

OPTIQUE DES AMÉTROPIES

Charles REMY
LYON

Réfraction Nantes 8 & 9 avril 2011

Bibliographie

- PUBLICATIONS FNRO
- LA REFRACTION DE L'OEIL
- OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE - Yves LEGRAND
- OPTIQUE - André M GUSSA et Paul PONSONNET
- CAHIERS D'OPTIQUE, ESSILOR

Plan

- Définition : emmetropie - amétropie
- Lentille mince - lentille épaisse
- La dioptrique oculaire
- Les différentes amétropies:
 - myopie
 - hypermétropie
 - astigmatisme
- Les modalités de correction

Définition : emmetropie

- $\text{Eu } \mu\epsilon\tau\rho\omicron\nu$ = qui a la bonne mesure
- Focalisation rétinienne d'un objet à l'infini sans accommoder
- Il n'y a ni rayon ni longueur emmetropes
- Mais une harmonie naturelle entre R, L et puissance du cristallin
- Processus d'emmetropisation : origine?

DÉFINITIONS : amétropies

- Amétropie ($\alpha - \mu\epsilon\tau\rho\omicron\nu$) qui n'a pas la bonne mesure
- Défaut de focalisation rétinienne
- Amétropie axiale et amétropie de puissance
- Selon la qualité de la défocalisation :
 - stigmaté ($\sigma\tau\iota\gamma\mu\alpha$ = point) : un point donne un point
 - astigmaté : deux focales
- Selon la position de la focalisation :
 - myopie : en avant de la rétine ($\mu\mu\epsilon\lambda\nu$ = cligner οψο la vue)

Lentilles minces

- Centre optique
- Foyers
- Distances focales
- Addition algébrique simple :

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Somme de deux lentilles épaisses :

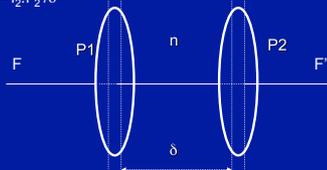
$P_1 (F_1, F_1', f_1, f_1')$ et $P_2 (F_2, F_2', f_2, f_2')$

$$F_1 F : f_1 f_1' / \delta$$

$$H F = f_1 f_2 / \delta$$

$$F_2 F' : - f_2 f_2' / \delta$$

$$H' F' = - f_1' f_2' / \delta$$



Lentille résultante $P = P_1 + P_2 - \delta/n$, ($P_1 + P_2$)
foyers F et F' , de distances focales f et f'

Lentilles épaisses

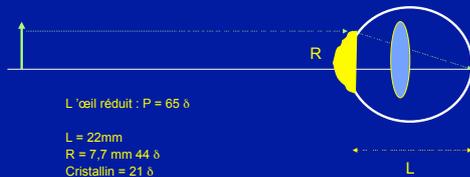
- Points nodaux et plans principaux
- Distances focales asymétriques/faces
- Addition selon la formule de GULLSTRAND

$$P = P_1 + P_2 - \frac{\delta}{n} P_1 P_2$$

La dioptrique oculaire

- Les éléments cardinaux de l'oeil
- Les différents dioptries
- Les plans principaux
- Remotum et sphère du remotum
- Proximum et parcours accommodatif

Emmetropie L'œil réduit



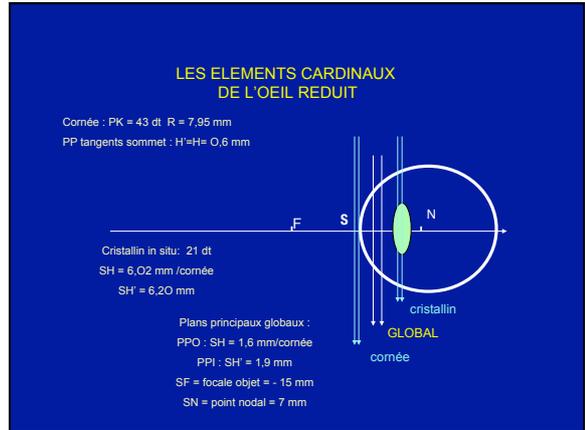
L'œil réduit : $P = 65 \delta$

$L = 22 \text{ mm}$
 $R = 7,7 \text{ mm } 44 \delta$
Cristallin = 21δ

Biométrie et réfraction

Atropine 1933
Ophthalmomètre ou kératomètre de Helmholtz en 1854
Javal en 1880, ophthalmomètre
Rayon moyen de 7,8 mm, 43 dioptries
Vidéotopographe de la face antérieure
De la face postérieure (obscan)
Longueur axiale : échographie A ou écho-oculomètres
Biométrie optique IOL master (sans contact)
Intérêt : amétropie en fonction de la longueur ?
Myopie forte ? $> 6 \text{ dt}$ ou $> 26 \text{ mm}$ (mieux)
Anisométrie ? : 1 mm = 3 dt
Si L faible et R petit = non évolutif et pas de complication
Part du cristallin : rayons et épaisseur, on aura la réfraction théorique

- Réfraction subjective
- Réfraction objective cycloplégée
- Réfraction anatomique
- Pas la réfraction restera toujours un art fonction de l'expérience et du contexte

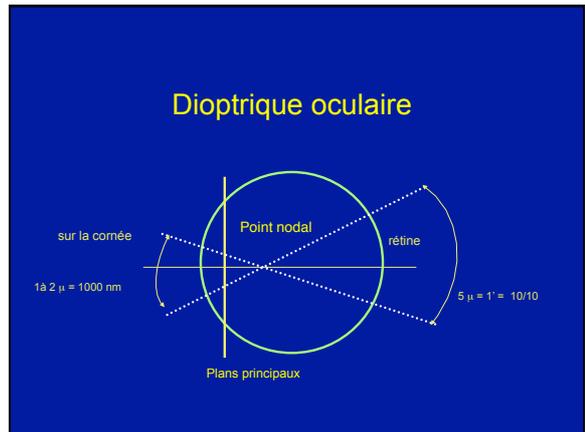


Corrélations : $P_o = f(L,R)$

L = 8,48 R - 42,54 $r^2 = 0,975$
L = - 0,48 P + 33,46 $r^2 = 0,998$

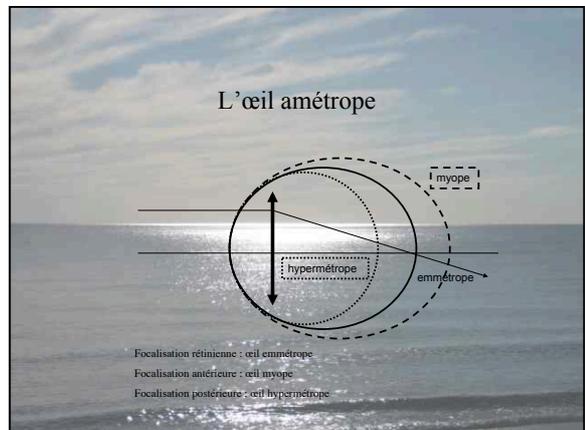
d'où :

P = 13,9 R - 3,7 L
 et
P = - 17,66 R + 158,33

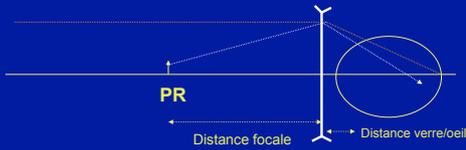


Les différentes amétropies

- La myopie
- L'hypermétropie
- L'astigmatisme



LA CORRECTION DU MYOPE

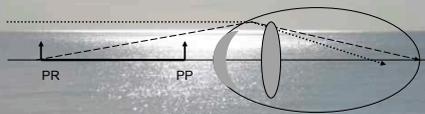


Le PR placé au foyer image de la lentille est projeté à l'infini

La myopie

- Définition : $\mu\upsilon\sigma\omicron$ = plisser
- Position PP et PR
- Parcours accommodatif : réserve accommodative
- La distance verre/oeil
- Le grandissement de l'image en fonction de la correction : modifie l'acuité visuelle
- L'effet prismatique : double vision
- Pupille d'entrée > pupille de sortie : diminution de la quantité de lumière

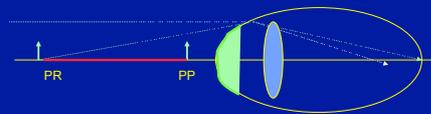
LA MYOPIE



Œil myope surconvergent :

- Myopie de puissance : cornée trop bombée (ex : kératocône)
- Myopie d'indice : cristallin trop puissant (ex : cataracte nucléaire)
- Myopie axiale : œil trop long

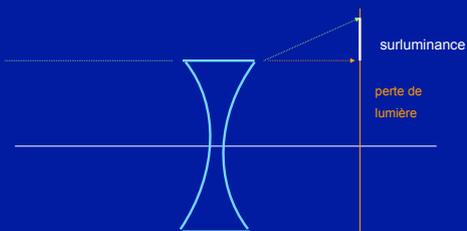
LA MYOPIE



Œil myope surconvergent :

- Myopie de puissance : cornée trop bombée (kératocône)
- Myopie d'indice : cristallin trop puissant (cataracte nucléaire)
- Myopie axiale : œil trop long

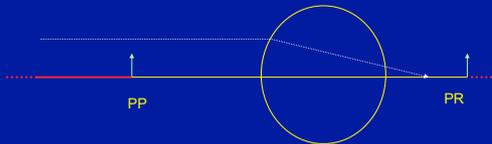
DÉDOUBLEMENT D'IMAGE d'une lentille concave



L'hypermétropie

- Définition :
- Axiale = œil trop court
- Puissance = aphaque
- Position du PR virtuel et du PP éloigné
- Réserve accommodative > myope

L'hypermétropie

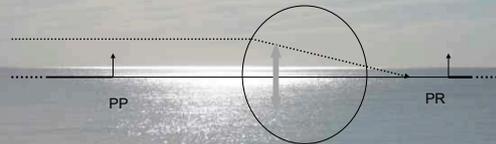


Œil hypermétrope : manque de puissance optique avec PR virtuel et PP éloigné

Hypermétropie axiale : Œil trop court

Hypermétropie de puissance : Œil aphaque, cornée plate

L'hypermétropie

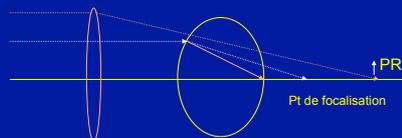


Puissance optique insuffisante avec remotum virtuel et proximum éloigné

Hypermétropie axiale : Œil trop court

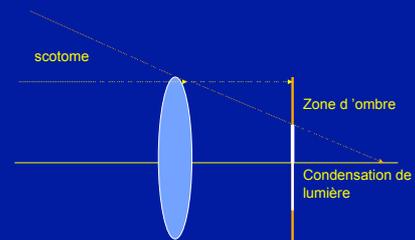
Hypermétropie de puissance : Œil aphaque, cornée plate

Hypermétropie



Principe de correction

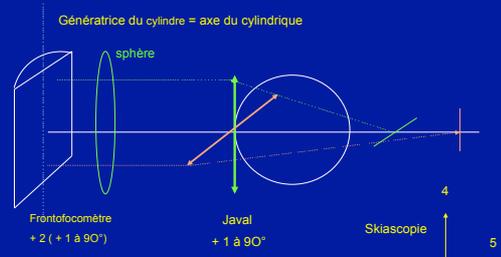
LE SCOTOME ANNULAIRE d'une lentille convexe



L'astigmatisme

- Définition : Whewell 1817 astigmatisme cornéen, cristallinien (face anté + post-), rétinien
- Un point donne deux focales : la bifocalisation astigmatique : la conoïde
- les différents types d'astigmatisme :
 - ◆ Simple : une focale sur la rétine
 - ◆ Myopique, hypermétrope,
 - ◆ Composé : deux focales d'un même côté
 - ◆ Mixte : une focale de part et d'autre de la rétine
 - ◆ Directe ou conforme ou inverse, oblique
 - ◆ Régulier ou irrégulier

ASTIGMATISME



La distance verre/œil Les effets statiques

- Le grandissement de l'image et AV :
verres convexes
verres concaves
- Effet prismatique : additif- myope
ou négatif - scotome annulaire aphaque
- Baisse de puissance absolue par décentrement et éloignement du verre
- Rapprochement du PP /lentilles de contact
- Luminosité diminue chez le myope
- Le dédoublement annulaire

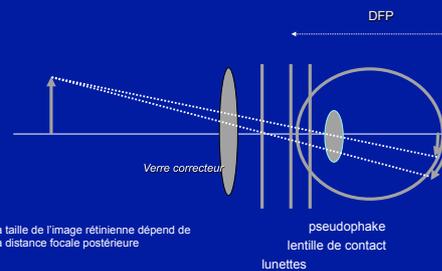
La distance verre/œil Les effets dynamiques

- La mouvance spatiale : directe (concave) ou inverse (convexe) - verres progressifs changeant de signe
- Mouvement apparent : augmenté chez le myope
- Le scotome annulaire de l'hypermétrope :
« diable sortant de sa boîte de l'aphaque corrigé par lunettes »

L'ŒIL APHAQUE

- Connaissant le rayon de courbure et la puissance correctrice par lentille
- Il est possible de calculer la longueur axiale de l'œil en vue d'une implantation secondaire

Aphaque Position des plans principaux selon la correction



Puissance de la lentille de contact et longueur de l'œil

- Connaissant R et la lentille de correction d'un aphaque, il est possible de calculer L :
- P_L puissance à ajouter à la cornée P_c pour obtenir une puissance P focalisant sur la rétine telle que :
 $P = n/L$ (n = indice de l'œil)
avec : $P = P_c + P_L$ et $P_c = (n-1)/R$
d'où $L = n / (n-1+R.P_L)$

Méthodes de mesure des amétropies

SUBJECTIVES :

- Réfraction subjective

OBJECTIVES :

- Skiascopie
- Cycloplégie
- Réfractométrie électronique

Méthodes de correction des amétropies

- Verres correcteurs : distance verre/oeil
- Lentilles de contact : aniséiconie
- Chirurgie réfractive : complications

Principe de correction des amétropies

- Par verres ou lentilles :
 - Replacer le PR à l'infini : le foyer image de la lentille sera placé au PR
 - D'où variation de position du PP translaté d'une quantité dioptrique équivalente à la correction
- Modifications des courbures : chirurgie réfractive
- Modifications internes : implants

CONCLUSIONS : Avenir de la réfraction?

Rôle des différents partenaires dans la prescription de la correction optique ?

- Ophtalmologiste : prescription correction + rééducation ?
- Optométriste : prescription correction simple ?
- Orthoptiste : dépistage, rééducation mono-binoculaire
- Opticien : réalisation de la correction

Schéma 5

Aphaque
Position des plans principaux selon la correction

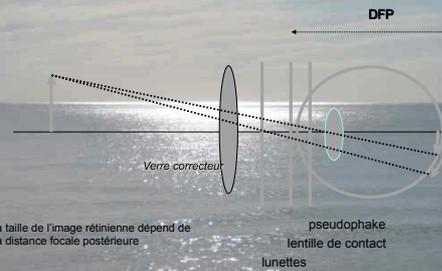


Schéma 1

Œil réduit et plans principaux

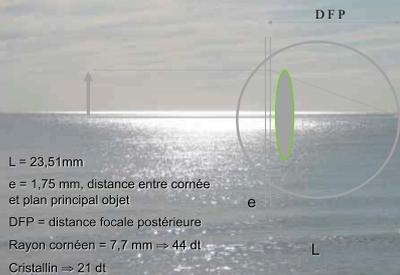


Schéma 2

PUISSANCE ET PLANS PRINCIPAUX DE L'ŒIL RÉDUIT

- L : longueur oeil
- R : rayon cornéen
- n : indice humeur aqueuse (1,34)
- e : distance cornée / plans principaux globaux
- d : distance entre cornée et plans principaux cristallin
- L - e : distance focale postérieure

Puissance globale : $P_G = n/(L - e)$
 Puissance de la cornée : $P_k = (n-1)/R$
 Puissance du cristallin P_L

$$P_G = P_L + P_k - d \cdot P_k \cdot P_L$$

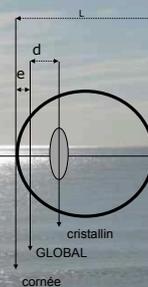
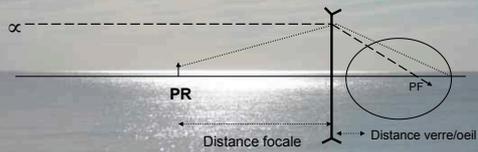


Schéma 6

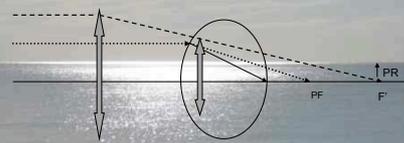
LA CORRECTION DU MYOPE



Le remotum et la rétine sont conjugués optiques dans l'œil myope
 L'infini et le point de focalisation PF sont conjugués optiques dans l'œil
 Le remotum placé au foyer image de la lentille est projeté à l'infini

Schéma 7

Hypermétropie - correction



Principe de correction
 Le remotum PR coïncide avec le foyer image de la lentille correctrice
 Il est distinct du point de focalisation PF d'un rayon venant de l'infini qui est en fait son conjugué optique

Schéma 8

ASTIGMATISME - les trois plans

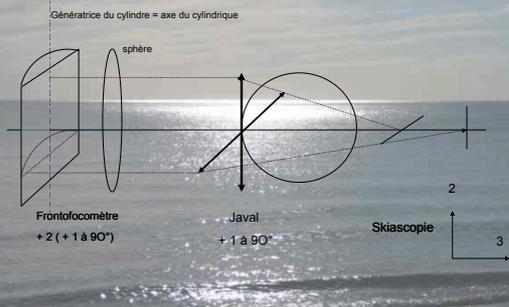


Schéma 9

Astigmatisme des faisceaux obliques dans un dioptre sphérique

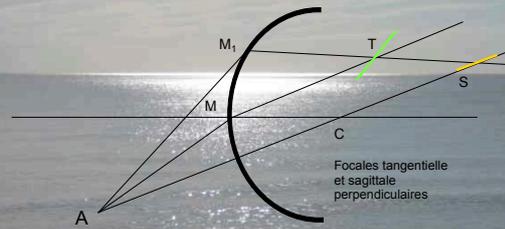
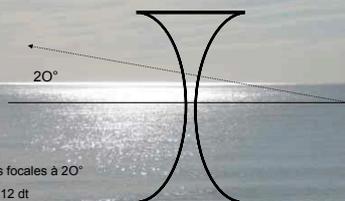


Schéma 10

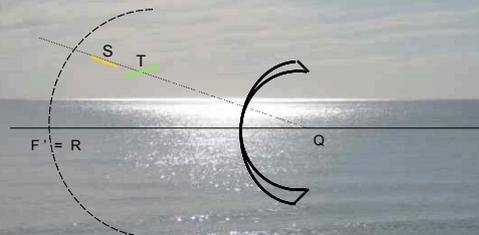
Astigmatisme des faisceaux obliques dans un verre biconcave de - 10 dt

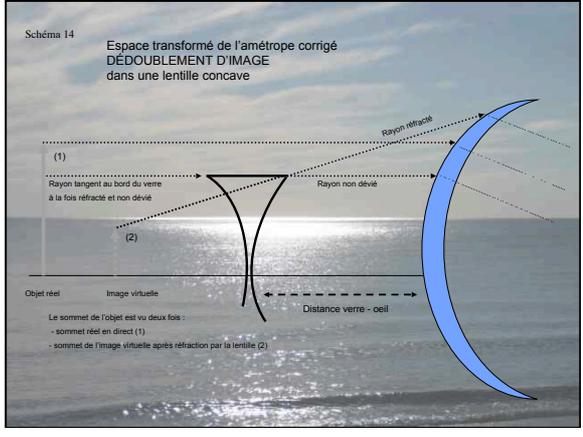
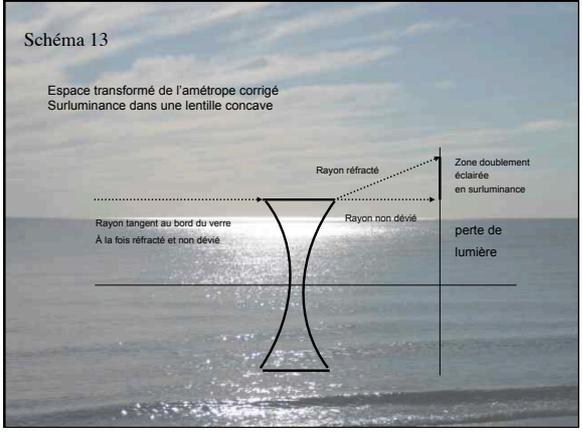
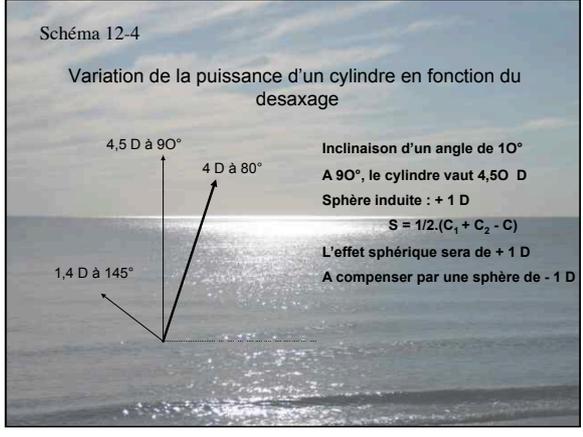
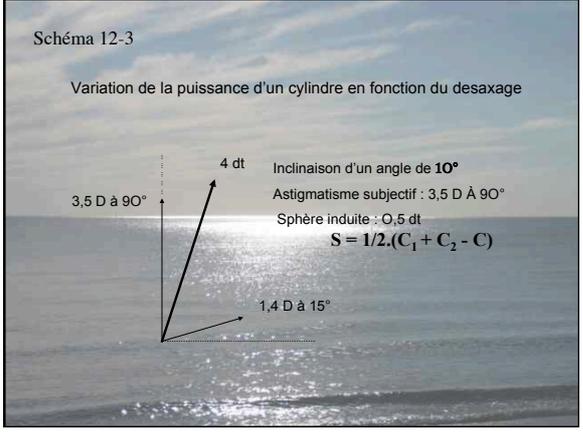
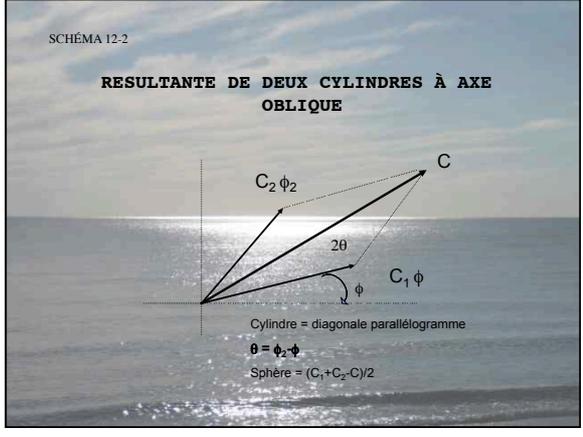
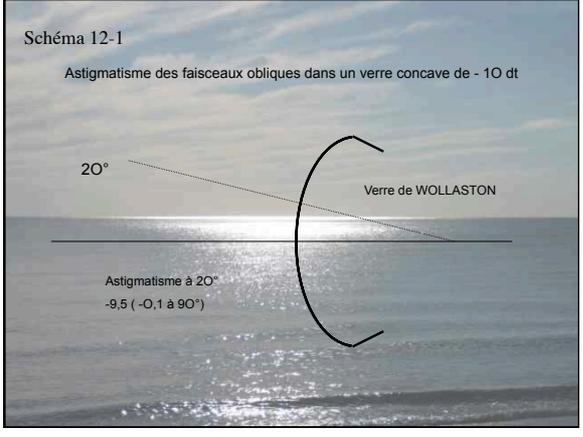


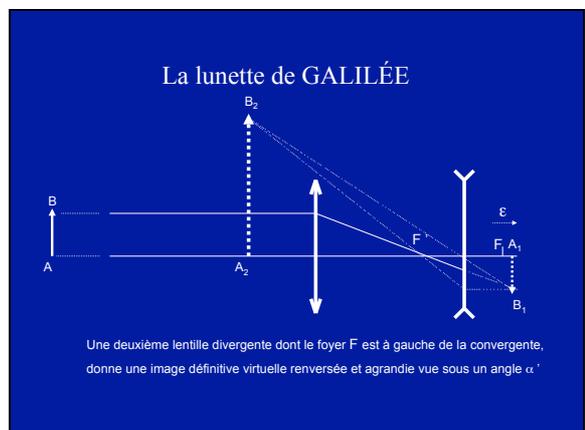
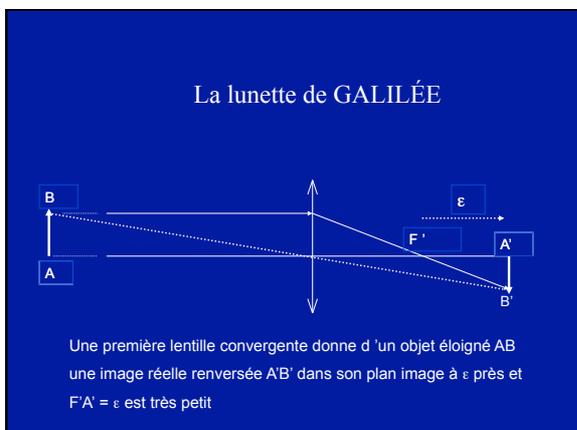
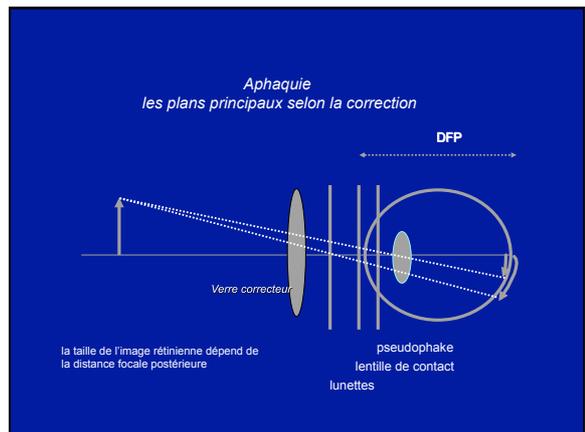
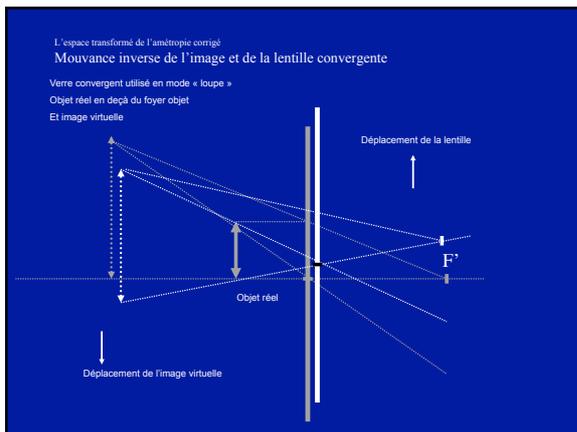
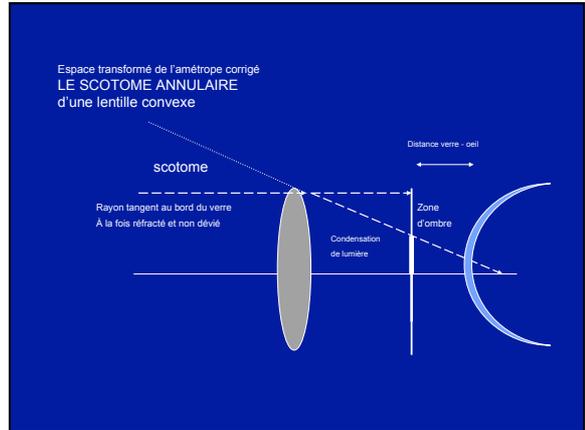
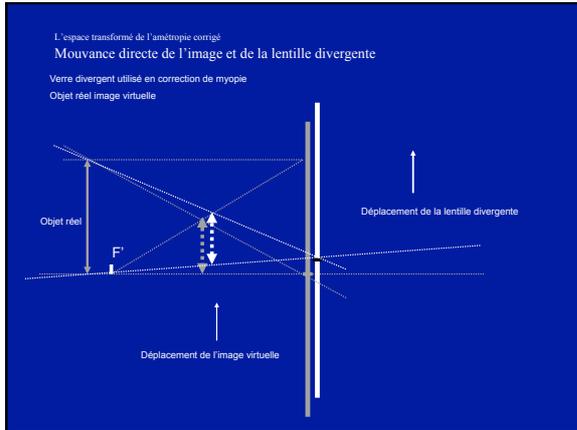
Puissances des focales à 20°
 Tangentielle : - 12 dt
 Sagittale : - 10,5 dt
 D'où puissance apparente : - 10,5 (- 1,5 à 0°)

Schéma 11

Astigmatisme oblique dans un verre concave

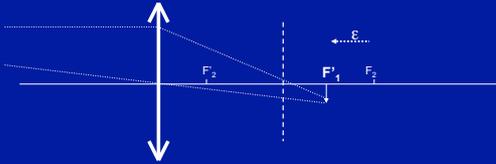






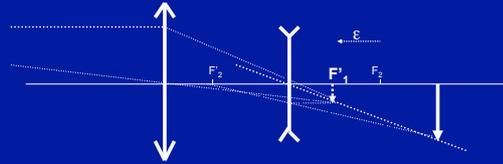
Le télé-objectif : principe

- ◆ Une première lentille convergente donne une image renversée A_1B_1 en F'_1
- ◆ Une deuxième lentille divergente dont le foyer est à droite de celui de la convergente donne de l'image A_1B_1 une image A_2B_2 réelle, agrandie, de même sens qui peut être recueillie sur une plaque photographique

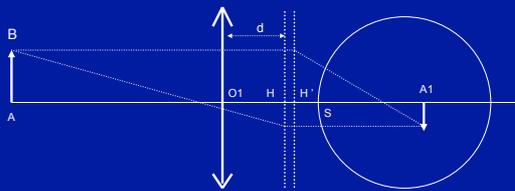


Télé-objectif - principe

- ◆ Le foyer de la lentille divergente est à droite de celui de la convergente
- ◆ Et donne de l'image A_1B_1 une image A_2B_2 réelle, agrandie, de même sens qui peut être recueillie sur une plaque photographique

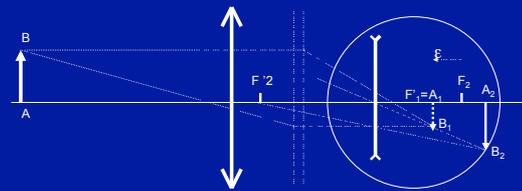


Télé-objectif - application à l'oeil



L'ensemble verre convexe + oeil équivaut à une lentille convergente de puissance :
 $P_{T1} = P_1 + P_2 - d_1 P_1 P_2$ avec
 $H'S = d_1 P_1 P_{T1}$ et $SA_1 = n_1 (1 - P_1 d) / P_{T1}$

Télé-objectif - application à l'oeil



A_1B_1 est objet virtuel pour la lentille divergente qui en donne une image A_2B_2 réelle agrandie de même sens sur la rétine