est réservée aux formes majeures, assez rarement d'origine purement accommodative.

### **LES SPASMES ACCOMMODATIFS**

Leur origine est inconnue. Les patients présentent une stimulation aiguë des mécanismes d'accommodation convergence. Si la fusion contient le trou-

ble, le patient se plaint d'une vision floue par myopisation avec asthénopie majeure. La correction de la myopie n'améliore que très peu la myopie qui continue à s'aggraver. On retrouve en général une ésoptropie associée. Si la fusion lâche, le patient se plaint d'une diplopie par ésoptropie spastique associée à une vision floue par myopisation spastique, avec myosis, tout cela simultanément. La survenue est brutale par crise ou d'apparition progressive. Un facteur psychogène, voire une hystérie, a souvent été évoqué.

Le diagnostic est posé par la guérison sous cycloplégie: celle-ci montre que la myopisation était en fait liée à un spasme du corps ciliaire. La mise au repos de ce spasme ciliaire entraîne directement ou indirectement une mise au repos de la convergence accommodative et donc une disparition de l'ésoptropie. Dans de rares cas, l'ésoptropie persiste, prouvant que le mécanisme pathogénique ne touche pas que l'accommodation mais bien la stimulation débridée de l'ensemble de la syncinésie de la vision de près.

Le traitement est réalisé par cycloplégie associée à des verres bifocaux. Nous avons eu l'occasion d'associer à ce traitement la toxine botulique dans des cas où l'ésoptropie persistait sous atropine ou récidivait à son arrêt, ce qui a permis de sevrer progressivement des cycloplégiques, mais tout en maintenant les bifocaux.

### **CONCLUSION**

En conclusion, on ne peut qu'insister sur l'importance de la correction optique dès qu'il existe une symptomatologie visuelle fonctionnelle et ou une hétéroptropie.

Si l'on obtient une orthotropie avec la correction optique, il s'agit d'une hétéroptropie accommodative réfractive pure.

Si une déviation de près persiste, neutralisée par une addition optique, il s'agit d'une perturbation du rapport CA/A.

Dans les autres cas, les plus fréquents, si la correction optique n'amène qu'une correction partielle du trouble, c'est qu'il existe un dérèglement tonique (ou anatomique) associé.

### **RÉFÉRENCES**

1. Péchereau A: Troubles oculomoteurs mineurs de la myopie forte. In: Mondon H, Metge P, La myopie forte. Rapport Soc. fr. ophtalmol., Masson, Paris, 1994, 219-224.
2. Quéré MA. Le traitement médical des strabismes. Et regarde attentivement éd. Nantes. 1990.
3. Quéré MA. Physiopathologie clinique de l'équilibre oculomoteur. Paris, Masson, 1983, 258p.
4. Spielmann A. Les strabismes. De l'analyse clinique à la synthèse chirurgicale. Paris, Masson, 1989, 262p.
5. Thouvenin D. Physiopathologie de l'accommodation et de la convergence. Cours du D.U. de strabologie. CHR de Nantes.
6. von Noorden GK. Nystagmus. In: Binocular vision and Ocular Motility (4th ed). Saint Louis: CV Mosby Company, 1990.

# « PRESBYTIE PRÉCOCE » & « VISCOSITÉ DES VERGENCES »

*Véronique Capart*

## **INTRODUCTION**

La « Presbytie précoce » et la « Viscosité des vergences » sont deux pathologies de l'accommodation responsables d'une symptomatologie très invalidante, contre laquelle il n'existe qu'un seul traitement et dont la physiopathologie est mal connue.

## **LA PRESBYTIE PRÉCOCE**

Lorsque Costenbader parle de « Presbytie précoce », il fait référence à un phénomène clinique : l'hypo-accommodation.

La presbytie précoce est sans rapport avec le résultat de l'évolution lente du vieillissement. La presbytie est physiologique, même lorsqu'elle apparaît avant l'âge de 45 ans sous l'influence de facteurs environnementaux.

Dans le cas présent, il s'agit d'une pathologie de l'accommodation qui se caractérise par une accommodation faible chez des sujets de moins de 40 ans. Ce phénomène est connu depuis fort longtemps.

Les premières descriptions de « l'Asthénopie accommodative » ont été faites par Donders en 1864.

Jackson qui avait établi les courbes d'amplitudes accommodatives aux différentes périodes de la vie en 1907, rappelait en 1922 que « la fatigue ou l'affaiblissement de l'accommodation existe et provoque des symptômes extrêmement rebelles et gênants, bien avant l'âge de la presbytie ».

## **SYMPTOMATOLOGIE**

L'hypo-accommodation est responsable d'une gêne en vision de près.

### **CHEZ L'ADULTE JEUNE**

L'adulte consulte pour « une fatigue visuelle, une gêne lors de la lecture » associée ou non à des céphalées frontales.

Certains patients décrivent une micropsie avec « impression de voir les objets petits ou éloignés ». Ces patients ont tendance à se rapprocher pendant la lecture pour essayer d'agrandir les caractères.

### **CHEZ L'ENFANT**

L'enfant parvenu à l'âge de l'apprentissage de la lecture présente une symptomatologie très invalidante.

Les difficultés lors de la lecture peuvent s'exprimer par :

- Une plainte ;
- Une contracture des muscles frontaux due à l'effort d'accommodation fourni ;
- Un manque de concentration.

## EXAMEN CLINIQUE

Un interrogatoire attentif suggère le diagnostic et oriente l'examen clinique vers :

- **Une mesure de l'acuité visuelle en vision de près** tout en observant le comportement du sujet (la lecture d'une page entière pourrait s'avérer nécessaire).
- **Une mesure du PPA** œil par œil et en binoculaire, se réfère à l'âge du patient.  
L'hypo-accommodation se caractérise par un PPA trop éloigné pour l'âge du patient.  
Une asymétrie accommodative peut exister, et à elle seule être responsable d'une « asthénopie accommodative ».
- **La mesure du rapport AC/A est facultative**, sa valeur est plutôt basse (sauf en cas d'excès de convergence due à l'effort d'accommodation fourni).
- **Un bilan oculomoteur.**  
Le bilan oculomoteur peut s'avérer normal, auquel cas le sujet est orthophorique.  
Lorsqu'il n'est pas normal, il met en évidence une ésoptropie plus importante en vision de près. Il s'agit d'un excès de convergence accommodative d'origine non réfractive (rapport AC/A élevé).  
L'association de cette ésoptropie et d'une hypo-accommodation porte le nom de « syndrome d'hypo-accommodation » décrit par Costenbader en 1958.
- **Une étude précise de la réfraction.**  
Une étude réalisée par Mühlendyck en 1985 a montré que dans l'ensemble, les vices de réfraction étaient peu importants et que les symptômes persistaient malgré le port constant de la COT. Il ne s'agissait donc pas d'une pseudo-insuffisance accommodative liée à une hypermétropie latente.  
Une sous-corrrection de l'hypermétropie est toujours un facteur aggravant.  
La réfraction sous cycloplégique est donc une mesure impérative.
- **Éliminer les causes d'hypo-accommodation acquise.**  
L'hypo-accommodation isolée est rare, il faudra donc éliminer les causes les plus fréquentes d'hypo-accommodations acquises, à savoir :
  - Un diabète,
  - Une maladie métabolique,
  - Une prise médicamenteuse.

## PHYSIOPATHOLOGIE

Plusieurs théories ont été proposées pour essayer de comprendre la physiopathologie de cette entité clinique, mais celle-ci reste mal connue.

## PRISE EN CHARGE THÉRAPEUTIQUE

Le traitement de la presbytie précoce est symptomatique et il dure toute la vie. La seule compensation du déficit est le port de verres progressifs ou bifocaux, prescrits sur la base d'une COT. Une addition de 3 dioptries est le plus souvent nécessaire pour assurer un confort visuel en vision de près.

Il semblerait que les myotiques ne puissent se substituer aux verres progressifs (Mühlendyck).

## LA « VISCOSITÉ DES VERGENCES »

La viscosité des vergences se caractérise par un allongement du temps d'accommodation et de désaccommodation.

Le patient décrit une vision floue lors du passage de la vision loin à la vision près et inversement :

**VL → VP + vision floue → temps d'accommodation ↗ ;**

**VP → VL + vision floue → temps de désaccommodation ↗.**

Lorsque le Pr Quéré parle de « Viscosité des vergences », il fait référence à une caractéristique électrooculographique.

L'enregistrement révèle un dérèglement cinétique par un allongement du temps de convergence et de divergence des deux yeux.

Cette symptomatologie est fréquemment associée à :

- Un PPA éloigné ;
- Une hypermétropie moyenne ou forte.

La seule compensation du déficit est le port de verres progressifs prescrits sur la base d'une COT.

**CONCLUSION**

L'étude du parcours accommodatif effectué œil par œil, permet de découvrir une hypo-accommodation qui simule chez le sujet jeune une presbytie prématurée, et responsable d'asthénopie très invalidante.

Compte tenu des symptômes très invalidants, spécialement chez l'enfant, on peut se demander si la mesure du PPA qui n'est effectuée de règle que chez le sujet âgé, ne devrait pas faire partie de la pratique courante comme le préconisait Jackson en 1922.



# ANOMALIES RÉFRACTIVES ET PHORIES

*De la normophorie à la pathophorie*

*Vincent Paris*

## **INTRODUCTION**

Le seul élément binoculaire qui est systématiquement pris en compte lors des cours évoquant la réfraction, est la correction de l'aniséiconie, parfaitement documentée dans ce cours par Charles Rémy. Paradoxalement, la plupart des auteurs ne voient que la différence de tailles des images visuelles pour limiter une prescription systématique de la correction optique totale.

Les réponses cliniques des patients nous obligent parfois à sous corriger, dans certains cas, l'anomalie réfractive. On évoque à ce propos la notion de correction optimale subjective. Personne ne semble s'être, à ce jour, systématiquement intéressé à rechercher les raisons qui poussent les patients à préférer une sous-corrrection dans certains cas. Nous pensons que la mesure systématique de l'équilibre phorique apporte des réponses simples et précises pour comprendre l'équilibre qui existe entre le bilan réfractif et le « confort fusionnel » du patient.

Ce chapitre introduit deux notions nouvelles :

- L'inclusion prismatique peut faire partie d'une prescription réfractive banale, sans qu'il soit nécessaire de prolonger longtemps l'examen.
- L'inclusion prismatique peut se révéler indispensable pour optimiser une réfraction binoculaire ou en cas d'emmétropie.

## **POSITION DU PROBLÈME ET HISTORIQUE**

Nous savons que l'apparition de symptômes asthénopiques, liés à la présence d'une hétérophorie, n'est pas proportionnelle à l'importance de cette phorie. Ce problème a été abordé dans les années cinquante par Ogle [6] et, à sa suite, par Crone [1] et Jampolsky [2]. Ces auteurs ont étudié, dans quelle mesure, un patient donné pouvait résister à des conditions expérimentales de stimulation de système de vergence de loin et de près. À l'aide de prismes de Risley, ils ont donc stimulé la convergence et la divergence, et ont étudié la qualité de la fusion à travers un dispositif simple, permettant de mettre en évidence une microdissociation des deux yeux, lorsque le sujet fusionne binoculairement une image située dans le plan frontal. Les tests utilisés permettaient de dissocier les yeux en utilisant des filtres polarisés. Chaque œil percevait une partie d'une petite ligne verticale. Ce dispositif de fixation est entouré de détails périphériques qui sont perçus binoculairement pour assurer une fusion péri-fovéolaire. Ils ont alors défini une notion qu'ils ont appelée « disparité de fixation ». On peut définir ce terme, comme : « l'angle de la déviation résiduelle des axes visuels, quand le sujet fixe et fusionne binoculairement une image située dans le plan frontal ». Dans de telles conditions, le désalignement des axes visuels est minime et ne dépasse guère 10 minutes d'angle.

Cette déviation ne peut donc être mise en évidence avec les méthodes d'examens habituels. Plusieurs auteurs ont essayé d'approcher cette notion, en qualifiant les anomalies, dites de disparité, comme des micro-anomalies binoculaires. Jampolsky a préféré une expression imagée, en comparant la disparité anormale avec « une fusion du bout des lèvres ».

Duke-Elder évoque la notion de « stress fusionnel » pour maintenir la fixation. Les conditions sensorielles que nous étudions se situent au sein d'une correspondance rétinienne normale.

La notion, définie par Ogle, de disparité de fixation est probablement une mauvaise terminologie, puisque la fixation est normale. Linksz [4] a évoqué la notion de disparité de fusion. Cette terminologie est probablement plus proche de la réalité.

Dans les années cinquante, les précurseurs de l'analyse de cette méthode, ont observé jusqu'à quel degré de stimulation les patients pouvaient maintenir leur fusion centrale (objectivé par une disparité nulle). Ils ont constaté qu'il n'y avait aucune proportion entre la valeur de la phorie créée et celle de la disparité. Ces travaux ont débouché sur l'observation de deux groupes principaux de patients : ceux qui arrivaient à maintenir une fixation bifovéolaire d'une très grande qualité, malgré la sollicitation importante du système des vergences ; et ceux qui étaient incapables de maintenir leur fusion après sollicitation. Ogle est le premier à avoir introduit une notion fondamentale : la quantification simple de l'hétérophorie est insuffisante pour la rendre responsable des symptômes asthénopiques d'un patient. Il prédispose à la notion développée plus tard par Jonckers, qui distinguait la *normophorie*, considérée comme une phorie sans symptôme, et l'hétérophorie, considérée comme une phorie symptomatique. Depuis quarante ans, des tests de disparité plus simples se sont multipliés mais ne sont utilisés que de façon marginale par les ophtalmologistes.

### **DISPARITÉ ANORMALE : CONSÉQUENCES PRATIQUES**

En 1958, Ogle proposait, déjà, d'utiliser une méthode plus simple pour pratiquer un dépistage plus systématique de ce type de patient et s'adresser aussi à des patients plus jeunes. Depuis ces travaux, l'application de la notion de disparité de fixation a été largement utilisée dans le milieu non médical des optométristes. Cette situation s'est notamment développée dans les pays où il y avait peu d'ophtalmologues et où la réfraction était confiée à des non-médecins. L'utilisation des tests de disparité a conduit à plusieurs dérives qui en ont discrédité l'utilisation. Demilière, à Lyon, en a fait un traitement miracle de la migraine. Malgré une méthodologie peu rigoureuse, il a tout de même obtenu des résultats assez surprenants chez certains patients, en utilisant des prismes de faible puissance.

Un autre courant d'idée, démarré au Portugal et prolongé en France, a utilisé le support de petits prismes pour traiter des anomalies de posture. Là aussi, la méthodologie était critiquable mais force était de constater que, dans certains cas, des résultats surprenants pouvaient être obtenus par la simple prescription de prismes de moins de 4 dioptries. En Suisse, l'usage des prismes par des optométristes irresponsables a entraîné une attitude de vigilance extrême des ophtalmologues vis-à-vis des traitements prismatiques « hors norme ».

L'introduction historique de ce chapitre peut paraître longue mais est nécessaire pour comprendre pourquoi, en l'an 2000, le monde ophtalmologique reste si réfractaire à l'utilisation des prismes dans le traitement de l'hétérophorie compensée.

Si l'on définit le concept de disparité anormale comme correspondant à un microtrouble fusionnel, il est logique d'imaginer qu'un petit trouble de fusion puisse être traité par de petits prismes. En jouant avec les mots, on peut formuler qu'un *microtrouble fusionnel* puisse entraîner une *macro-symptomatologie* diminuant ou disparaissant par un *microtraitement*.



## **HÉTÉROPHORIE SYMPTOMATIQUE : NOTIONS SIMPLES**

La première notion très simple, permettant de comprendre les plaintes d'un patient hétérophorique présentant un microtrouble fusionnel est de lui faire fermer un œil.

Cette notion classique de clignement est bien connue dans l'exophorie décompensée.

La stimulation rétinienne, par un excès de luminosité, en est un exemple classique. Il y a en effet deux moyens d'éviter les troubles visuels associés à un trouble de disparité :

- Supprimer l'effort fusionnel et accepter la diplopie (réaction pratique mais rare);
- Fermer un œil.

Beaucoup d'auteurs ont insisté sur le fait que le clignement n'était pas destiné à supprimer la diplopie. On joue ainsi sur les mots en décrivant tout de même un comportement « pré-diplopie ». Souvent ce réflexe de clignement est inconscient. Ce n'est qu'en portant leurs prismes que les patients se rendent compte qu'ils ne ferment plus un œil, pour lire par exemple.

Ce meilleur confort monoculaire est facilement mis en évidence lorsqu'on mesure l'acuité visuelle. Chez les patients orthophoriques l'acuité visuelle binoculaire est meilleure que l'acuité visuelle monoculaire. Chez certains patients hétérophoriques symptomatiques, c'est logiquement l'inverse.

Cette situation est liée au déséquilibre accommodatif qui est un corollaire permanent des troubles fusionnels. Le flou rétinien et l'adaptation des vergences sont des systèmes qui s'ajustent en permanence l'un à l'autre. Ces observations ont conduit à la notion de « viscosité des vergences » qui représente la capacité d'un patient de passer d'une vision nette de près à une vision nette de loin et inversement.

Le déséquilibre accommodatif et son corollaire, la céphalée, dominent la symptomatologie. Ces troubles d'accommodation peuvent conduire à des diagnostics erronés; une exophorie, mal tolérée sur le plan fusionnel, peut entraîner un spasme d'accommodation et une ésodéviaton associée, masquant l'exodéviaton sous-jacente. Des cas semblables ont été décrits par Mühlendyck [5] qui a évoqué la notion, justifiée à nos yeux, de pathophorie. S'il existe des cas d'hyper-accommodation compensatrice d'une exophorie, von Noorden a décrit dans son livre des cas d'hypo-accommodation dynamique compensant une ésophorie.

Ces notions introductives permettent de nous rendre compte que les troubles phoriques peuvent être tellement gênants pour le patient, qu'elles entraînent chez eux des troubles compensatoires de type diplopie, suppression de la vision binoculaire ou troubles accommodatifs qui sont des symptômes extrêmement invalidants évoquant la notion décrite plus haut de macrosymptômes pour une micropathologie.

À ce stade, ces patients peuvent présenter des troubles psychologiques qui sont une conséquence directe de leurs symptômes. Il est alors tentant de les classer parmi les patients psychosomatiques ou, pire, psychiatriquement instables. On commet ainsi la double erreur de méconnaître la cause réelle de la symptomatologie visuelle et de confondre la conséquence et la cause.

Dans 25 à 30 % de nos cas, les patients se plaignaient de douleurs au niveau des extrémités du rachis. Elles ne dépendaient pas de l'âge. Dans tous les cas, où il n'existait aucun support organique aux douleurs nucales ou dorsales, la prescription de prismes de faible puissance a permis une amélioration de la situation. Cette notion a été abordée par les posturologues. Les relations qui existent entre la musculature tronculaire et l'équilibre de la fixation binoculaire, ont déjà été évoquées dans les travaux évoquant l'équilibre visuel et la statique.

Elles expliquent probablement pourquoi, même si l'approche méthodologique est radicalement différente de la nôtre, les posturologues enregistrent

parfois des résultats sensoriels spectaculaires en prescrivant, comme nous, de petits prismes, de préférence sous forme asymétrique.

## MÉTHODOLOGIE

### EXAMEN SYSTÉMATIQUE

- Réfraction classique. Prescription de la correction totale d'emblée sauf en cas d'astigmatisme fort ou en cas d'amétropie sphérique  $< 1,5 \text{ D}$ .
- Mesure de la phorie de loin et de près avec la correction obtenue :
  - De près : aile de Maddox,
  - De loin : mesure classique sur point lumineux fixé à 6 m et verre strié rouge.

- Limites normales acceptées : E'3 - X'8/E2 - X2.

Limites anormales : des prismes sont proposés si la phorie est anormale de près ou de loin. En pratique, nous prisons préférentiellement les cas où l'hétérophorie de loin et de près est de même sens. Nous proposons d'abord un prisme de 1 à 2  $\Delta$  alternativement sur l'œil droit puis sur l'œil gauche. L'arête du prisme est toujours orientée dans le même sens que la déviation phorique (prisme conforme).

Attendre un bénéfice subjectif immédiat. Le choix de l'œil acceptant le prisme en premier lieu est essentiel.

Si aucun avantage sensoriel n'est ressenti (confort de lecture, meilleure acuité visuelle binoculaire) : pas de prisme.

Si un avantage sensoriel est ressenti : ajuster la prescription prismatique de manière subjective en évitant la moindre surcorrection. La prescription prismatique totale ne doit, de toute façon, jamais dépasser 5  $\Delta$ . La prescription sera le plus souvent asymétrique. Le prisme le plus puissant étant placé devant l'œil qui a le mieux accepté le prisme au départ.

- Vérifier l'équilibre accommodatif de la réfraction initiale ;
- Intégration immédiate du ou des prismes dans la prescription, qu'il s'agisse de verres uni, bi ou multifocaux.

En pratique clinique quotidienne, nous ne laissons jamais un patient partir avec une prescription optique sans avoir au minimum mesuré sa phorie de près après correction. En pratique, c'est suffisant et très rapide à exécuter (une phorie isolée de loin, sans signe d'appel est exceptionnelle).

### NOTRE TEST DE DISPARITÉ

Depuis 1992, nous utilisons un test de mesure qualitative de la disparité. Ce test (figure n° 1) a été conçu par Weiss [12] et est disponible au CERES à

Paris (l'auteur n'a aucun intérêt financier dans ce test). Il dérive du principe classique d'appréciation de la disparité décrit plus haut.

Il s'agit d'un dispositif comportant un grand carré noir représenté sur un support en plastique sur lequel se détachent trois lettres centrales (OXO) entourées de petits ronds blanc pour assurer une fusion péricentrale et maintenir une bonne fixation bifovéolaire. Le sujet doit fixer le X central ; un trait vertical imprimé en rouge, et un trait plus épais, imprimé en vert permettent de dissocier les yeux en utilisant une lunette rouge-verte classique. Le rouge étant plus lumineux que le vert, la différence d'épaisseur permet de restituer une perception visuelle superposable entre l'œil droit et l'œil gauche.

Le test est présenté à une distance de 4 mètres. La pièce d'examen doit être fortement éclairée et le patient doit porter ses lunettes avant de fixer le test. Les mouvements apparents ont une amplitude tellement faible que le patient doit

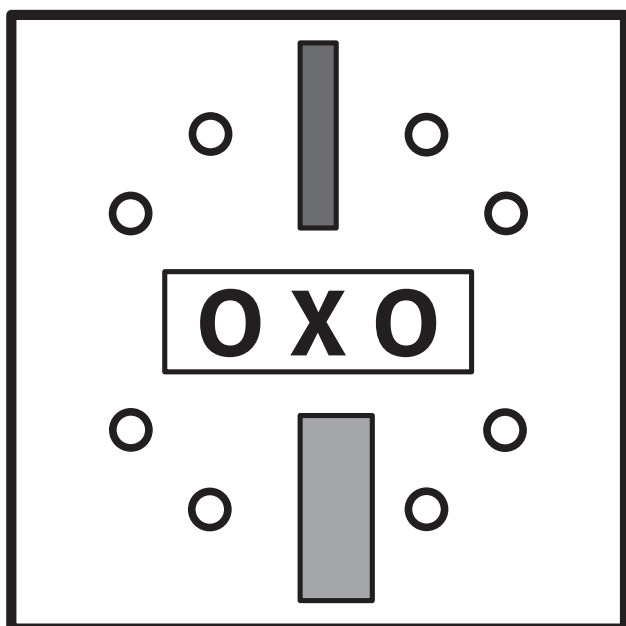


Fig 1. Test de disparité de Weiss.

éviter de mémoriser la position réelle des deux traits colorés. Le patient doit être prévenu de la faible amplitude du mouvement qu'il doit observer sinon il répond invariablement que rien ne bouge...

Il s'agit d'un test qualitatif : le patient doit signaler s'il perçoit un déplacement d'une ligne par rapport à l'autre et, si oui, dans quel sens est ce mouvement. Par analogie aux mesures classiques on définit une ésodisparité et une exodisparité. La disparité sera en outre qualifiée d'homonyme si elle est dans le même sens que la phorie et d'hétéronyme si elle est de sens inverse. Ce test est systématiquement présenté chez tous nos patients présentant une phorie sortant des limites de la normale.

Nous avons testé la sensibilité de ce test auprès de 104 patients prismés. Une anomalie de disparité a été mise en évidence dans 67,3 % des cas. Ce chiffre définit la sensibilité du test, à savoir la proportion de disparités anormales chez des patients anormaux. Comme tous les auteurs avant nous, nous avons observé des réponses de disparités hétéronymes, ce qui est évidemment paradoxal. Il est encore plus surprenant de constater que 30 % des réponses pathologiques observées sont de ce type ! Il s'agit, probablement d'une anomalie de localisation de l'image, d'origine centrale, liée à une micro-anomalie de fusion. Si ce test présente des limites de sensibilité, il se normalise dans plus de 90 % des cas après correction prismatique. Il peut constituer cependant une excellente valeur comparative au cours du temps chez un même patient. Il peut, en outre, avoir une valeur prédictive en cas de modification réfractive.

Pour en apprécier la spécificité, nous l'avons testé chez 9 patients hétérophoriques non symptomatiques. Un seul cas avait une disparité pathologique. Ce cas présentait une phorie inverse de loin et de près et il n'a pas été prismé. Dans tous les autres cas, non seulement la disparité était normale, mais la correction prismatique n'était pas supportée et a même provoqué une diplopie dans un cas.

Certains auteurs rejettent en bloc l'utilisation clinique des tests de disparité, considérant qu'ils constituent un simple artefact. Kommerell [3] suggère la réalisation d'une étude randomisée : prismes conformes (bases opposées) versus prismes dont les bases seraient placées dans la même direction... Pourquoi pas, après tout... ?

## COMMENTAIRES

### **LOGIQUE DE LA FAIBLE PUISSANCE PRISMATIQUE**

La méthode proposée est une évaluation purement clinique.

Elle se base cependant sur des mesures précises et reproductibles.

Elle propose en outre une aide prismatique logique pour deux raisons :

- Les prismes proposés soulagent un effort fusionnel déficitaire (prismes conformes) ;
- La faible puissance est adaptée à la faible importance du déficit fusionnel réel.

Tout patient soumis depuis longtemps à un déséquilibre phorique latent développe en effet des capacités adaptatives proportionnelles. Cette notion est universelle et explique facilement pourquoi les Esquimaux sont moins frileux que les brésiliens...

La prescription de petits prismes est donc fondamentalement différente de la prescription prismatique classique qui s'adresse à des patients décompensés. C'est précisément pour ces raisons que notre méthode n'a jamais entraîné de décompensation.

C'est aussi à cause de cette notion de déficit fusionnel subliminaire que des prismes de très faible puissance sont à la fois nécessaires et suffisants.

### **PRISMES ET PRESBYTIE**

La plupart des prescriptions intégrant des prismes s'adressent à des patients présentant une phorie de même sens de loin et de près. À l'âge de la presbytie, l'intégration de prismes dans des verres progressifs est très simple à réaliser, contrairement à ce que l'on croit. Elle ne permet cependant pas

de prescrire des prismes de puissance différente de loin et de près. Le cas échéant, il faut alors recourir à des verres double foyers taillés (type Franklin). Seule la firme Zeiss offre ce service. Quoi qu'il en soit, nous constatons que le traitement de l'hétérophorie symptomatique est souvent négligé à l'âge de la presbytie. La rééducation est souvent moins efficace et la fréquence de diplopie intermittente est logiquement plus élevée.

(69 % contre 12,5 % dans l'ensemble de la population). Si la nécessité d'une aide prismatique est parfois circonstancielle et transitoire chez les patients plus jeunes (profession, fatigue, grossesse...), elle est systématiquement indispensable et permanente après 50 ans. Même si l'aide prismatique peut être prescrite en deux temps (sur un œil puis sur l'autre), nous n'avons jamais imposé à nos patients de renouvellements de verres plus fréquents que ceux qui s'imposent à une population comparable. Les prismes ne sont évidemment prescrits qu'à des patients parfaitement cohérents quant aux réponses aux mesures déviométriques et au bénéfice sensoriel subjectif. Le ratio bénéfice sensoriel/coût est très élevé et justifie largement la démarche.

## **RÉSULTATS**

### **LES PLAINTES**

Les différentes études réalisées sur nos patients depuis 12 ans conduisent toutes à une proportion de 75 % de résultats excellents, à savoir la suppression des plaintes asthénopiques comprenant les troubles accommodatifs, la céphalée, les douleurs oculaires, les douleurs nucales et dorsales, la diplopie intermittente et la photophobie.

Dans 25 % des cas les patients se sont dits améliorés. Il n'est pas simple de dissocier la part liée à la correction de l'amétropie et à la correction prismatique. En restaurant un équilibre phorique, les prismes permettent la prescription de la COT dans la plupart des cas.

On passe ainsi de la notion de « sous-correction optimale » à la notion de « correction totale optimisée ». Par ailleurs, une proportion non négligeable de nos patients prismés est emmétrope. Il se peut que certains patients soient tentés d'optimiser leur résultat subjectif devant nous. En revanche, les patients sont volontiers revendicateurs, a fortiori lorsque la dépense imposée est relativement élevée. Nous avons cependant constaté, qu'en appliquant strictement notre méthode, nous n'avons observé aucun rejet des prismes. Les seules aggravations de plaintes ont été secondaires à des erreurs de montage optique. Nous vérifions d'ailleurs à chaque consultation la juste adéquation du sens et de la valeur du ou des prismes que nos patients sont censés porter. Les erreurs d'opticien existent, la suppression des prismes par les confrères est plus fréquente (sans que nous en soyons toujours informés...).

### **LA CORRECTION PRISMATIQUE**

Pour les raisons que nous avons déjà évoquées quant à la physiopathologie qui sous-tend ces problèmes, nous n'avons jamais provoqué de décompensation nous conduisant à augmenter les prismes au-delà des limites que nous nous sommes imposées. Nous constatons au contraire que, dans certains cas d'hétérophories décompensées de façon intermittente, le port d'une prescription prismatique limitée à 5 Δ, pouvait stabiliser efficacement la situation.

Enfin, dans 25 % des cas, la correction prismatique peut être diminuée, ce qui conduit à la supprimer dans un cas sur deux. Pour combien de temps ? Au moins pour quelques années dans notre expérience, mais la vie est de plus en plus longue. L'hypermétropie latente finit toujours par nous rattraper, les prismes aussi ?

Un élément à considérer est l'évolution spontanée du déséquilibre phorique chez certains patients. Nous l'avons constaté dans 2,5 % de nos cas, toujours dans le sens de la diminution.

Cette évolution à sens unique « dans le bon sens » est étonnante. Le meilleur équilibre fusionnel y jouerait-il un rôle ?

## LES CLASSES D'ÂGE

Notre expérience personnelle porte sur plus de 500 patients prismés. Le follow-up le plus long est de 12 ans. L'analyse d'environ 200 dossiers est évoquée ci-dessous sous forme de tableau (figure n° 2) reprenant les indications par classes d'âge. Trois classes d'âge frappent l'attention : les 10 à 15 ans, les 20 à 25 ans et les 35 à 40 ans.

Les deux premières catégories comprennent des patients jeunes mais en plein essor professionnel ; quant aux futurs « quadras », ils sont souvent, eux aussi, en pleine activité mais ils deviennent moins jeunes...

## LA PUISSANCE

Quelles que soient les méthodologies employées, quelles que soient aussi, dans une certaine mesure, l'importance de la déviation phorique sous-jacente, il est frappant de constater que tous ceux qui utilisent des prismes de faible puissance se limitent à une puissance totale de 4 à 5 Δ. Notre hypothèse est, qu'au-delà de cette marge, on s'adresse à un déséquilibre qui n'est plus subliminaire et qui tend à basculer vers une décompensation anatomique qui est alors classiquement prise en charge par une correction prismatique proportionnelle ou par la chirurgie. Dans notre expérience, près de 50 % des prescriptions ne dépassent pas 2 Δ.

## L'ASYMÉTRIE DE PRESCRIPTION

La nécessité d'une prescription asymétrique pour optimiser l'aide prismatique est d'une évidence clinique étonnante. Les hésitations des patients sont rarissimes. Il arrive même qu'un patient contre-indique un prisme sur un œil et l'indique formellement sur l'autre œil. Par analogie à la position souvent asymétrique des yeux chez les patients décompensés, sous anesthésie générale, nous partageons l'hypothèse proposée par André Roth : l'asymétrie de prismation correspondrait à une asymétrie anatomique sous-jacente. Cela expliquerait le fait qu'il n'y a pas de relation entre cette asymétrie et la dominance de fixation. Dans notre expérience, environ 80 % des prescriptions sont asymétriques. Comme elles sont souvent très peu puissantes, cela signifie en pratique qu'elles sont souvent unilatérales.

## POPULATION CIBLE : LES ANOMALIES RÉFRACTIVES « CONTRE LA RÈGLE »

La nature étant souvent bien faite, il existe une vérité statistique qui satisfait doublement l'amétrope corrigé : la plupart des patients myopes sont exophoriques et un grand nombre de patients hypermétropes sont ésochoriques. La correction de leur amétropie rétablit alors un meilleur équilibre entre l'accommodation et la vergence.

Il en va autrement chez les myopes ésochoriques et les hypermétropes exophoriques.

Chez ces patients, la correction de l'amétropie conduit à une augmentation du déséquilibre phorique sous-jacent. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes permis de les qualifier de « contre la règle ». Ces patients se débrouillent tant bien que mal pour résister à cette situation : port intermittent des verres, rejet de la correction optique totale (COT), préférence pour des verres mal centrés entraînant un bénéfice prismatique fortuit, meilleure vision en monoculaire, dystonie accommodative, céphalée chronique. Ils se plaignent de ne « jamais voir bien », surtout pas avec leur correction optique totale (a fortiori lorsque celle-ci a été consciencieusement déterminée sous cycloplégie). Leur situation sensorielle les rend difficiles à examiner et difficile à comprendre.

Le « chaînon manquant » pour aborder ces patients est pourtant très simple : mesurer la phorie. Le placement d'un prisme est perçu comme un

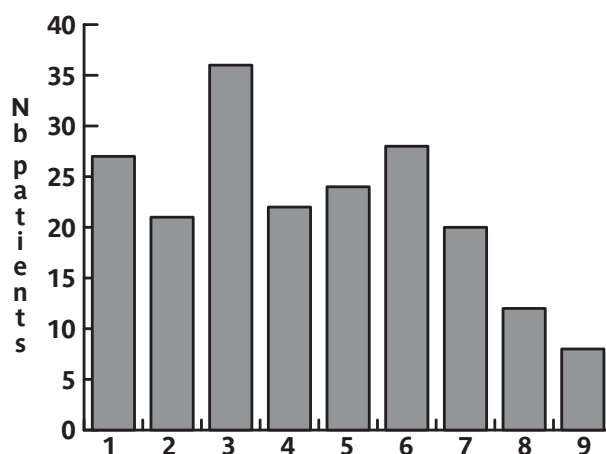


Fig 2. Répartition de 200 dossiers par classes d'âge. Les classes 1 à 6 se répartissent les classes de 10 ans à 40 ans par tranches de 5 ans. Les classes 7 à 9 se répartissent par tranches de 10 ans jusqu'à 70 ans.

soulagement immédiat : amélioration de l'acuité visuelle binoculaire, amélioration de la « viscosité des vergences » lors de l'alternance de fixation lointaine, stabilité de la vision, confort subjectif important lié à plusieurs facteurs simultanés : stabilité accommodative, meilleure vision, moindres sollicitations proprioceptives et soulagement psychologique d'avoir enfin trouvé « le bon verre ».

Ces patients représentent plus de 70 % des prescriptions prismatiques des amétropes.

Les spasmes accommodatifs qu'ils présentent désavantagent surtout les myopes qui acceptent d'autant plus facilement d'être surcorrigés qu'ils ont souvent d'excellentes réserves accommodatives.

Sachons par ailleurs que près de 20 % de nos patients prismés sont emmétropes et « voient mieux » avec des verres « non correcteurs... »

## **APPLICATION DU PRINCIPE PRÉCÉDENT : L'ANTICIPATION**

### **L'ÉVOLUTION RÉFRACTIVE**

En cas de modification du statut réfractif (le plus souvent, un hypermétrope qui devient myope), des symptômes asthénopiques peuvent apparaître d'autant plus vite que la situation est nouvelle pour le patient. L'intérêt d'une mesure systématique de la phorie est de pouvoir anticiper ce type de plaintes en cas d'évolution réfractive.

### **LE PASSAGE AUX VERRES DE CONTACT**

Un autre exemple d'anticipation est le passage à la correction par lentilles de contact. On perd alors l'effet prismatique des verres. L'utilisation du test de disparité que nous avons décrit plus haut offre un grand intérêt lors de la phase d'essai des lentilles. Ce test est plus spécifique que sensible. Cela signifie que s'il est pathologique, il y a de fortes chances pour que le port prolongé des lentilles soit asthénopisant. Il faut alors conseiller le port occasionnel. S'il est normal, les plaintes asthénopiques ne sont pas exclues. Il vaut mieux proposer un essai clinique d'une quinzaine de jours.

## **COMMENTAIRES**

Personne ne conteste qu'il n'existe pas de relation simple entre le système accommodatif et le système des vergences. On accepte aisément qu'une correction de +0,50 D puisse être indispensable, parce que c'est une constatation clinique fréquente, que tout le monde le sait et que tout le monde la mesure. Le concept de la correction réfractive est cependant plus simple que celui de la correction prismatique. Dans le premier cas, une seule règle non contestable : l'adéquation stricte de la correction optique. Dans le deuxième cas, l'adéquation prismatique n'est pas strictement proportionnelle et tranche par rapport à l'usage connu des prismes.

Nous voulons introduire notre expérience dans ce cours sur la réfraction pour insister sur le fait que les prismes sont un facteur primordial dans la gestion du stress accommodatif.

Bielschowsky a décrit des spasmes accommodatifs associés à une exophorie, réfractaires aux cycloplégiques et traités par des prismes, base nasale. Mühlendyck a décrit un cas semblable où le seul test permettant le diagnostic était l'amélioration par les prismes (échec des tests d'occlusion). Ces cas extrêmes sont démonstratifs de l'intérêt d'une correction prismatique intégrée pour obtenir « la paix accommodative » pour paraphraser le Professeur Quéré qui a tant évoqué « la paix oculogyre » à propos de la chirurgie des strabismes. Des analogies strabologiques sont d'ailleurs possibles. Comme le nystagmique peut préférer sa position de torticolis à ses lunettes, l'hétérophorique peut préférer son équilibre phorique à ses lunettes.

En outre, il existe de nombreuses familles mêlant des patients phoriques ou strabiques. Une incidence familiale a été constatée dans 8 % de nos patients prismés.

## CONCLUSION

Mon expérience montre que bien souvent les enseignements ne suffisent pas pour faire adopter une nouvelle méthode thérapeutique ; il faut l'appliquer à soi-même ou à un membre de sa famille.

Un confrère ophtalmologue, myope et fortement exophorique après COT, a essayé sur lui-même un prisme, base nasale, de 2 Δ. Il a constaté que son acuité visuelle de loin augmentait, que son confort visuel était amélioré et que sa lecture était facilitée. Il ne s'est pas prescrit de prisme de peur de devoir en augmenter la puissance...

## BIBLIOGRAPHIE

1. Crone RA. Diplopia, 2d édition. CERES. Ed. 1993.
2. Jampolsky A, Flom BC, Freid AN. Fixation disparity in relation to heterophoria. *Amer J Ophthal* 1957; 43: 97-106.
3. Kommerell G, Gerling J, Bach M. Ball M. Dissociated and associated phoria: do they indicate asthenopia? Orthoptic Congress, Stockholm, Sweden, 1999, 264-268.
4. Linksz A. Therapeutic uses of prisms: Discussion. *Ocular Motility Int Ophthal Clin*, 1971, vol. 11, n° 4.
5. Motsch S, Mühlendyck H. Visual impairment in exophoria compensated by accommodative convergence. 25 th ESA meeting, Jérusalem, 1999, 232-235.
6. Ogle KN, Mussey MA, Prangen AD. Fixation disparity and the fusional processus in binocular single vision. *Amer J Ophthal*, 1949; 32: 1069-1087.
7. Paris V. Traitement prismatique de la décompensation phorique à l'âge de la presbytie. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 1999; 273: 23-29.
8. Paris V. Etude de la disparité de fixation dans le syndrome asthénopique. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 1995; 259: 165-173.
9. Paris V. Prismes et hétérophories. *Acta strabologica CERES*, 1992, 9-17.
10. Paris V, Saya H. Correction prismatique de l'hétérophorie latente symptomatique. *Bull Soc Ophtalmol France*, 1992; 10: 985-991.
11. Paris V, Weiss JB. Treatment of symptomatic heterophoria by small prisms. VIIth. International Orthoptic Congress Kyoto, 1995, 113-117.
12. Weiss JB. Disparité de fixation. *Acta Strabologica CERES* 1992, 19-25.





# LES TRAITEMENTS ANTI-ACCOMMODATIFS

*Alain Pêchereau*

## INTRODUCTION

L'accommodation (figure n° 1) est un élément essentiel du fonctionnement du système visuel. Elle permet :

- En vision de loin, de compenser le défaut visuel de l'hypermétropie ;
- En vision de près, d'adapter la puissance optique de l'œil ;
- De moduler l'équilibre oculomoteur et de l'adapter à la situation de près par la relation Accommodation-Convergence.

Cette modulation de la puissance optique de l'œil lui permet d'obtenir une acuité visuelle optima en fonction des différentes situations rencontrées. Chez le sujet normal, c'est un système extrêmement bénéfique. Nous allons voir qu'en pathologie, l'accommodation quand elle se dérègle, et le plus souvent dans son lien avec la convergence, entraîne une perturbation profonde du système oculomoteur qui nécessite une prise en charge spécifique par le thérapeute.

## ACCOMMODATION ET AMBLYOPIE

Par définition, l'amblyopie est une atteinte du pouvoir discriminateur de l'œil. De ce fait, les méthodes subjectives qui, par définition, utilisent du pouvoir discriminateur de l'œil en sont fortement perturbées. Il y a, de ce fait, une impossibilité pour le système visuel de contrôler le système accommodatif (boucle ouverte).

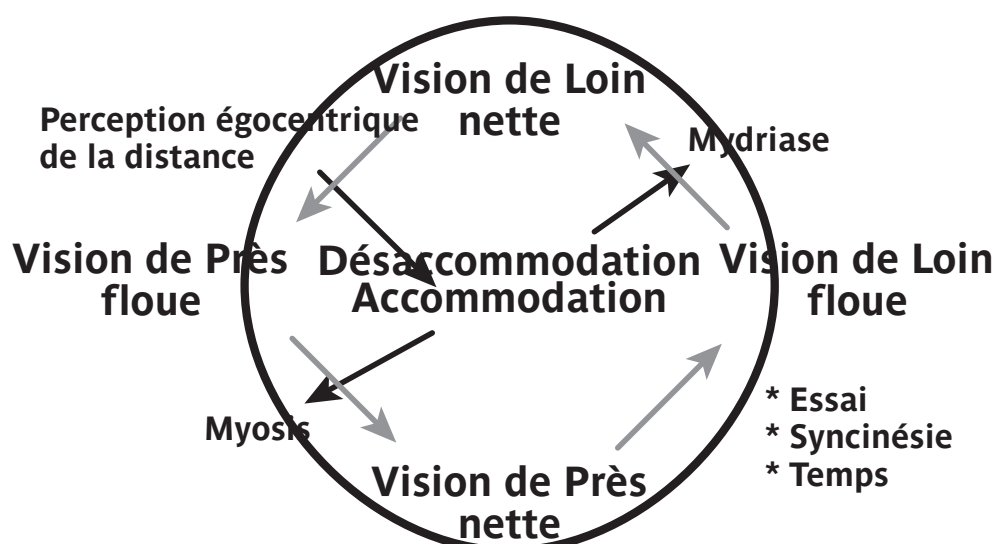


Fig 1. Physiologie monoculaire de l'accommodation.

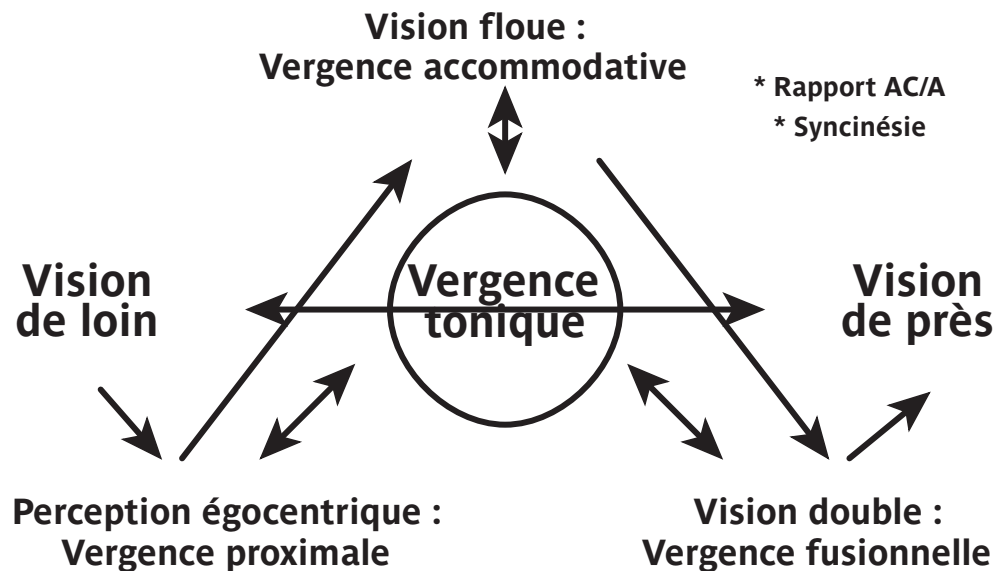


Fig 2. Physiologie monoculaire de l'accommodation.

L'existence d'une amblyopie aura deux conséquences directes :

- Contre-Indication des méthodes subjectives ;
- Indications des méthodes objectives.

## ACCOMMODATION ET SYSTÈME OCULOMOTEUR

### CHEZ LE SUJET NORMAL

Depuis Maddox, on a l'habitude de diviser la réaction de convergence en quatre grandes convergences (figure n° 2) :

- La convergence tonique ;
- La convergence proximale ;
- La convergence accommodative ;
- La convergence fusionnelle.

Cet ensemble forme une boucle fermée dont les principaux objectifs sont les suivants :

- Obtenir une image nette ;
- Lutter contre la diplopie.

Ce système est précis et fin (quelques minutes d'arc).

### CHEZ LE SUJET PATHOLOGIQUE

Chez le sujet pathologique, il se produit une perturbation des quatre convergences, car le dérèglement d'une des quatre convergences retentit sur les trois autres.

Une déviation oculomotrice ou une amblyopie (figure n° 3) entraîne :

- La neutralisation d'une des images ;
- Une boucle ouverte ;
- Un système instable.

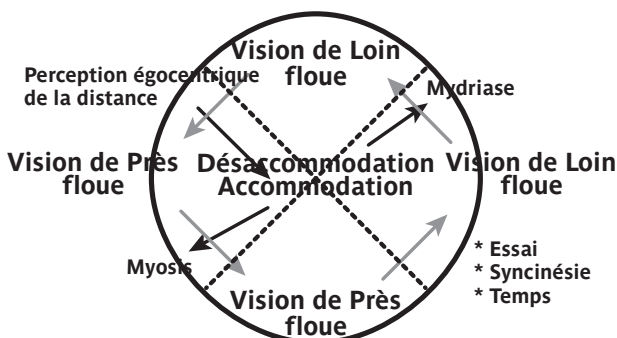


Fig 6. Physiologie monoculaire de l'accommodation et amblyopie.

Il faut se rappeler que si l'accommodation induit une convergence, l'inverse est également vrai : la convergence induit une accommodation. De ce fait, on comprend aisément les faits suivants :

- Dans les ésootropies, du fait de la convergence dérégulée, il y a toujours une part accommodative qui entretient la déviation. Il y a un véritable cercle vicieux : convergence → accommodation → convergence (figure n° 4).
- Dans les exotropies, le dérèglement accommodatif, en dehors des sous-corrrections

prescrites de façon erronée ou involontaire, existe également par un double mécanisme :

- ↳ La stimulation esthétique. Le sujet sait que son œil « part ». Il fait un effort conscient ou inconscient de ce défaut. Il stimule sa convergence et de là, son accommodation.
- ↳ La stimulation fusionnelle. La surstimulation fusionnelle naturelle ou éduquée (post-rééducation) entraîne également par le jeu des convergences la surstimulation de l'accommodation.

La thérapeutique aura un objectif essentiel. La mise en place d'un système stable dans le temps et dans l'espace. Seule, la Correction Optique Totale répond à ces exigences.

## ACCOMMODATION ET TEMPS

Nous savons, tous, que le pouvoir accommodatif diminue au cours du temps. Ce fait entraîne une instabilité radicale de cette fonction qui explique que toute thérapeutique basée sur une surstimulation de l'accommodation est vouée à l'échec, en dehors des conséquences fonctionnelles plus ou moins immédiates d'une telle prescription. De ce fait, les règles d'une bonne prise en charge de tout patient présentant un trouble oculomoteur, sont simples : recherche du système emmétrope (amétropie + COT). Celui-ci va permettre d'obtenir le système le plus stable dans le temps, donc la meilleure stabilité pour les solutions oculomotrices.

Cette règle fort simple et de bon sens (élimination de toute stimulation accommodative) est la base de tout projet thérapeutique de qualité.

## LES TRAITEMENTS ANTI-ACCOMMODATIFS

### LA CYCLOPLÉGIE

#### LA CYCLOPLÉGIE DIAGNOSTIQUE

Elle est la pierre angulaire de tout projet thérapeutique. Nous ne rentrerons pas dans la controverse (cyclopentolate versus atropine) dont le seul effet tangible est qu'elle donne à certains le prétexte d'éviter de faire cet examen indispensable et l'opportunité de ne pas prescrire la COT.

Ces deux molécules sont indispensables et complémentaires et, pour celui qui sait s'en servir, ne présente aucune opposition.

Rappelons l'importance de la répétition des cycloplégies et la nécessité d'en réaliser chez tous les patients présentant des troubles oculomoteurs ou fonctionnels jusqu'à l'âge de 50 ans (figures n° 5 & 6).

Il faut faire une cycloplégie :

- 3 fois la première année ;
- 2 fois tous les ans ;
- À chaque changement de verres ;
- Après chaque intervention chirurgicale (2 mois).

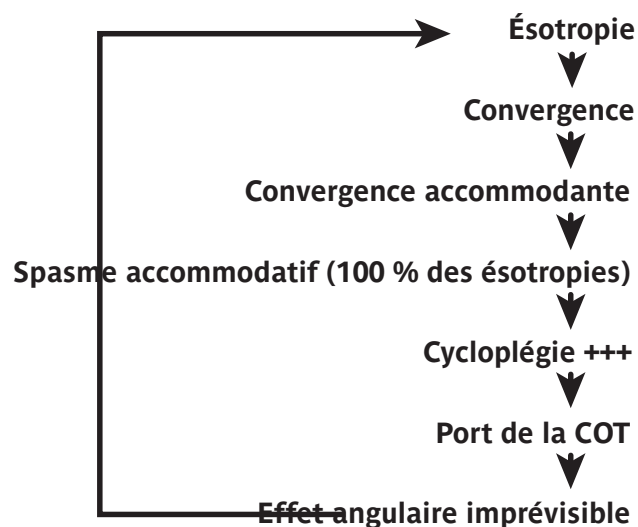


Fig 4. Ésoptropie et accommodation.

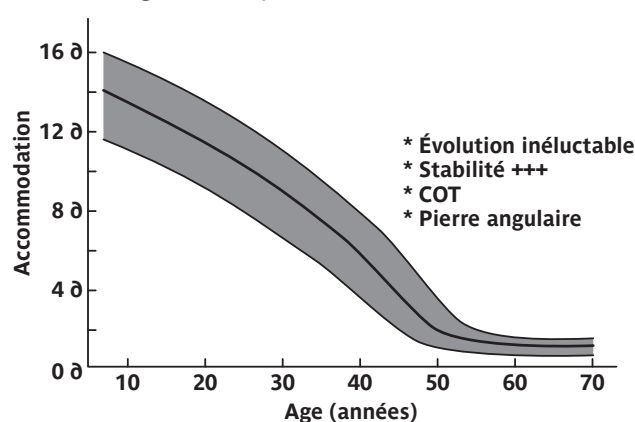


Fig 5. Physiologie monoculaire de l'accommodation (courbe de Duane).

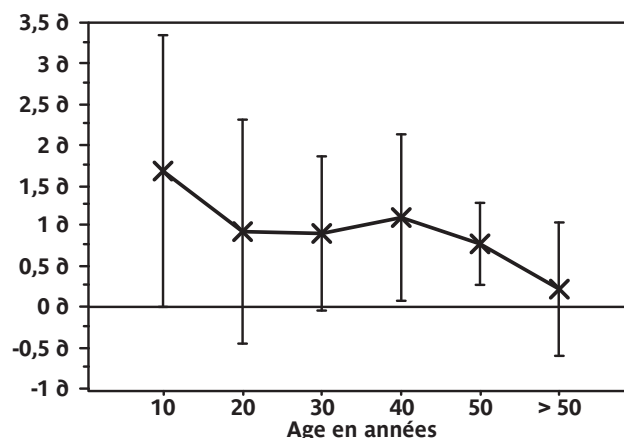


Fig 6. Réfractométrie automatique, influence de l'âge sur l'équivalent sphérique.

### **LA CYCLOPLÉGIE THÉRAPEUTIQUE**

Elle est obtenue par la prescription au long cours d'Atropine. Elle est sûrement efficace, mais les effets collatéraux rendent son utilisation anecdotique.

### **LA CORRECTION OPTIQUE TOTALE**

C'est le premier et le plus efficace des traitements accommodatif. Comme l'a si bien dit André Roth, le port permanent de la Correction Optique Totale fait « dégorger l'hypermétropie ».

Il n'y a aucune exception. « Si vous accordez 1 minute de non-port, il y aura entre 10 minutes et 24 heures de non-port » (Professeur M-A Quéré). Il faut « demander beaucoup pour obtenir peu ».

Si le sujet ne porte pas sa COT, un certain nombre de règles doit être suivi :

- Vérifier la prescription. L'expérience montre que les erreurs du prescripteur et de l'opticien se partagent à part égale ;
- Évaluer la « qualité » de la paire de lunettes. Il faut reconnaître que nous assistons à une régression de la qualité des paires de lunettes pédiatriques (les réductions de montures d'adulte !) depuis quelques années ; « l'esthétique », le « petit prix » et l'étroitesse du marché ayant chacun une forte responsabilité ;
- Refaire une cycloplégie ;
- Si le bilan est correct et que le sujet ne porte pas sa COT, il faut de nouveau savoir « perdre » du temps pour lui expliquer le projet thérapeutique et l'importance du port de la COT.

Ce n'est pas avec les enfants que l'on rencontre les plus grandes difficultés. L'enfant supporte sans difficulté une correction exacte surtout si l'amétropie est moyenne ou a fortiori importante. Si des difficultés apparaissent, les raisons sont le plus souvent simples :

- Elle est inexacte ;
- Les parents ne veulent ou ne « peuvent » pas faire porter la paire de lunettes ;
- L'ophtalmologiste n'a pas été convaincant (on ne « vend » bien que ce que l'on croit). Il faut refaire un effort de pédagogie auprès des parents.

Comme nous venons de le voir, la règle est simple et ne souffre pas d'exception : prescrire la Correction Optique Totale en toutes circonstances. Nous terminerons en mettant en garde envers les sous-corrrections que nous pourrions appeler « cache-sexe ». Il est illusoire d'espérer contrôler une sous ou une surcorrection chirurgicale par une sous-corrrection optique. L'expérience montre que tôt ou tard le pot-aux-roses est découvert.

### **LES SURCORRECTIONS OPTIQUES UNILATÉRALES : LES PÉNALISATIONS OPTIQUES**

Il existe de nombreuses variétés de pénalisations :

- La pénalisation totale ;
- La pénalisation inverse ;
- La pénalisation de près ;
- La pénalisation sélective ;
- La pénalisation de loin ;
- La pénalisation alternante ;
- La pénalisation légère.

Pour les trois premières, il faut préférer l'occlusion qui est beaucoup plus efficace pour traiter une amblyopie. Quant à la quatrième, (Pénalisation sélective), elle paraît plus un exercice de style qu'une thérapeutique utilisée et utilisable. Pour leur efficacité et leur simplicité, trois sont à retenir :

- La pénalisation de loin ;
- La pénalisation alternante ;

- La pénalisation légère  $\pm$ .  
Les pénalisations optiques permettent d'obtenir la balance spatiale:
- L'œil non pénalisé regarde au loin;
- L'œil pénalisé regarde au près.

Cette thérapeutique permet d'obtenir une diminution importante des sollicitations accommodatives (accommodation non usu). Les conséquences thérapeutiques sont nombreuses :

- Levée du spasme accommodatif;
- Diminution de la déviation en vision de près;
- Division de l'espace en deux:
  - ↳ Le loin pour l'œil non pénalisé;
  - ↳ Le près pour l'œil pénalisé.

La compréhension des mécanismes d'action des pénalisations explique leur intérêt dans le traitement de l'amblyopie et dans le traitement de toute incomitance loin-près à part accommodative ainsi que de leur effet angulaire dans tout strabisme. L'effet anti-accommodatif des pénalisations optiques explique que celles-ci sont une pierre angulaire dans la prise en charge de tout strabique.

## **LES SURCORRECTIONS OPTIQUES BILATÉRALES**

### **LES MOYENS**

Ils sont aux nombres de deux :

- Les doubles foyers;
- Les verres progressifs.

L'évolution de ces dernières années montre que les indications de verres progressifs s'étendent d'année en année et ceci aux dépens des double-foyers dont les indications sont plus limitées.

En dehors de raisons médicales, on préférera pour des raisons esthétiques et d'efficacité :

- Les doubles foyers : < 4-5 ans;
- Les verres progressifs : > 5 ans.

### **RÈGLES DE PRESCRIPTION DES VERRES PROGRESSIFS**

Ces règles sont simples et précises. Elles sont une condition nécessaire du succès :

- Port de la Correction Optique Totale en vision de loin;
- Addition de + 3,5 dioptries;
- Progression courte;
- Verre monté haut : + 4 mm chez l'enfant.

### **LES INDICATIONS**

#### **L'INCOMITANCE LOIN-PRÈS À COMPOSANTE ACCOMMODATIVE**

Cette indication suppose des conditions sensorielles précises. Elle représente une indication traditionnelle toujours excellente. Sous l'impulsion du Professeur Quéré, son champ d'utilisation s'est agrandi :

Les conditions sensorielles :

- Absence d'amblyopie;
- Absence de risques d'amblyopie;
- Correspondance Rétinienne Normale.

Les conditions motrices :

- Rectitude de loin;
- Rectitude en vision de près avec la surcorrection.

#### **L'INDICATION NOUVELLE (PROFESSEUR QUÉRÉ) :**

- Correspondance Rétinienne Anormale;
- Microtropie en vision de loin;
- Microtropie en vision de près avec la surcorrection.

Cette prescription permet un contrôle de l'effort accommodatif et, donc, un relâchement du spasme accommodatif. Cette simple prescription, bien supportée sur le plan esthétique, permet de diminuer la déviation en vision de près et d'éviter un certain nombre d'interventions.

### ***DIMINUTION DE LA PUISSANCE DES VERRES EN VISION DE PRÈS***

On sait depuis Percival que la puissance d'un verre diminue en vision de près. Ceci a deux conséquences :

- Une augmentation de l'accommodation chez les hypermétropes ;
- Une diminution de l'accommodation chez les myopes.

Cette loi de l'optique entraîne une augmentation significative de l'accommodation chez les hypermétropes moyens et forts, qui a pour conséquence une augmentation de la déviation en vision de près. La prescription d'une surcorrection optique en vision de près permet d'éviter les conséquences de cette caractéristique de l'optique.

### ***LES LENTILLES DE CONTACT***

Comme nous l'avons vu, la correction optique totale chez l'hypermétrope par une paire de lunettes a un certain nombre d'inconvénients optique et esthétique. La correction par lentilles de contact permet de résoudre un certain nombre de ces inconvénients. En effet, elles permettent :

- Une surcorrection hypermétropique en vision de loin ;
- Une absence de perte de puissance en vision de près.

Ces deux effets vont entraîner un effet anti-accommodatif majeur et souvent positif chez l'hypermétrope (Docteur George). Cependant, chez le myope, cet effet, pour des raisons inverses, est souvent négatif.

Chez l'enfant et l'adolescent, on devra préférer les lentilles flexibles aux lentilles souples pour de nombreuses raisons (Docteur George).

### ***LE TRAITEMENT DE L'AMBLYOPIE***

Nous avons vu que pour que la mise au point se réalise de façon harmonieuse tant en vision de loin qu'en vision de près, il fallait une image nette. De ce fait pour obtenir une accommodation juste, il ne faut pas d'amblyopie. De même, pour une réfraction subjective précise, il est indispensable d'avoir une image nette.

On voit de ce fait que le traitement de l'amblyopie participe à la régulation du mécanisme d'accommodation. La guérison de l'amblyopie ferme la boucle monoculaire.

### ***LA LUTTE CONTRE LA DÉVIATION OCULOMOTRICE***

#### ***LES ÉSOTROPIES***

Nous avons vu que la convergence stimule la convergence accommodante, donc l'accommodation. De ce fait, on peut dire que toute ésoptropie s'accompagne d'un spasme accommodatif.

#### ***LES EXOTROPIES***

Tout exotrope a conscience de sa déviation et lutte contre celle-ci. L'interrogatoire soigneux des patients montre que ceux-ci « éduquent » de façon volontaire ou involontaire les différents mécanismes de la déviation. À ceux-ci, il faut naturellement ajouter toute « rééducation » orthoptique mal conduite. Cet ensemble entraîne :

- Des spasmes accommodatifs ;
- Une sollicitation excessive de la convergence fusionnelle ;
- Des facteurs spasmodiques en convergence ;
- Une convergence accommodante.

Ces éléments montrent la grande fréquence de l'élément accommodatif dans le strabisme divergent qui vient masquer la déviation de base. Cet élément est très souvent négligé par nombre de thérapeutes.

## **CONCLUSION**

La thérapeutique anti-accommodative intervient dans de nombreux éléments de la prise en charge de tout patient présentant un trouble sensorimoteur :

- L'amblyopie ;
- La déviation de loin ;
- La déviation de près ;
- La stabilisation de la déviation.

La correction de toute amétropie par la Correction Optique Totale permet d'obtenir un système stable, qui est le seul à pouvoir résister à l'épreuve du temps. Les surcorrections optiques favorisent un relâchement accommodatif complémentaire souvent indispensable.

Ainsi, le traitement optique est la pierre angulaire du traitement de tout strabisme. Il comprend :

- La cycloplégie ;
- La Correction Optique Totale ;
- Les surcorrections optiques :
- Unilatérales : les pénalisations optiques ;
- Bilatérales :
  - ↪ Doubles foyers,
  - ↪ Verres progressifs.
- Les lentilles de contact ;
- La lutte contre l'amblyopie ;
- La lutte contre la déviation oculomotrice :
  - ↪ Les ésootropies ;
  - ↪ Les exotropies.





# CORRECTION OPTIQUE ET BINOCULARITÉ

*Claude Speeg-Schatz*

## **INTRODUCTION**

Dans le strabisme, l'ensemble des auteurs s'accorde pour le principe de la correction optique totale qui joue un rôle à la fois dans le traitement de l'amblyopie et dans la stabilisation de la déviation angulaire.

Que l'on s'adresse à un enfant, un adolescent ou à un adulte, la prescription de la correction optique totale dans les strabismes aura un effet anti-accommodatif, antispasmodique, un effet sur l'angle de la déviation soit en le décompensant, soit en le stabilisant, un effet anti-amblyopique en améliorant l'acuité visuelle, et un effet anti-CRA en favorisant les processus fusionnels. La correction optique totale stabilise ainsi les mécanismes de compensation sensorielle.

C'est dire que le port de la correction totale en binoculaire aura certes une répercussion sur notre équilibre binoculaire mais qu'à l'inverse tout déséquilibre oculomoteur latent pourra expliquer une intolérance ou un inconfort au port de la correction optique. La connaissance exacte de l'état réfractif est une condition indispensable avant toute chirurgie notamment dans la chirurgie réfractive et la chirurgie de la cataracte bilatérale de même que la connaissance de l'équilibre oculomoteur pour éviter tout problème ultérieur d'inconfort visuel, d'anisétropie voire de diplopie.

## **LA CORRECTION OPTIQUE SPHÉRIQUE**

Elle agit sur l'équilibre binoculaire par deux mécanismes :

- Physiologique ;
- Optique

### **LE MÉCANISME PHYSIOLOGIQUE**

Le mécanisme physiologique de la correction sphérique a été bien étudié par Donders et repose sur la syncinésie accommodation, convergence et myosis. Ainsi, en vision binoculaire l'accommodation entraîne un effort proportionnel de convergence et il en découle que la correction optique supprimant l'accommodation va supprimer également la convergence.

Les verres concaves obligeant le patient à accommoder vont ainsi favoriser la convergence. Les verres convexes supprimant l'effort accommodatif vont diminuer la convergence.

### **LE MÉCANISME OPTIQUE**

Les lentilles non parfaitement centrées qu'elles soient convergentes ou divergentes, peuvent aboutir à un effet prismatique. Un léger décentrement en dedans ou en dehors équivaut à incorporer un prisme à la correction optique et peut avoir un effet néfaste sur l'équilibre binoculaire.

## **RÔLE DE LA CORRECTION OPTIQUE DANS LES STRABISMES ?**

### **DANS LES STRABISMES À VISION BINOCULAIRE ANORMALE**

En situation binoculaire seule l'image fournie par l'œil fixateur est utilisée, l'autre étant neutralisée. La correction optique aura peu d'effet sur la binocularité mais un effet manifeste sur l'angle du strabisme. Ainsi, il est classique de voir améliorer les exotropies par des verres concaves et améliorer les ésootropies par des verres convexes par baisse de l'effet accommodatif.

Il est cependant indispensable de prescrire la correction optique totale même si le degré d'amétropie ne permet pas d'améliorer l'angle de la déviation.

En effet, la modification de l'angle est en moyenne de - 4,1 dioptries, effet que l'on peut considérer comme significatif. La correction optique totale a un effet non négligeable sur la valeur angulaire et ainsi sur le plan opératoire.

### **DANS LES STRABISMES À VISION BINOCULAIRE NORMALE**

On distinguera deux formes :

- Les strabismes accommodatifs purs où la correction optique, quel qu'en soit le mode par lunettes ou verres de contact, aboutit à une suppression de l'angle en vision de loin et en vision de près. Le port de la correction optique convexe peut à lui seul rétablir l'équilibre binoculaire.
- La deuxième forme est le strabisme accommodatif pur avec excès de convergence dans lequel l'intérêt des bifocaux ou des verres progressifs est manifeste et montre l'importance de la relation entre la correction optique totale, la fusion et la stéréoscopie.

Nous rappelons l'existence de formes certes très rares, dans lesquelles l'installation très précoce d'une ésootropie accommodative pure, non corrigée précocement peut aboutir au syndrome de monofixation par non-développement de la fusion bifovéale.

Dans l'ésootropie accommodative, la correction optique totale va différencier ainsi deux formes :

- L'ésootropie accommodative purement réfractive avec un rapport AC/A normal ;
- L'ésootropie accommodative non réfractive pure avec un rapport AC/A élevé.

Le pronostic de la restauration d'une binocularité normale dans l'ésootropie accommodative réfractive dépend strictement de la correction optique totale.

Si le patient est en situation de sous correction optique, il va hyperaccommoder pour voir nettement son image et va se trouver dans une situation d'excès de convergence. Si son amplitude fusionnelle en divergence compense l'excès de convergence, il peut rester dans une situation d'ésophorie.

Par contre, si cette amplitude fusionnelle motrice est insuffisante, il va perdre sa vision binoculaire et sa stéréoscopie et va réaliser une éso-déviations manifeste.

Dans les strabismes accommodatifs partiels, la relation accommodation-convergence permettra de distinguer deux formes :

- Les strabismes accommodatifs avec excès de convergence où l'accommodation convergence sur l'accommodation est élevée, dans lesquels la correction optique totale de l'hypermétropie va aboutir à une réduction angulaire mais il persiste en permanence un angle de loin et de près dont l'angle de près est prédominant.
- Le strabisme accommodatif partiel avec insuffisance de convergence et rapport AC/A bas ou sans excès de convergence et rapport AC/A normal dans lequel la prescription optique totale de l'hypermétropie aboutit à une réduction angulaire mais il va persister en permanence un angle à la fois de loin et de près dont la caractéristique en est la variabilité.

## **RÔLE DE LA CORRECTION OPTIQUE DANS LES HÉTÉROPHORIES**

Celles-ci sont la cause essentielle de la mauvaise tolérance de la correction optique.

Dans l'hétérophorie décompensée ou dans un déséquilibre oculomoteur latent, la correction optique peut perturber l'équilibre oculomoteur en agissant sur l'accommodation convergence ou par induction d'effet prismatique. Il est de ce fait recommandé de diagnostiquer les hétérophories avant toute prescription optique.

Les verres correcteurs peuvent améliorer le patient: concaves dans l'exophorie, convexes dans l'ésophorie mais si le patient présente une aggravation nette ou un inconfort, on peut avoir recours soit au traitement orthoptique, soit au traitement prismatique avant toute chirurgie en plaçant un prisme arête interne dans l'exophorie, arête externe dans l'ésophorie, arête supérieure du côté de l'hyperphorie, en répartissant ces prismes sur les deux yeux si la phorie dépasse 3 dioptries ou en demandant à l'opticien un léger décentrement des verres permettant d'obtenir un effet prismatique.

## **RÔLE DE LA CORRECTION OPTIQUE DANS L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE**

Celle-ci est volontiers associée à l'exophorie à moins qu'il ne s'agisse pas d'une réelle insuffisance de convergence difficile à déterminer cliniquement.

Le patient est souvent gêné en vision de près.

Il est de ce fait judicieux de bien examiner l'équilibre oculomoteur du patient avant la prescription des premiers verres progressifs chez un presbyte car l'adjonction d'un verre convexe peut bien sûr aggraver sa gêne de près.

## **RÔLE DE LA CORRECTION OPTIQUE DANS LES PARALYSIES OCULOMOTRICES**

Dans les paralysies oculomotrices où la déviation est incommittante, la correction optique prismatique n'est correcte que pour une position donnée.

## **PRESCRIPTION D'UNE CORRECTION OPTIQUE CHEZ LES ANISOMÉTROPE**

L'anisométrie se définit comme une différence entre les deux yeux de 1,5 à 2 dioptries, ce qui entraîne une modification dans la perception de la taille des images et de ce fait une aniséïconie ainsi qu'une amblyopie chez l'enfant.

Cette aniséïconie est à l'origine d'un inconfort visuel. Sa tolérance varie d'un sujet à l'autre, l'enfant la supportant nettement mieux. L'astigmatisme en est particulièrement pourvoyeur.

- Correction optique d'une anisométrie chez un adulte: s'il s'agit d'une première correction et si le patient présente une amblyopie unilatérale, on pourra du côté de l'œil amblyope soit prescrire un verre afocal soit un verre identique au côté opposé pour répartir le poids dans la monture.
  - Si le patient présente une amblyopie relative de 1 à 3/10e, on testera sa tolérance en binoculaire et en corrigera le bon œil, partiellement l'œil amblyope en gardant si possible 2 dioptries d'écart et en vérifiant la tolérance en binoculaire.
  - Si le patient présente une isoacuité visuelle, on corrigera totalement des deux côtés si possible en surveillant la tolérance en binoculaire et en vérifiant l'état de la vision binoculaire.
  - Si le patient est en situation d'inconfort, on diminuera la puissance des verres jusqu'à tolérance.

En cas de microstrabisme, d'hétérophorie avec neutralisation, la tolérance à l'aniséiconie est bien sûr meilleure.

- S'il s'agit de la nouvelle prescription d'une correction optique chez un anisométrope, s'il est amblyope, ou si l'œil anisométrope n'a jamais été corrigé, il faut se reporter à la situation d'une première prescription.
- Prescription optique de l'anisométrie chez l'enfant. Celui-ci tolère mieux l'aniséiconie avec des différences de 5 à 6 dioptries voire davantage jusqu'à 10, 12 dioptries.

Il est indispensable de lui donner au départ une correction par lunettes (voir pour certains par lentilles ou en alternance les deux modes de correction), la correction optique totale en y adjoignant une occlusion pour prévenir ou traiter une amblyopie.

Ultérieurement, la correction par verre de contact est une indication majeure de la correction d'une anisométrie en sachant que ce verre de contact va supprimer une grande partie de l'aniséiconie mais non la totalité.

### **CLASSIQUES INCONVÉNIENTS DES VERRES BIFOCAUX**

Les verres bifocaux peuvent être à l'origine du phénomène du saut de l'image par passage de l'axe visuel du verre en vision éloignée au point de lecture mais ce saut de l'image n'est pas observé ni dans les montures à la Franklin ni dans les verres progressifs.

Il est à l'origine par contre d'un déplacement apparent de l'objet par effet prismatique au point de lecture, effet prismatique qui varie en fonction de l'amétropie en dioptries, du modèle de bifocal et de la puissance de l'addition. Ce déplacement apparent de l'objet peut entraîner chez le patient anisométrope une différence significative entre l'effet prismatique des deux yeux et ce déséquilibre prismatique peut être à l'origine d'une phorie verticale particulièrement intolérable pour le patient.

### **VISION BINOCULAIRE ET IMPLANTATION**

Il semble que l'implantation en chambre postérieure, qu'elle soit en mono focal ou multifocal donne des résultats identiques en terme d'acuité visuelle aussi bien de loin que de près avec un meilleur résultat pour la stéréoscopie dans l'implantation multifocale ; par contre on observe de moins bons résultats en multifocal à la sensibilité aux contrastes (Journal Cataracte réfractive Surgery 25 (3), 399-404, Arens 1999).

### **VISION BINOCULAIRE ET CATARACTE TRAUMATIQUE UNILATÉRALE**

La qualité de la vision binoculaire est directement corrélée à la précocité de la prise en charge chirurgicale et au mode de correction optique.

#### **Conclusion**

Lorsqu'un patient présente une mauvaise tolérance optique, il faut avoir recours systématiquement aux cycloplégiques, diagnostiquer tout déséquilibre oculomoteur latent, toujours mesurer la correction optique en binoculaire en fin de réfraction, ne pas changer brutalement une forte correction optique cylindrique antérieure et réduire les écarts des corrections optiques asymétriques surtout si le patient présente un axe oblique asymétrique.

# CORRECTION DE L'ASTIGMATE

*Jean-Pierre Bonnac*

## INTRODUCTION

Dans un verre correcteur astigmatique la puissance varie d'un méridien à l'autre ce qui induit une variation des effets prismatiques et du grandissement. Pour un sujet astigmatique le dosage de la première correction est souvent délicat. L'amétrope peut être surpris par les phénomènes d'anamorphose engendrés par les verres correcteurs. Pour certains sujets, cette gêne peut aller jusqu'à l'abandon du port des lunettes.

En physiologie on démontre que chez l'astigmatique, la mise au point ne s'effectue pas au niveau du cercle de moindre diffusion mais le long de la conoïde de Sturm (figure n° 1), là où se situe le maximum d'énergie lumineuse. Cette condition n'est réalisée qu'au niveau des focales.

En pratique, on note qu'un astigmatisme hypermétropique simple inverse de +4,00 à 0° procure des performances visuelles identiques à celle d'un astigmatisme direct de +2,50 à 90°. Cette observation met en évidence la suprématie dans la perception visuelle de la focale verticale (figures n° 2 et n° 3).

Il est possible de minimiser ces perturbations sensorielles et motrices induites par le procédé de correction en sous-corrigeant la valeur du cylindre. Dans tous les cas d'astigmatisme le principe consiste à donner la priorité à la mise au point sur la focale verticale afin de ne pas altérer les performances visuelles du sujet. La méthode de sous-correction obéit à des règles bien précises selon la nature de l'astigmatisme.

## ASTIGMATISME DIRECT

La focale horizontale est en avant de la focale verticale. Quand le sujet est corrigé totalement, les deux focales sont confondues. C'est le but recherché

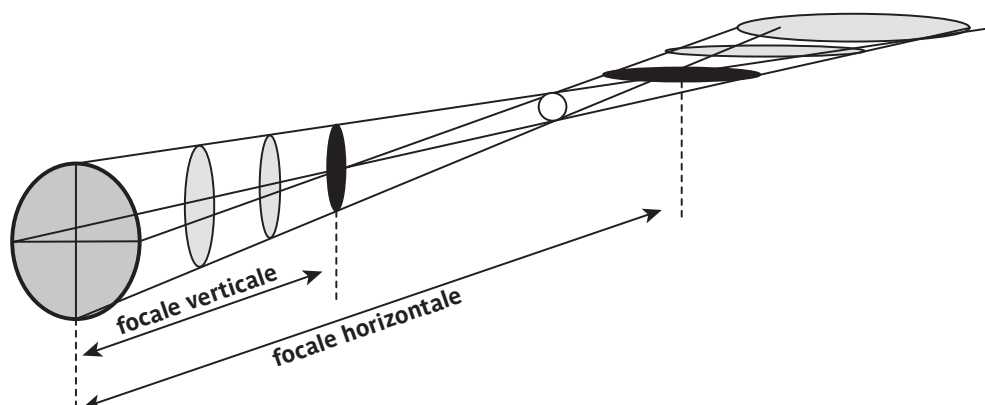


Fig 1. Faisceau astigmatique (conoïde de Sturm).

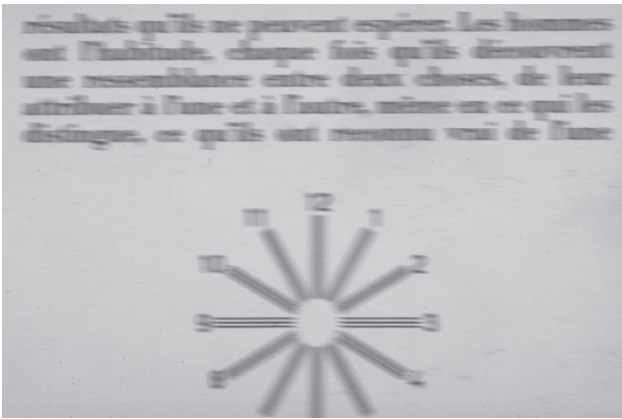


Fig 2. Astigmatisme direct.

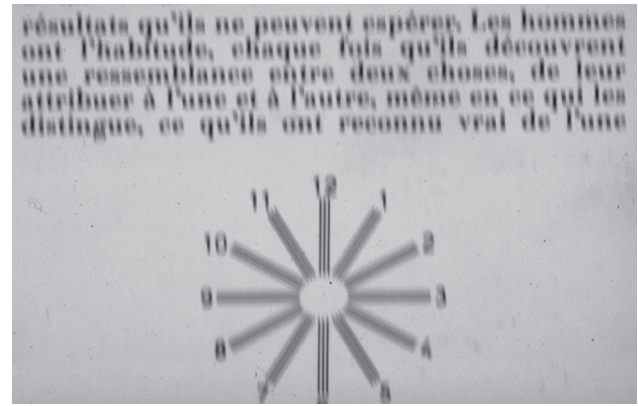
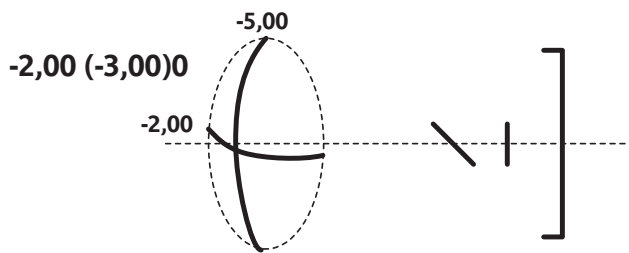


Fig 3. Astigmatisme inverse.



Sous-correction de l'astigmatisme direct

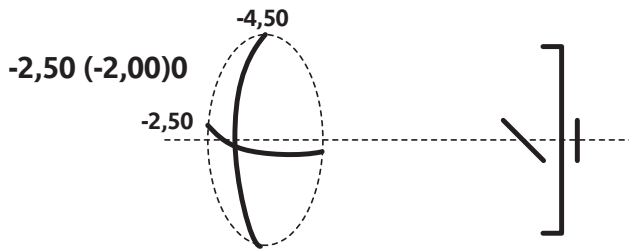
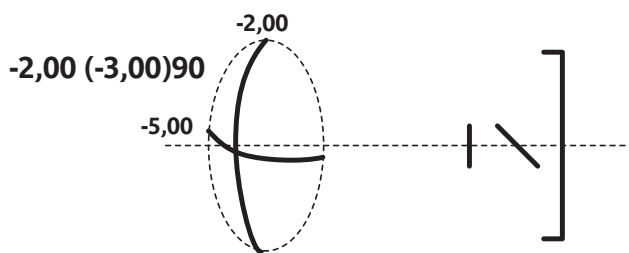


Fig 4. Astigmatisme direct.



Sous-correction de l'astigmatisme inverse

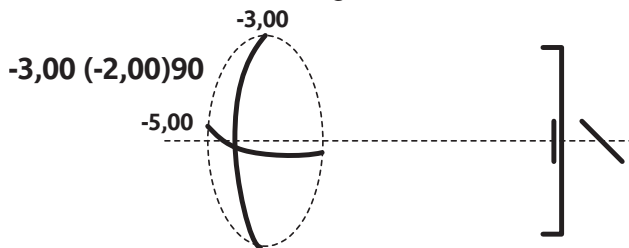


Fig 5. Astigmatisme inverse.

mais il n'est pas certain qu'il tolère cette correction. Pour sous-corriger la valeur de l'astigmatisme sans affecter les performances visuelles, il faut:

Ajouter à la sphère la moitié de la sous-correction cylindrique.

Les deux focales se trouvent réparties de part et d'autre du plan rétinien (figure n° 4). La focale verticale est alors légèrement hypermétropisée ce qui permet au sujet en accommodant de faire la mise au point sur cette focale.

**ASTIGMATISME INVERSE**

La position des focales est inversée. La focale verticale se situe la plus en avant. Il n'est plus possible dans le cas de l'astigmatisme inverse d'appliquer la règle précédente. Pour permettre la mise au point sur la focale verticale il faut: ajouter à la sphère la valeur de la sous-correction cylindrique en formule négative ou sous-corriger le cylindre sans modifier la valeur de la sphère en cylindre positif.

Cette méthode permet (figure n° 5) d'emmétropiser la focale verticale et d'hypermétropiser la focale horizontale.

**DOSAGE DE LA SOUS-CORRECTION CYLINDRIQUE**

- L'attitude du prescripteur varie selon :
- L'historique du cas: s'il s'agit d'un astigmatisme nouvellement dépisté comme cela se rencontre chez le jeune presbyte ou d'un astigmatisme acquis traumatique ou postchirurgical.
  - L'importance de l'astigmatisme: la sous-correction ne peut dépasser la moitié de la valeur du cylindre.
  - L'orientation: ces règles concernent les astigmatismes verticaux ou horizontaux. Les astigmatismes obliques doivent être totalement corrigés.

- Le degré de binocularité: dans le cas d'anisoastigmatisme associé à une amblyopie relative, la correction totale de l'œil dominé est souhaitable.
- Le diamètre pupillaire: l'effet de l'astigmatisme augmente avec le diamètre pupillaire. Les sujets présentant des grandes pupilles doivent être corrigés le mieux possible.
- L'amplitude d'accommodation: il est évident que la valeur de la sous-correction ne peut dépasser la valeur de l'amplitude d'accommodation restante.
- L'âge du sujet: les enfants dont la plasticité neuronale leur procure des possibilités d'adaptation supérieures à celles de l'adulte ne doivent jamais être sous-corrigés.
- La profession: cette méthode de sous-correction tend à privilégier la vision rapprochée. Les personnes qui utilisent essentiellement leur vision de loin (chauffeur routier, taxi, etc.) doivent bénéficier d'une correction totale.

## **CONCLUSION**

Dans tous les cas la sous-correction d'un astigmatisme obéit à des règles physiologiques précises. C'est une étape transitoire pour faciliter l'adaptation sensorielle du sujet et envisager par la suite la correction totale du défaut oculaire.





# LES MONTURES DE LUNETTES

*Pour adultes et enfants*

*Jean-Pierre Barberie*

## **INTRODUCTION**

Une paire de lunettes est un ensemble indissociable composé de verres et d'une monture, c'est-à-dire d'un système correcteur et d'un support dont la finalité est le mieux voir donc le mieux vivre.

## **LES MONTURES POUR ADULTES**

La mise au point de cet objet d'une apparente simplicité a pris sept siècles. De nos jours ce produit est la résultante d'études (dessins, morphologie des visages, matériaux) de haute technologie (CAO, maquettes, automatisation du matériel) et d'esthétique influencée par la mode, les créateurs, les utilisateurs et parfois les professionnels.

## **FINALITÉ DU PRODUIT**

Ce produit fini doit répondre aux exigences de l'ophtalmologiste, de l'opticien mais surtout de l'amétrope qui devra intégrer la monture de ses lunettes dans son schéma corporel. C'est par cette appropriation que l'on réussira le bon équipement optique.

## **COMMENT RÉUSSIR CE CHALLENGE**

Pour bien équiper un amétrope et donc bien choisir ses montures de lunettes, il faut respecter des règles qui sont par ordre d'importance :

- Priorité à la vue;
- Respect de la technique et du confort;
- Souci de l'esthétique du porteur.

### **LA VUE D'ABORD :**

Pour conseiller le porteur de verres correcteurs dans le choix de sa monture de lunettes, l'opticien (figure n° 1. A : Mauvais choix - B : Bon choix) doit impérativement connaître :

- L'amétropie du porteur;
- La puissance des verres;
- Le type de verres;
- Les exigences visuelles.

### **LA TECHNIQUE ET LE CONFORT**

La diversité des formes et des matériaux existants en lunetterie permet à l'opticien de répondre aux critères techniques du bon choix qui sont :

- La bonne position du verre (distance verre œil);
- La correspondance axe verre/axe-optique de l'œil;
- La stabilité des montures par un bon équilibre sur les 3 points d'appui (nez - oreilles);

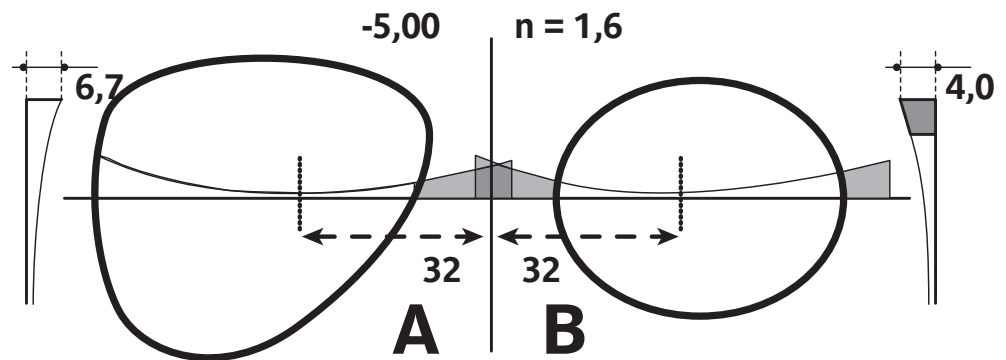


Fig 1. A: Mauvais choix - B: Bon choix

- La recherche du matériau le plus léger et le plus résistant en fonction de l'utilisation et de l'utilisateur.

### **L'ESTHÉTIQUE**

Très sensible au rôle de l'image que nous voulons donner de nous, il est évident que ce paramètre est d'une importance capitale dans le choix des montures. Néanmoins, il ne faudra pas que ce critère l'emporte sur les deux premiers.

L'approche dans ce domaine esthétique se fera par :

- La recherche d'harmonie avec la forme et le volume du visage ;
- Le bon rapport entre l'écart des yeux et celui de la monture ;
- La non-accentuation des caractéristiques du visage (rond, carré, triangulaire etc.) ;
- Le rapprochement des courbes en particulier de la ligne de sourcils par rapport à la barre frontale de la monture ;
- Le respect de la valeur « lunettes » pour le porteur qui souhaite extérioriser (couleurs vives, formes sophistiquées) ou intégrer (couleurs discrètes, simplicité des formes) son équipement optique.

Dans tous les cas, il faudra aider, conseiller mais ne pas dicter le choix ni le provoquer ce qui ne veut pas dire qu'il faut laisser toute liberté de choix. En effet, un professionnel de la vue n'a pas le droit de cautionner un choix de montures (vue, technique, look) qui ne permettrait pas d'obtenir le but recherché, c'est-à-dire : mieux voir ou assurer le bon développement visuel.

## **LES MONTURES POUR ENFANTS**

### **UNE ÉVIDENCE**

Le visage de l'enfant est différent du visage de l'adulte. Les données physiologiques de l'enfant sont différentes de celles de l'adulte par conséquent, les montures de lunettes pour enfants doivent être différentes des montures de l'adulte. Cette évidence n'est devenue réalité qu'en 1970 par la création d'une collection de montures spécialement étudiées pour permettre de réaliser un équipement optique adapté :

- Aux besoins visuels de l'enfant ;
- Au confort de l'enfant ;
- À l'esthétique de l'enfant.

### **LA VUE D'ABORD**

#### **LA SURFACE DU VERRE**

La surface du champ de regard de l'enfant est sensiblement identique à celle de l'adulte. La seule différence porte sur le cadran inféro-nasal qui est légèrement plus grand que celui de l'adulte et ce en raison de la moindre projection de l'appendice nasal (figure n° 2).

Pour cette même raison, c'est-à-dire la moindre projection de l'appendice nasal, la distance du verre à l'œil qui est réduite à 8 mm contre 14 mm pour un adulte permet de réaliser des montures avec une ouverture de calibre plus

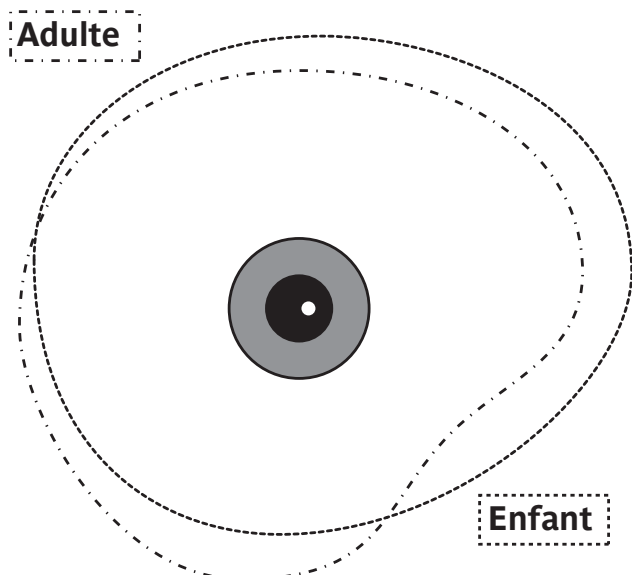


Fig 2. Champ du regard.

petite mais qui cependant couvre la totalité du champ de regard monoculaire, qui est un angle de  $90^\circ$  (figure n° 3).

#### POSITION DU VERRE

Il fait toujours référence au champ de regard et à la relation avec le dessin des montures pour enfant.

On peut constater que la zone la plus utilisée en vision éloignée se trouve dans la partie supérieure du champ de regard. La raison en est l'obligation pour l'enfant de regarder un environnement situé plus haut que lui, puisque correspondant à celui du monde des adultes. Les montures devront donc couvrir cette zone supérieure et ce d'autant plus que l'enfant est petit (figure n° 4).

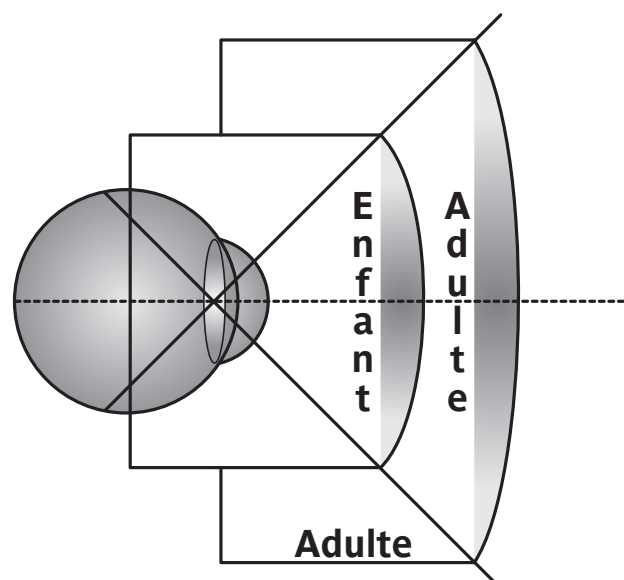


Fig 3. Diamètre utile.

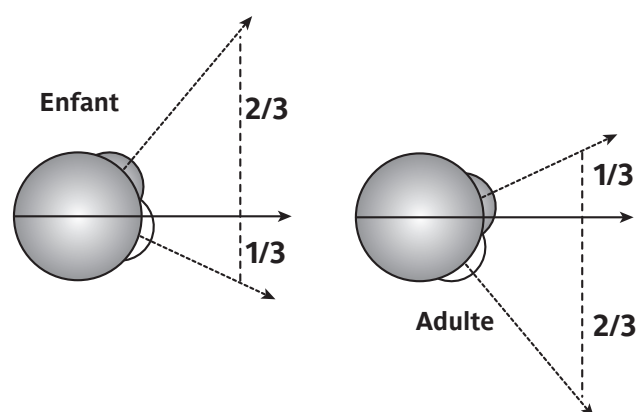
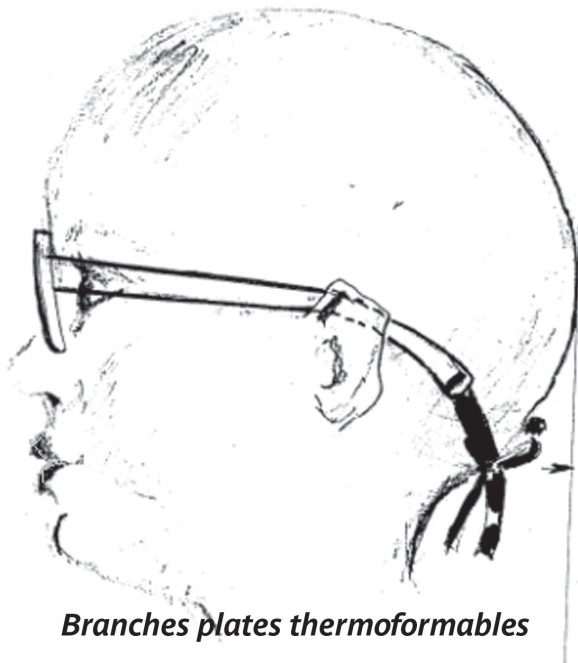


Fig 4. Champ de regard.

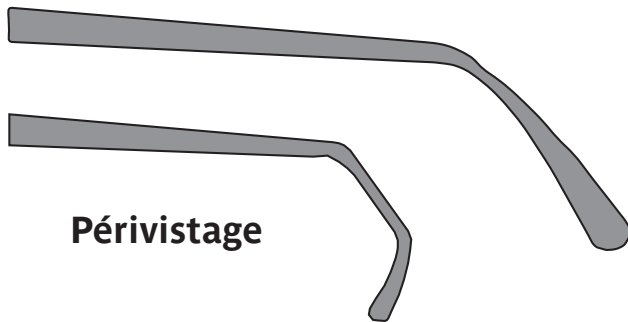


Fig 5. Équipement adapté pour un nourrisson.



**Branches plates thermoformables**

Fig 6. Branches plates thermoformables.



**Périvistage**

Fig 7. Périvistage.

seront plates et thermoformables pour les nourrissons (figure n° 6) ou bien, pour les petits, suffisamment longues pour permettre un ajustage par périvistage (figure n° 7) avec soit un ruban ou un élastique de maintien. L'apport des charnières à ressort revêtues de protection caoutchoutée ne pourra qu'augmenter la résistance aux chocs et aux déformations tout en limitant les risques d'accidents.

### **L'ESTHÉTIQUE**

Faire porter des lunettes à un enfant n'est jamais bien vécu, ni par les parents ni par l'intéressé. Il faudra à l'ophtalmologiste et à l'opticien quelque talent de psychologue pour convaincre les parents des tout-petits de l'intérêt du port constant et assidu des lunettes. L'identification avec un bambin mannequin présenté sur une photo-poster, facilitera l'acceptation des lunettes surtout par les parents. L'aspect ludique (branches et faces différentes) et en particulier le jeu des couleurs ou la coloration personnalisée faite par l'enfant, seront autant d'artifices qui permettront le port des lunettes garantissant ainsi l'efficacité du traitement médical.

### **CHAMP BINOCULAIRE**

Enfin, pour respecter le champ binoculaire et ne pas pénaliser la zone où s'établit la liaison accommodation - convergence de l'enfant, il est impératif que le pont des lunettes soit étroit afin de rapprocher le plus possible les deux oculaires de la monture.

### **LA TECHNIQUE ET LE CONFORT**

Le bon sens et le respect des énoncés précédents nous permettent d'affirmer qu'avant 5 à 6 ans, il est interdit d'équiper un enfant avec des montures métalliques car sous une apparente solidité ce matériau se déforme plus facilement à l'usage. De plus, en cas de chute ou de choc frontal, les traumatismes sont sévères. Mais notre prise de position vient surtout de la constatation qu'avec ce type de montures l'enfant peut regarder par-dessus le verre correcteur, ce qui rend inefficace le traitement proposé par l'ophtalmologiste.

Pour les petits, la monture idéale sera donc en acétate de cellulose avec un pont bas qui assure le bon positionnement des lignes de regard tout en évitant le contact avec le rebondi des joues (figure n° 5).

Pour les nourrissons, ce pont sera équipé d'un coussin en silicone qui va empêcher la monture de glisser mais aussi d'éviter tout traumatisme en cas de choc. Cependant, les montures trop souples sont à bannir : mauvaise tenue des verres, mauvais positionnement des verres (projections différentes OD/OG). Quant aux branches, elles seront placées dans l'alignement ou légèrement en dessous de la ligne des centres. Ces branches

# AMÉTROPIES ET PROCÉDÉS DE CORRECTION

Jean-Pierre Bonnac

## INTRODUCTION

Ce siècle nous a dotés de quatre procédés de correction pour compenser une amétropie : les lunettes en optique aérienne, l'optique de contact, la kératochirurgie réfractive et l'implantation intra-oculaire.

Sur le plan physiologique, chacune de ces méthodes présente des avantages et des inconvénients, dont les conséquences risquent d'entraîner des perturbations sensorielles et/ou motrices.

## OPTIQUE AÉRIENNE

En l'absence de toutes pathologies associées et pour des amétropies d'origine axiale, les modifications induites en optique aérienne comparativement aux autres procédés de correction sont les suivantes :

### VALEUR DE L'AMÉTROPIE

Avec les lunettes, le système correcteur est placé à distance de l'œil. Chez le myope, la valeur de la correction en lunettes est plus forte que l'amétropie de conformation (figure n° 1) et inversement chez l'hypermétrope. Cette différence par rapport à l'amétropie réelle est négligeable avec les autres techniques de compensation.

### ÉCLAIREMENT RÉTINIEN

Le diamètre de la pupille d'entrée de l'œil est plus petit chez le myope et plus grand chez l'hypermétrope corrigé avec des lunettes alors qu'il est inchangé avec les autres procédés de correction.

Cette réduction du flux lumineux entrant dans l'œil (figure n° 2) explique en partie la mauvaise perception en basse luminance des myopes et leur impression de « clarté » avec les lentilles de contact. Alors que l'hypermétrope est plus fréquemment demandeur de verres de lunettes teintés.

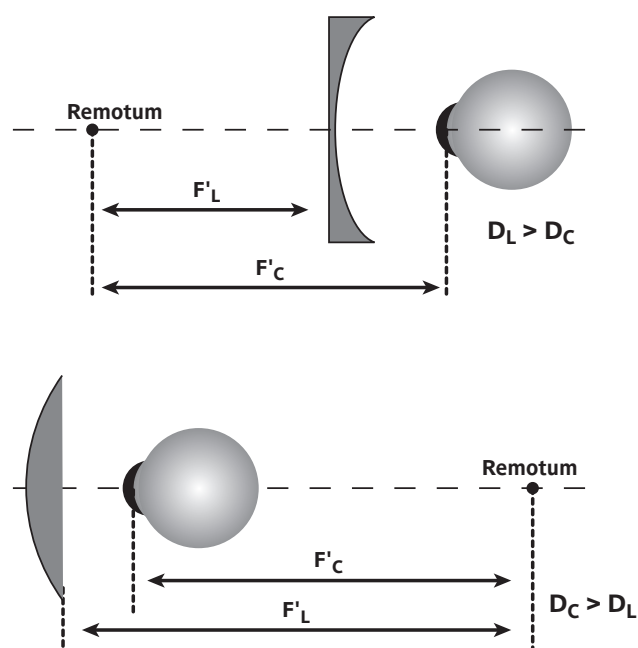


Fig 1. Valeur de l'amétropie.

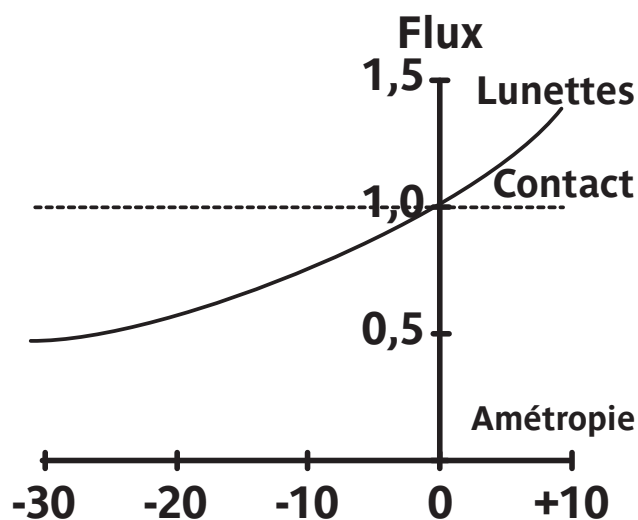


Fig 2. L'éclairement rétinien.

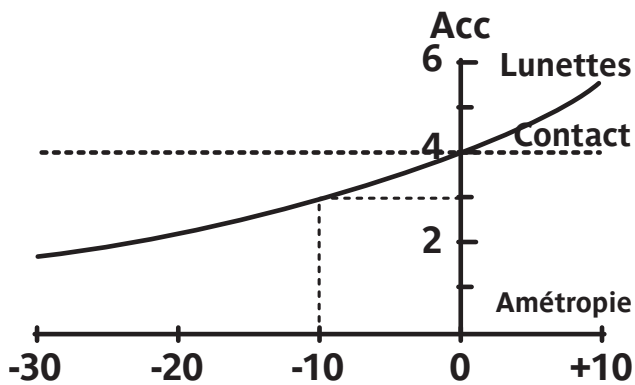


Fig 3. Accommodation.

## ACCOMMODATION

En optique aérienne, la demande accommodative est plus faible chez le myope et plus forte chez l'hypermétrope (figure n° 3). Un myope de - 10,00 dioptries regardant à 25 centimètres, corrigé en lentilles de contact, accommode de 4 dioptries alors que corrigé en lunettes, il ne met en jeu que 3,00 dioptries d'accommodation pour voir nettement à cette distance. Plus la distance verre-œil augmente plus la valeur de la demande accommodative diminue. Cela explique le réflexe des myopes forts corrigés en lunettes d'éloigner le plan des verres pour voir de près.

## CHROMATISME

Comme tout système optique convergent l'œil présente une aberration chromatique. Les courtes longueurs d'onde bleues sont plus réfractées que les grandes longueurs d'onde rouges. L'aberration chromatique de l'œil est dite positive. Les verres de lunettes sont aussi chromatiques. La grandeur de l'aberration varie selon la nature du matériau. Son importance est caractérisée par un nombre abstrait appelé optique ophtalmique nombre d'Abbé ou constringence du verre.

Les verres convexes ont une aberration chromatique positive et les verres concaves une aberration négative. Dans le cas du myope corrigé en lunettes les aberrations chromatiques de l'œil et du verre sont de sens opposé donc elles se soustraient alors qu'elles s'additionnent chez l'hypermétrope. Pour cette raison, afin de ne pas altérer la perception des contrastes, il est déconseillé d'appareiller les forts hypermétropes avec des verres minces à haut indice et faible constringence.

## LES VERGENCES OCULAIRES

Le verre de lunettes est un système prismatique dont la valeur augmente du centre vers le bord proportionnellement à la puissance du verre.

Ces effets prismatiques entraînent des perturbations en vision dynamique dans l'appréciation de l'espace mais également dans les vergences oculaires en vision rapprochée. Comparativement aux autres procédés de correction, en vision proximale, le myope converge moins et l'hypermétrope d'avantage que la normale.

## CHAMP VISUEL ET CHAMP DE REGARD

Tous les autres procédés de correction sont solidaires de l'œil alors que l'optique aérienne provoque une réduction de l'espace de vision nette.

## LES EFFETS CINÉ-PRISMATIQUES

Dans les mouvements oculo-céphaliques, les verres convexes entraînent un déplacement apparent de l'espace en sens inverse de la rotation de la tête et les verres concaves un déplacement direct.

## OPTIQUE DE CONTACT, KÉRATOCHIRURGIE, IMPLANT RÉFRACTIF

Comparativement aux nouveaux procédés de compensation, la correction des amétropies par des lunettes présente de nombreux inconvénients. C'est pourtant celui qui reste encore le plus employé, probablement du fait de sa simplicité de mise en œuvre et surtout de la possibilité de modifier la correction à volonté.

Il reste un paramètre très important sur le plan sensoriel dont il faut tenir compte c'est la grandeur de la taille de l'image rétinienne.

La compensation d'une amétropie à l'aide de l'optique de contact, la kératochirurgie ou l'implant réfractif, consiste à modifier soit la courbure du dioptre cornéen, soit la puissance du cristallin, sans changer la longueur axiale de l'œil.

**Théoriquement**, dans le cas d'une amétropie axiale la variation de la grandeur de l'image rétinienne est négligeable avec les lunettes (figure n° 4), alors qu'avec les autres procédés de correction, elle est diminuée chez l'hypermétrope et agrandie chez le myope (figures n° 5 et 6).

Pour l'isométopie cette modification est peu gênante par contre, dans les cas d'anisométopie la disparité de grandeur des images rétinienne induite par le procédé de correction a des répercussions sur l'équilibre fusionnel et plus particulièrement sur le sens stéréoscopique.

Les conséquences de l'aniséiconie sont irrémédiables car les processus d'adaptation corticale sont limités et varient selon la qualité de la vision stéréoscopique antérieurement acquise. La gêne éprouvée par les sujets en vision spatiale est difficile à analyser. Elle peut aller jusqu'à la rupture de la fusion avec apparition d'une diplopie d'origine sensorielle d'où l'importance pour le praticien d'estimer, avant intervention, l'incidence des modifications de la taille des images rétinienne.

Le calcul de la grandeur des images rétinienne est complexe, aussi nous avons élaboré des abaques (figures n° 7 & 8) permettant d'estimer la valeur de l'**aniséiconie théorique** en fonction de l'amétropie de conformation de +10,00 à -20,00 dioptries et du procédé de correction. Ces résultats ont été obtenus par la méthode de calcul matriciel proposée par Maréchal en utilisant les caractéristiques de forme des verres et des lentilles donnés par les fabricants.

En présence d'une anisométopie cette méthode d'évaluation présente l'avantage d'être simple et rapide. La lecture se fait verticalement et chaque carreau du graphique représente 1,5 % d'aniséiconie théorique.

Les mesures subjectives, qui extériorisent l'aniséiconie clinique ressentie par le sujet, donnent souvent des valeurs très inférieures aux estimations théoriques. Cette différence peut s'expliquer selon la théorie mathématique de Höh qui prend en compte la modification de la densité des récepteurs occasionnée par déformation du pôle postérieur de l'œil myope. Si on projette (figure n° 9) une petite image sur une maille rétinienne serrée et une grande image sur une maille rétinienne plus espacée, si les deux images stimulent le même nombre de photorécepteurs elles seront perçues de la même taille. Les études de Metge et collaborateurs ont montré que dans les cas d'anisomyopie forte, ils obtenaient des résultats subjectifs inverses avec une diminution

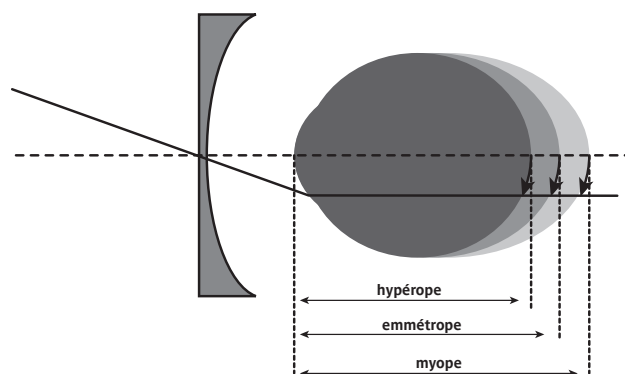


Fig 4. Lunettes.

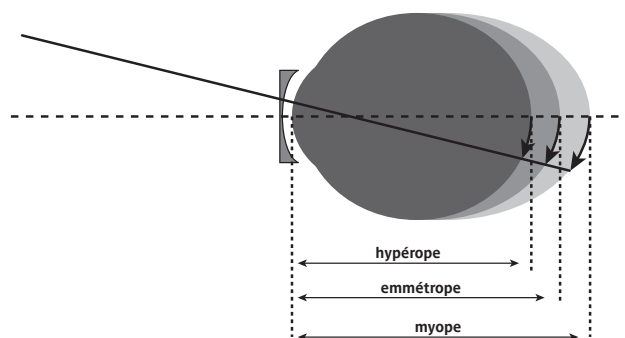


Fig 5. Lentille de contact ou Kératoplastie.

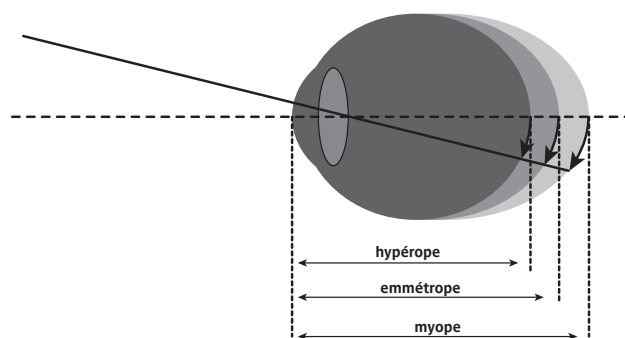


Fig 6. Implant.

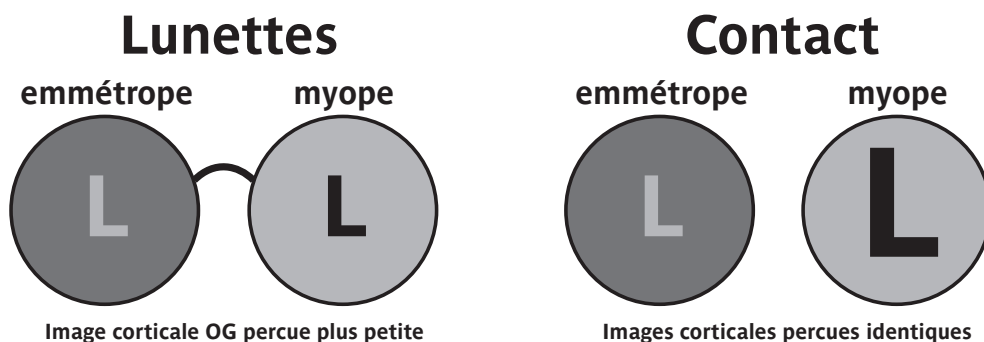


Fig 9. Anisomyopie.

de la taille de l'image rétinienne corticale chez les anisomyopes corrigés en verre de lunettes.

En réalité aucune méthode d'évaluation théorique : abaquages, loi de Knapp, tableaux de Gernet, théorie mathématique de Höh, est représentative de l'aniséiconie clinique par contre, elles permettent au praticien d'estimer les désordres fusionnels que risque d'entraîner le changement de procédé de correction. La prudence veut que dans l'éventualité d'une compensation chirurgicale de l'anisométrie une simulation préalable en optique de contact soit effectuée.

Dans le cas particulier de l'enfant, il faut souligner que la correction par lunettes, réalisée très tôt est préconisée à condition de respecter certaines règles d'adaptation. Les calculs montrent que si la distance verre-œil n'excède pas 5 ou 6 mm ce qui est possible chez les sujets très jeunes, l'effet optique est voisin de celui obtenu en lentille de contact. C'est une méthode pour préparer corticalement l'enfant au passage à une correction ultérieure en optique de contact ou chirurgicale.

### **CONCLUSION**

De ces observations, on conçoit toute l'importance que revêt l'étude théorique des modifications sensori-motrices induites lors du passage d'un procédé de correction à un autre surtout en présence d'une anisométrie dont les conséquences peuvent se résumer de la façon suivante :

- Lunettes = anisophorie ;
- Contact = accommodation ;
- Chirurgie = aniséiconie.



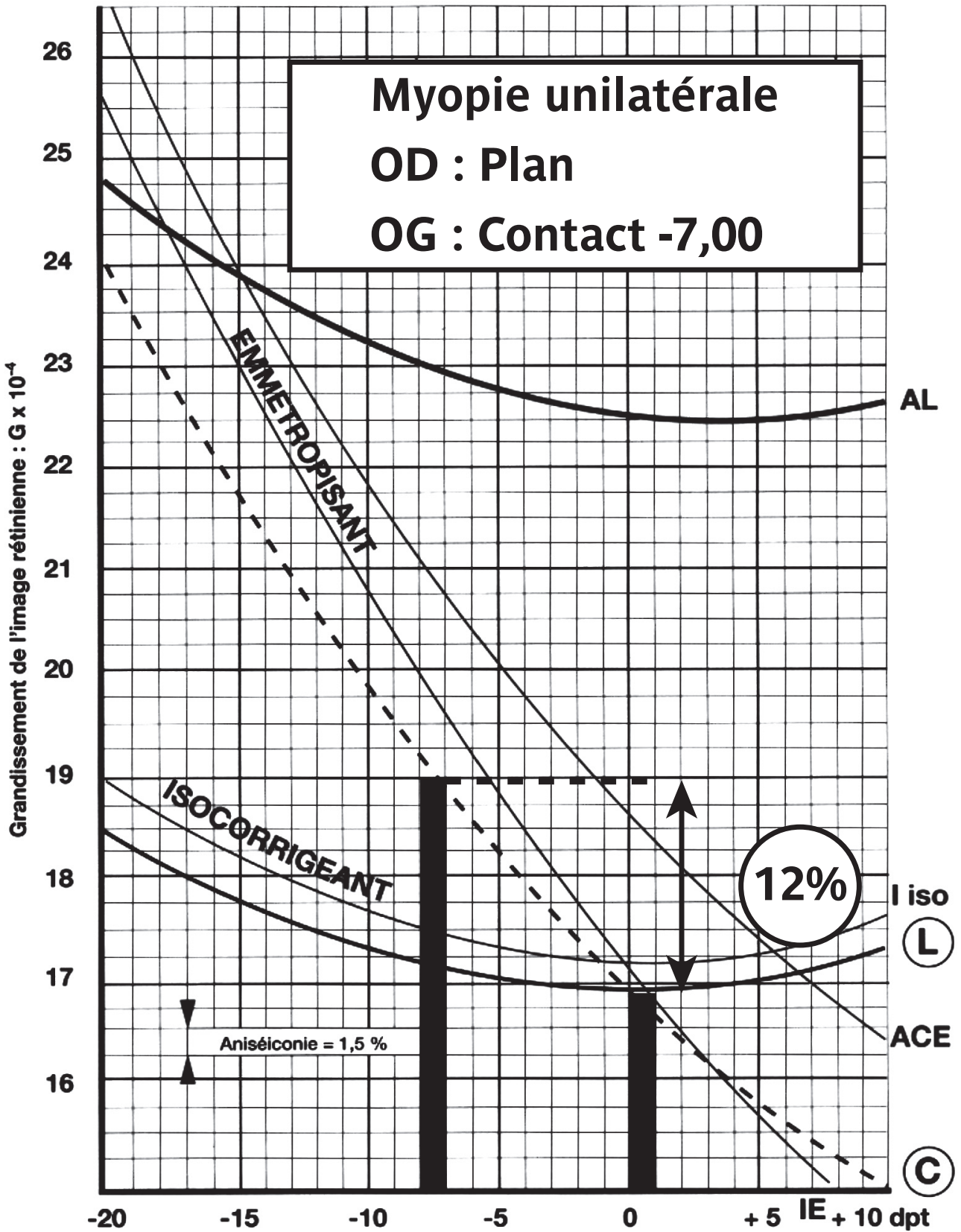


Fig 7. Aniséiconie.

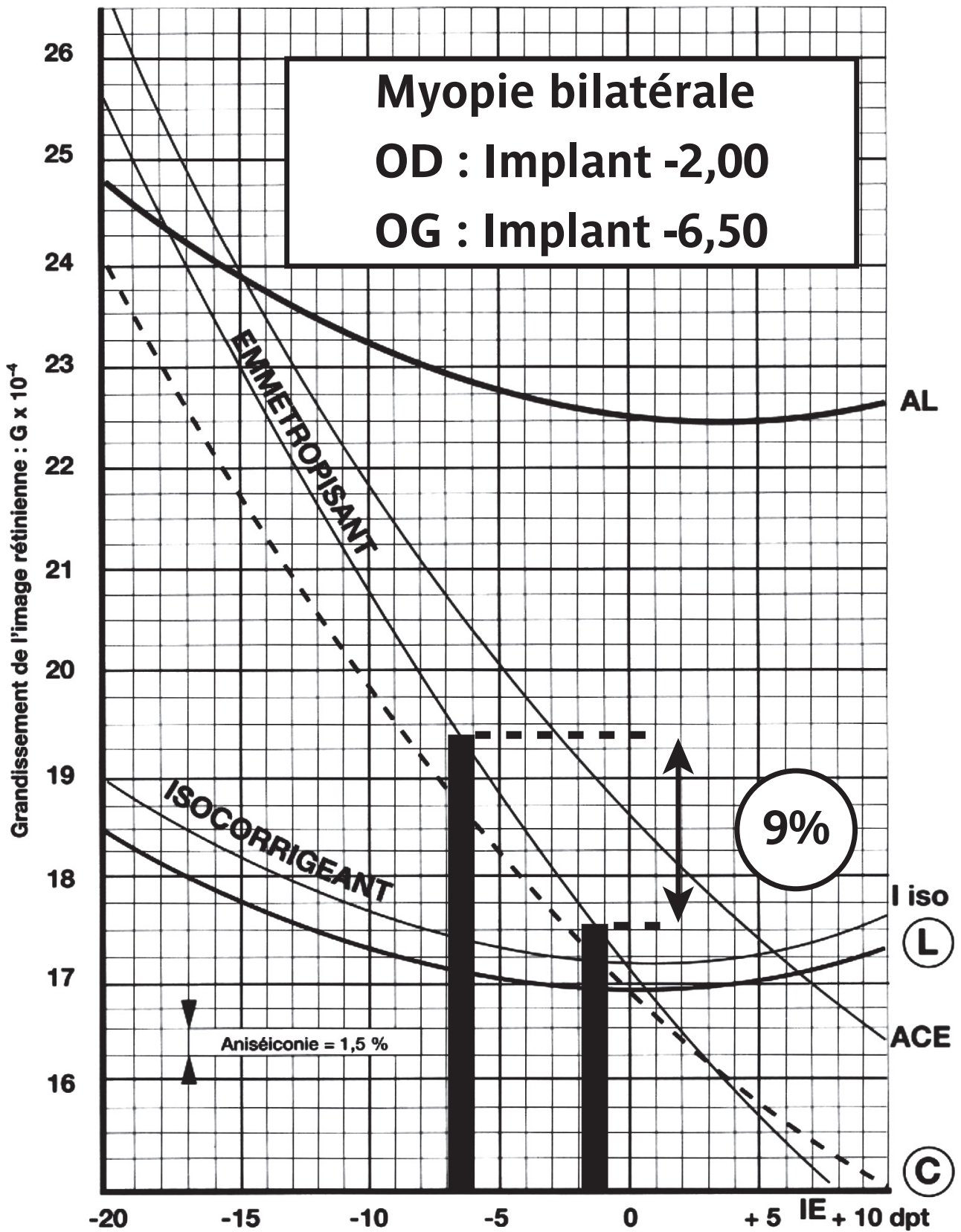


Fig 8. Aniséiconie.

# EFFETS PRISMATIQUES

## *Pièges ou remèdes*

*Jean-Pierre Bonnac*

### **PRISMES REMÈDE**

Le prisme est un déviateur optique fort utile dans la mesure et le traitement de certains désordres oculomoteurs. Malgré tous ces avantages il est important de rappeler les propriétés physiques qui en limitent ses applications.

### **PUISSANCE**

Elle dépend de la position du prisme devant l'œil. La déviation minimum est obtenue quand les rayons incidents et réfractés se coupent dans le plan de la bissectrice de l'angle au sommet. Tous les prismes de mesure sont étalonnés par rapport au minimum de déviation (Jackson 1887) qui se vérifie quand la face arrière du prisme est parallèle au plan frontal orbitaire.

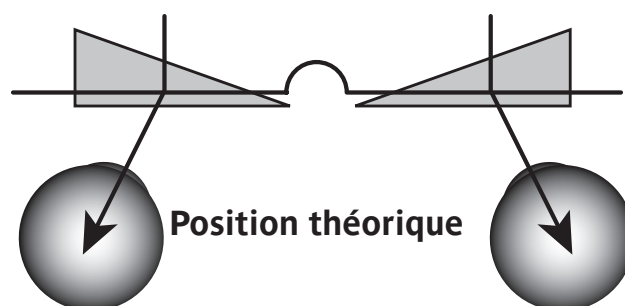
En pratique, lors de la réalisation d'une correction sphéro-prismatique, cette condition n'est jamais respectée pour des considérations esthétiques (figure n° 1) ce qui provoque une surcorrection prismatique. Pour des petites déviations prismatiques ( $< 8,00 \Delta$ ) l'erreur est négligeable par contre pour des valeurs supérieures, il est souhaitable de positionner le verre prismatique dans la lunette (figure n° 2) de façon à répartir l'épaisseur du verre de chaque côté de la monture. La répartition de 1/3 à l'extérieur de la monture et 2/3 à l'intérieur est en pratique un bon compromis.

### **ÉPAISSEUR**

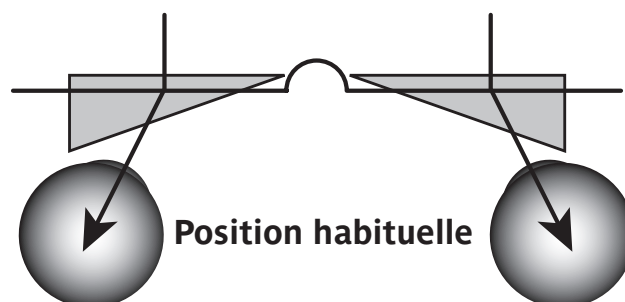
L'épaisseur à la base du prisme augmente avec l'effet prismatique et la grandeur du verre d'où l'intérêt de choisir des montures de petite dimension pour minimiser le poids des lunettes et l'effet disgracieux dû à l'épaisseur à la base du prisme.

Pour les déviations supérieures à  $10 \Delta$  l'utilisation des prismes souples de Jampolsky est préférable malgré la perte d'acuité visuelle due à la transparence du matériau et la diminution du contraste des images occasionnée par la succession des microprismes.

Dans certains cas, il est possible d'associer les deux procédés : correction sphéro-prismatique et prisme souple à condition de choisir des matériaux ayant des caractéristiques physiques voisines telles que le verre organique Orma indice 1,5 et constringence 58 et le prisme souple en PVC indice 1,52 constringence 59.



**Fig 1. Position théorique.**



**Fig 2. Position habituelle.**

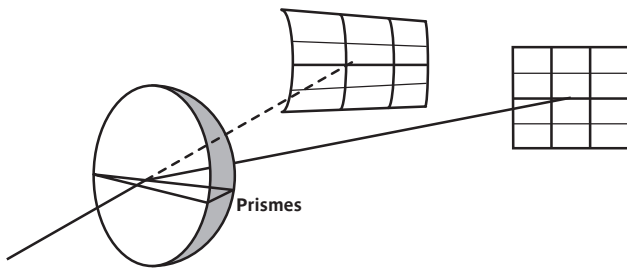


Fig 3. Distorsions.

**DISTORSIONS**

La variation de l'épaisseur d'un verre sphéro-prismatique et sa cambrure engendrent des distorsions des images (figure n° 3) qui déforment la perception de l'espace. Comparativement aux verres prismatiques conventionnels, Adams et collaborateurs (figure n° 4) ont étudié l'influence de ces différents facteurs et montrés tout l'intérêt de l'optique de Fresnel pour atténuer ces aberrations.

**CHROMATISME**

Tout système optique prismatique possède la propriété de disperser les radiations lumineuses composant la lumière blanche. Il est donc déconseillé de réaliser des verres prismatiques dans des matériaux à haut indice et faible constringence pour ne pas altérer la perception des contrastes.

**RÉALISATIONS**

En optique lunetterie on réalise des effets prismatiques allant jusqu'à 12 dioptries prismatiques en verres unifocaux, multifocaux et progressifs.

Il est important de souligner que dans les verres multifocaux et progressifs l'effet prismatique est identique en VL et en VP. Pour obtenir une prismsation différente en vision de loin et de près, il faut recourir à des verres bifocaux à la Franklin.

**PRISMES PIÈGES**

En optique aérienne, tout verre correcteur est un système prismatique associant deux prismes par la base dans les verres convexes et par le sommet dans les verres concaves.

Quand les lignes de regard d'un amétrope balayent la surface du verre correcteur, l'effet prismatique varie (figure n° 5). La valeur de l'effet prismatique en un point donné du verre correcteur est donnée par la formule de Prentice :

$$\Delta = d_{am} * D.$$

- $\Delta$  = effet prismatique exprimé en dioptries prismatiques ;
- D = puissance du verre ;
- dm = distance du point considéré au centre optique du verre.

Dans le cas d'anisométrie, la disparité des effets prismatiques provoque une anisophorie variable selon la direction du regard.

En vision de loin ces effets prismatiques sont peu gênants. Le sujet prend rapidement l'habitude de tourner la tête plus que les yeux. Par contre en vision de près la différence des effets prismatiques risque d'entraîner une fatigue visuelle pouvant aller jusqu'à l'apparition d'une diplopie ou d'une suppression.

Toutes ces perturbations motrices sont mises en évidence à l'aide du coordimètre de Hess-Weiss. C'est ainsi que l'on vérifie le degré d'adaptation du sujet à l'anisophorie induite par sa nouvelle correction.

Pour minimiser ces phénomènes prismatiques il est conseillé d'appareiller l'anisométrope avec des petites lunettes comportant une surface de verre réduite afin qu'il soit incité à n'utiliser que la zone centrale des verres où les effets prismatiques sont minimales.

Chez les sujets anisométropes presbytes, corrigés avec des verres multifocaux, l'étude de la différence des effets prismatiques verticaux induits dans le regard vers le bas est très importante.

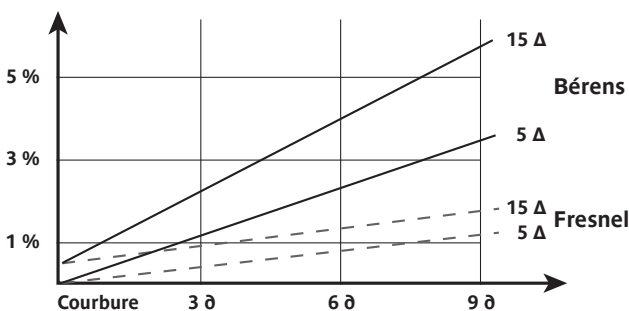


Fig 4. Grossissement.

## VERRES BIFOCAUX

On assimile un verre double-foyer à deux verres correcteurs accolés et décentrés l'un par rapport à l'autre. En vision de près l'effet prismatique vertical est égal à la résultante des effets prismatiques verticaux du verre de vision de loin et du lenticule de vision de près. La grandeur de l'effet prismatique dépend de la forme du segment de vision de près. Ainsi, le verre bifocal segment courbe est préférable pour l'hypermétrope (figure n° 6) d'où son utilisation chez l'enfant. Le double-foyer segment droit (figure n° 7) convient mieux dans les cas de myopie résiduelle en vision de près.

Pour l'anisométrope astigmat, le choix du verre est plus complexe sachant qu'il faut rechercher le double-foyer procurant le minimum de disparité d'effet prismatique dans le passage vision de loin et de près. Si l'anisophorie loin-près est trop importante il faut recourir soit au verre bifocal à la Franklin soit neutraliser l'effet prismatique à l'aide d'un demi-prisme souple.

En règle générale, le choix du type de double-foyer doit s'effectuer en fonction de l'amétropie du sujet.

## VERRES PROGRESSIFS

Dans un verre progressif la zone de vision de près se trouve excentrée à 15 mm environ en dessous du centre géométrique de vision de loin (figure n° 8). La valeur de l'effet prismatique au niveau de la zone de vision de près est approximativement égale à :

$$\Delta = 1,5 * D.$$

- Exemple :
  - OD: +1,50 (+1,50 à 0°) Addition 2,00 ;
  - OG: +0,50 (+0,50 à 0°) Addition 2,00.
- Les puissances sphériques dans les méridiens verticaux sont respectivement :
  - OD: +3,00 ;
  - OG: +1,00.

Soit une anisométrie verticale de 2,00 dioptries (figures n° 9 et 10) qui provoque une anisophorie de près égale à :  $\Delta = 1,5 * 2,00 = 3,00$  dioptries prismatiques base supérieure.

Cet effet prismatique en vision de près explique certaines intolérances aux verres progressifs suite à un changement de puissance d'où l'intérêt, d'analyser chez le presbyte anisométrope ses capacités fusionnelles en vision de près et dans le regard vers le bas.

Il existe d'autres cas où le choix du procédé de correction revêt une importance toute particulière si on veut préserver les possibilités fusionnelles de ces patients. Par exemple :

- Soit un sujet non presbyte implanté unilatéralement suite à une cataracte traumatique que l'on souhaite appareiller avec un verre progressif sur l'œil opéré et un verre unifocal sur l'œil phake.

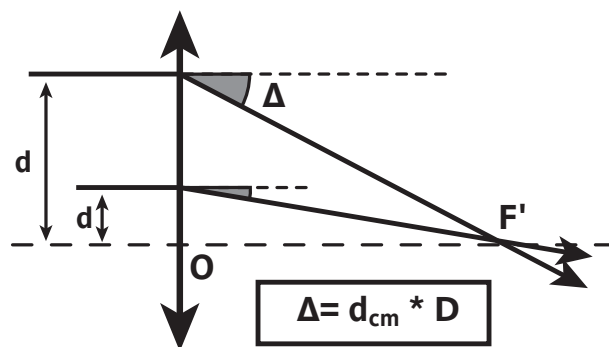


Fig 5. Effet prismatique d'un verre.

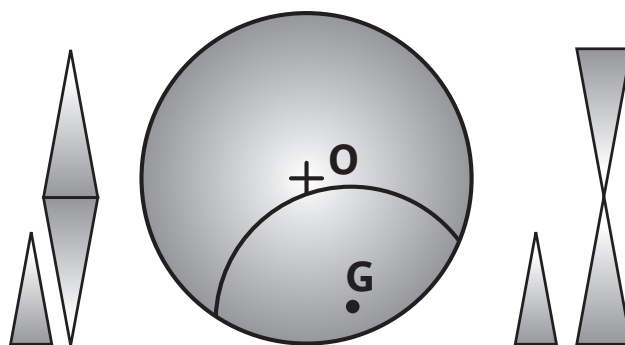


Fig 6. Bifocal segment courbe.

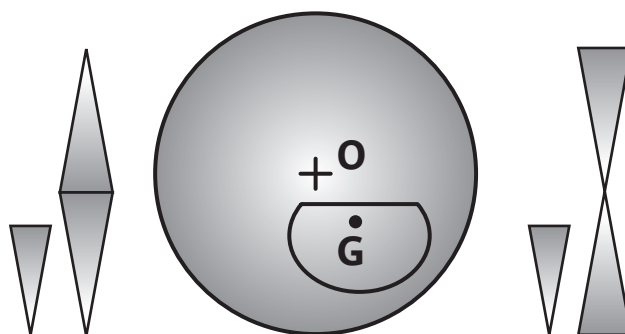


Fig 7. Bifocal segment droit.

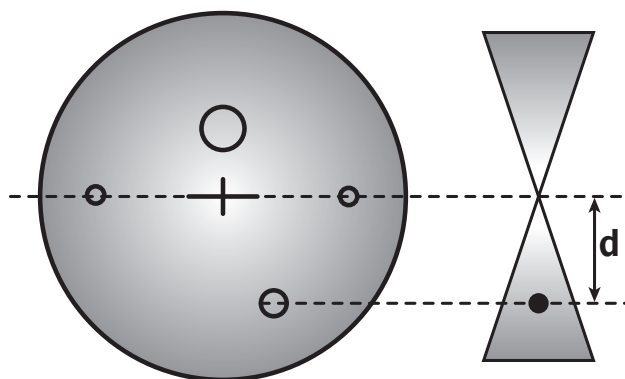


Fig 8. Effet prismatique d'un verre progressif.

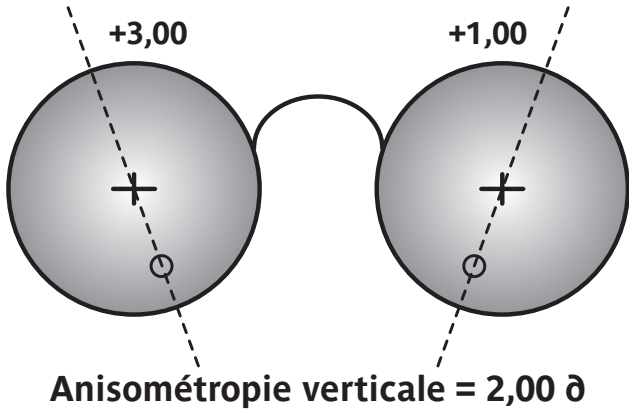


Fig 9. Anisométrie.

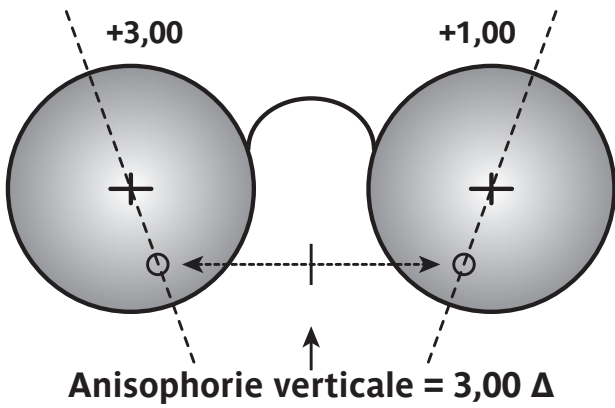


Fig 10. Anisophorie.

- Exemple : OD Pseudophasie : Plan/Addition 2,50 dioptries. OG : Phake + 2,00.

Les effets prismatiques de près sont de même sens et l'anisophorie est égale à 0,5 dioptrie prismatiques base supérieure ce qui est négligeable (figure n° 11) par contre, si l'œil phake est myope de -2,00 dioptries l'anisophorie verticale est supérieure à 4,00 dioptries (figure n° 12) prismatiques ce qui risque de s'avérer intolérable.

Le choix du procédé de correction de l'œil opéré doit se faire en fonction de l'amétropie de l'œil phake et nécessite chaque fois une étude particulière des effets prismatiques verticaux induits en vision de près.

**CONCLUSION**

Si le prisme est un instrument très utile pour les mesures, son application comme procédé de correction se limite à des déviations inférieures à 12 Δ à cause des aberrations engendrées.

Enfin, il faut toujours se méfier des effets prismatiques « parasites » occasionnés par les verres correcteurs lors d'un changement de réfraction et plus spécialement en présence d'une anisométrie car ils peuvent être à l'origine de l'apparition d'un désordre binoculaire en vision rapprochée.

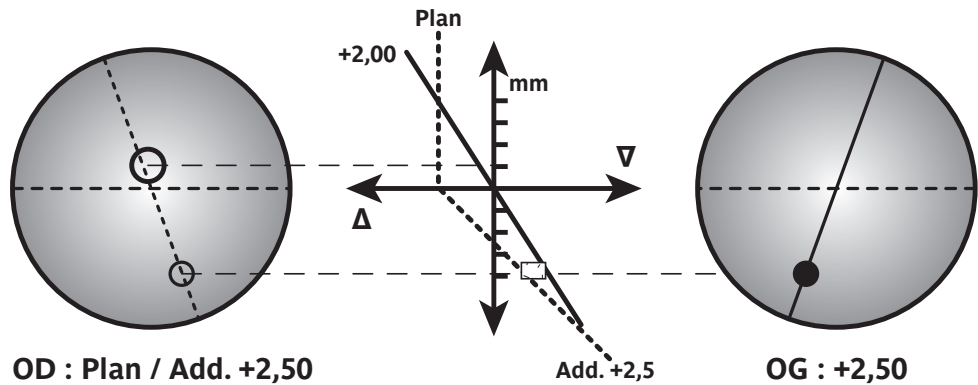


Fig 11. Pseudophasie unilatérale.

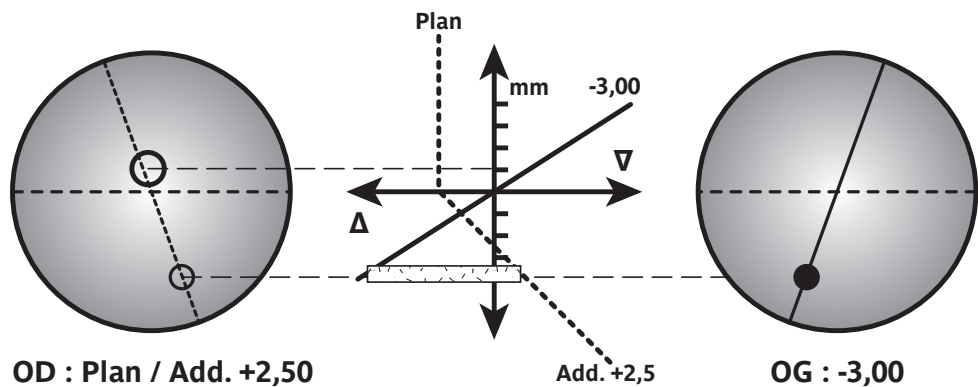


Fig 12. Pseudophasie unilatérale.

# VISION BINOCULAIRE ET TROUBLES OCULOMOTEURS

*Alain Pêchereau*

## INTRODUCTION

La vision binoculaire et les troubles oculomoteurs semblent avoir peu de rapport avec la chirurgie réfractive. Cependant, tout geste de chirurgie réfractive peut avoir des conséquences significatives voire importantes sur l'équilibre oculomoteur par la modification de l'un ou de plusieurs de ses mécanismes :

- Modification de l'acuité visuelle non corrigée de chaque œil ;
- Modification de l'acuité visuelle corrigée de chaque œil ;
- Modification de la qualité de l'image ;
- Modification de l'œil ayant la meilleure acuité.

Toutes ces modifications peuvent perturber de façon importante le fonctionnement du système visuel du sujet tant dans ses rapports avec son environnement, que dans ses propres habitudes de vie.

Pour évaluer les conséquences de la chirurgie réfractive sur le fonctionnement de la sphère sensori-motrice, certaines précautions doivent être prises. Elles permettent d'éviter que la chirurgie réfractive ne perturbe de façon parfois irréversible un système oculomoteur fragile, en particulier chez l'anisométrope, l'amblyope unilatéral et le strabique.

## DÉPISTAGE ET EXAMEN PRATIQUE

### L'ACUITÉ VISUELLE

Une condition nécessaire pour que la vision binoculaire soit de bonne qualité, est une équivalence fonctionnelle entre les deux yeux. On admet qu'il ne doit pas y avoir une différence d'environ plus de 2/10 d'acuité visuelle entre les deux yeux, ou plus précisément plus d'une ligne d'acuité, sur une échelle à progression logarithmique (6).

L'acuité visuelle normale étant comprise entre 16/10 et 20/10 chez le sujet jeune, on doit avoir recours à une échelle d'acuité visuelle standardisée à progression logarithmique (7). Ces mesures prises avec précision permettent de suspecter une amblyopie, un strabisme, une dominance anormale ou une anisométrie.



Fig 1. Échelle d'Acuité Visuelle Logarithmique (A. Pêchereau pour Lissac Opticien).

Ce chapitre est extrait du rapport présenté à la Société Française d'Ophtalmologie en 2001 et consacré à la chirurgie réfractive. Saragoussi JJ, Arné JL, Colin J, Montard M et collaborateurs. Chirurgie Réfractive. Masson éditeur (Paris), 2001, 791 pages.

**En pratique : mesure de la meilleure acuité visuelle corrigée (jusqu'à 20/10) avec une échelle logarithmique (figure n° 1).**

### LA RÉFRACTION

Les rapports entre le système sensori-moteur et la réfraction sont particulièrement étroits par le biais du rapport accommodation-convergence. Tout effort d'accommodation en vision de loin, lié soit à une hypermétropie sous-correctée soit à une myopie surcorrectée peut soit créer une perturbation permanente du système oculomoteur soit compenser un désordre préexistant qui devient de ce fait latent. Toute chirurgie réfractive, même bien conduite, peut révéler ou décompenser un désordre oculomoteur et entraîner une insatisfaction du patient.

Il est donc essentiel qu'avant toute chirurgie réfractive le patient ait une réfraction objective et subjective sous un cycloplégique fort (Cyclopentolate ou Atropine) pour déceler une amétropie latente. Rappelons que les capacités accommodatives du système visuel chez l'homme sont telles qu'une cycloplégie est indispensable jusqu'à l'âge de 50 ans (5).

L'existence d'une sous-correction ou surcorrection importante ( $\geq 1$  dioptrie) doit amener à réévaluer la situation motrice après le port de la correction optique totale pendant quelques semaines.

En pratique : réfraction objective et subjective par un cycloplégique fort.

### L'ÉQUILIBRE OCULOMOTEUR

L'équilibre oculomoteur doit être exploré de loin et de près avec et sans correction, ainsi que la convergence. Quelques directions du regard devront être étudiées avec une plus grande attention :

- La position de rectitude, situation de référence du système ;
- La version horizontale droite et gauche ;
- Le regard en bas qui est particulièrement utilisé dans la vie quotidienne (marche, escalier, etc.).

En vision de près, on étudiera également :

- Le regard en bas et en dedans, celui de la lecture ;
- La convergence. Le punctum proximum de convergence est d'environ 6 cm (3).

Cet examen sera fait au test de l'écran unilatéral et au test de l'écran alterné à la recherche d'une tropie ou d'une phorie. L'existence d'une tropie ou d'une phorie, mal compensée ou importante, devra faire poursuivre les investigations.

**En pratique : évaluation de l'équilibre oculomoteur par les tests de l'écran unilatéral et alternant dans les principales directions du regard, de loin et de près ainsi que du punctum proximum de convergence.**

### LA MESURE DE LA VISION STÉRÉOSCOPIQUE

La vision stéréoscopique est le « nec plus ultra » du développement du système visuel. Les conditions nécessaires pour qu'elle se mette en place et qu'elle se maintienne sont particulièrement rigoureuses :

- Isoacuité (ou différence d'acuité faible  $\leq 1$  ligne d'acuité visuelle logarithmique) ;
- Parallélisme des axes visuels ;
- Développement d'une relation binoculaire normale pendant les premiers mois de vie.

De ce fait, son exploration permet d'évaluer l'existence d'une relation interoculaire harmonieuse. Pour l'étudier, différents tests ont été proposés. Pour des raisons physiologiques, seuls les tests à points aléatoires présentent une garantie suffisante. Les critères de normalité sont bien codifiés. Avec ces tests (points aléatoires), il faut une stéréoscopie inférieure à 80 secondes d'arc pour avoir une garantie suffisante. Les tests sont les suivants :

- *Le test de Lang II* (figure n° 2) est le plus simple. Son niveau de stéréoscopie (200 secs.) est insuffisant pour garantir une vision binoculaire normale. Nombre de sujets voient tous les tests en monoculaire ;



- *Le Randot-test* (figure n° 3) est un bon test ;
- *Le TNO* (figure n° 4) est le test de référence. Une stéréoscopie de 80 secondes d'arc est une quasi-certitude de l'existence d'une relation binoculaire normale.

L'absence ou l'insuffisance de la stéréoscopie devra amener l'ophtalmologiste à poursuivre les investigations pour rechercher l'origine de ce dysfonctionnement.

En pratique : évaluation systématique de la stéréoscopie par un test à points aléatoires.

## CONCLUSION

L'examen de tout patient qui envisage une chirurgie réfractive nécessite une réfraction bien conduite, et un bilan oculomoteur simple mais précis. Quatre points sont importants : une mesure précise de la meilleure acuité visuelle corrigée sur une échelle logarithmique qui atteint les 20/10, la réfraction à l'aide d'un cycloplégique majeur, une analyse de l'équilibre oculomoteur par l'étude de la déviation au cover-test, et l'étude de la vision stéréoscopique par l'emploi de tests de stéréoscopie à points aléatoires.

Cet ensemble de tests, dont la réalisation pratique ne demandera que quelques minutes à l'ophtalmologiste, donnera des informations précises sur la totalité du système visuomoteur et sur la qualité de son fonctionnement. Toute altération des performances doit être un signe d'alerte et doit faire en rechercher l'origine (la réalisation d'un bilan orthoptique est, dans ces cas, indispensable sauf compétences particulières). Cela permet d'évaluer la sensibilité des systèmes de compensation, de façon à prévoir une vulnérabilité particulière du système visuomoteur en cas de modification d'un ou de plusieurs éléments.

**En pratique : une anisométrie, un trouble oculomoteur ou l'absence de vision stéréoscopique doivent faire réaliser un bilan complet.**

## LES CONSÉQUENCES DE LA CHIRURGIE RÉFRACTIVE

### LES SITUATIONS À RISQUE

#### LE SUJET STRABIQUE

Tout strabisme s'accompagne d'un dérèglement plus ou moins important de la réponse accommodative. La Correction Optique Totale est indispensable pour rendre le système emmétrope et stable dans le temps (les variations de l'un sont compensées par les variations de l'autre en sens contraire), l'hypermétrope strabique étant particulièrement vulnérable à toute sous-correction.

#### LES TROUBLES DE LA RÉACTION DE PRÈS

La réaction de près comprend la convergence, l'accommodation et le myosis. Deux groupes de pathologies doivent être précisés :

- *Le strabisme hypoaccommodatif du sujet jeune.* La réponse accommodative en vision de près peut être insuffisante (recul du punctum proximum d'accommodation) et de ce fait entraîner une stimulation excessive, qui s'accompagne d'une convergence augmentée. Dans ces cas, le patient n'est soulagé que par la suppression totale de la demande

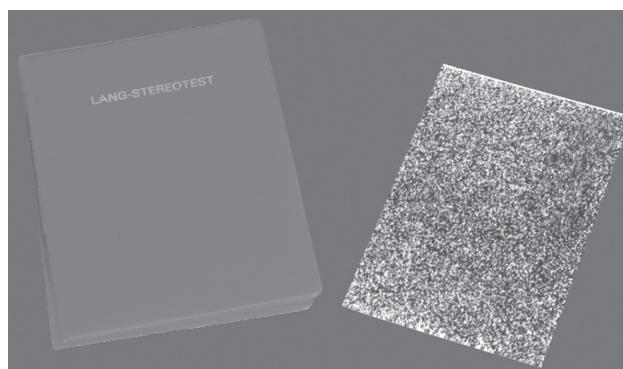


Fig 2. Test de Lang II.

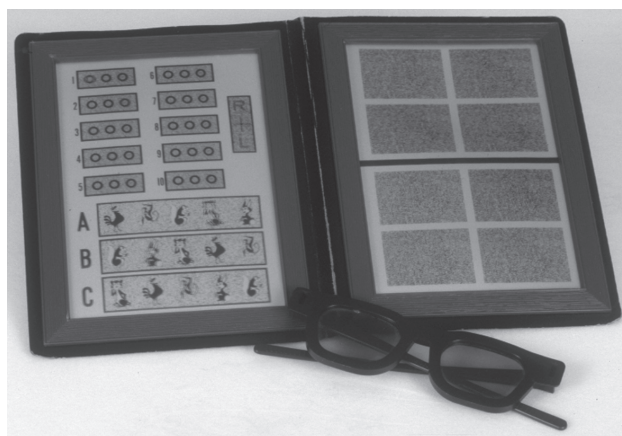


Fig 3. Randot-test.



Fig 4. Test de TNO.

accommodative en vision de près. Deux autres entités peuvent être associées à cette forme clinique : la viscosité des vergences (lenteur d'accommodation et de désaccommodation) et le presbyte jeune (à ne pas confondre avec l'hypermétrope non corrigé).

- *Les strabismes hyperconvergens en vision de près réagissant à une surcorrection optique.* La convergence est une cascade de réflexes : proximal, accommodative et fusionnelle, qui intervient par modulation de la convergence tonique. Les dérèglements de cet ensemble se traduisent par une déviation plus convergente en vision de près qu'en vision de loin. Chez certains patients, l'augmentation de la convergence en vision de près est contrôlée par une surcorrection optique en vision de près.

Les troubles de la réaction de près réagissant à la surcorrection optique dépendent de la suppression de toute sollicitation accommodative en vision de près. Toute solution imparfaite (chirurgicale ou non) entraînera une récurrence de la déviation par le réveil de la composante accommodative.

## LES TROUBLES INDUITS

### L'ANISOMÉTROPIE

Les études statistiques sur les composantes de l'amétropie montrent une symétrie entre les deux yeux. Cette symétrie permet une sollicitation équivalente (accommodation, convergence, acuité visuelle, fusion, etc.) par chaque œil du système sensori-moteur. Toute rupture de cette symétrie, peut perturber de façon importante le fonctionnement d'un tel système.

### L'ANISÉICONIE

C'est un problème complexe avec des données disparates. La pratique quotidienne montre que la chirurgie réfractive induit des troubles sensori-moteurs qui paraissent bien liés à une aniséiconie.

#### L'ANALYSE THÉORIQUE

On peut distinguer trois niveaux :

- *Le niveau optique*  
Depuis de très nombreuses années (4), il a été démontré que la correction d'une anisométrie axiale par verres de lunettes permet d'obtenir une image rétinienne de même taille aux deux yeux. La correction par toute méthode cornéenne ou intra-oculaire augmente l'aniséiconie optique (1).
- *Le niveau rétinien*  
La densité des photorécepteurs varie de façon importante entre des individus a priori normaux (2). Certains ont émis l'hypothèse que la densité des photorécepteurs varierait de façon inverse à la longueur axiale, mécanisme auto correcteur à l'aniséiconie optique. La démonstration de cette hypothèse reste à faire.
- *Le niveau cortical*  
Certains ont émis l'hypothèse d'un réarrangement de l'organisation neuronale des champs récepteurs et/ou de la correspondance rétinienne permettant de compenser l'aniséiconie périphérique. Aucun argument n'existe en faveur ou en défaveur d'une telle hypothèse. De toute façon, elle ne pourrait concerner que les aniséiconies apparues pendant la très petite enfance.

#### LE PROBLÈME CLINIQUE

La difficulté majeure vient de notre quasi-impossibilité d'explorer l'aniséiconie dans sa globalité. L'ëconomètre est d'un usage très difficile. Seul, l'haploscope de phase d'Aulhorn (fabrication très limitée et arrêtée) permet une étude précise d'un tel phénomène.

#### L'EXAMEN CLINIQUE

Il permet d'apporter des indications précieuses :

- *Avant l'intervention pour anisométrie*, les patients qui n'ont pas d'activité binoculaire sont les plus exposés. La stéréoscopie très dégradée est expliquée par la différence de qualité d'images même si le niveau d'acui-

té visuelle monoculaire est excellent. Même lorsque l'acuité visuelle est relativement bonne pour les deux yeux, ces patients sont les plus exposés.

- *Après l'intervention*, le patient risque de se plaindre soit d'une diplopie soit d'une confusion (impossibilité de superposer les deux images). L'interrogatoire montre qu'au cover-test alterné, les images des deux yeux ne sont pas de même taille et/ou de même qualité. Elles sont impossibles à fusionner d'où la gêne du patient qu'il a, parfois, beaucoup de mal à décrire.

#### **QUELQUES DONNÉES PRATIQUES**

- Une amblyopie, une correspondance rétinienne normale, et une stéréoscopie normale ne protègent pas d'une telle symptomatologie;
- Une faible anisométrie axiale (1 mm de différence de longueur axiale) peut générer une aniséiconie dioptrique de 1 à 4 % selon le mode de correction : lunettes ou lentilles de contact. La tolérance des sujets est très « personnelle »;
- Une aniséiconie peut apparaître à la suite d'un astigmatisme induit;
- Les traitements sont pour le moins incertains. La reconstitution de l'anisométrie antérieure n'est pas une garantie de disparition de la symptomatologie. Le sujet a pris conscience de façon parfois définitive d'une différence de qualité entre les deux yeux, différence ignorée antérieurement;
- Le patient ne doit pas être traité comme un pithiatique.

#### **CONCLUSION**

Toute modification de la qualité de l'image (taille, forme et contraste) peut entraîner une impossibilité de réassociation binoculaire des images. Cette éventualité est d'autant plus fréquente que l'inégalité préopératoire entre les deux yeux tant sur le plan optique que fonctionnelle est importante. On sera attentif aux sujets n'ayant pas d'activité binoculaire normale (stéréoscopie à points aléatoires) chez lesquels le risque est plus élevé.

### **LES TROUBLES RÉVÉLÉES**

#### **LES TROUBLES MOTEURS**

##### **LES TROUBLES DE L'EXCURSION**

Ils se rencontrent essentiellement chez le myope fort, corrigé par verres de lunettes. Ce mode de correction, par l'effet prismatique induit, diminue les besoins de version dans les regards latéraux. Une correction chirurgicale de l'amétropie peut révéler ce déficit d'excursion qui se traduit par une diplopie dans les versions. Ce phénomène est encore plus invalidant chez l'anisométre emmétropisé.

##### **LES TROUBLES DE LA VERTICALITÉ**

Leur mécanisme peut être identique aux précédents ou spécifique (syndrome de l'œil lourd). Le système visuel étant plus sensible aux décalages verticaux qu'aux décalages horizontaux (cf. infra), la gêne fonctionnelle apparaîtra pour des déviations beaucoup plus faibles.

#### **LE CHANGEMENT D'ŒIL FIXATEUR**

L'anisométrie ou le strabisme (dominance de l'œil fixateur) entraînent une réorganisation de l'ensemble du système sensori-moteur avec une préférence marquée et irréversible d'un œil et une neutralisation de l'autre œil. Cette organisation doit être respectée. La fixation par l'œil dominé est une source de déneutralisation (diplopie) qui peut être définitive.

De ce fait, il faut respecter cette préférence pour l'œil fixateur et lui assurer en toutes circonstances les meilleures performances visuelles.

Toute amblyopie même relative est le signe de la dominance de l'autre œil. Le test de lecture (meilleure acuité visuelle en vision de loin) aux verres polarisés est un test simple et efficace pour déterminer la dominance oculaire en cas d'incertitude.

### **LES MODIFICATIONS DE L'ÉQUILIBRE OCULOMOTEUR**

Les capacités de compensation du système oculomoteur sont à la fois importantes et limitées sur le plan moteur. On admet qu'une déviation supérieure à 4 dioptries dans le sens vertical, à 4 à 6 dioptries dans le sens de l'ésophorie et à 10 dioptries dans le sens de l'exophorie, est difficile à compenser de façon permanente sans troubles subjectifs.

La correction optique de l'amétropie induit un certain nombre de phénomènes (modification de la taille de l'image, diminution de la puissance du verre en vision de près, etc.), qui peuvent entraîner soit une compensation d'un déséquilibre latent soit des habitudes de vie particulière. Il est impossible de faire l'inventaire complet de l'ensemble de ces phénomènes.

La chirurgie réfractive en modifiant ces phénomènes et en en créant d'autres plus spécifiques (modification de la qualité de l'image, etc.) peut entraîner l'apparition d'un déséquilibre que le patient n'arrive pas à compenser. Celui-ci provoque l'apparition d'une pathologie subjective qui dérouté d'autant plus le spécialiste qu'elle semble sans support objectif. La réalité de cette symptomatologie est néanmoins incontestable. C'est pourquoi, avant toute chirurgie réfractive, on devra s'attacher à placer le patient dans des conditions qui se rapproche le plus de la situation postopératoire (lentilles de contact) bien que cette précaution n'offre pas de garantie absolue.

Il ne reste plus qu'à prévenir le patient de ces risques éventuels avant tout geste chirurgical, en particulier chez l'anisométrope, et de décourager tous les patients dont le profil psychologique ne paraît pas compatible avec l'acceptation d'un tel risque.

### **CONCLUSION**

Les conséquences de la chirurgie réfractive sur l'équilibre oculomoteur et la vision binoculaire sont multiples, complexes et variées. Avant tout geste opératoire, il faudra veiller à faire un bilan simple, rapide et complet des éléments de base de cet ensemble (acuité visuelle, réfraction objective et subjective, équilibre oculomoteur et vision stéréoscopique). On devra s'attacher à rechercher l'existence d'une dominance anormale d'un œil et/ou d'une anisométrie. L'existence d'un de ces éléments doit entraîner l'opérateur dans des investigations plus complètes (la réalisation d'un bilan orthoptique est, dans ces cas, indispensable sauf compétences particulières), une stratégie opératoire adaptée, une information plus détaillée des risques et une prudence toute particulière. Cependant, malgré toutes ces précautions, il persiste un élément d'incertitude lié aux habitudes antérieures du patient et aux conséquences optiques de la chirurgie réfractive qui fait qu'une gêne fonctionnelle invalidante pour le patient peut apparaître après toute chirurgie réfractive parfaitement conduite.

### **RÉFÉRENCES**

1. Bronner A, Baïkoff G, Charleux J, Flament J, Gerhard JP & Risse JF. La correction de l'aphakie. Ed. Masson, Paris, 1983.
2. Curcio CA, Sloan KR, Kalina RE & Hendrickson AE. Human photoreceptor topography. *J Comp Neurology*, 1990, 292, 497-523.
3. Hugonnier R, Hugonnier S. Strabismes. Ed. Masson, Paris, 1970, 417-419.
4. Knapp H. The influence of spectacles on the optical constants and visual acuteness of the eye. *Arch Ophthalmol Opt*, 1869, 1, 377-410.
5. Péchereau A. Réfractométrie automatique. Influence de la cycloplégie sur l'équivalent sphérique. *Ophtalmologie*, 1993, 93, 7, 309-312.
6. Péchereau A. La mesure de l'Acuité Visuelle. Bases Cliniques de la Sensorimotricité. Ed. A Péchereau pour FNRO & Lissac Opticien, Nantes, 1999, 1-6.
7. Risse JF. Exploration de la Fonction Visuelle. Masson, Paris, 1999, 99-121.



**HTTP://WWW.STRABISME.NET**

***LES COLLOQUES DE NANTES***

Les Mouvements Oculaires en Pratique Quotidienne	(1989) & 2006
Le Traitement Médical des Strabismes	(1990) à paraître
Le Praticien et les Facteurs Verticaux	(1991) à paraître
Les Échecs de la Chirurgie Musculaire	(1992) à paraître
Les Exotropies	(1993) à paraître
Les Amblyopies Fonctionnelles	(1994) à paraître
Les Strabismes de l'Adolescent et de l'Adulte	(1995) à paraître
Les Ésotropies	(1996) à paraître
Strabismes, POM & Nystagmus : Questions d'actualité	(1997) à paraître
Bases Cliniques de la Sensorio-Motricité	(1998) à paraître
Les Paralysies Oculo-Motrices	(1999) à paraître
La Réfraction	(2000) à paraître
Le Torticolis	(2001) à paraître
Le Strabisme Précoce	(2002) à paraître
Le Strabisme Accommodatif	(2003) à paraître
La Verticalité	(2004) à paraître
Les Nystagmus	(2005) à paraître
Le Strabisme de A à Z	(2006) à paraître

***LES POLYCOPIÉS DE L'ÉCOLE D'ORTHOPTIE DE NANTES***

La réfraction	2006
L'anatomie (à partir du polycopié de l'école d'Orthoptie de Tours)	à paraître

***DANS LA MÊME COLLECTION***

La skiascopie	à paraître
---------------	------------

Disponibles en téléchargement libre : <http://www.strabisme.net>