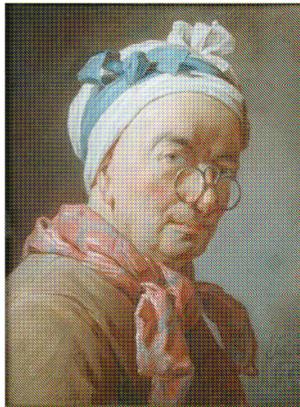


DFGSM3 Neurosciences

**DIOPTRIQUE OCULAIRE ET
AMÉTROPIES**

Aspects Biophysiques



Jean-Baptiste Chardin, Paris, 1699-1779

professeur M. ZANCA

Sept 2012

Conventions d'écriture et vocabulaire

Toutes les grandeurs algébriques (signées) seront notées en gras lorsqu'aucune ambiguïté n'existe

par exemple **AA** pour l'amplitude d'accommodation, sinon \overline{AA}

n est l'**indice de réfraction** du milieu considéré, $n = v/c$ où v est la vitesse de la lumière dans le milieu, c la célérité de la lumière (dans le vide)

Proximité = inverse d'une distance

Dioptrie = indice / distance

Point **objet** : celui d'où part (d'où vient) la lumière

Point **image** : celui où va (où arrive) la lumière

Espace réel, avant le dioptre pour les objets, après lui pour les images (dans le sens de la lumière)

Espace virtuel, après le dioptre pour les objets, avant lui pour les images (dans le sens de la lumière)

Points conjugués : points objet et image en relation par rapport à un dioptre

Foyers d'un dioptre : points conjugués de $\pm \infty$ dans le dioptre

Rappels et définitions

Dioptre

Dioptre : surface optique de forme quelconque séparant 2 milieux d'indice \neq

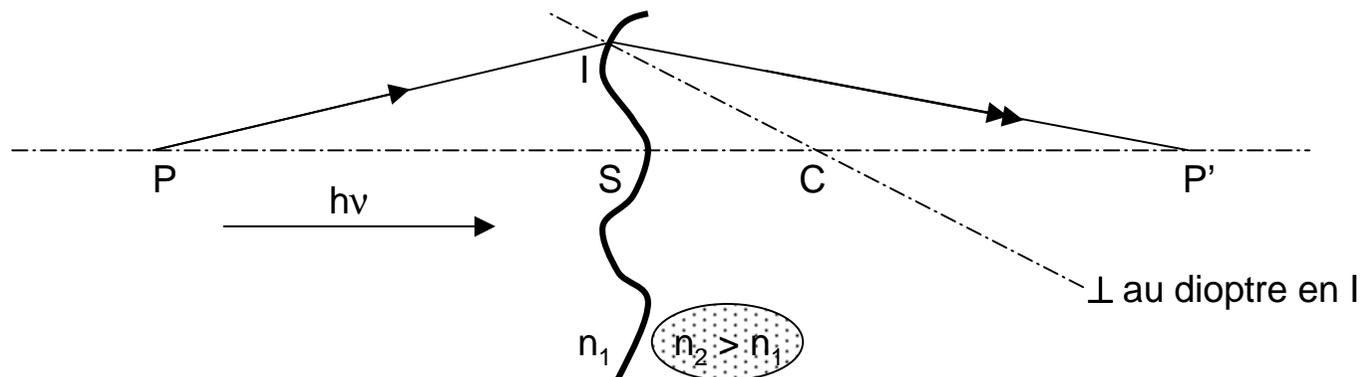
Il possède au moins un **centre de courbure C** et un rayon de courbure (par ex. $R = CI$)
 au moins un **sommet S**
 autant de types de **méridiens** \neq que de $R \neq$

Un dioptre est une **interface** TRANSPARENTE qui dévie la lumière (réfraction)
 ou OPAQUE, qui l'absorbe et/ou la réfléchit

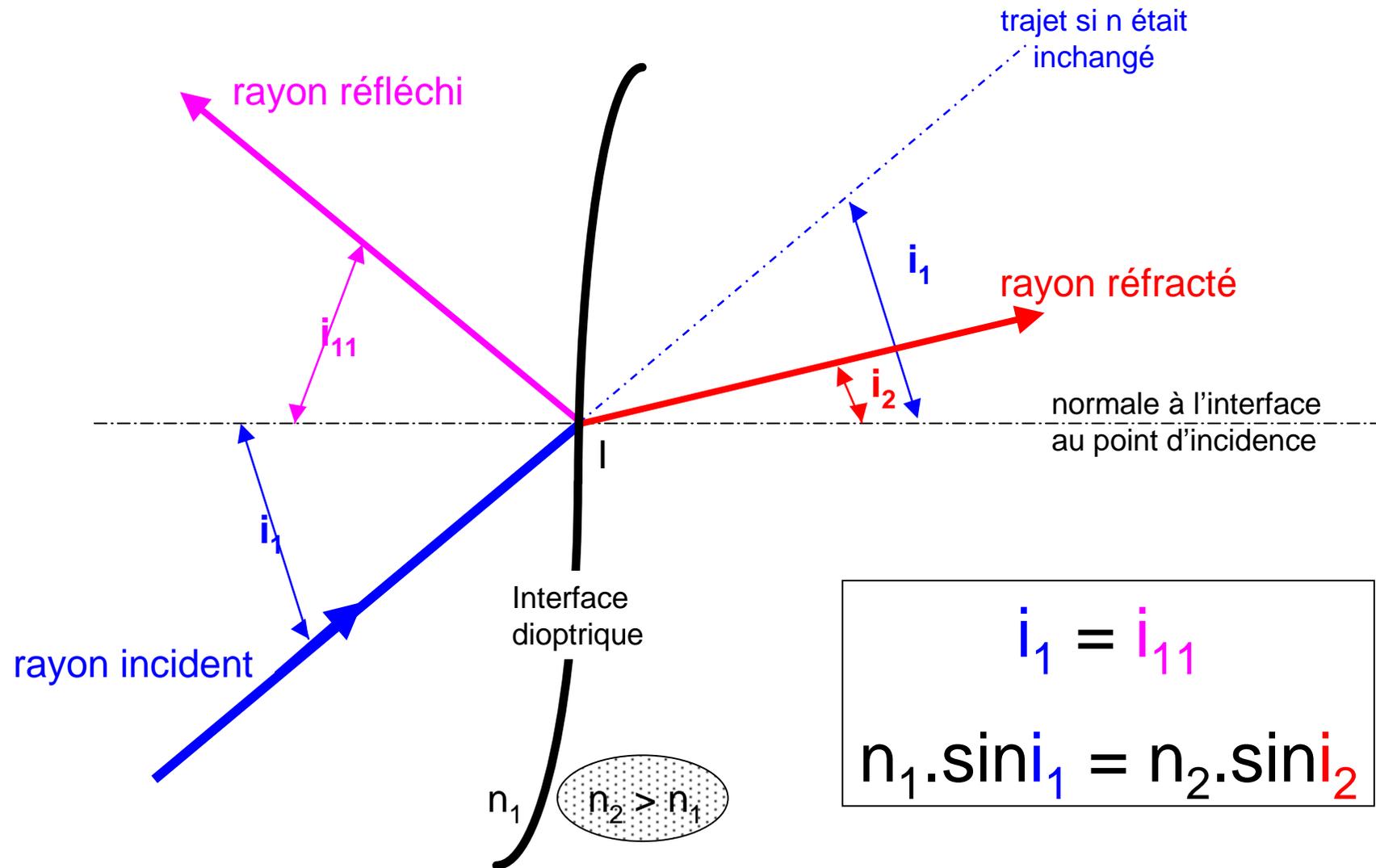
Un rayon de lumière passant par C n'est pas dévié car \perp au dioptre (incidence nulle)

L'axe principal d'un dioptre est porté par SC passant par le centre optique S du dioptre
 Un système centré est formé d'une suite de dioptres coaxiaux

P et P' sont dits POINTS CONJUGUÉS dans le dioptre : I étant le point d'incidence,
 le point (objet) P est "transformé", via le dioptre, en son conjugué (image) P'



Les lois de Descartes



Rappels et définitions

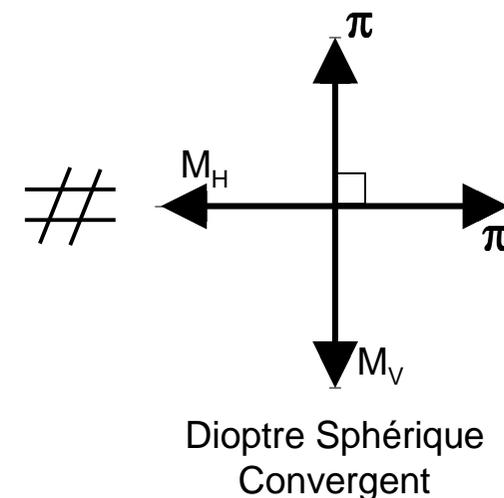
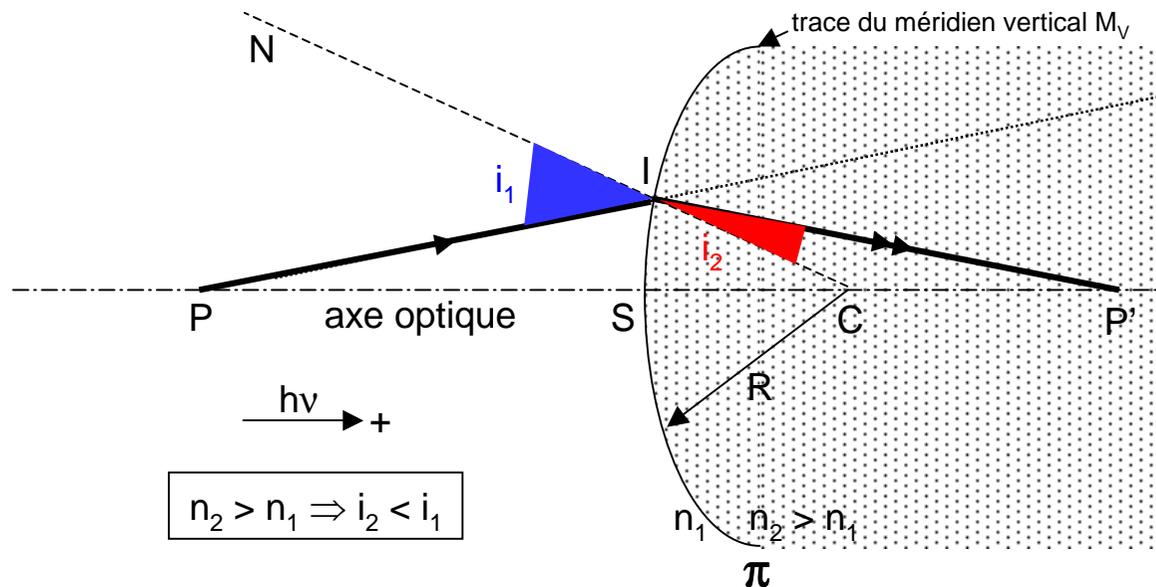
Dioptre sphérique

Surface optique formée par un secteur de sphère séparant 2 milieux d'indice \neq

Possède un seul centre de courbure C et un seul rayon de courbure R
 un sommet S, pôle du secteur de sphère considéré
 un seul type de méridien, tous identiques car R unique

Interface TRANSPARENTE qui dévie la lumière (réfraction)

L'axe principal d'un dioptre est le rayon SC passant par le sommet S du dioptre
 IN est la normale au dioptre au point d'incidence



Conventions :

Toutes les distances linéaires sont mesurées à partir de S en valeurs algébriques

Sens positif : en physique, celui du parcours de la lumière (objet vers image),
mais il est inverse en médecine (au-delà de l'œil)

Le milieu grisé possède l'indice de réfraction le plus élevé

Unités :

La distance algébrique **SP** de P au dioptr est mesurée en mètres,

L'inverse de cette distance ($1/SP$) ou **proximité** est mesurée en m^{-1}

La **vergence** de P, n/SP , définie dans l'indice où se trouve P, se mesure en dioptries,

Les vergences sont additives, algébriquement

Stigmatisme :

Un dioptr est stigmaté s'il donne d'un objet P ponctuel, une image P' ponctuelle
(ex. : foyer d'un miroir parabolique)

Si l'image P' est une tâche, allongée ou élargie, le dioptr est dit "astigmaté"
(ex. : caustique, foyers d'un miroir sphérique)

Conditions de Gauss :

Tout système centré dans les conditions de Gauss peut être considéré comme stigmaté

Ces conditions sont : faisceau lumineux étroit
peu incliné sur l'axe du système optique
proche de cet axe

Rappels et définitions

Puissance du dioptre

Définie dans le sens de la lumière, selon (final – initial) : $\pi = (n_2 - n_1)/SC$

SC est la valeur algébrique du rayon de courbure R du dioptre au point d'incidence, comptée positivement dans le sens conventionnel choisi

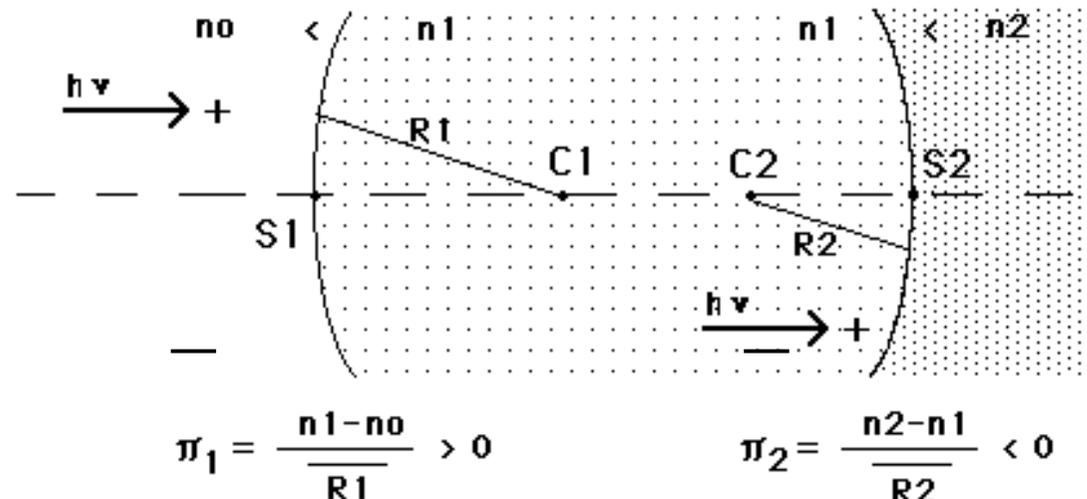
n est sans dimension => π **se mesure en dioptries**

Le dioptre est CONVERGENT si $\pi > 0$ (C dans n_2), DIVERGENT si $\pi < 0$ (C dans n_1)

Si $R = \infty$, π est nulle => dioptre plan, indifférent en vergence, bien que réfractant

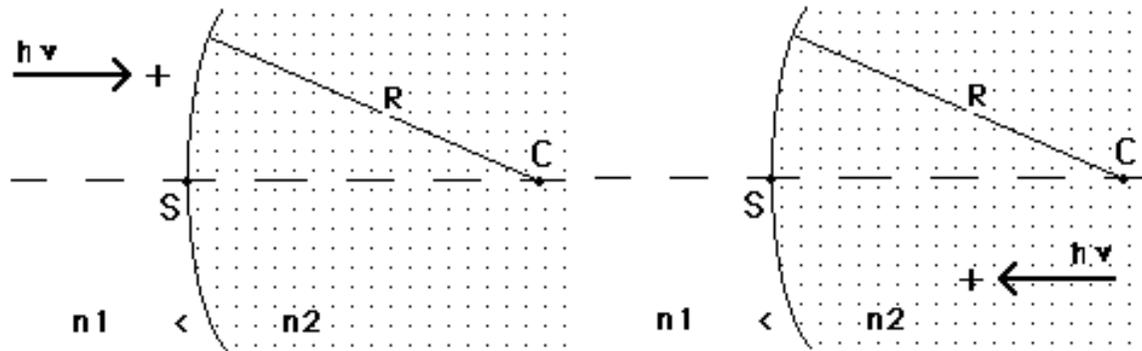
Les puissances sont additives en valeurs algébriques pour des dioptres centrés

Pour les LENTILLES MINCES : S_1S_2 négligeable et $n_2 = n_0$,
 $\pi_{\text{éq}} = (n_1 - n_0) (1/S_1C_1 - 1/S_2C_2)$



Rappels et définitions

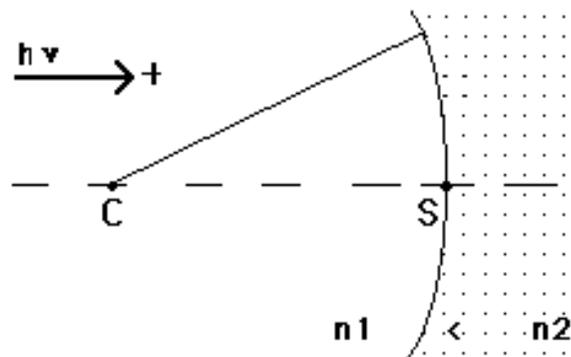
Convergence, Divergence



Dioptries Convergentes
Centre C dans $n_>$

$$\pi = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} > 0$$

$$\pi = \frac{n_1 - n_2}{\overline{SC}} > 0$$



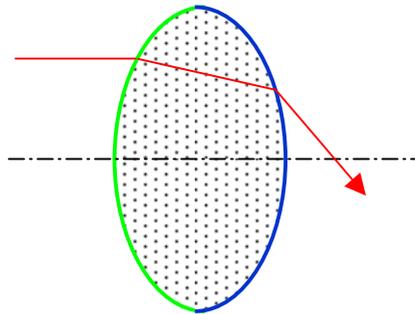
Dioptries Divergentes
Centre C dans $n_<$

$$\pi = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} < 0$$

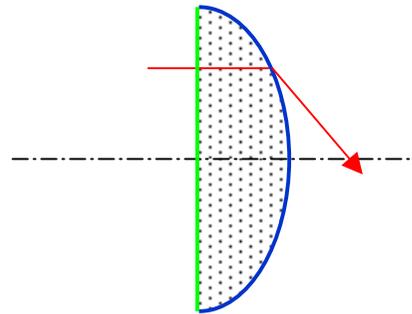
$$\pi = \frac{n_1 - n_2}{\overline{SC}} < 0$$

Application

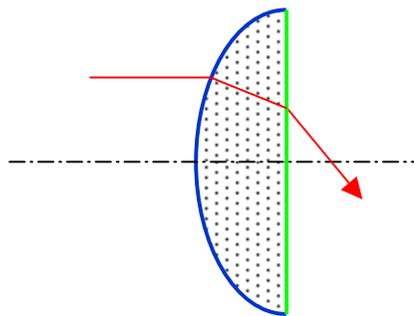
Lentilles minces sphériques convergentes



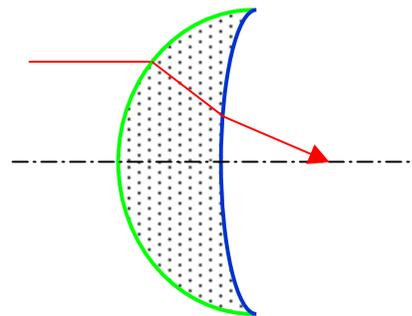
biconvexe



plan convexe



convexe plan

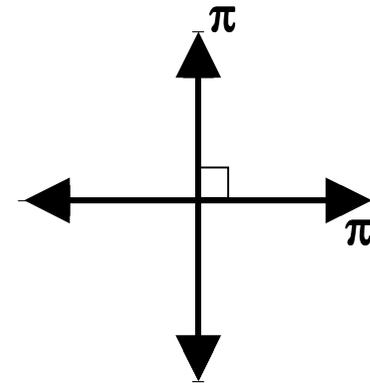


ménisque convergent

notées



ou

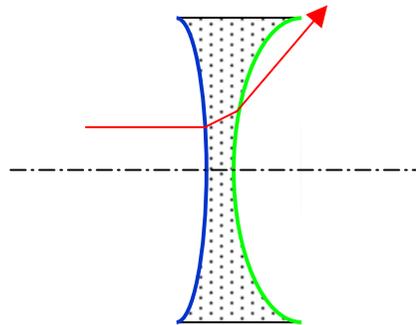


Lentille Sphérique
Convergente

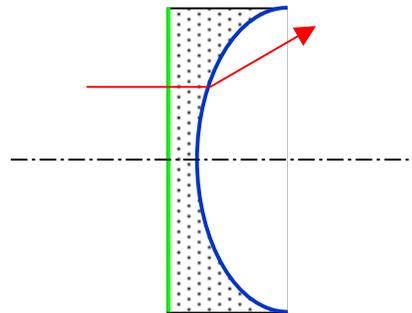
Application

Lentilles minces sphériques divergentes

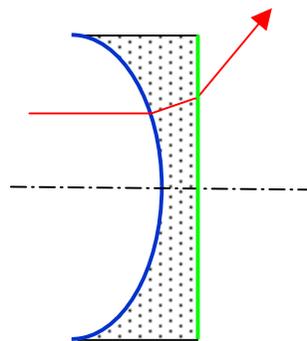
 pour n_2



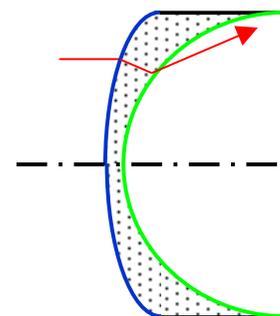
biconcave



plan concave



concave plan

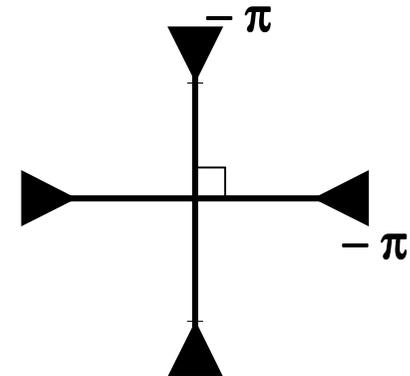


ménisque divergent

notées



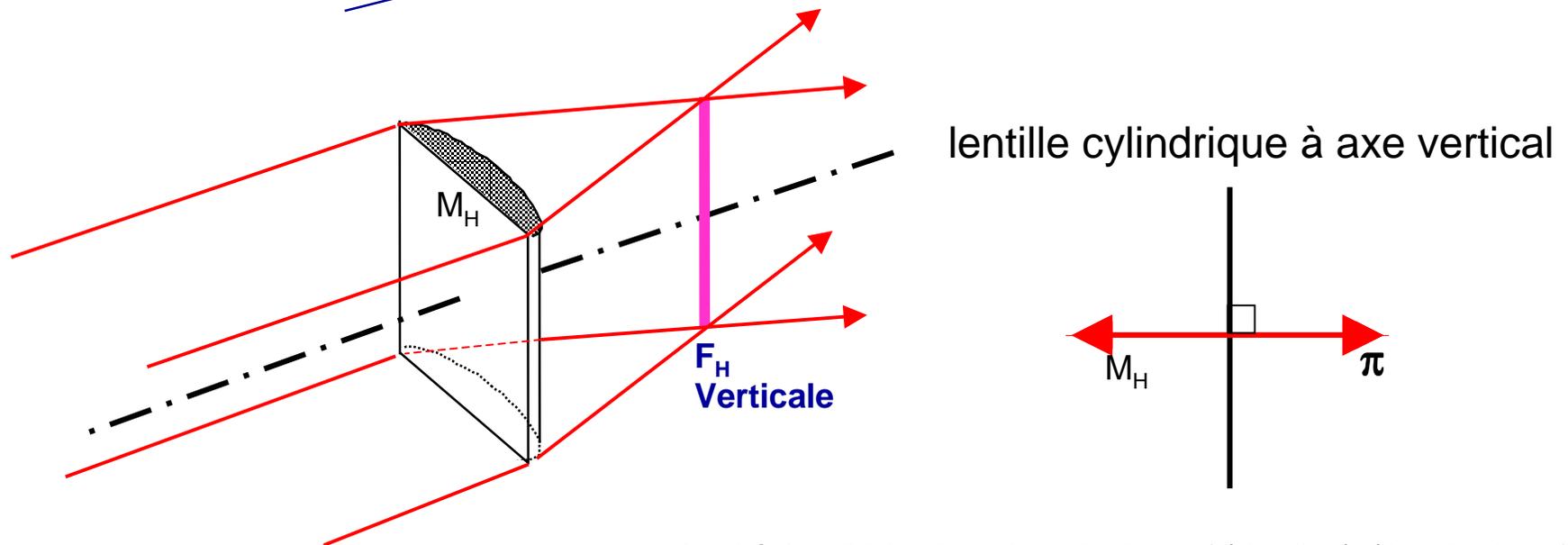
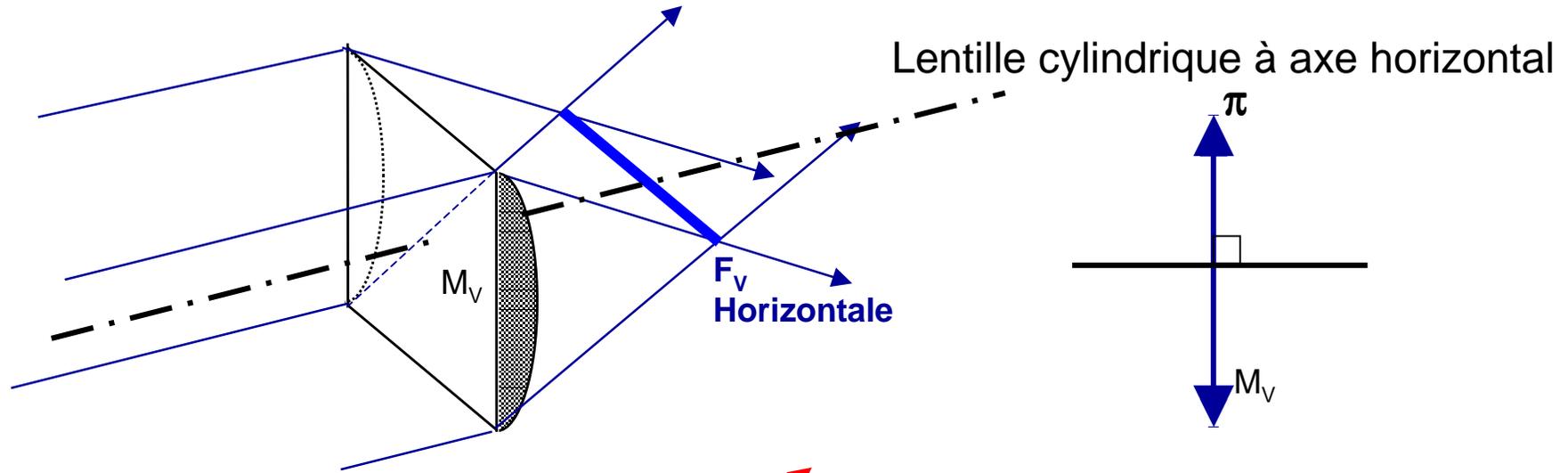
ou



Lentille Sphérique Divergente

Application

Lentilles minces cylindriques convergentes



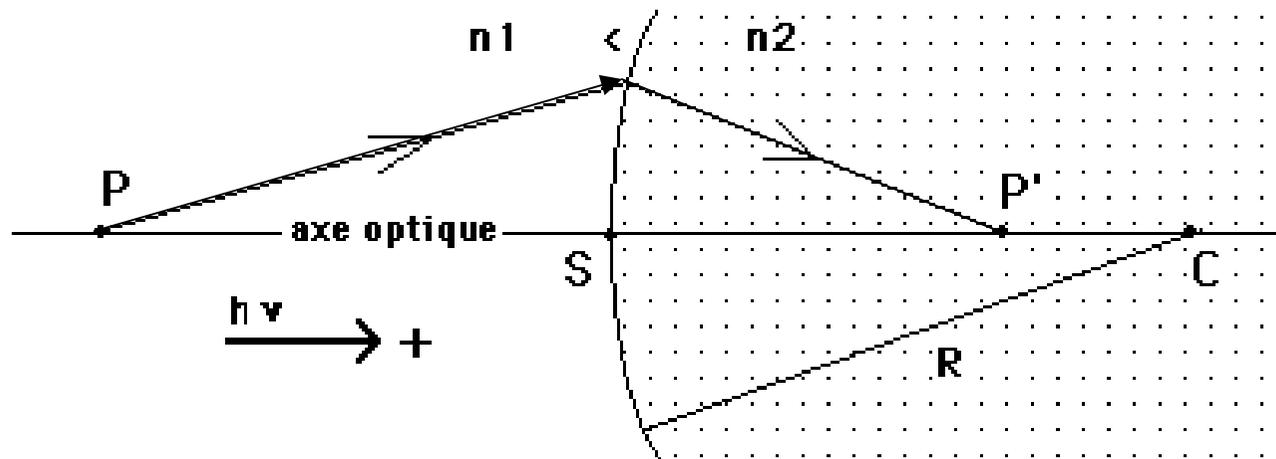
Relation de conjugaison

Relation entre dioptre et points conjugués, toujours dans le sens conventionnel,
"final - initial = puissance" (valeurs algébriques)

$$n_2/\overline{SP'} - n_1/\overline{SP} = \pi \quad \text{en se rappelant que} \quad \pi = (n_2 - n_1)/\overline{SC}$$

$1/\overline{SP'}$ est la PROXIMITÉ de l'IMAGE (m^{-1}), $n_2/\overline{SP'}$ en est la VERGENCE (dioptries si SP' est en mètres), n_1/\overline{SP} étant la VERGENCE (de l') OBJET

LOI : VERGENCE IMAGE = VERGENCE OBJET + PUISSANCE DU DIOPTRE

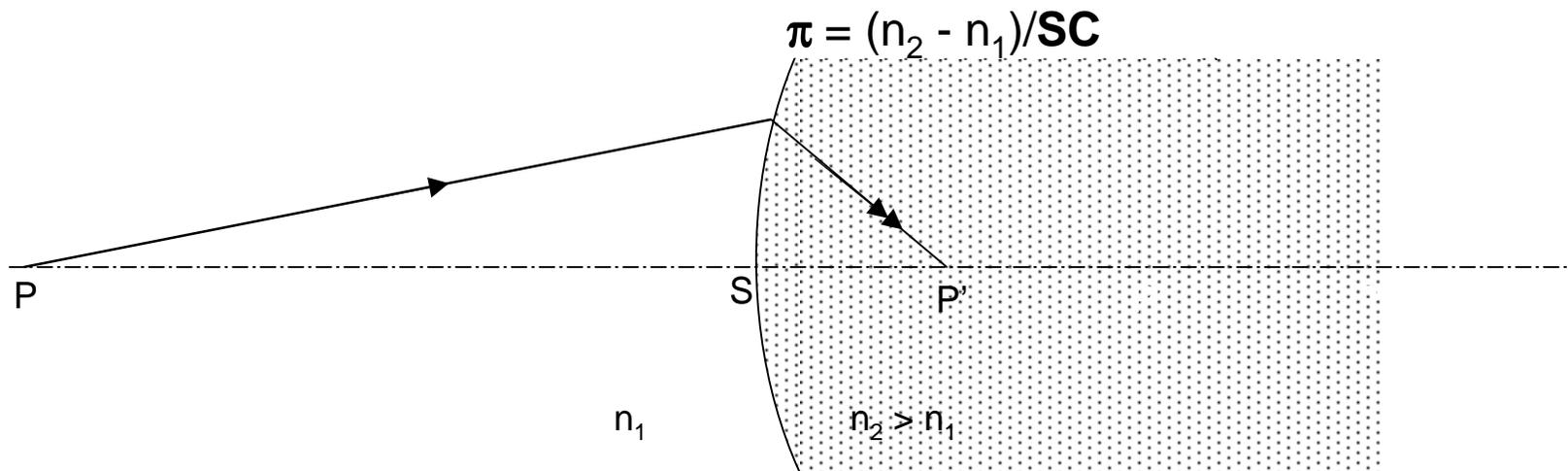


$$\frac{n_2}{\overline{SP'}} - \frac{n_1}{\overline{SP}} = \pi = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}}$$

Mouvements relatifs objet/image

Pour un dioptre convergent dont la puissance demeure inchangée,

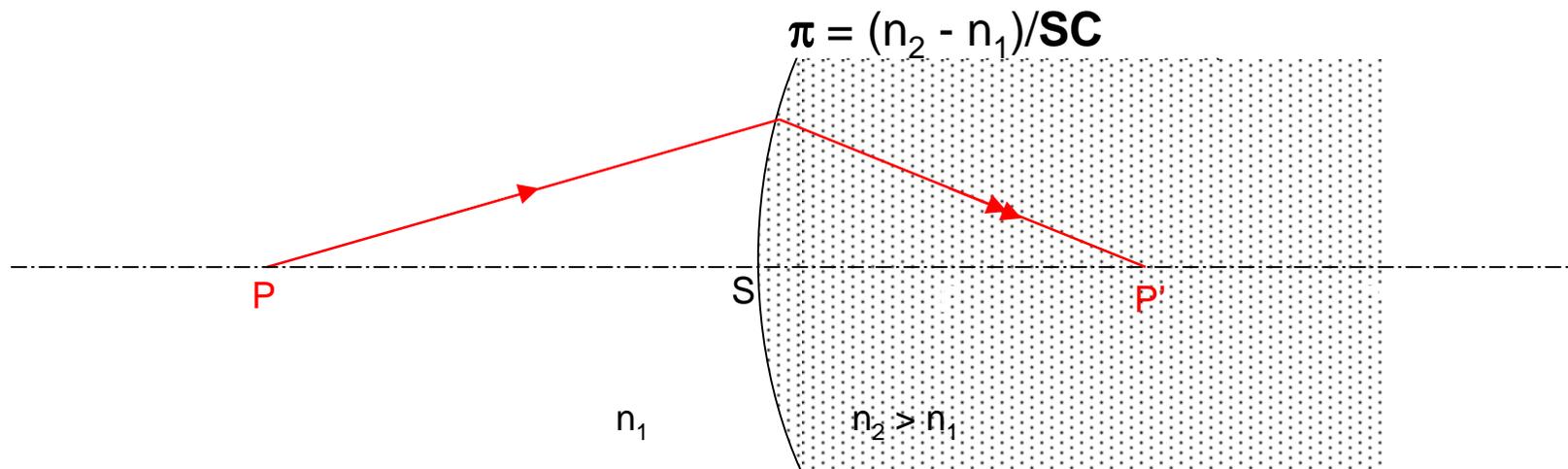
$$n_2/\mathbf{SP}' = n_1/\mathbf{SP} + \pi$$



Mouvements relatifs objet/image

Pour un dioptre convergent dont la puissance demeure inchangée, lorsque le point objet P , situé dans l'indice le plus faible, se rapproche du dioptre (S), son image P' s'en éloigne et réciproquement.

$$n_2/SP' = n_1/SP + \pi$$

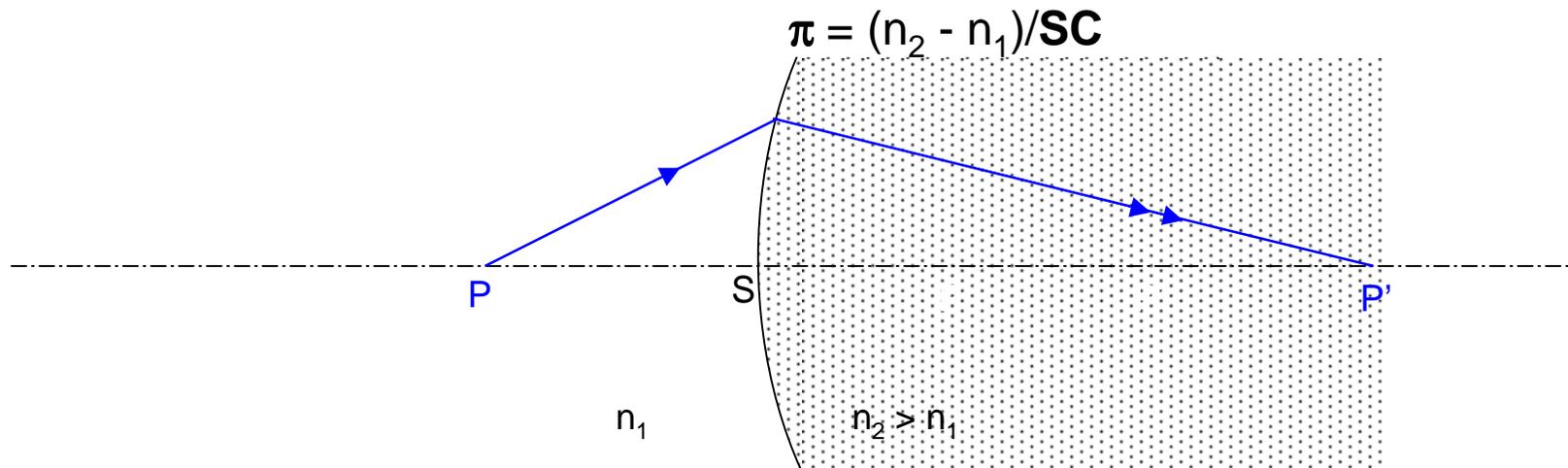


Mouvements relatifs objet/image

Pour un dioptre convergent dont la puissance demeure inchangée, lorsque le point objet P , situé dans l'indice le plus faible, se rapproche du dioptre (S), son image P' s'en éloigne et réciproquement.

$$n_2/\mathbf{SP}' = n_1/\mathbf{SP} + \pi$$

Notons que c'est l'inverse pour un dioptre divergent

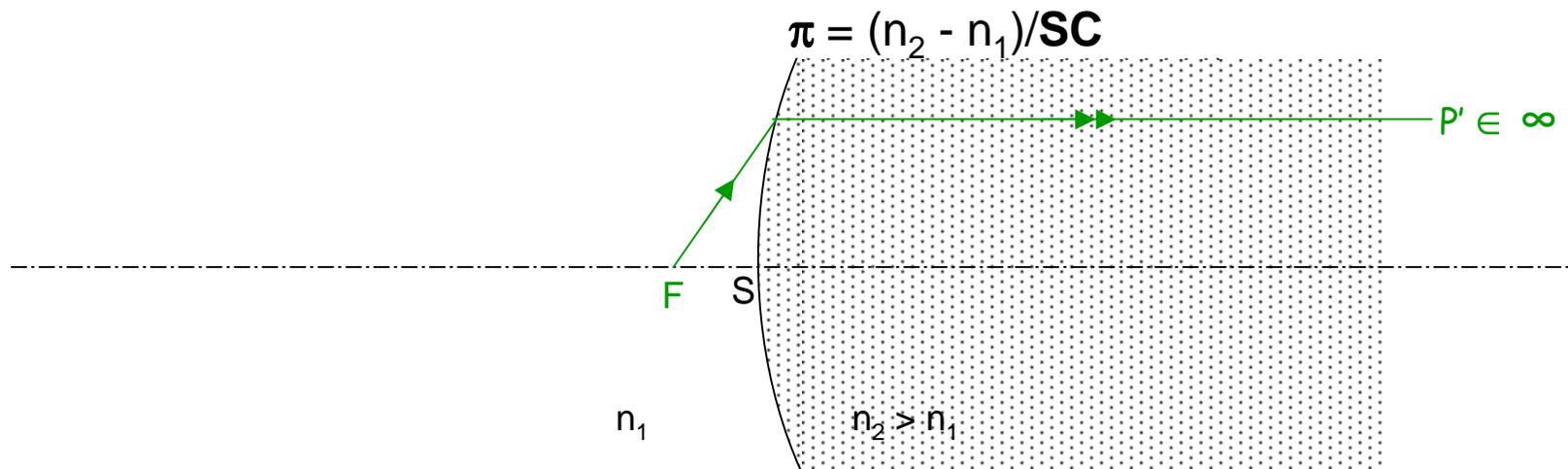


Mouvements relatifs objet/image

Pour un dioptre convergent dont la puissance demeure inchangée, lorsque le point objet P, situé dans l'indice le plus faible, se rapproche du dioptre (S), son image P' s'en éloigne et réciproquement.

$$n_2/\mathbf{SP}' = n_1/\mathbf{SP} + \pi$$

Il existe une particularité, lorsqu'un faisceau est // à l'axe



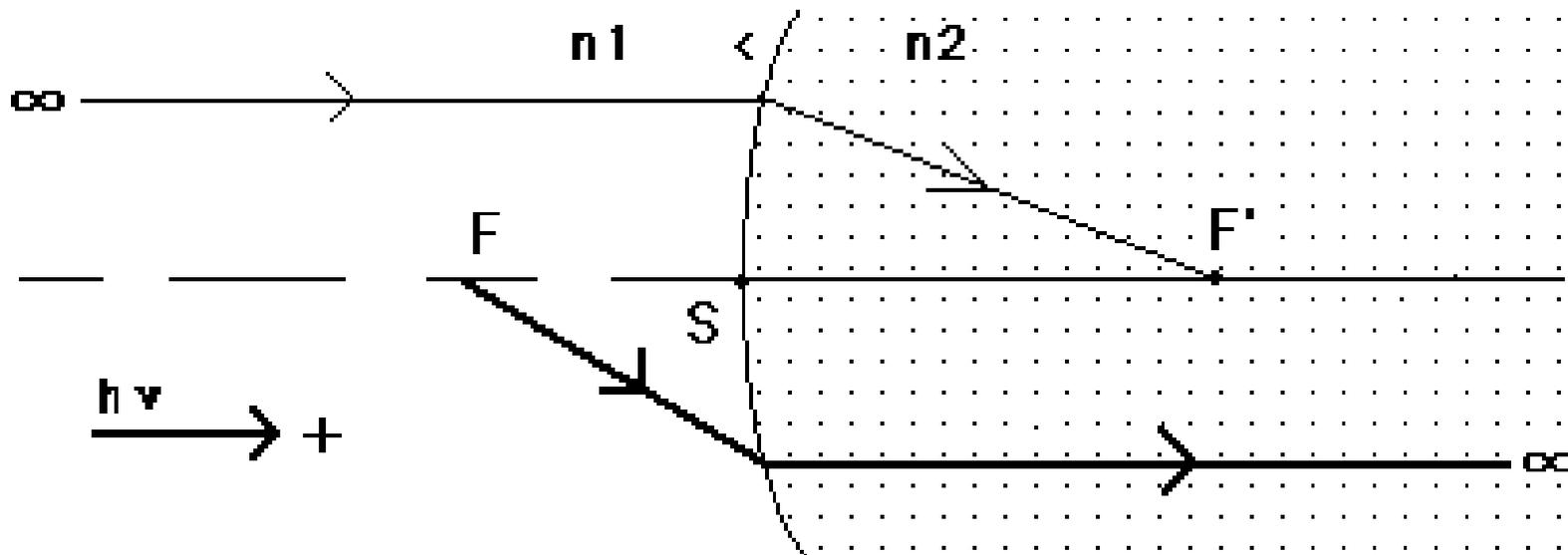
Foyers

Points conjugués (limites) de l'infini (un des faisceaux est horizontal)

si $\overline{SP} = \infty \Rightarrow P'$ est en F' (foyer image) et $\overline{SF'} = n_2/\pi$, distance focale image

si $\overline{SP'} = \infty \Rightarrow P$ est en F (foyer objet) et $\overline{SF} = -n_1/\pi$, distance focale objet

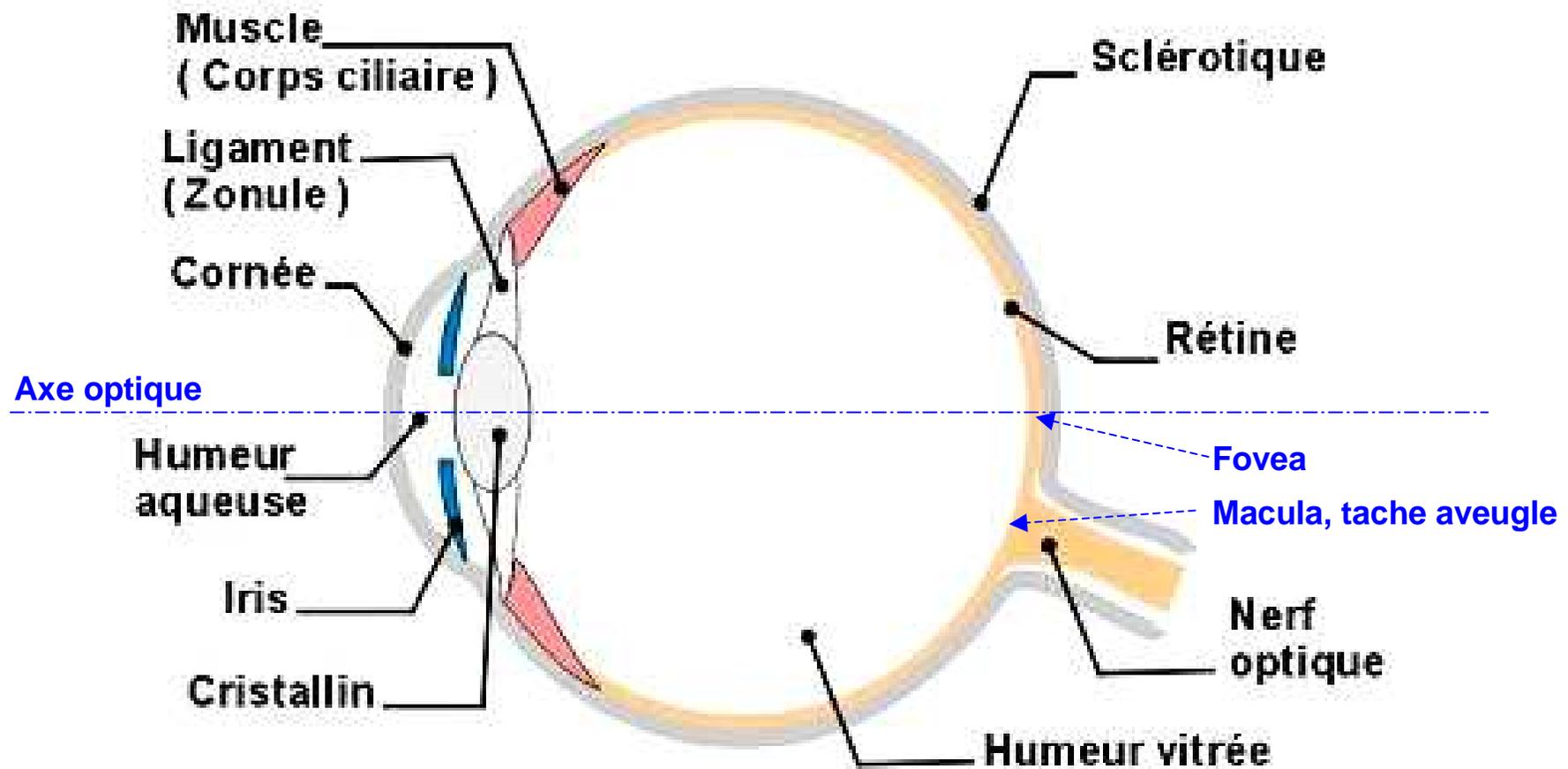
ainsi : $\overline{SF'}/\overline{SF} = -n_2/n_1$



$$\overline{SF} = -\frac{n_1}{\pi}$$

$$\overline{SF'} = \frac{n_2}{\pi}$$

Les différents composants de l'œil



Œil biologique moyen, puissance globale au repos $\pi_{\min} = 60 \pm 3,5$ dp

L'œil schématique (OS)

Le dioptre cornéen antérieur est convergent, de $\approx +48$ dioptries

Le dioptre cornéen postérieur est divergent, de ≈ -6 dioptries

La cornée peut donc être remplacée par un dioptre unique, convergent de 42 dp

Les dioptres cristalliniens antérieur et postérieur sont convergents mais de rayon de courbure variable (adaptation de la vision à la distance)

Le cristallin s'adapte donc en puissance, entre une π_{\min} (dite de repos) pour la vision de loin (Punctum Remotum ou Pr), et une π_{\max} (dite d'accommodation) pour la vision de près (Punctum Proximum ou Pp pour l'accommodation maximale)

L'iris (diaphragme) limite la quantité de lumière et maintient les conditions de Gauss

La chambre antérieure contient l'humeur aqueuse, milieu physiologiquement transparent, homogène et isotrope, dont l'indice est celui de l'eau

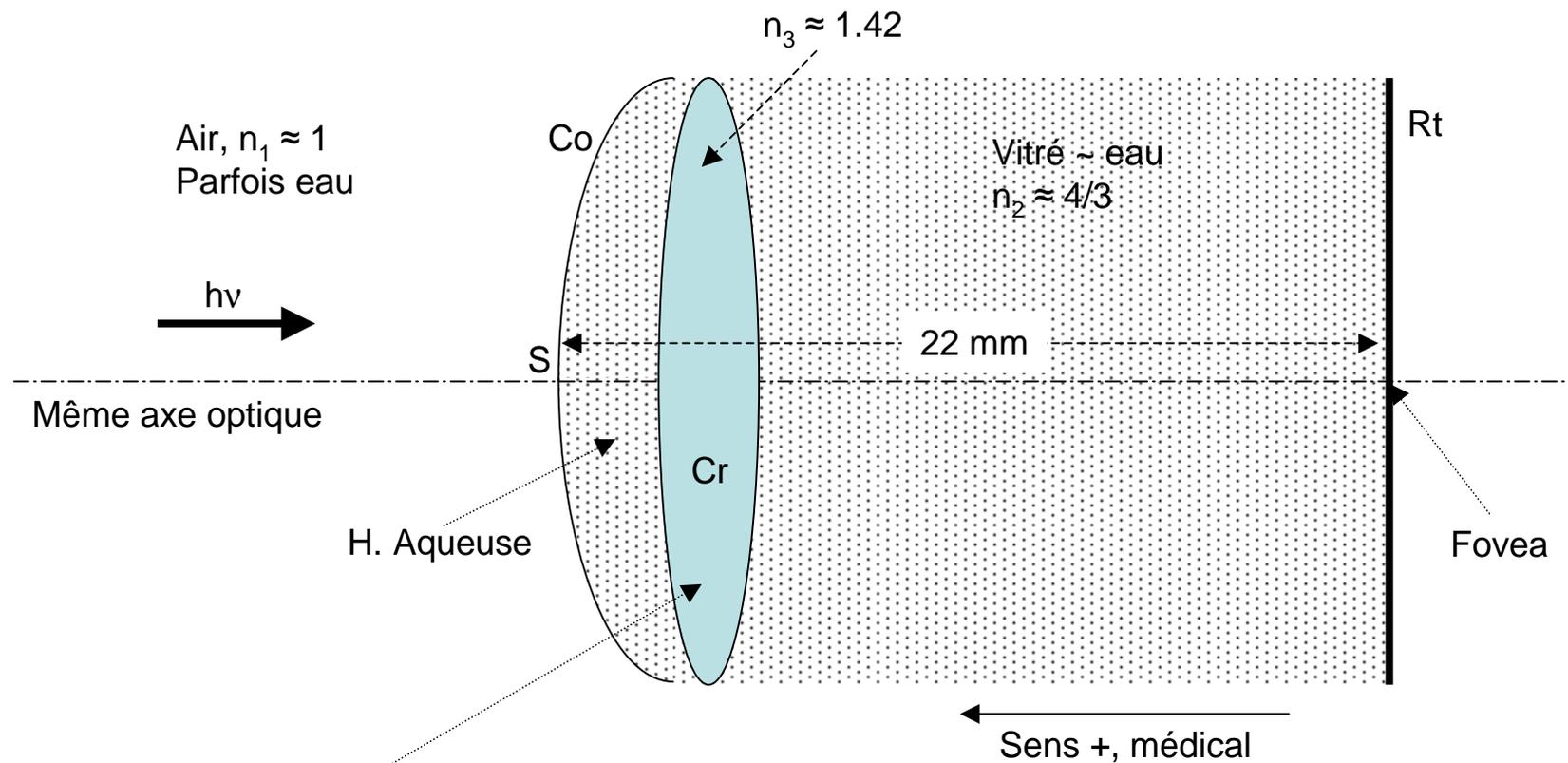
La chambre postérieure contient le vitré, gel physiologiquement transparent, homogène et isotrope, dont l'indice est aussi celui de l'eau

Les images, pour être vues nettes, doivent se former sur la rétine (Rt)

Œil biologique moyen, puissance globale au repos $\pi_{\min} = 60 \pm 3,5$ dp

L'œil schématique (OS)

Schématisation des dioptries et milieux transparents d'un œil humain



CRISTALLIN, puissance variable, permettant l'accommodation (de la vision) à la distance

Repos (Pr), $\pi_{\min} \approx 22$ dp

Accommodation maximale (Pp), π_{\max} , diminue avec l'âge (presbytie), par ex. ≈ 26 dp à 45 ans

Amplitude d'accommodation : $AA = \pi_{\max} - \pi_{\min}$

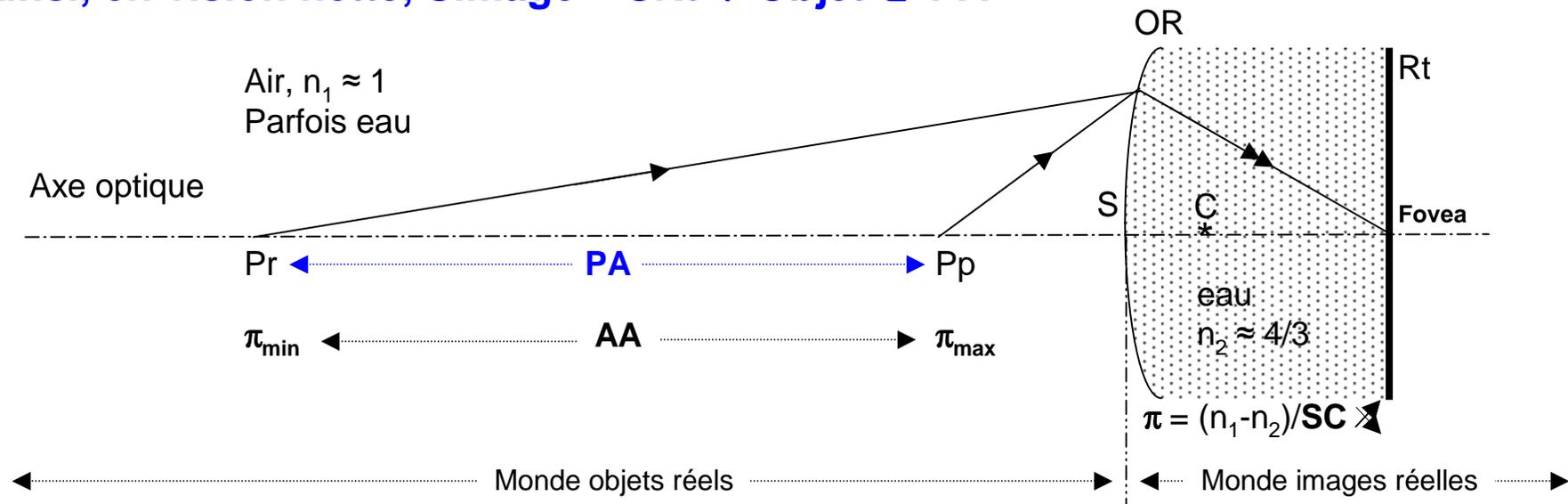
L'œil réduit (OR)

Les dioptries cornéens antérieur et postérieur ainsi que le cristallin sont remplacés par un unique dioptre séparant l'air de l'eau, de rayon de courbure SC variable pour s'adapter en puissance entre une π_{\min} (**repos**) de **+60 dp** pour la vision de loin (**Pr**), et une π_{\max} pour la vision de près (**Pp**), qui diminue avec l'âge (**presbytie**)

La distance Pr-Pp représente le **parcours d'accommodation PA**. Il correspond à l'amplitude d'accommodation (**AA**), mesurée en dioptries par la différence $\pi_{\max} - \pi_{\min}$

Les images sont vues nettes lorsqu'elles appartiennent à la rétine (**SRt = 22 mm**) mais elles sont vues floues lorsqu'elles se forment avant ou après la rétine.

Ainsi, en vision nette, Simage = SRt \forall Objet \in PA



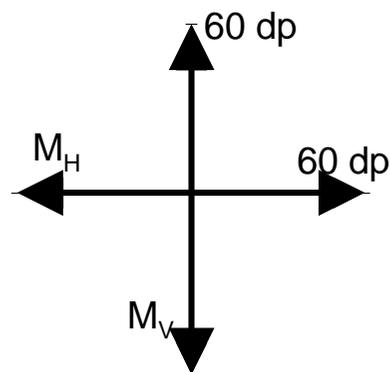
Caractérisation de l'OS et donc de l'OR

Caractères optiques de la vision et **trouble de la réfraction**

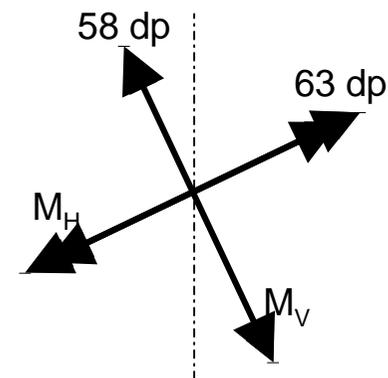
Les OS et OR sphériques se caractérisent par une **cornée sphérique, stigmaté**. Tous les méridiens cornéens ont donc même puissance, qu'il s'agisse de la cornée d'un sujet normal, dit **emmétrope** ou de celle d'un **myope** ou d'un **hypérope**.

L'**astigmatisme** se caractérise par une cornée asphérique : tous les méridiens cornéens n'ont pas la même puissance dans les mêmes conditions d'observation (repos par ex.). Dans l'astigmatisme régulier, les π_{\min} extrêmes appartiennent à des méridiens orthogonaux : **la cornée est torique**.

In fine, l'OR est donc couramment représenté par (2 de) ses méridiens principaux



Un œil sphérique
emmétrope



un astigmatisme régulier
mixte

Relation de conjugaison dans l'OR

Relation au repos (Pr)

Il suffit d'appliquer, en valeurs algébriques dans le sens + conventionnellement choisi, la recette '**vergence finale – vergence originale = puissance**'

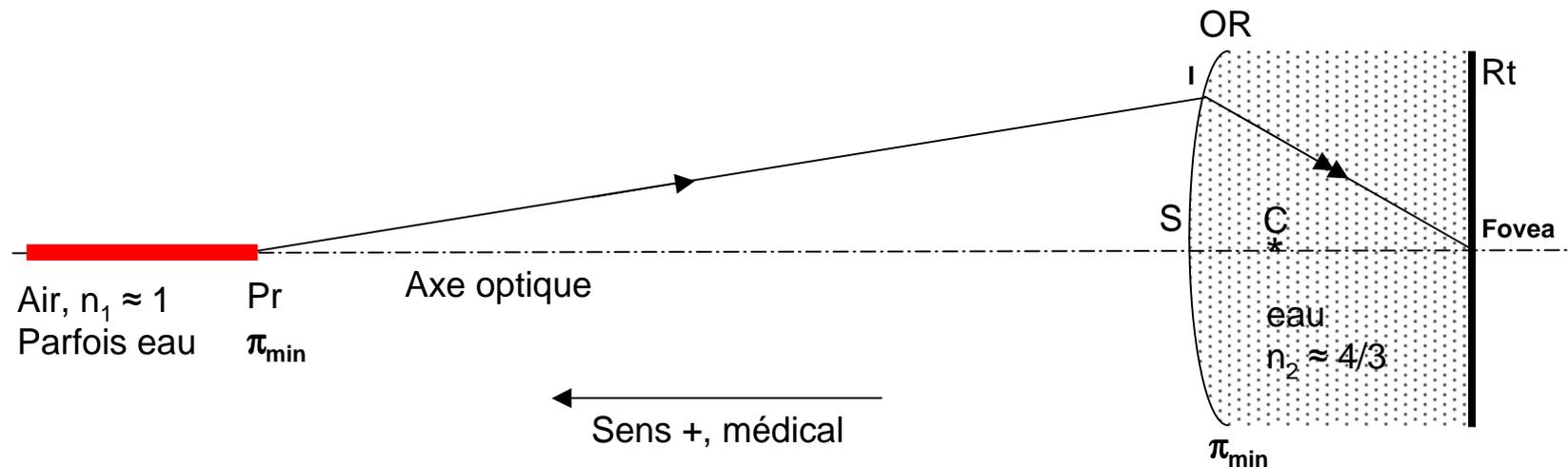
Au repos (π_{\min}), $n_1/\mathbf{SPr} - n_2/\mathbf{SRt} = \pi_{\min}$

La rétine est le conjugué du Pr au repos (et réciproquement)

Ce qui peut aussi s'écrire $-n_2/\mathbf{SRt} = \pi_{\min} - n_1/\mathbf{SPr}$

... relation que nous emploierons aussi souvent

Pour le moment, nous n'avons aucun a priori sur la position du Pr, mais ce qui est sûr, c'est qu'au-delà du Pr, les points ne pourront être vus nets (■)



Relation de conjugaison dans l'OR

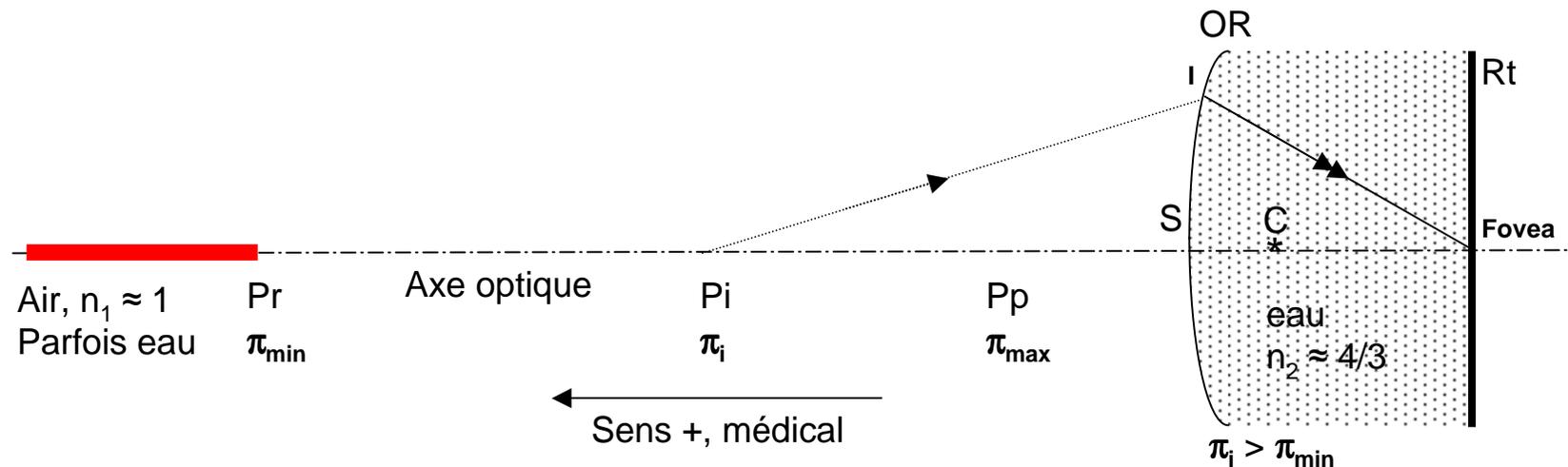
Relation pour un point \forall du PA

La constance de la distance SRt (22 mm normalement) et l'éloignement de Pi' lorsque Pi se rapproche de S (l'œil) impose une augmentation de puissance de l'OR
C'est cette adaptation de π_{OR} à la distance qui constitue l'accommodation

En accom. intermédiaire, $n_1/SPI - n_2/SRt = \pi_i$ avec Pi entre Pr et Pp

Pour que l'image de Pi reste sur Rt , il faut donc que π augmente quand SPi diminue

Au-delà du Pr , les points ne pourront être vus nets (—)



Relation de conjugaison dans l'OR

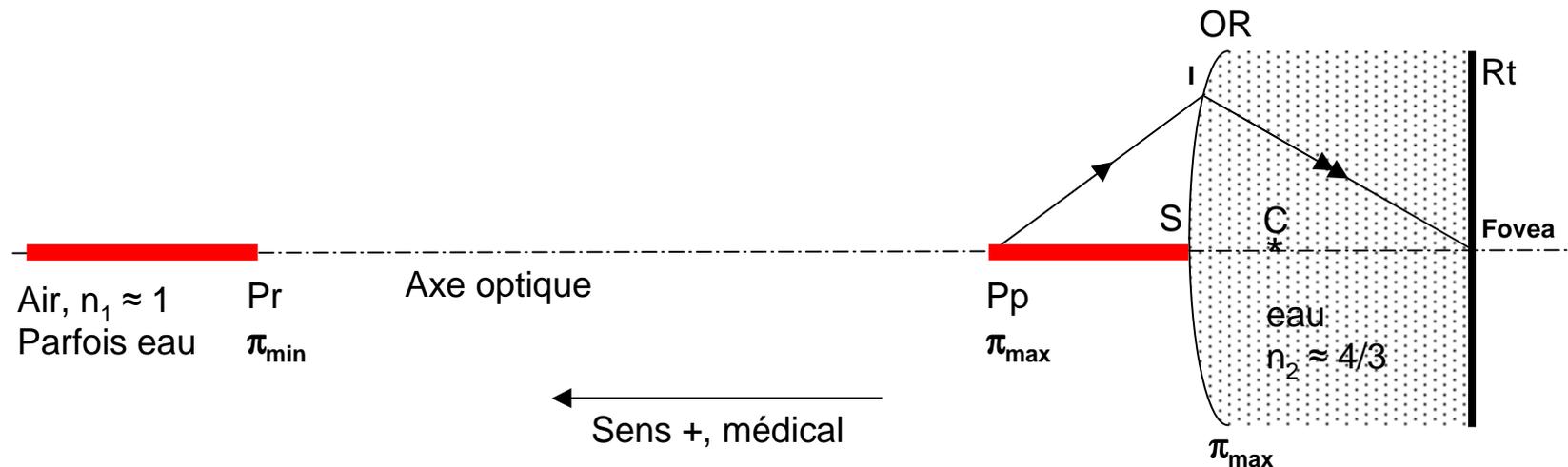
Relation au Pp (accommodation maximale)

On applique toujours, en valeurs algébriques dans le sens + conventionnellement choisi, la recette '**vergence finale – vergence originale = puissance**'

En accom. max (π_{\max}), $n_1/\mathbf{SPp} - n_2/\mathbf{SRt} = \pi_{\max}$

La rétine est le conjugué du Pp en accommodation maximale (et réciproquement)

En deçà du Pp et au-delà du Pr, les points ne pourront être vus nets (——)



L'œil réduit (OR)

Synthèse sur les relations de conjugaison

Il suffit d'appliquer, en valeurs algébriques dans le sens + conventionnellement choisi, la recette '**vergence finale – vergence originale = puissance**'

Au repos (π_{\min}), $n_1/SPr - n_2/SRt = \pi_{\min}$

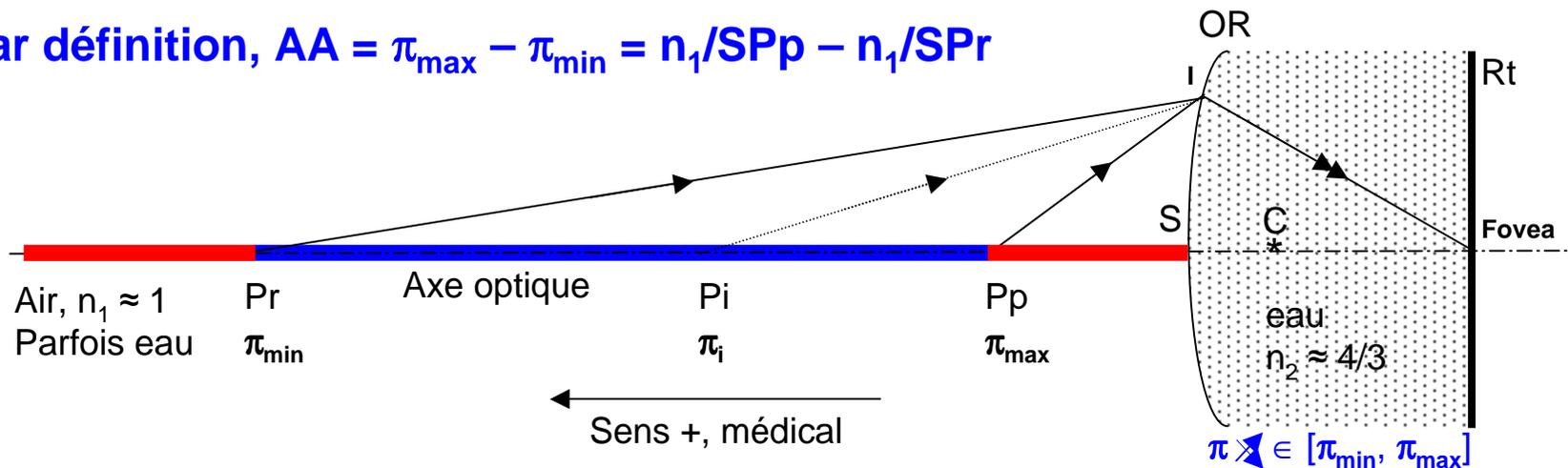
En accom. intermédiaire, $n_1/SPI - n_2/SRt = \pi_i$ avec P_i entre P_r et P_p

En accom. max (π_{\max}), $n_1/SPp - n_2/SRt = \pi_{\max}$

Dans tous les cas où P_i demeure dans le PA (—), l'OR adapte sa puissance afin de conserver le même rayon réfracté IFov, càd une vision nette dans tout le PA.

En deçà et au-delà du PA, les points ne pourront être vus nets (—)

Par définition, $AA = \pi_{\max} - \pi_{\min} = n_1/SPp - n_1/SPr$



L'ACCOMMODATION

Quelques mécanismes

L'accommodation est un **phénomène réflexe** qui permet de conserver une vision nette pour tous les points du PA en adaptant la puissance de l'OR par :

Modification de courbure du cristallin, surtout face antérieure

Augmentation de l'indice de réfraction du cristallin (tassement des fibres du nucleus)

Contraction pupillaire (myosis) dans la vision de près, améliore conditions de Gauss

Convergence axiale des 2 yeux (réflexe oculomoteur), sur l'objet observé

Fusion cérébrale des images des 2 yeux (sinon diplopie, strabisme, ...)

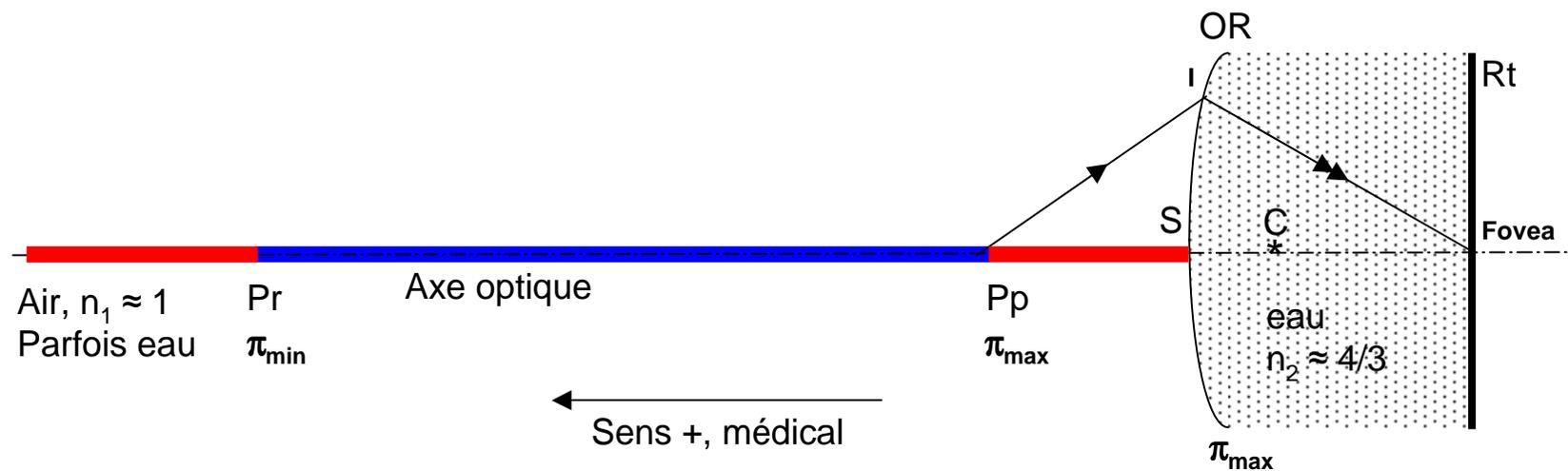
Capacité d'accommodation en fonction de l'âge :

Age (ans)	AA (dp)	SPp (cm)
10	14	7
30	7	14
40	4,5	22
45	3,3	30
60	1	100
70	0,25	400

LA PRESBYTIE

Perte du pouvoir d'accommodation avec l'âge

Les capacités d'adaptation du cristallin diminuent avec l'âge (simple vieillissement physiologique des muscles procès-ciliaires, voir tableau précédant)

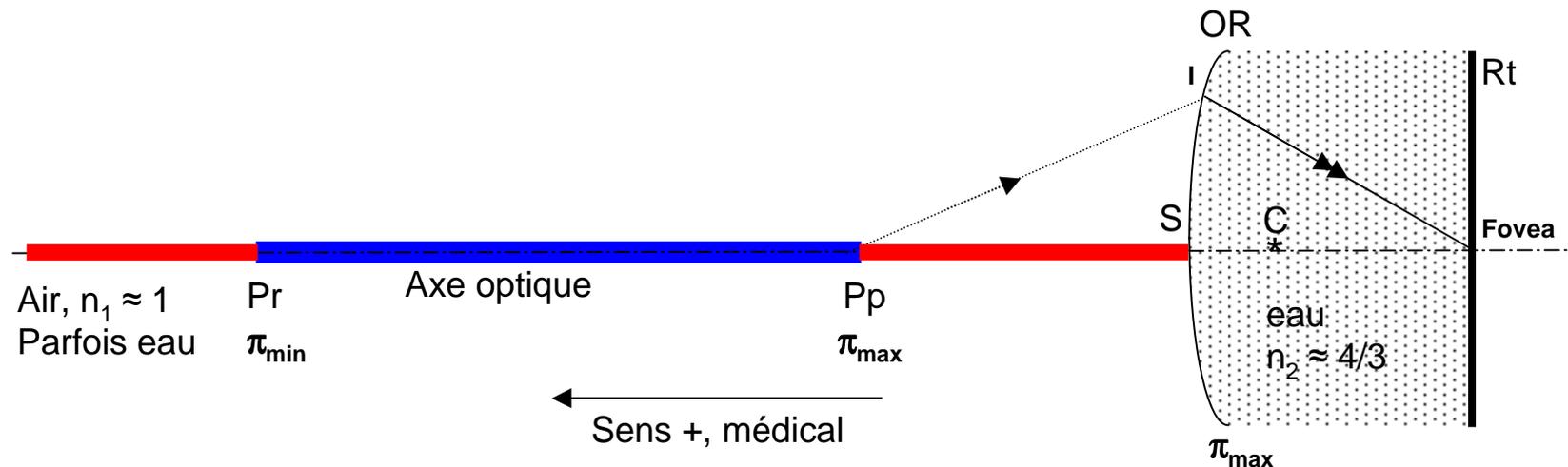


LA PRESBYTIE

Seule la π_{\max} est affectée

Les capacités d'adaptation du cristallin diminuent avec l'âge (simple vieillissement physiologique des muscles procès-ciliaires), ce qui a pour effet de diminuer la π_{\max} et donc l'AA : le PA diminue (—)

La π_{\max} diminuant, le Pp s'éloigne de l'œil (SPp augmente) en se rapprochant du Pr. En effet, seule la π_{\max} est affectée, la π_{\min} demeurant inchangée (Pr fixe).



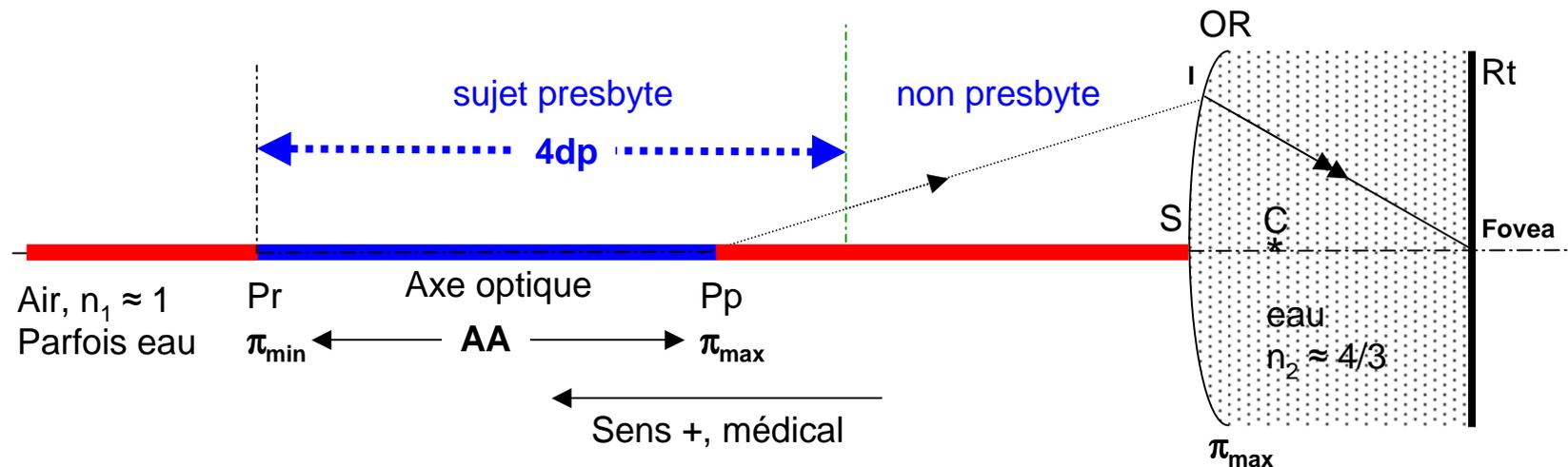
LA PRESBYTIE

Une amplitude d'accommodation insuffisante

Les capacités d'adaptation du cristallin diminuent avec l'âge (simple vieillissement physiologique des muscles procès-ciliaires), ce qui a pour effet de diminuer la π_{\max} et donc l'AA : le PA diminue (—)

La π_{\max} diminuant, le Pp s'éloigne de l'œil (SPp augmente) en se rapprochant du Pr. En effet, seule la π_{\max} est affectée, la π_{\min} demeurant inchangée (Pr fixe).

On parle de presbytie dès que $AA < 4 \text{ dp}$ (en moyenne, à partir de 45 ans)
La vision de près (lecture) devient difficile, voire impossible



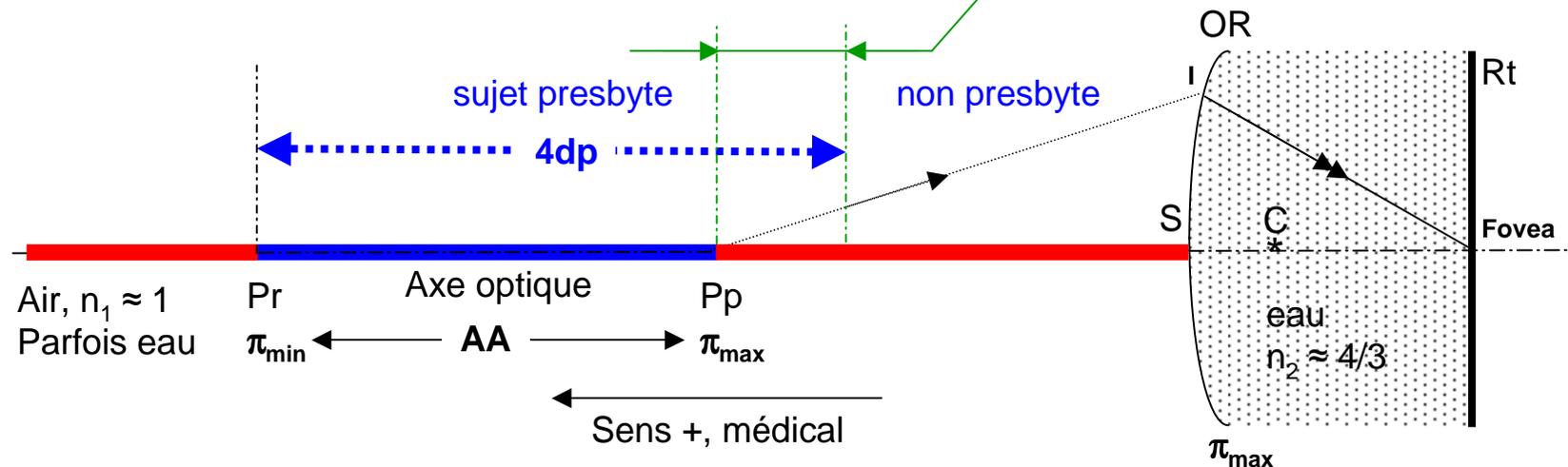
LA PRESBYTIE

Perte du pouvoir d'accommodation avec l'âge

Les capacités d'adaptation du cristallin diminuent avec l'âge (simple vieillissement physiologique des muscles procès-ciliaires), ce qui a pour effet de diminuer la π_{\max} et donc l'AA : le PA diminue (■)

La π_{\max} diminuant, le Pp s'éloigne de l'œil (SPp augmente) en se rapprochant du Pr. En effet, seule la π_{\max} est affectée, la π_{\min} demeurant inchangée (Pr fixe).

On parle de presbytie dès que $AA < 4 \text{ dp}$ (en moyenne, à partir de 40-45 ans)
 Le degré de presbytie est la différence algébrique $dP = AA - 4$ (en dioptries)
 Il est obligatoirement négatif.

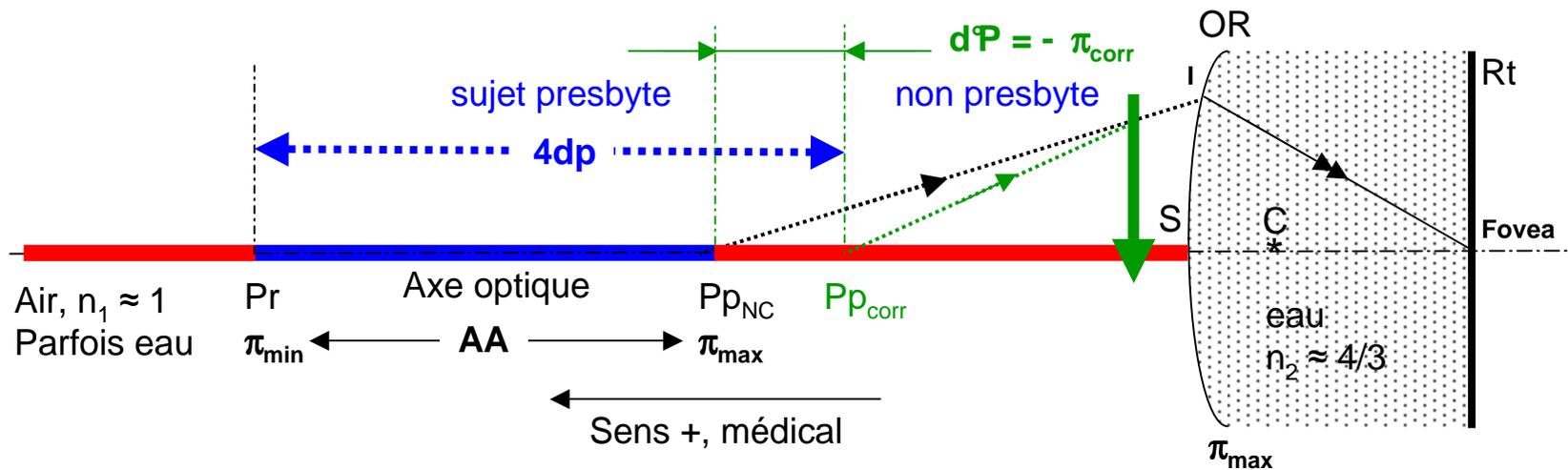
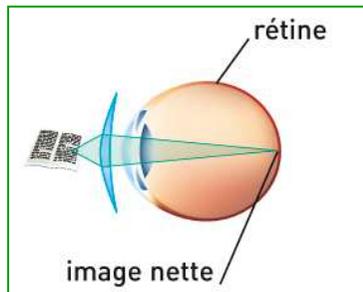


LA PRESBYTIE

Perte du pouvoir d'accommodation avec l'âge

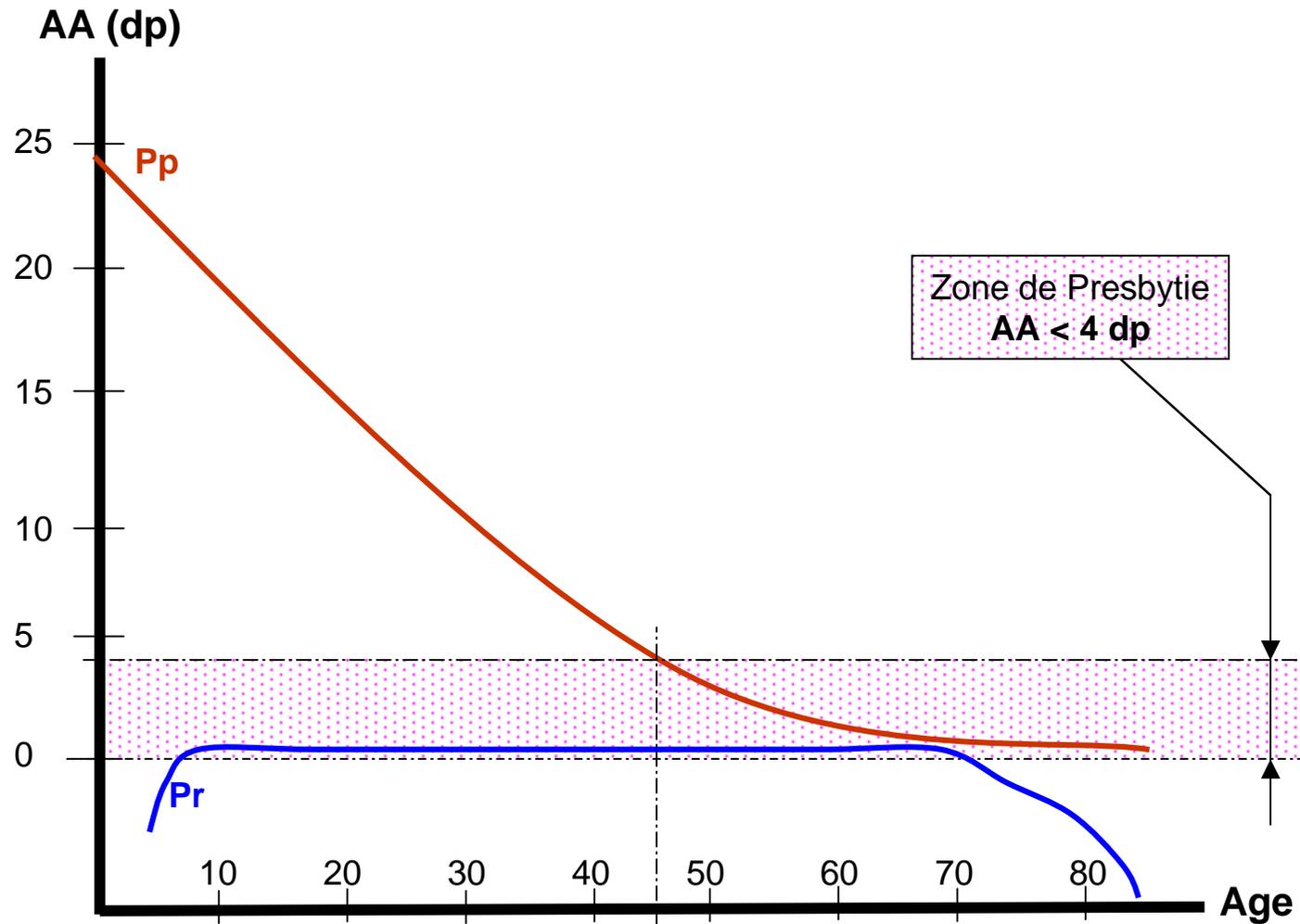
Pour corriger la presbytie, on utilise de demi-lentilles (vision de près seulement) dont la puissance compense le dP , soit $\pi_{corr} = -dP$, donc convergentes.

L'AA corrigée est donc (artificiellement) ramenée à 4 dp

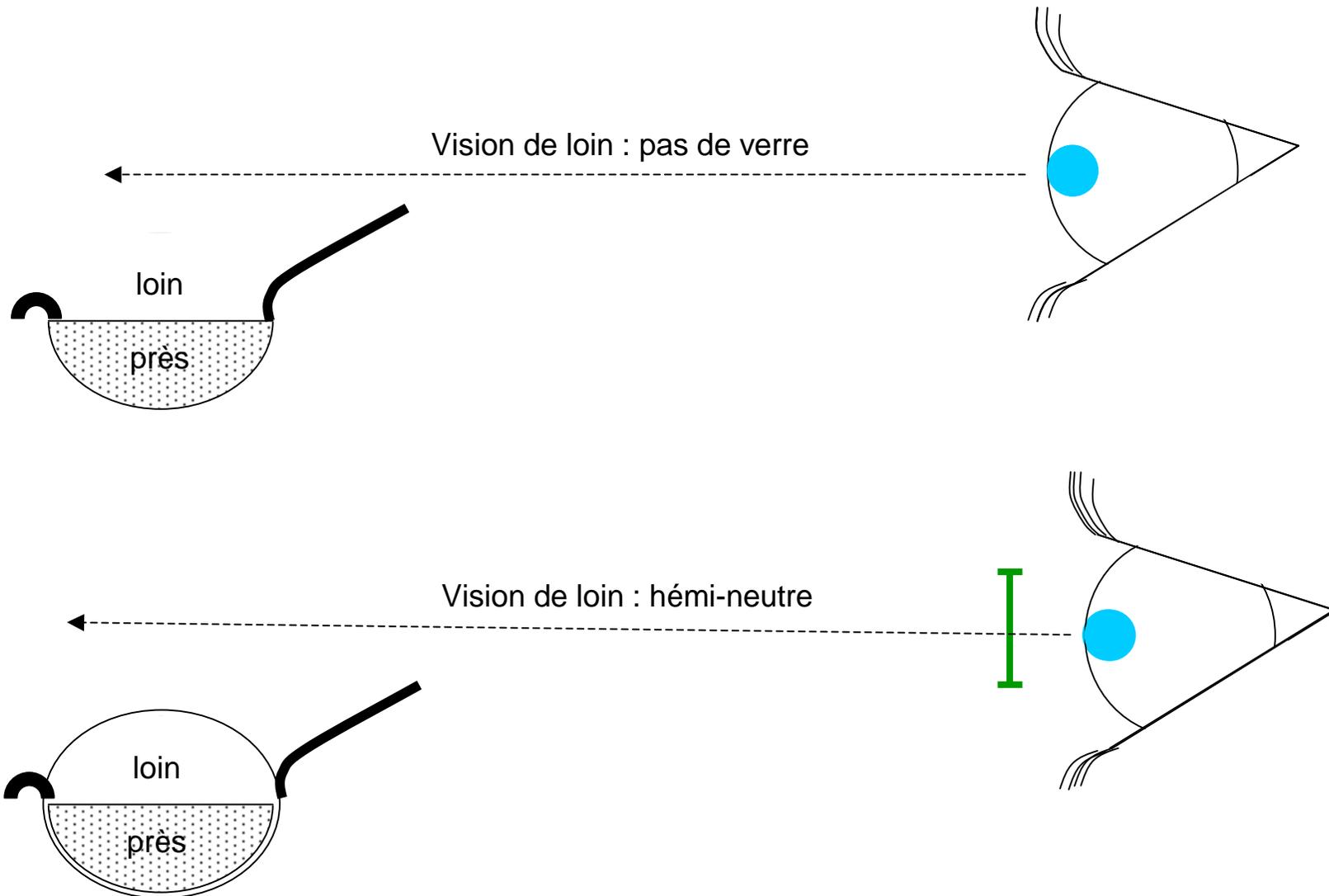


LA PRESBYTIE

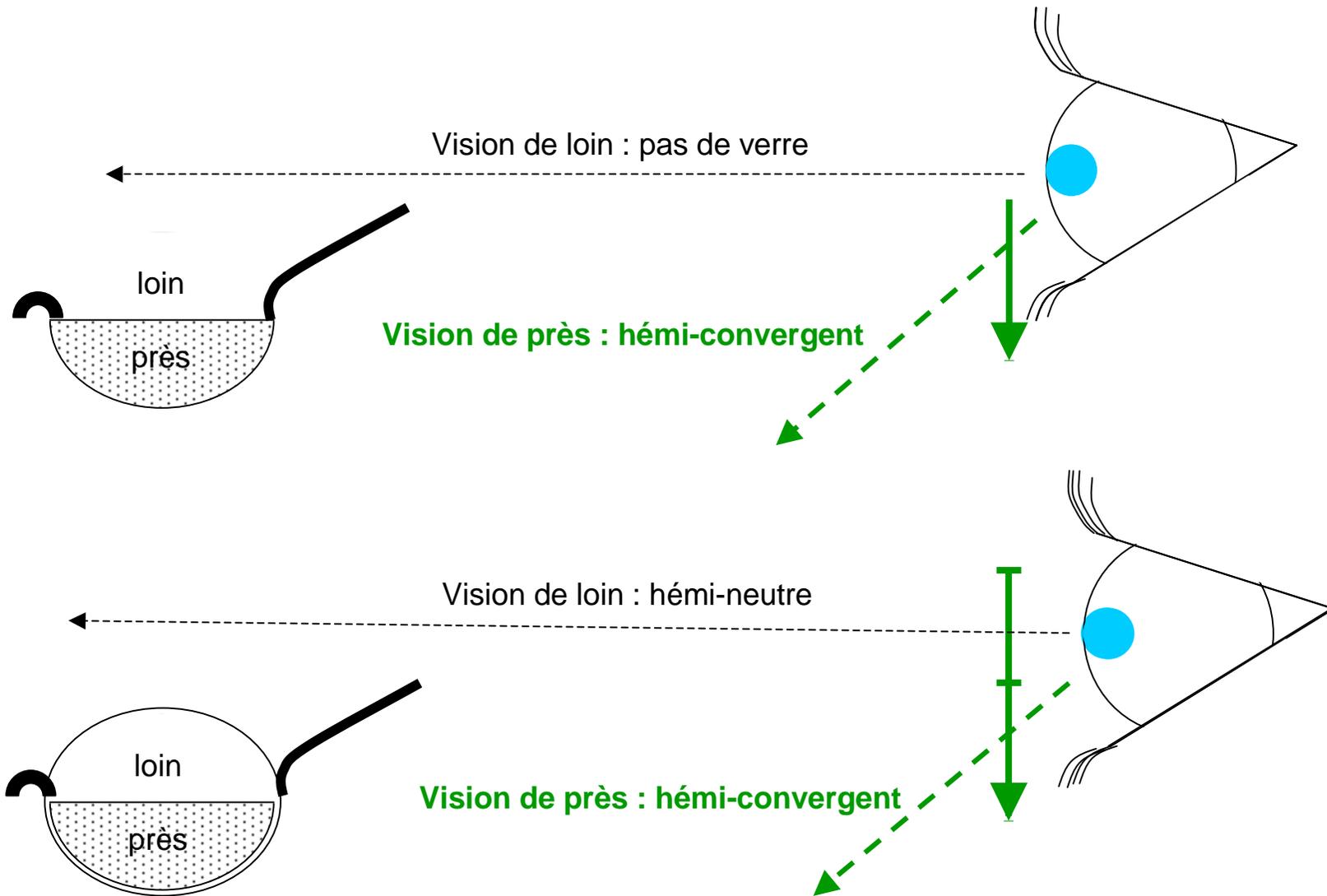
Evolution du pouvoir d'accommodation avec l'âge



Pas besoin de corriger la vision de loin d'un presbyte



Correction de la seule vision de près d'un presbyte



Correction de la seule vision de près d'un presbyte

La correction à apporter dépend du degré de presbytie, lui-même bien sûr lié à l'âge, mais aussi aux conditions de travail (certains métiers comme les horlogers, ...). La correction dépend aussi de la position souhaitée du Pp.

En pratique, ce qui est couramment adopté :

Age (ans)	π_C (correction, en dp)
45	0,5
48	1
50	1,5
52-53	2
55	2,5
60	3

L'œil normal ou EMMÉTROPE

Définition et relation de conjugaison au repos

En fait, chez l'emmétrope, le Pr_{NI} est à l'infini ; le foyer image est donc sur Rt, la rétine

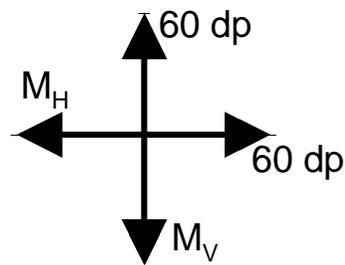
Au repos (π_{min}),

$$n_1/SPr_{NI} = 0$$

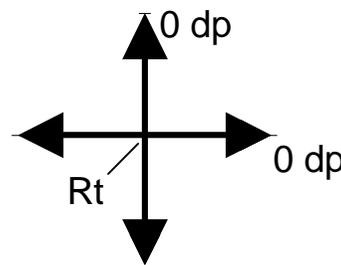
donc
ou

$$-n_2/SRt = \pi_{min}$$

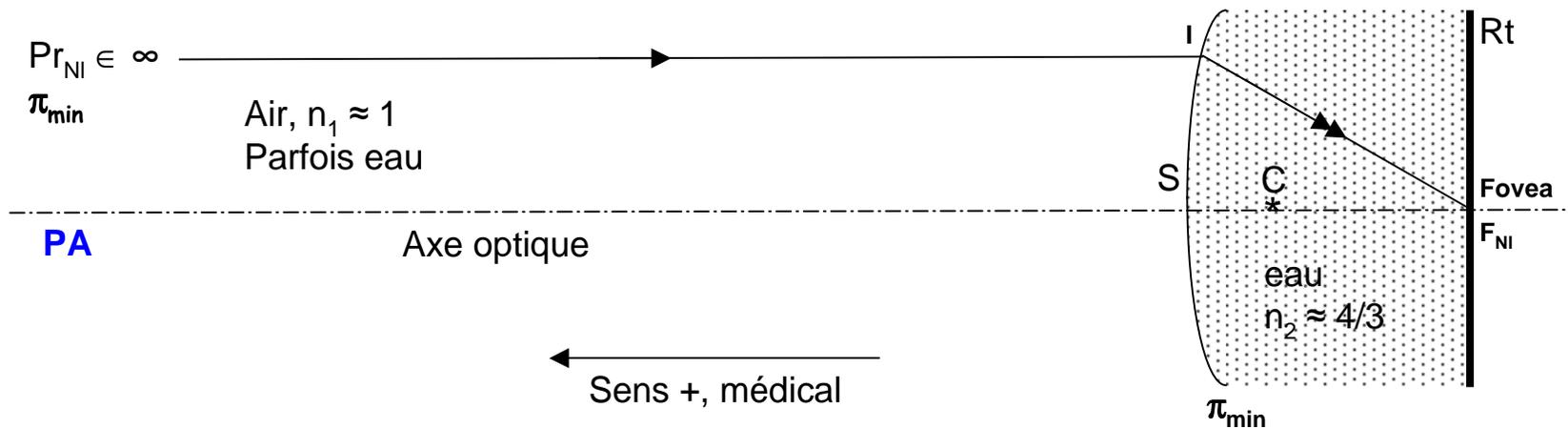
$$SRt = SF_{NI} = -n_2/\pi_{min}$$



ou mieux



L'œil est sphérique (stigmaté)
 $\pi(M_V) = \pi(M_H)$



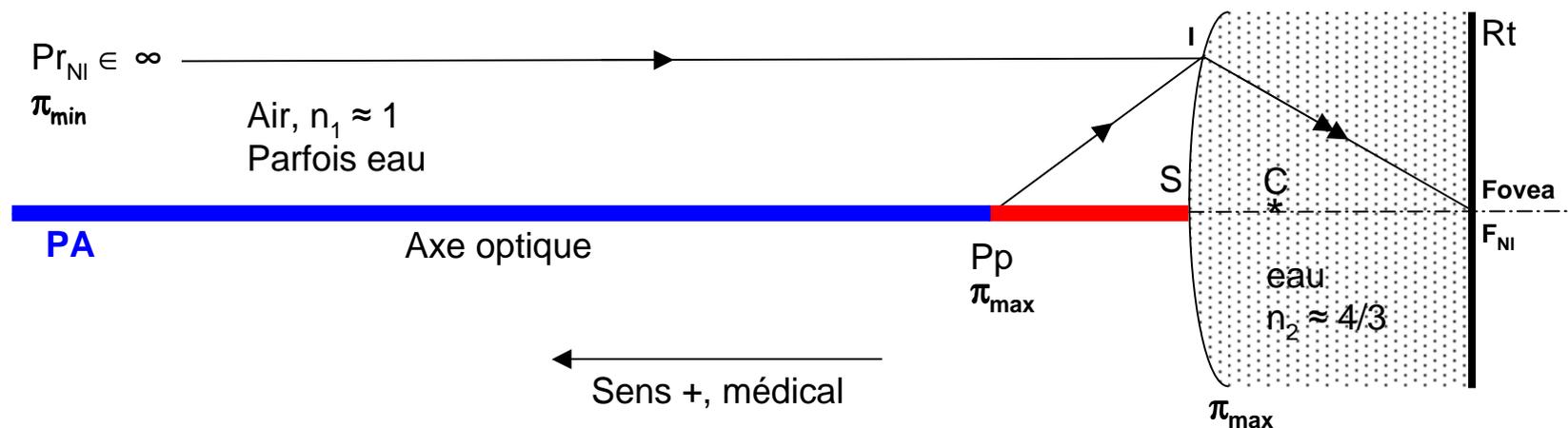
L'œil normal ou EMMÉTROPE

Relations de conjugaison au Pp

Pour le sujet emmétrype, le Pr_{NI} est à l'infini ; le foyer image est donc sur la rétine et le PA est immense (—, du Pp à l'infini)

En accom. max (π_{\max}), $n_1/S\text{Pp} - n_2/S\text{Rt} = \pi_{\max}$

En dehors du PA, donc en deçà du Pp, les points ne pourront être vus nets (—)



L'œil normal ou EMMÉTROPE

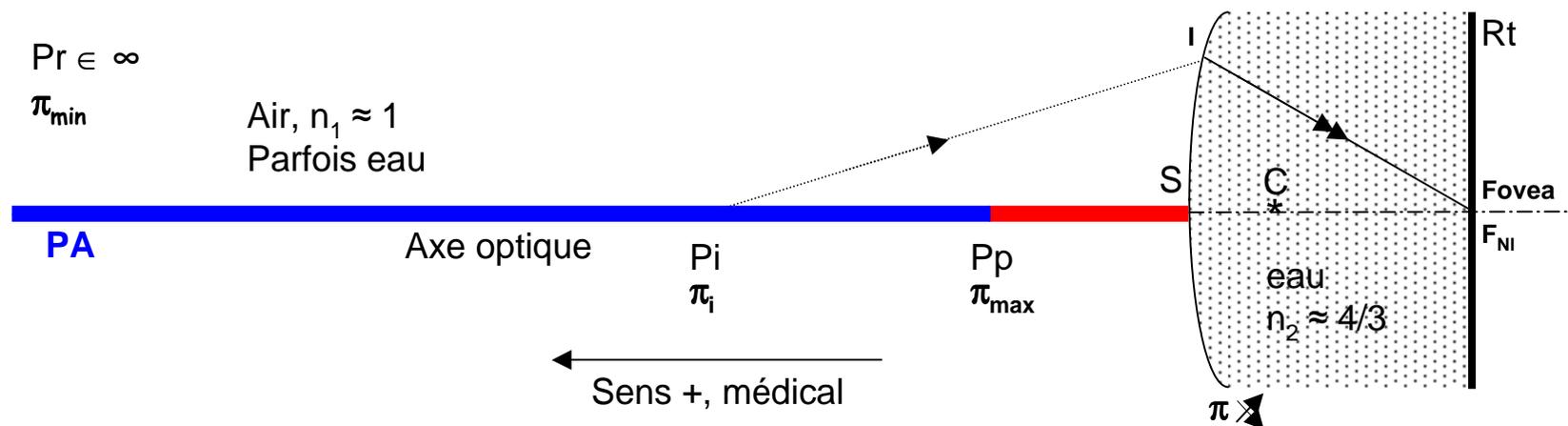
Relations de conjugaison pour un point du PA

Pour le sujet emmétrype, le P_r est à l'infini ; le foyer image est donc sur la rétine et le PA est immense (———, du P_p à l'infini)

En accom. max (π_{\max}), $n_1/\mathbf{SPp} - n_2/\mathbf{SRt} = \pi_{\max}$

Dans tous les cas où P_i demeure dans le PA, l'OR adapte sa puissance afin de conserver le même rayon réfracté IFov et donc une vision nette des points du PA.

En dehors du PA, donc en deçà du P_p , les points ne pourront être vus nets (———)



L'œil normal ou EMMÉTROPE

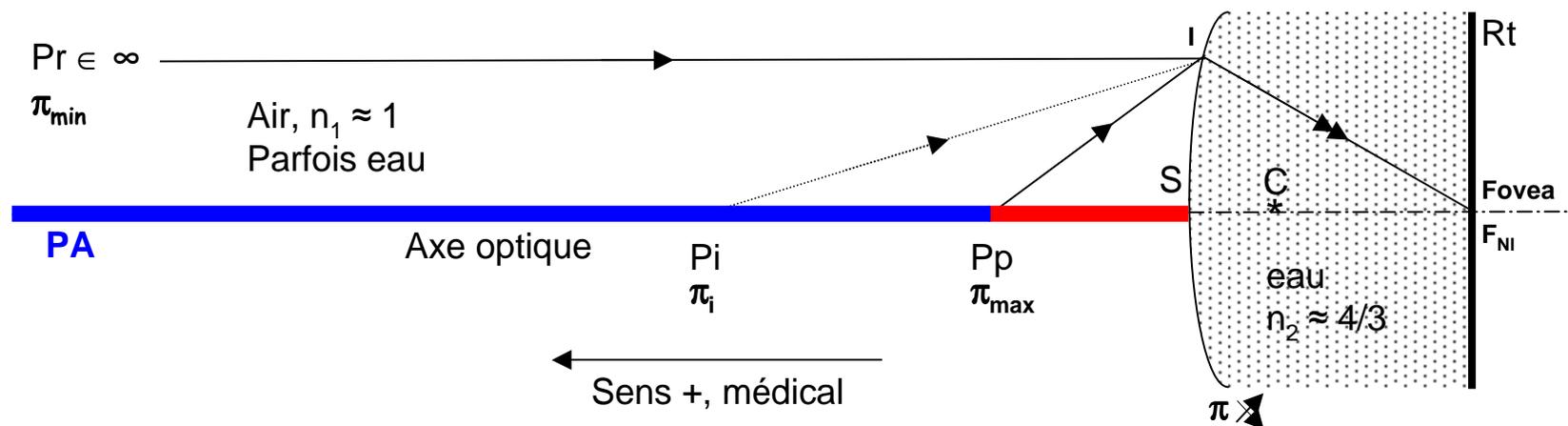
Synthèse sur les relations de conjugaison

Pour le sujet emmétrépe, le P_r est à l'infini ; le foyer image est donc sur la rétine et le PA est immense (———, du P_p à l'infini)

Au repos (π_{\min}), $n_1/SPr = 0$ donc $-n_2/SRt = \pi_{\min}$
 En accom. intermédiaire, $n_1/SPI - n_2/SRt = \pi_i$ avec P_i entre P_r et P_p
 En accom. max (π_{\max}), $n_1/SPP - n_2/SRt = \pi_{\max}$

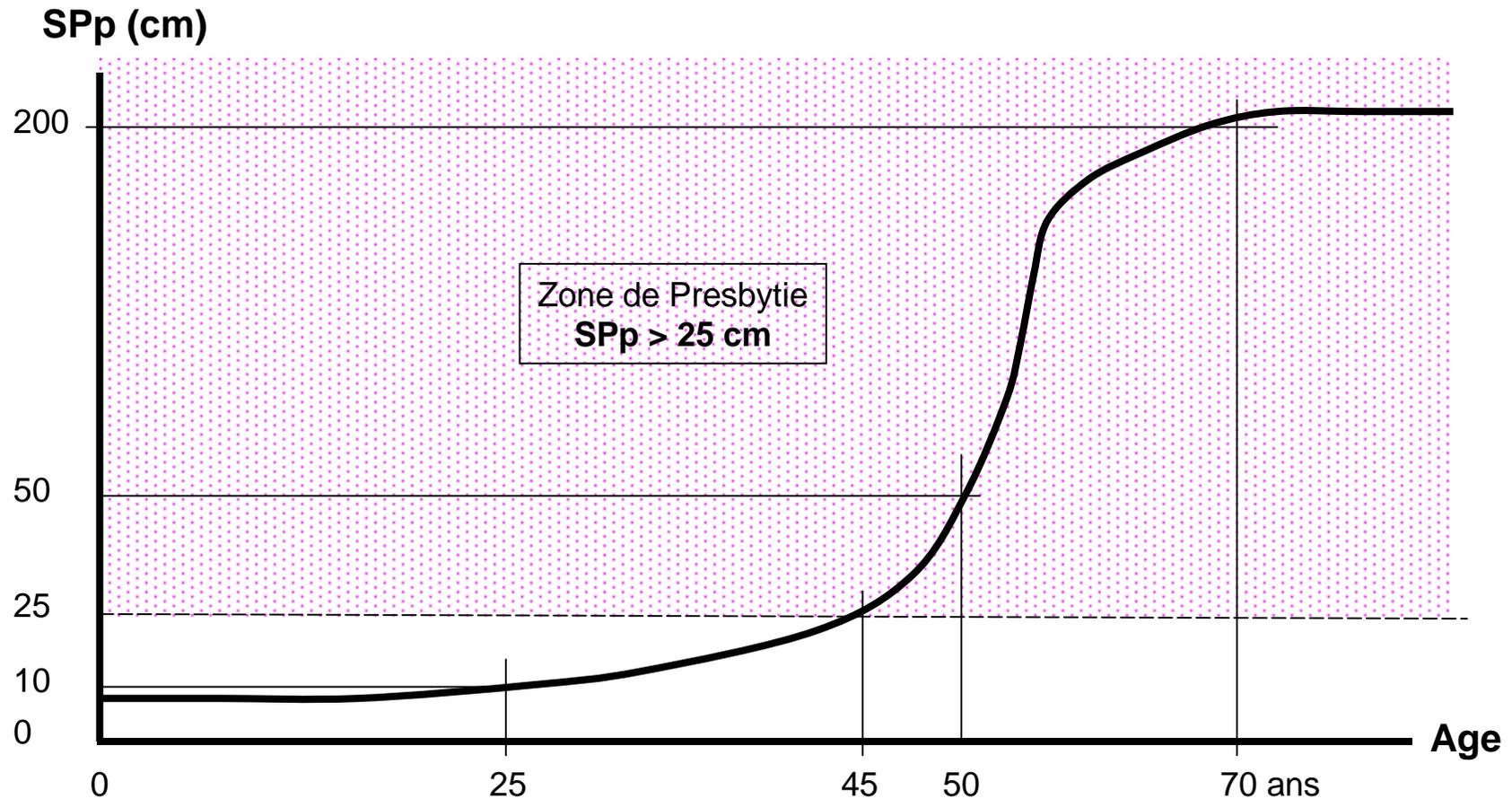
Dans tous les cas où P_i demeure dans le PA, l'OR adapte sa puissance afin de conserver le même rayon réfracté IFov et donc une vision nette des points du PA.

En dehors du PA, donc en deçà du P_p , les points ne pourront être vus nets (———)



LA PRESBYTIE d'UN EMMÉTROPE

Evolution de la vision de près (du Pp) d'un emmétrope



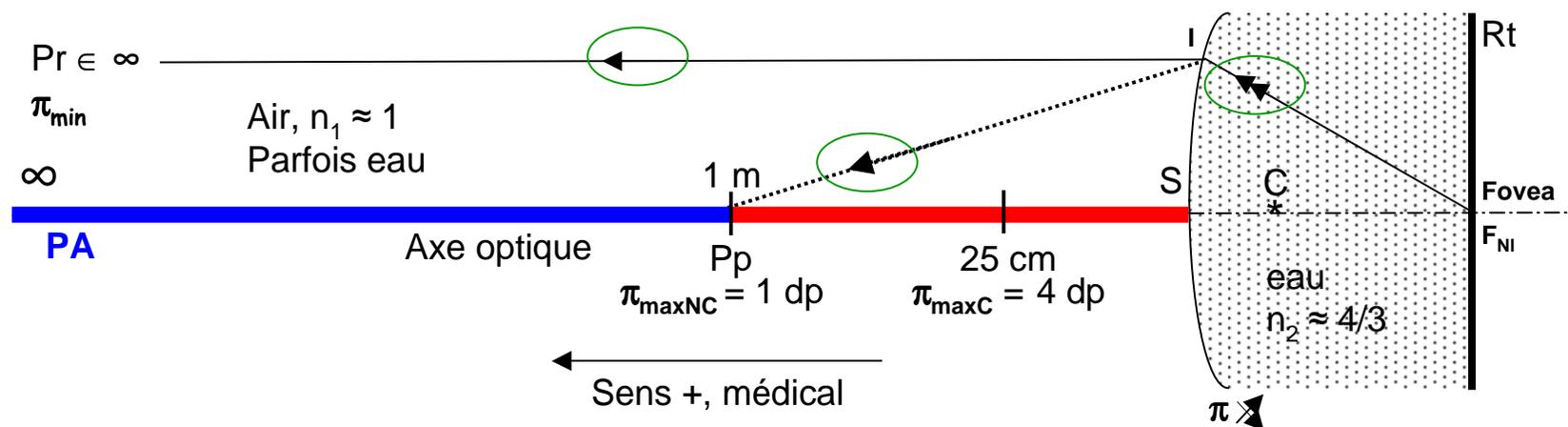
EMMÉTROPIE ET PRESBYTIE

Correction de la seule vision de près de l'emmétrope presbyte

Le degré de presbytie, $d\mathcal{P}$, mesure, en valeur algébrique, la différence entre la proximité effective du sujet (mesurée par sa π_{\max} actuelle) et la proximité limite du Pp pour une vision nette de près (25 cm soient 4 dp).

Par ex., pour un sujet dont la π_{\max} est de 1 dp, le degré de presbytie est de $d\mathcal{P} = 1 - 4 = -3$ dp ... il manque 3 dp au sujet pour voir net à 25 cm

Si l'on utilise le principe du retour inverse de la lumière...



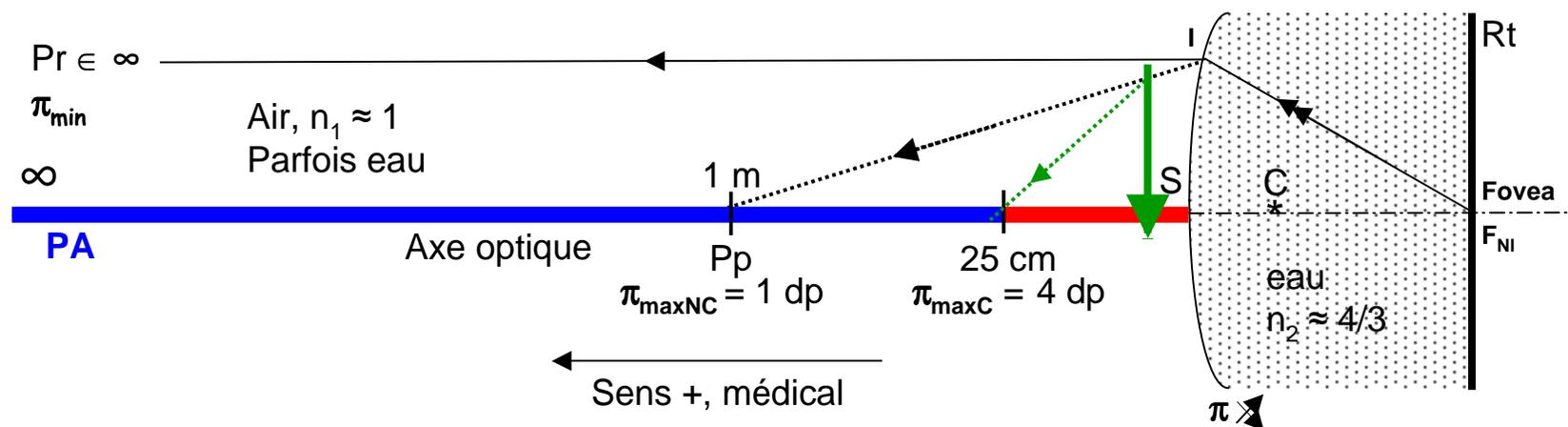
EMMÉTROPIE ET PRESBYTIE

Correction de la seule vision de près de l'emmétrope presbyte

Le degré de presbytie, $d\mathcal{P}$, mesure, en valeur algébrique, la différence entre la proximité effective du sujet (mesurée par sa π_{\max} actuelle) et la proximité limite du Pp pour une vision nette de près (25 cm soient 4 dp).

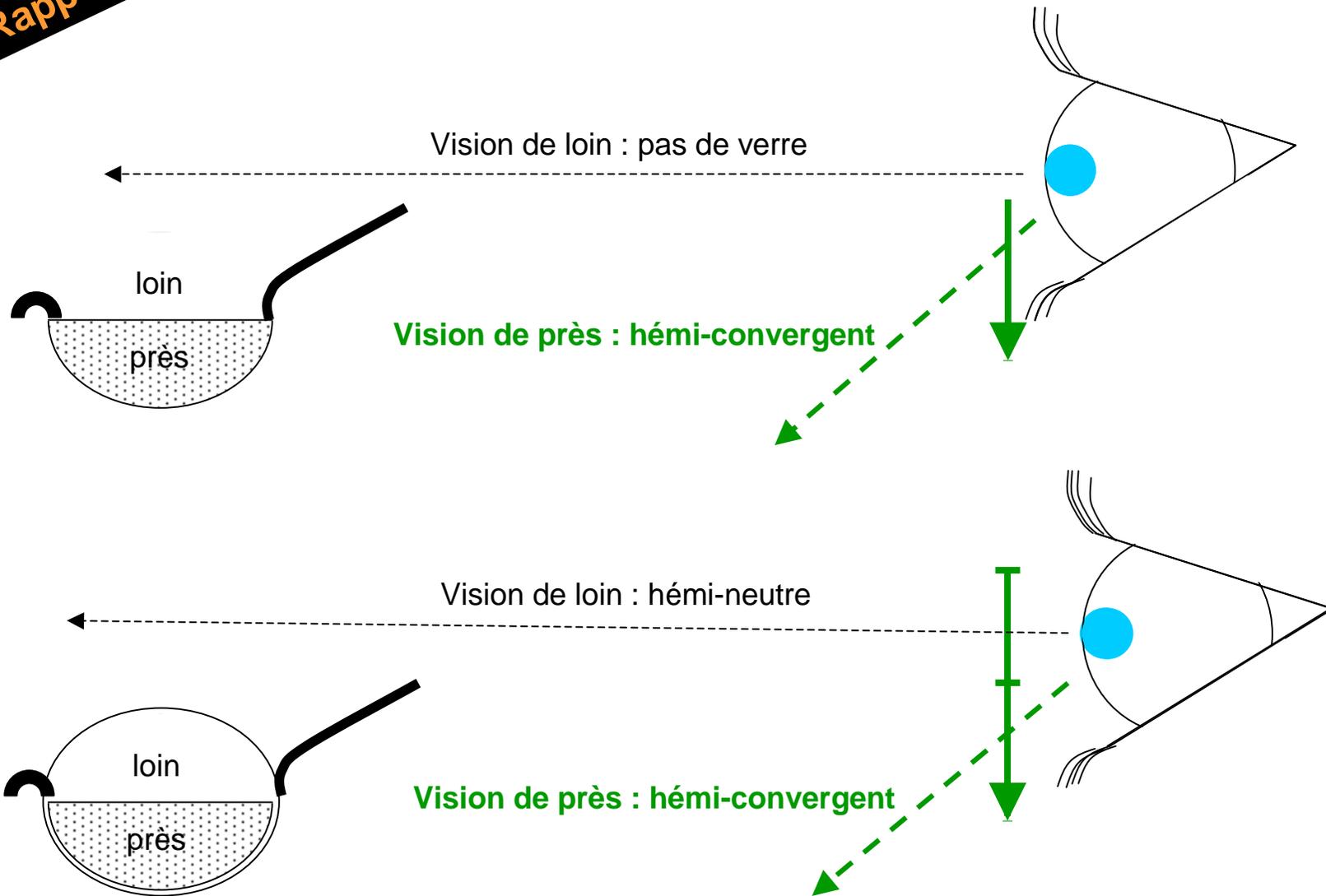
Par ex., pour un sujet dont la π_{\max} est de 1 dp, le degré de presbytie est de $d\mathcal{P} = 1 - 4 = -3$ dp ... il manque 3 dp au sujet pour voir net à 25 cm

La correction consiste à compenser le $d\mathcal{P}$ par des hémi lentilles (pour la seule vision de près) convergentes qui ramènent le Pr à 25 cm de l'œil (4 dp)



Correction de la seule vision de près d'un presbyte

Rappel



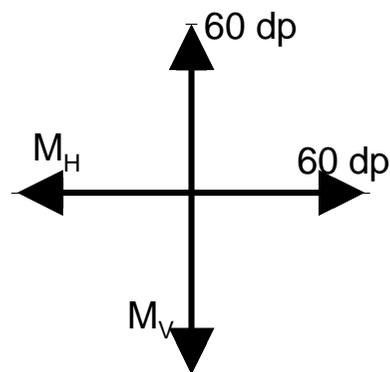
Caractérisation des amétropies

Anomalies optiques de la vision par **trouble de la réfraction**

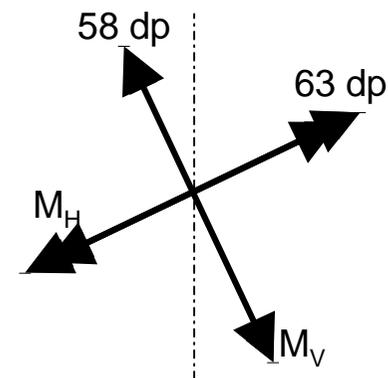
Les amétropies sphériques se caractérisent par une cornée sphérique, stigmat. Tous les méridiens de l'OR ont donc même puissance au repos (π_{\min}). Il en est ainsi de la cornée du **myope** ou **hypérope**, mais aussi du sujet normal, dit **emmétrope**.

L'astigmatisme se caractérise par une cornée asphérique : tous les méridiens de l'OR n'ont pas la même puissance au repos. Dans l'astigmatisme régulier, les π_{\min} extrêmes appartiennent à des méridiens orthogonaux : la cornée n'est plus sphérique mais torique.

L'OR est donc couramment représenté par (2 de) ses méridiens principaux



Un œil sphérique
emmétrope



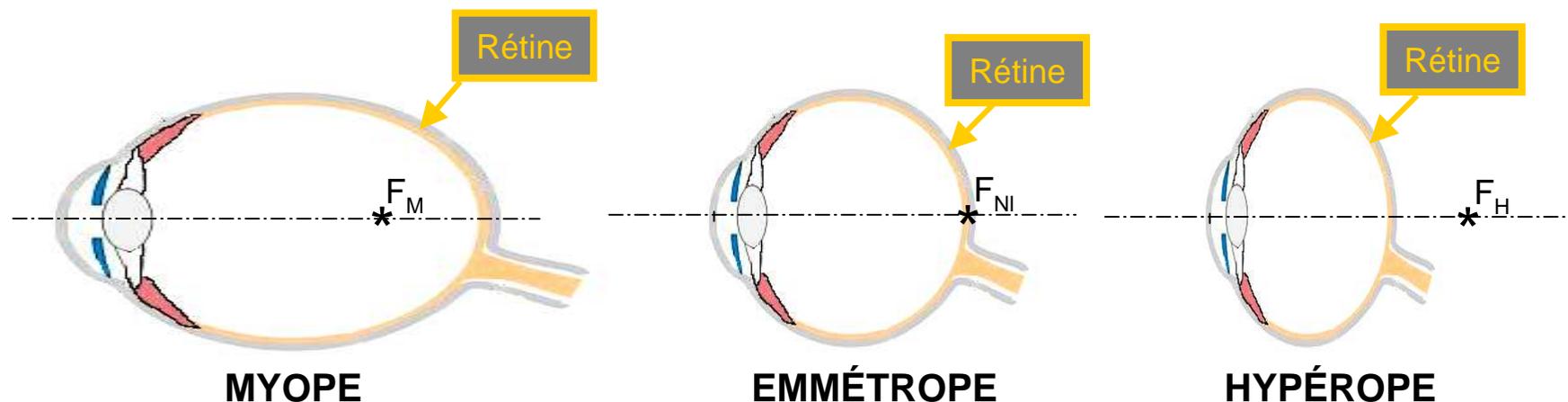
un astigmatisme régulier
complexe

Caractérisation des amétropies

Les 2 grandes causes d'amétropie

Il existe 2 grandes causes d'amétropie

- les amétropies dites de conformation sont dues à des anomalies des rayons de courbure de l'OR (cornée en général), trop petit chez le myope, trop grand chez l'hypérope, ce qui revient à un œil trop puissant (myope) ou pas assez (hypérope)
- les amétropies dites axiales, correspondant à un œil trop court (foyer image après la rétine, chez l'hypérope) ou à un œil trop long (foyer image avant la rétine, chez le myope)

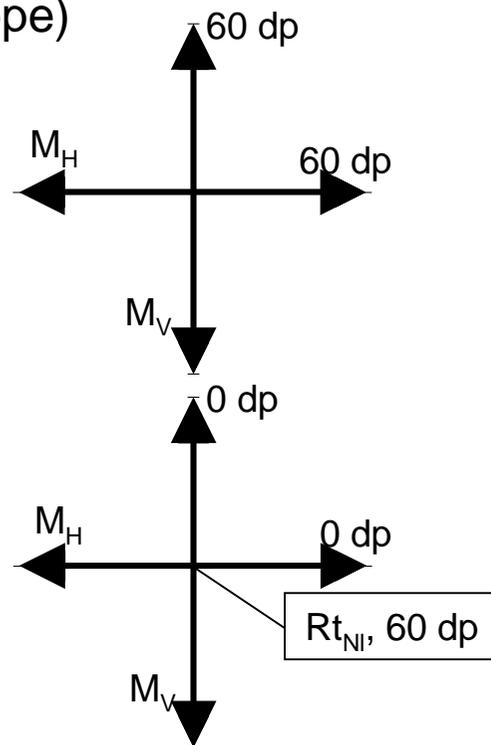


Dans ce qui suit, pour des raisons pratiques, nous ne considéreront que des amétropies de conformation en ramenant tout défaut à une anomalie de puissance

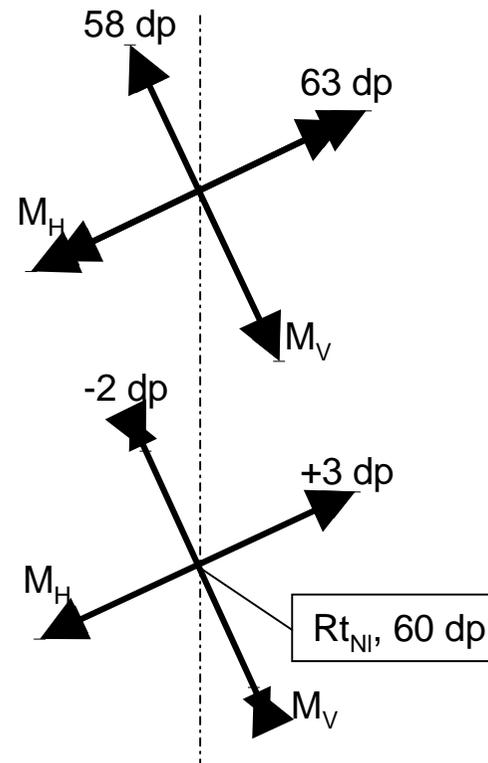
Caractérisation des amétropies

Anomalies de puissance "par rapport à la rétine" (Rt)

En fait, pour un OR moyen, $\pi_{\min} = 60 \pm 3.5$ dp ; cette puissance de repos est nécessaire pour que l'image du Pr se forme sur la rétine... on met à profit cette propriété pour schématiser la puissance relative des méridiens de l'OR par rapport à celle qu'il faudrait au repos pour former une image nette du Pr (sur la Rt, 60 dp pour un OR emmétrope)



Un œil sphérique
emmétrope

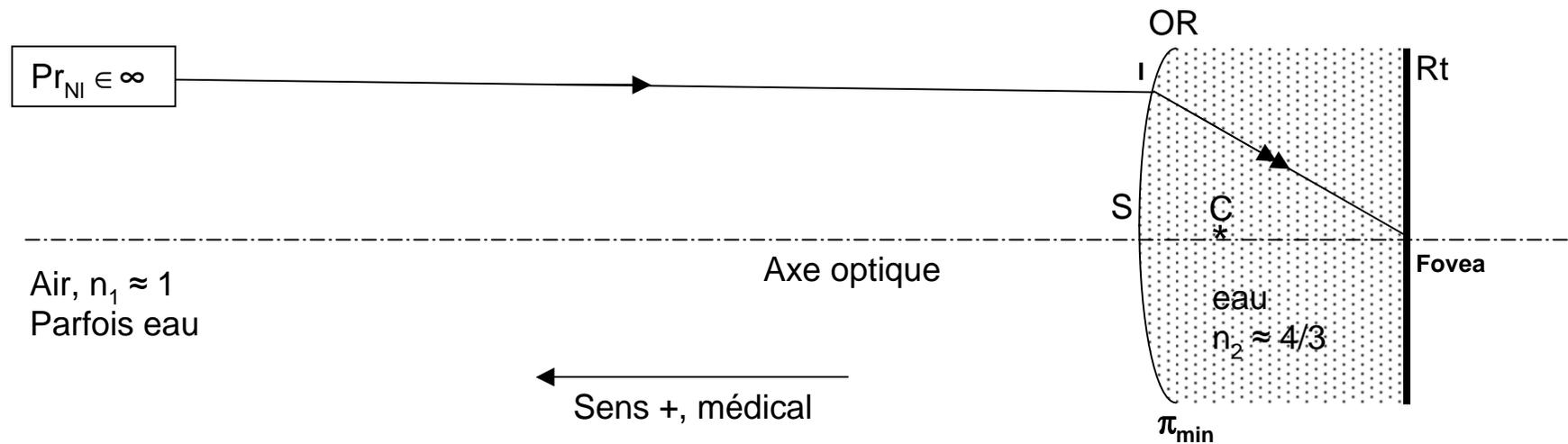


un astigmatisme régulier
complexe

Caractérisation des amétropies sphériques

Par la position du seul Pr (donc au repos, via la π_{\min})

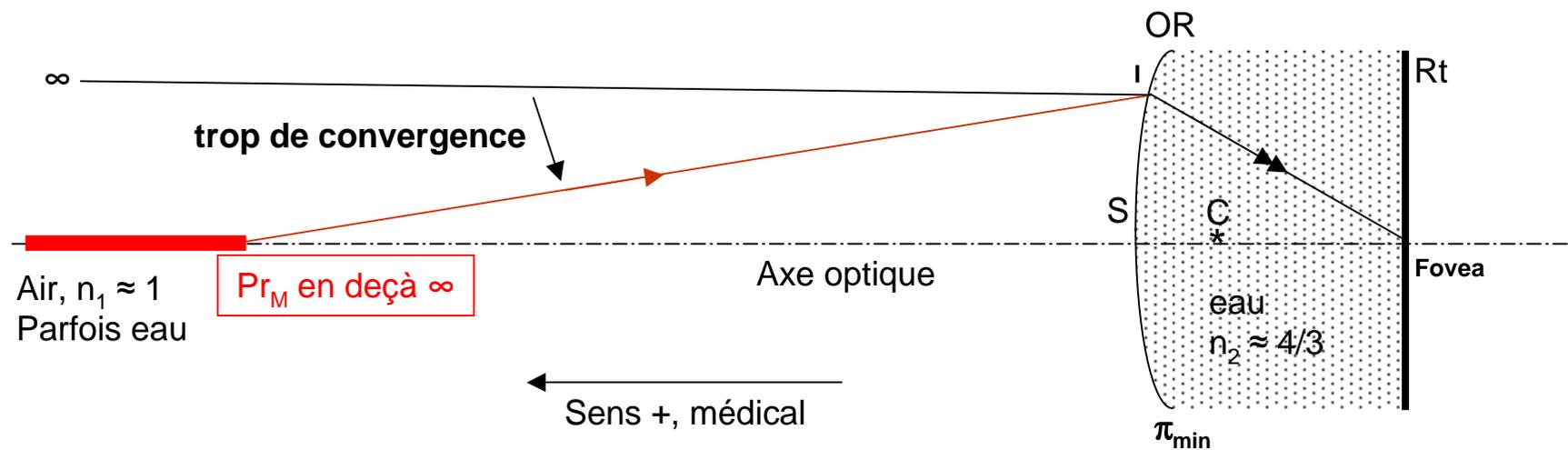
Œil normal ou **EMMÉTROPE**, le Pr_{NI} est à l'infini (loin de l'œil, au-delà de 5 m) et l'œil voit bien au loin : ça n'est pas une amétropie



Caractérisation des amétropies sphériques

par la position du seul Pr (donc au repos, via la π_{\min})

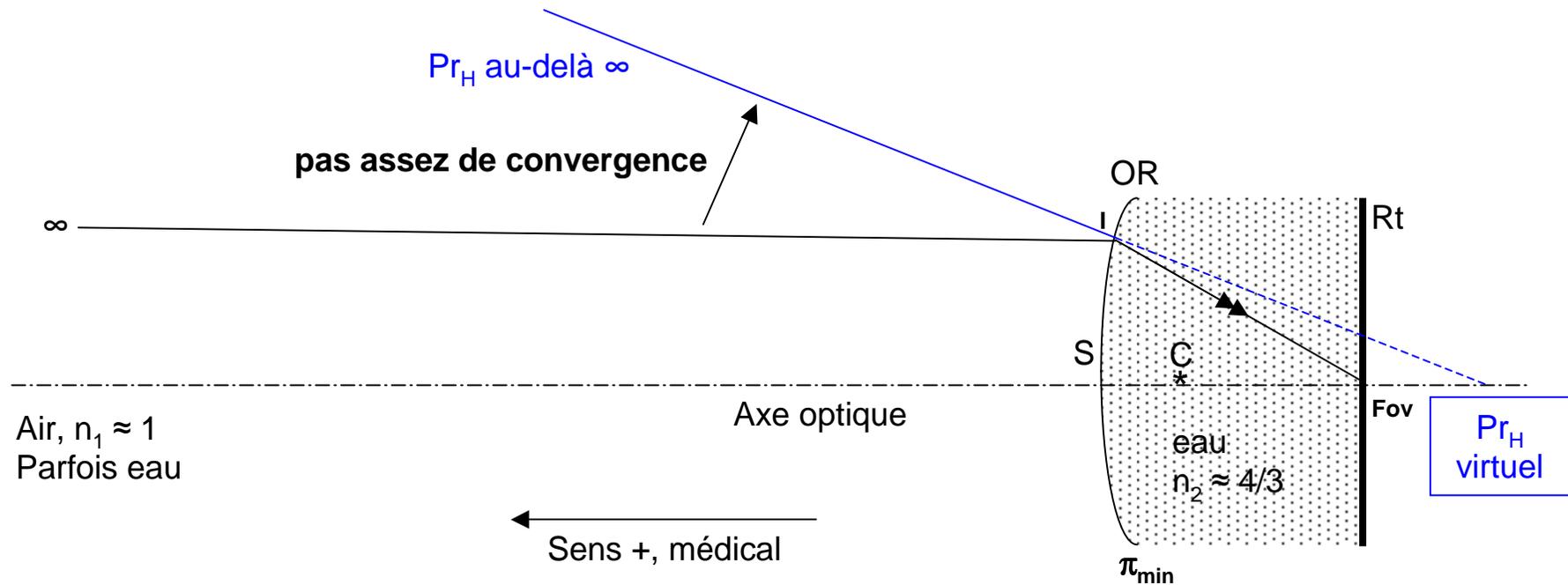
Œil **MYOPE**, le Pr_M est réel, entre l'œil et l'infini (près de l'œil, par ex. à 1 m) et l'œil ne voit pas (bien) au loin : **trop de convergence au repos**



Caractérisation des amétropies sphériques

par la position du seul Pr (donc au repos, via la π_{\min})

Œil **HYPÉR(MÉTR)OPE**, le Pr_H est virtuel, au-delà de l'infini ; l'œil peut (Hf) ou non (HF) voir au loin : **pas assez de convergence au repos**



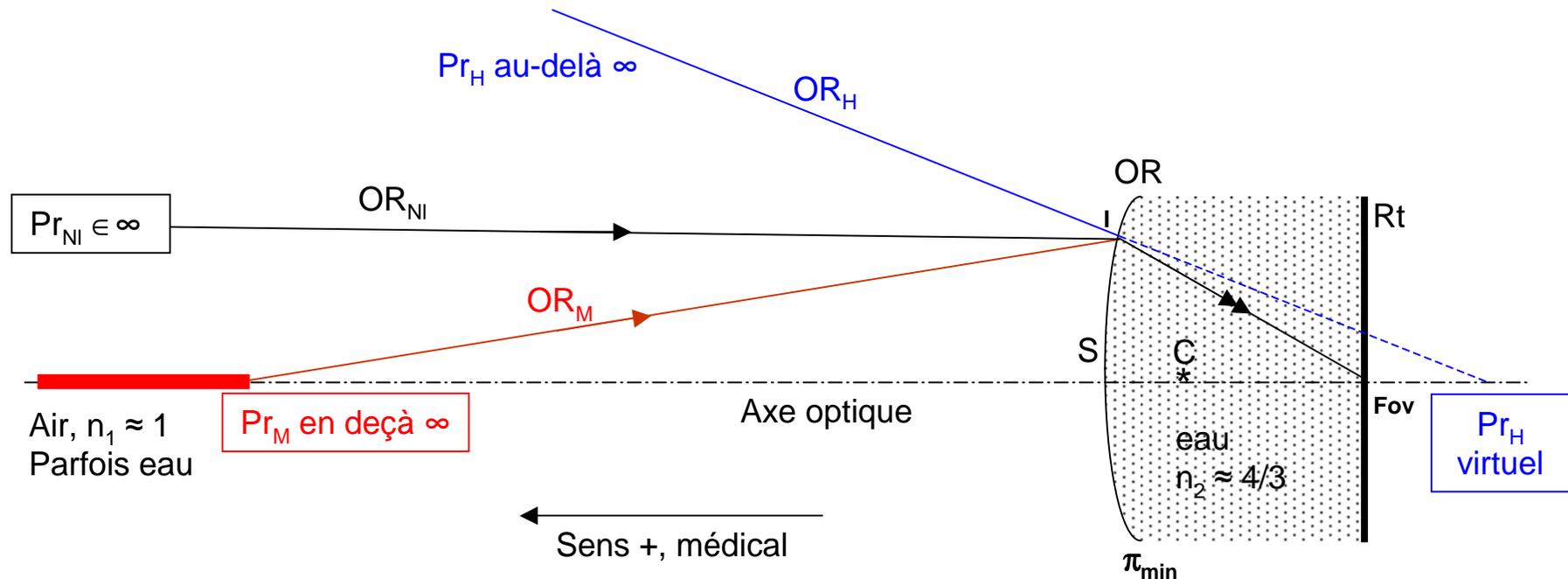
Caractérisation des amétropies sphériques

par la position du seul Pr (donc au repos, via la π_{\min})

Œil normal ou **EMMÉTROPE**, le Pr_{NI} est à l'infini (loin de l'œil, au-delà de 5 m) et l'œil voit bien au loin : ça n'est pas une amétropie

Œil **MYOPE**, le Pr_M est réel, entre l'œil et l'infini (près de l'œil, par ex. à 1 m) et l'œil ne voit pas (bien) au loin : **trop de convergence au repos**

Œil **HYPÉR(MÉTR)OPE**, le Pr_H est virtuel, au-delà de l'infini ; l'œil peut (Hf) ou non (HF) voir au loin : **pas assez de convergence au repos**



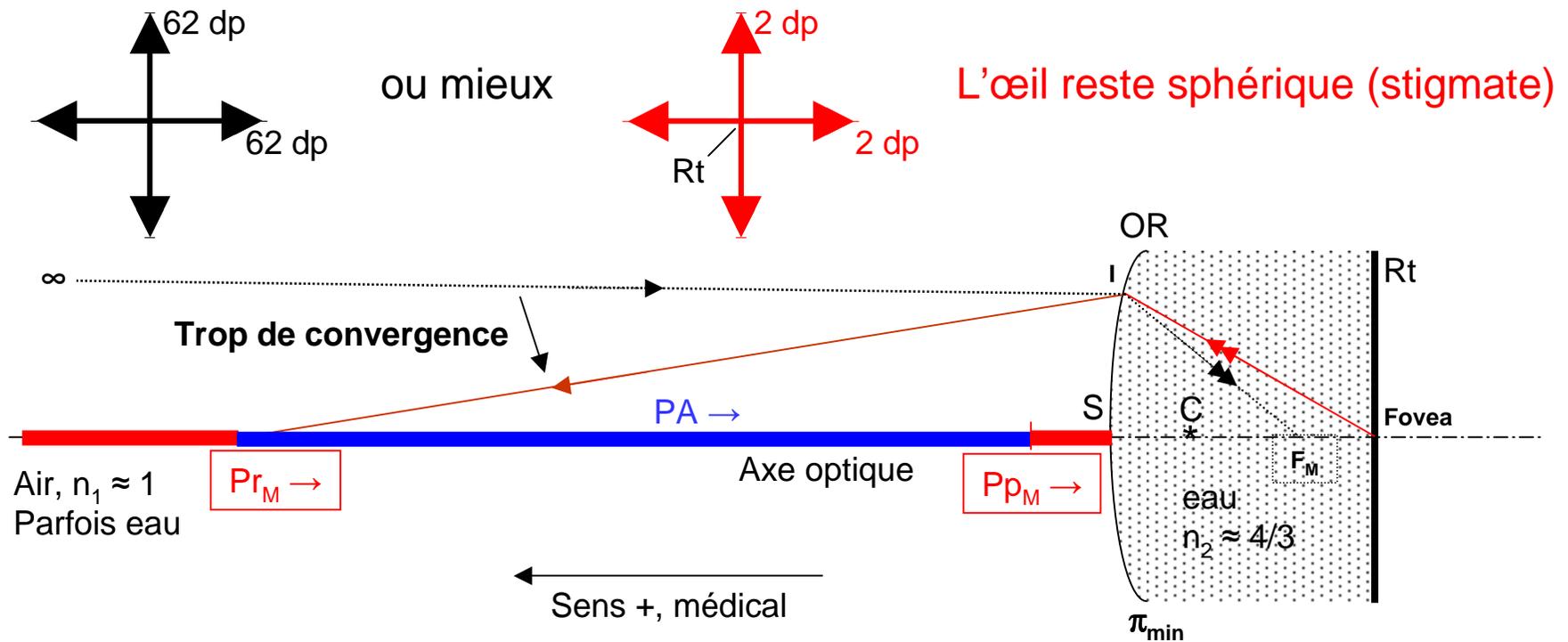
Remarque : dans tous les cas, la position du Pr renseigne sur le degré d'anomalie

L'œil MYOPE

Définition et corollaire

Dans l'œil **MYOPE**, le Pr_M est réel, situé entre l'œil et l'infini (près de l'œil, par ex. à 50 cm) et l'œil, qui ne voit pas (bien) au loin, semble **trop convergent au repos**

En conséquence, un faisceau issu de l'infini sera donc trop convergent dans l'œil, même au repos, et **le foyer image du Myope, F_M , est en avant de la rétine**



L'ensemble du PA est conservé mais rapproché de l'œil (Pp_M est très près de S)

L'œil MYOPE

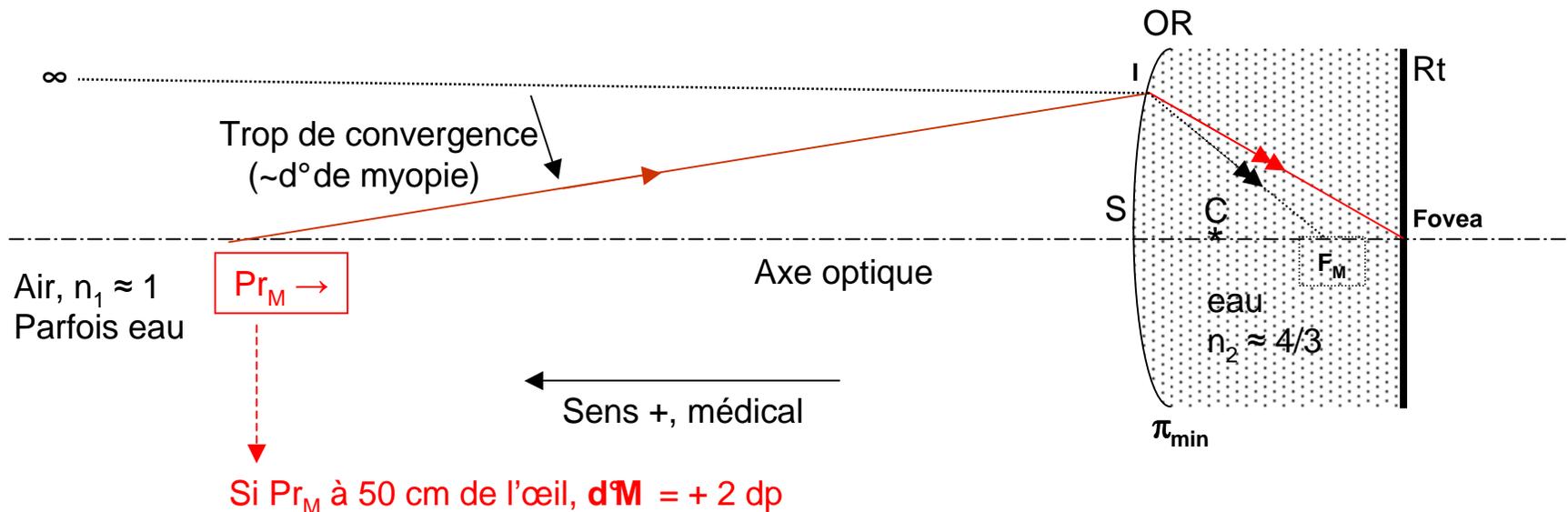
Relation de conjugaison et degré de myopie

Dans l'œil **MYOPE**, le Pr_M est réel, situé entre l'œil et l'infini (près de l'œil, par ex. à 50 cm) et l'œil, qui ne voit pas (bien) au loin, semble **trop convergent au repos**

Au repos ($\pi_{\min,M}$), $n_1/SPr_M > 0$ donc $-n_2/SRt = \pi_{\min,M} - n_1/SPr_M$
 Or, pour l'emmetrope, on avait $-n_2/SRt = \pi_{\min,NI}$

Le degré de myopie, ici l'excès de convergence (puissance) de l'œil myope au repos, est donc simplement mesuré par la vergence du Pr_M du myope :

$$dM = \pi_{\min,M} - \pi_{\min,NI} = n_1/SPr_M > 0$$

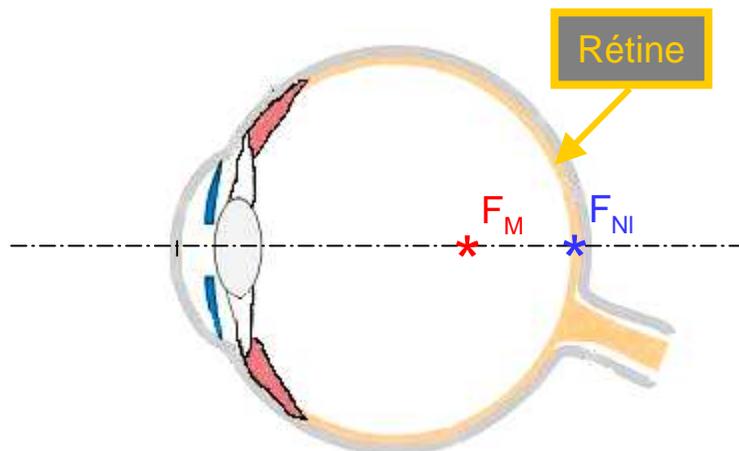


LES 2 CAUSES DE MYOPIE

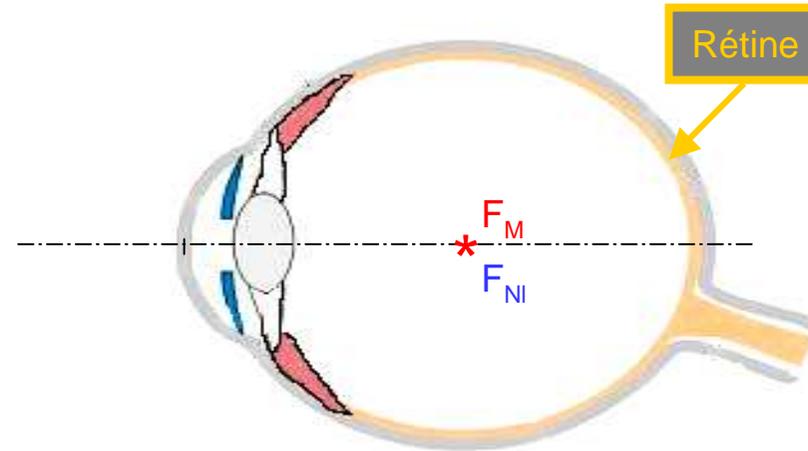
Myopie de conformation et myopie axile

Dans les myopies de conformation, le rayon de courbure de l'OR (cornée en général) est trop petit, ce qui revient à un œil trop puissant. Le foyer image F_M est donc situé en avant de la rétine, le foyer normal F_{NI} restant sur la rétine

Dans les myopies axiles, l'œil est trop long et le foyer image F_M , confondu avec le normal F_{NI} , est avant de la rétine



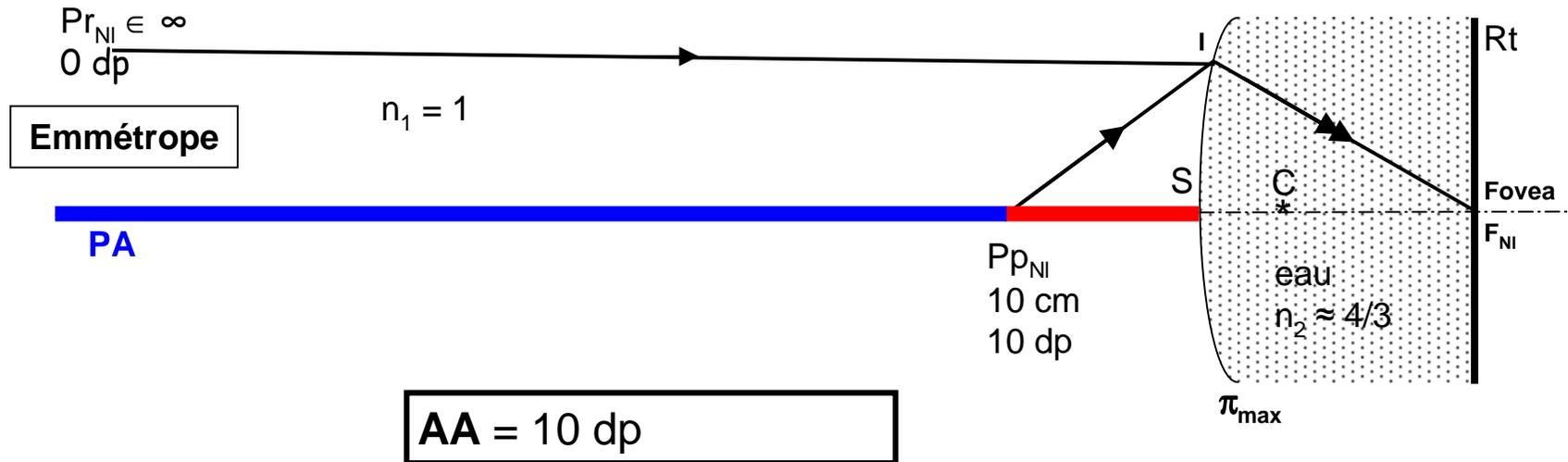
MYOPIE DE CONFORMATION



MYOPIE AXILE

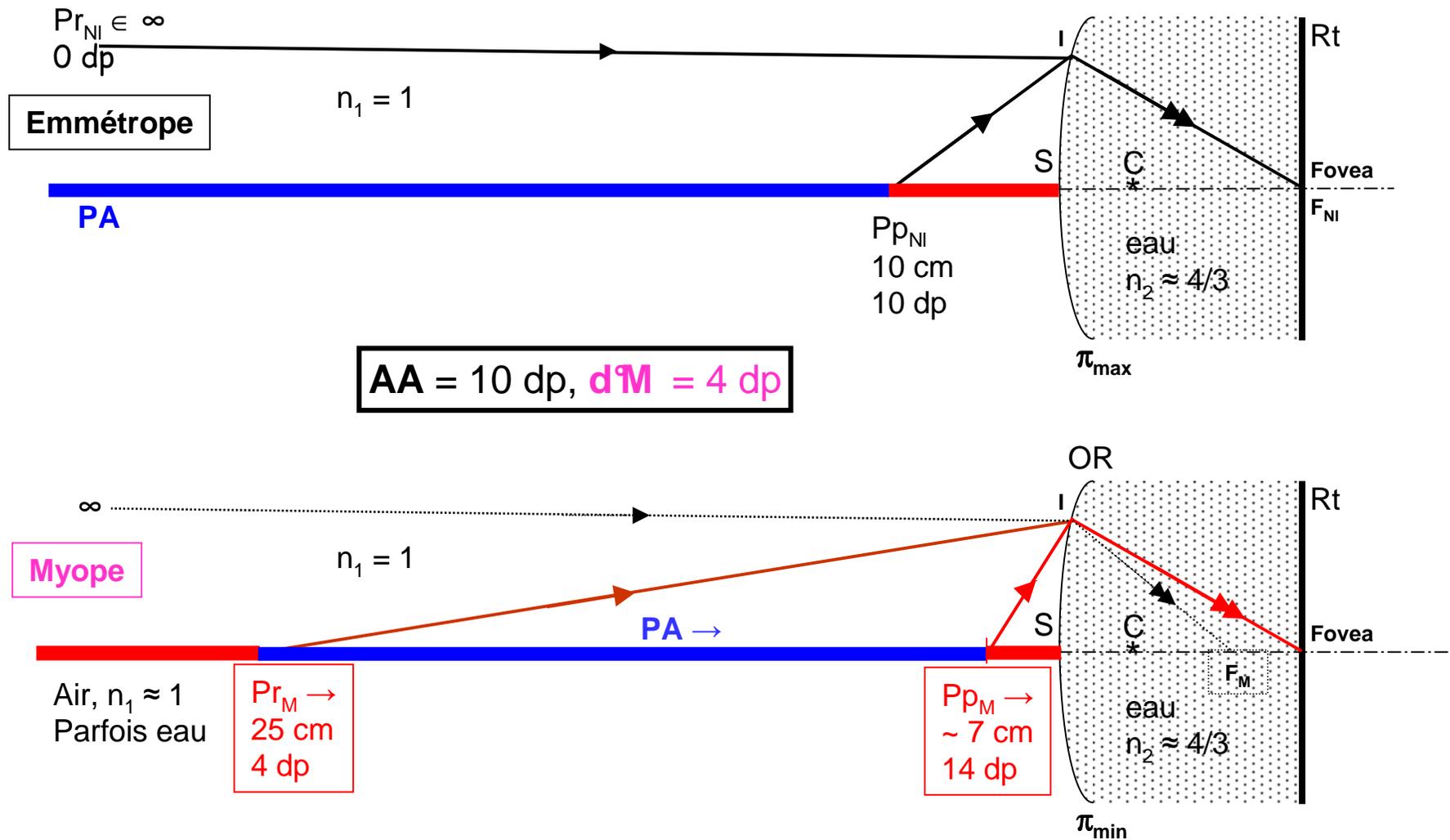
Un œil MYOPE de 4 dp % un EMMÉTROPE

Comparaison des PA au même âge (même AA de 10 dp)



Un œil MYOPE de 4 dp % un EMMÉTROPE

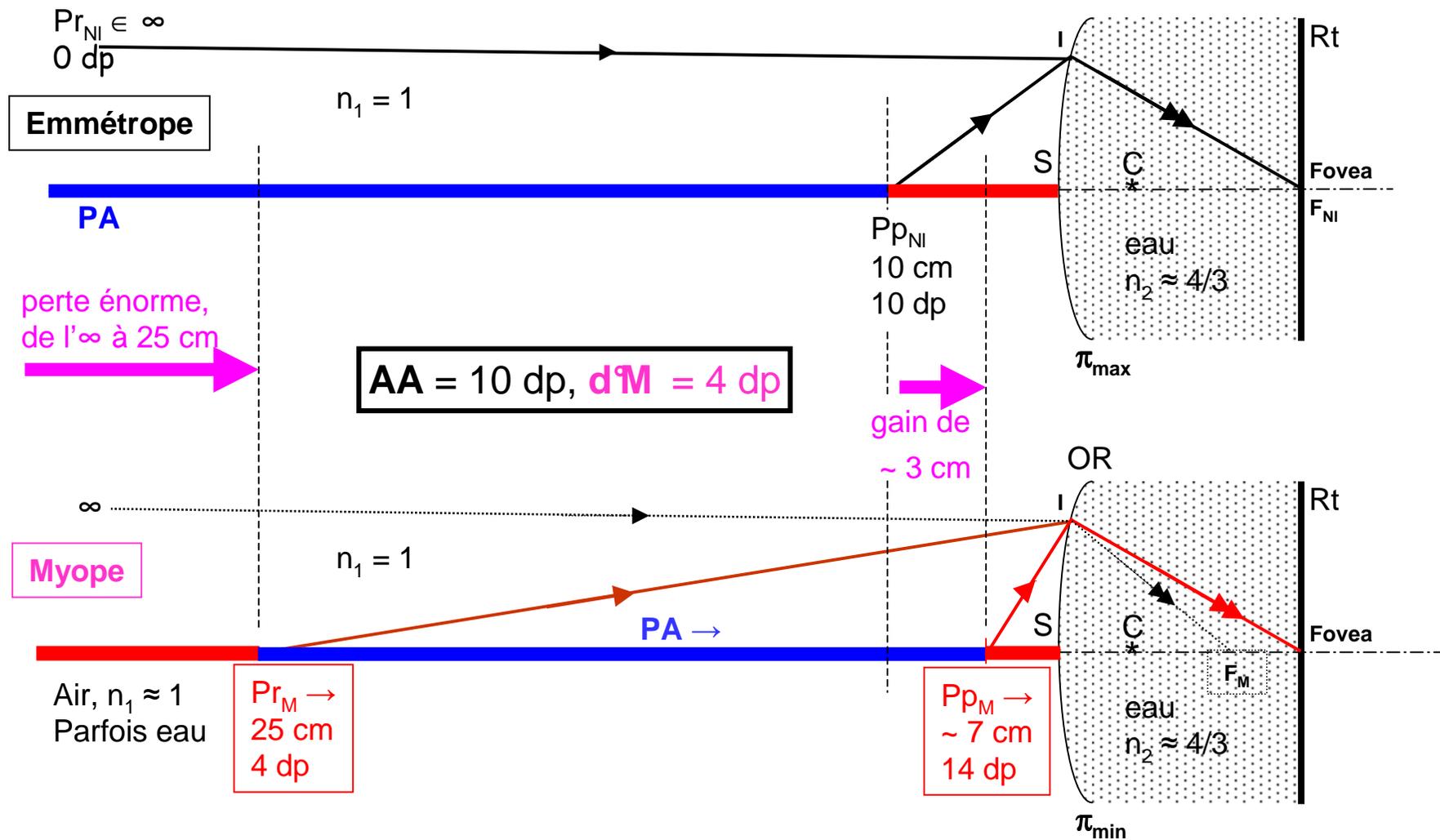
Comparaison des PA au même âge (même AA de 10 dp)



L'ensemble du PA est conservé mais rapproché de l'œil (Pp_M est très près de S)

Un œil MYOPE de 4 dp % un EMMÉTROPE

Comparaison des PA au même âge (même AA de 10 dp)



L'ensemble du PA est conservé mais rapproché de l'œil (Pp_M est très près de S)

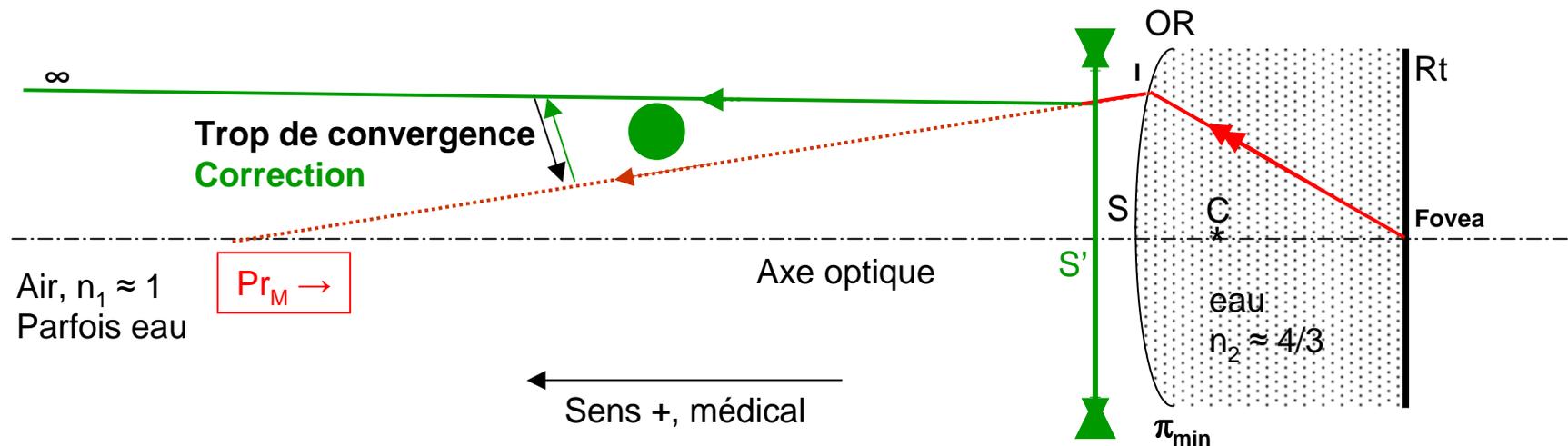
L'œil MYOPE

Une lentille divergente corrige de la myopie

L'œil **MYOPE** semblant **trop convergent au repos** et la myopie affectant la **totalité du PA**, la **lentille correctrice sera plein champ (vision de loin et de près), divergente, et de puissance égale et opposée au $d^{\circ}M$**

$$(1) \quad \pi_{CM} = - d^{\circ}M = - n_1 / SPr_M < 0$$

En effet, sur la base du principe de retour inverse de la lumière, un faisceau issu de la Rt semble se diriger, en sortant de l'œil, vers Pr_M mais, repris par la lentille correctrice, il est redirigé vers l'infini, c'ad le Pr_{NI} : **l'œil myope avec sa lentille correctrice est donc redevenu emmétrope**



L'œil MYOPE

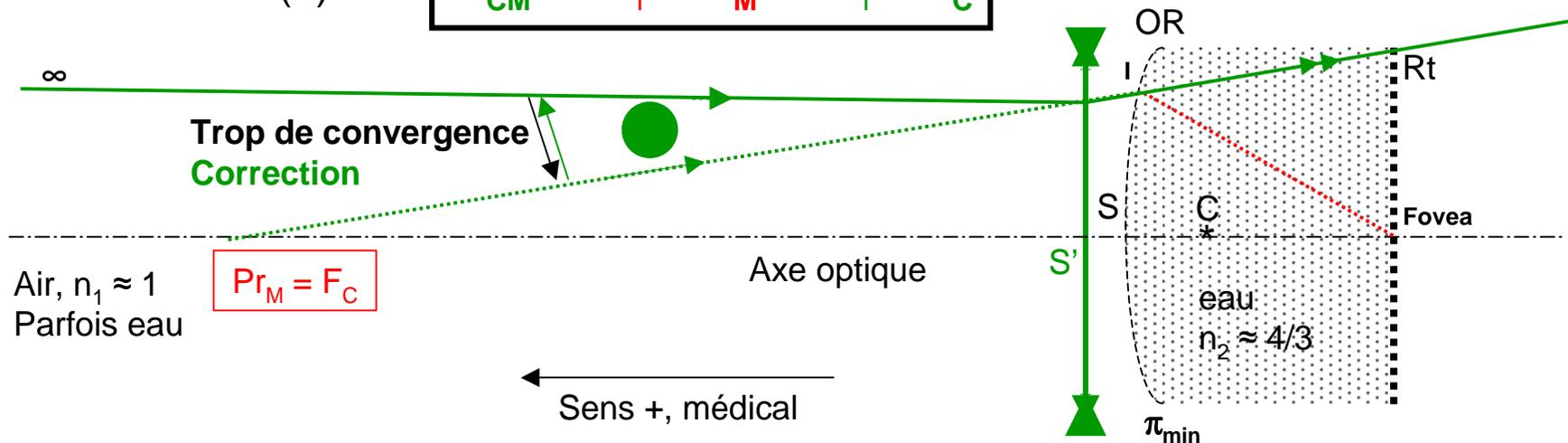
Pr et Foyer image de la lentille correctrice sont confondus

L'œil **MYOPE** semblant **trop convergent au repos** et la myopie affectant la **totalité du PA**, la **lentille correctrice sera plein champ (vision de loin et de près), divergente, et de puissance égale et opposée au d^oM**

$$(1) \quad \pi_{CM} = - d^oM = - n_1 / SPr_M < 0$$

Corollaire : si l'œil n'existait pas, un faisceau venant de l'infini sortirait de la lentille en divergent, semblant venir du Pr_M. **Pr_M est donc le foyer image (F_C) de la lentille correctrice et donc**

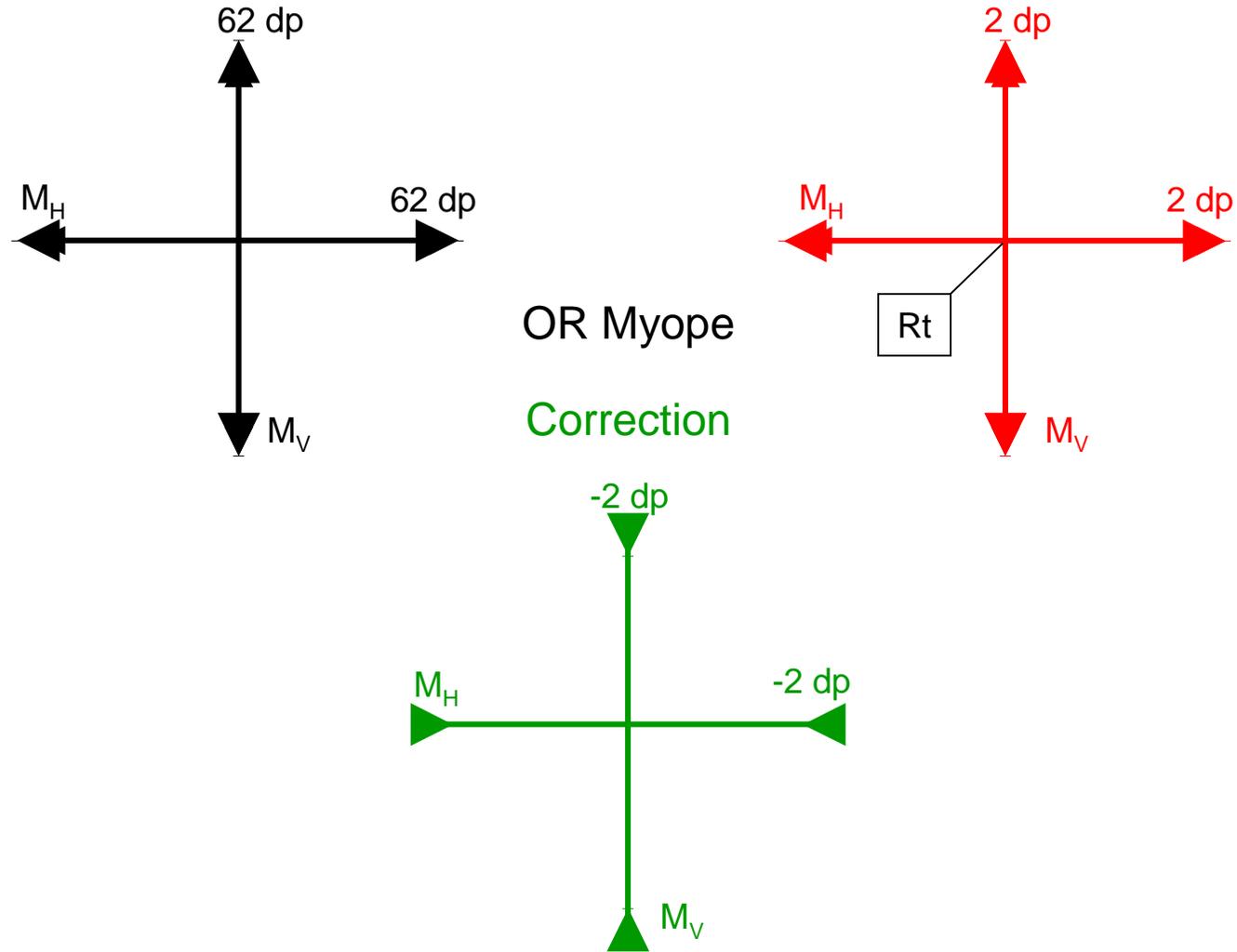
$$(2) \quad \pi_{CM} = - n_1 / SPr_M = - n_1 / S'F_C$$



Si SS' n'est pas nul (c'est le cas des lunettes), utiliser (2) plutôt que (1), sinon erreur

L'œil MYOPE

Résumé



MYOPIE ET PRESBYTIE

Le myope perd aussi son pouvoir d'accommodation avec l'âge

Comme tout sujet qui prend de l'âge, le myope finit par devenir presbyte

La vision de loin n'étant pas affectée par la presbytie, on a toujours...

...au repos ($\pi_{\min, M}$), $n_1/SPr_M = d^M$ car Pr_M est inchangé

Le Pp correspond à l'accommodation max (π_{\max}) et

... autrement dit

... alors que chez l'emmetrope, on avait

$$n_1/SPp_M = AA + n_1/SPr_M > AA$$

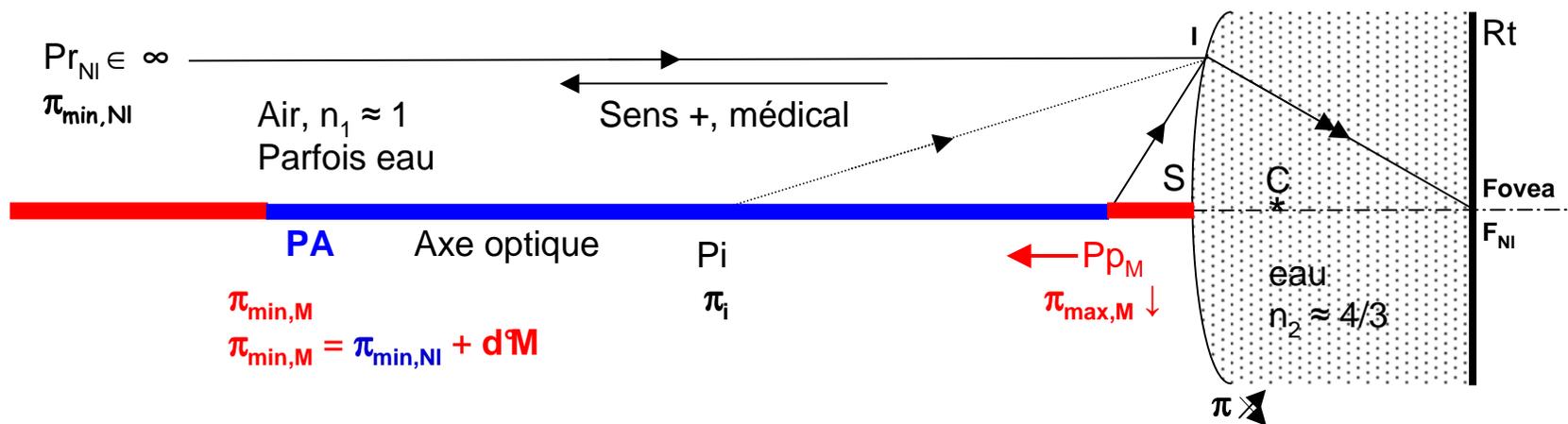
$$n_1/SPp_M = AA + d^M > AA$$

$$n_1/SPp_{NI} = AA$$

En outre,

$$d^M = \pi_{\min, M} - \pi_{\min, NI} > 0 \Leftrightarrow$$

$$\pi_{\min, M} = \pi_{\min, NI} + d^M > \pi_{\min, NI}$$



La position du Pp_M est plus près de l'œil que si simplement donnée par **AA**

MYOPIE ET PRESBYTIE

La presbytie ne corrige pas la myopie

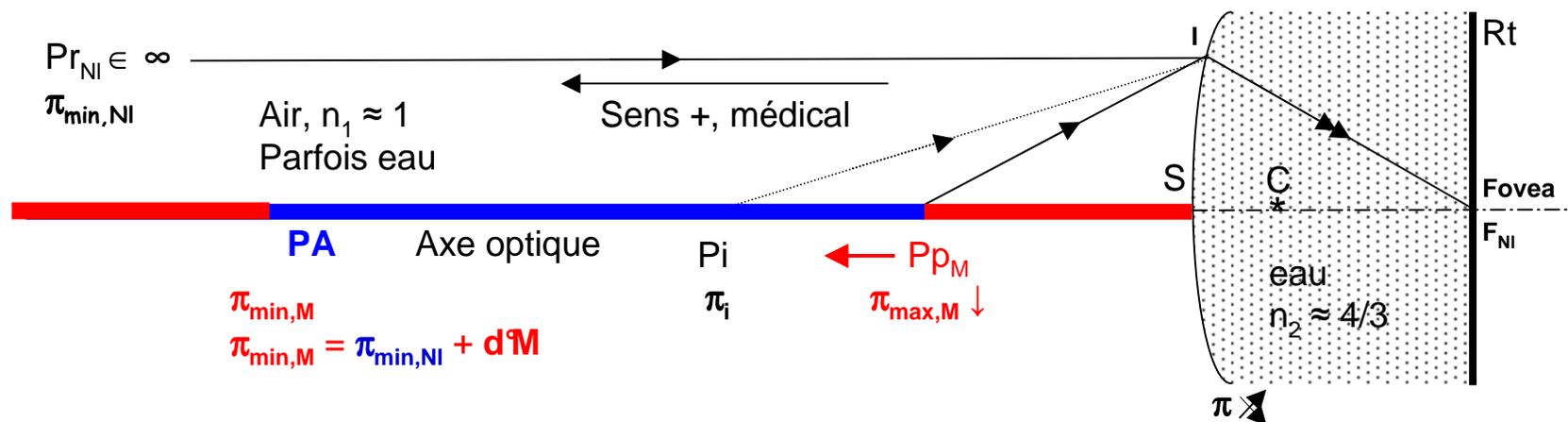
Dès que $AA < 4dp$, le sujet doit être corrigé de sa presbytie en plus de sa myopie

Lorsque AA diminue, SPp_M augmente et le Pp_M s'éloigne de l'œil, ce qui pourrait laisser croire au myope que l'âge corrige sa myopie...

...Il n'en est rien, bien au contraire car en fait son PA diminue très fortement !!

Ainsi, par ex., pour une **myopie de 4 dp** et une **presbytie de -3 dp**, l' AA restante n'est plus que de 1 dp.

Un simple calcul donne le Pr_M à 4 dp, soient 25 cm de l'œil, et le Pp_M à 1 dp de plus, soient à 20 cm de l'œil, ce qui laisse un **PA extrêmement réduit, de 5 cm seulement**

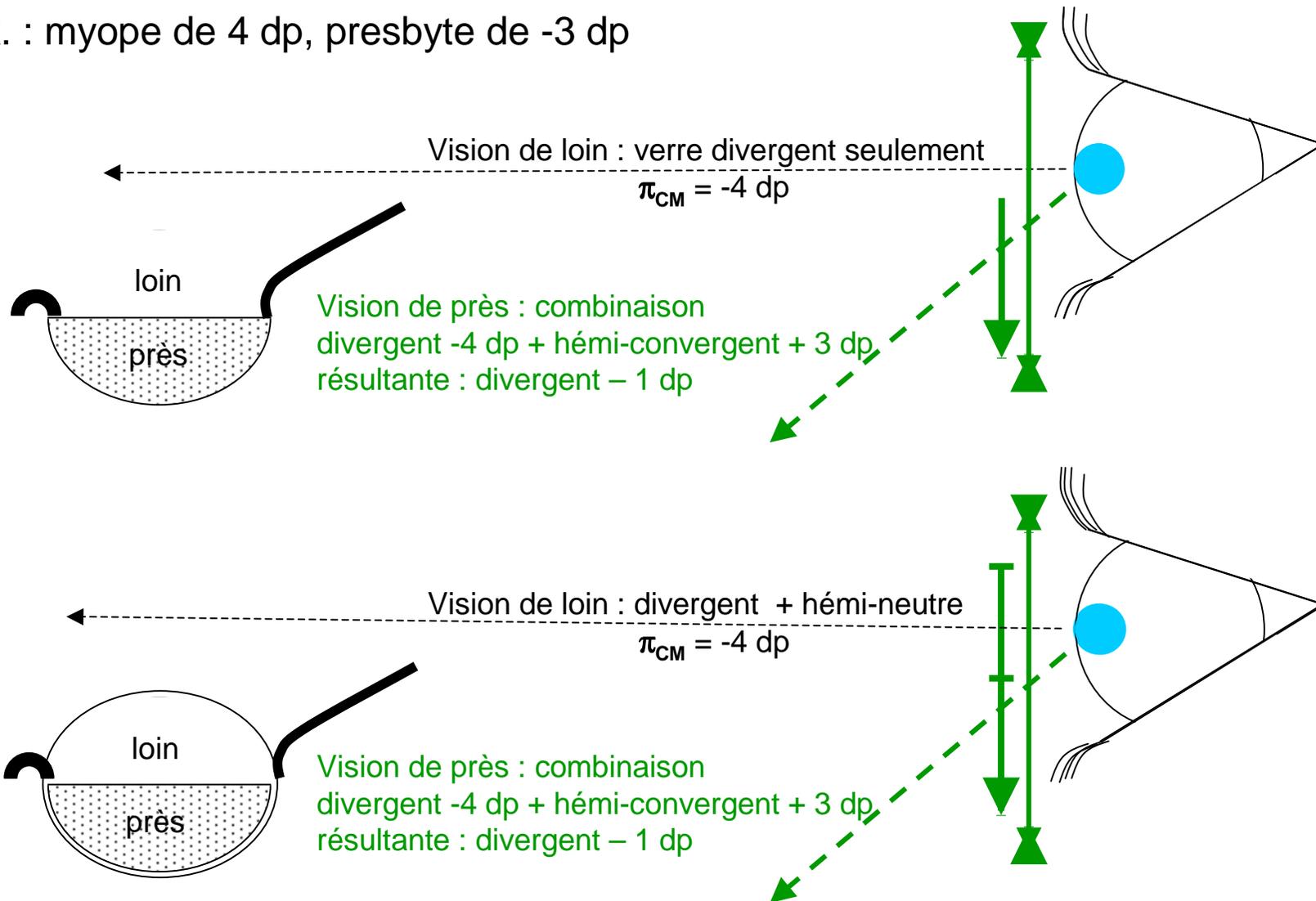


En pratique, correction de la presbytie et de la myopie se surajoutent algébriquement

MYOPIE ET PRESBYTIE

Correction d'un myope presbyte : verres bifocaux ou progressifs

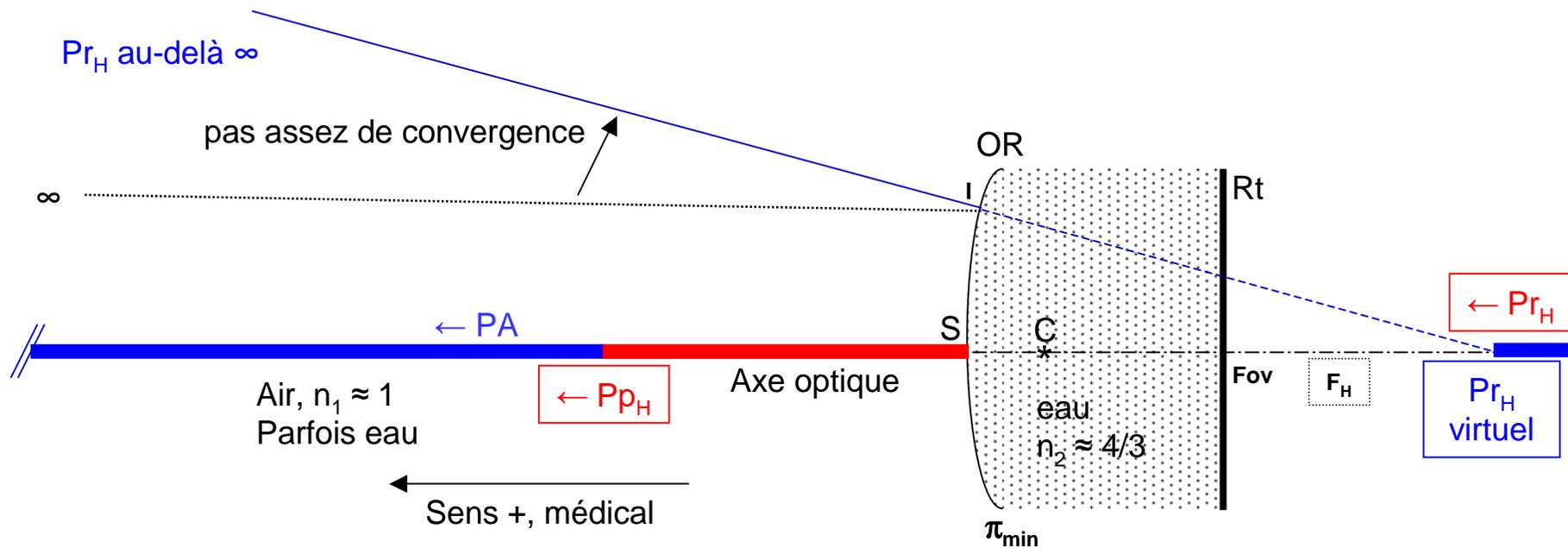
Ex. : myope de 4 dp, presbyte de -3 dp



L'œil HYPÉROPE

Définition et corollaire

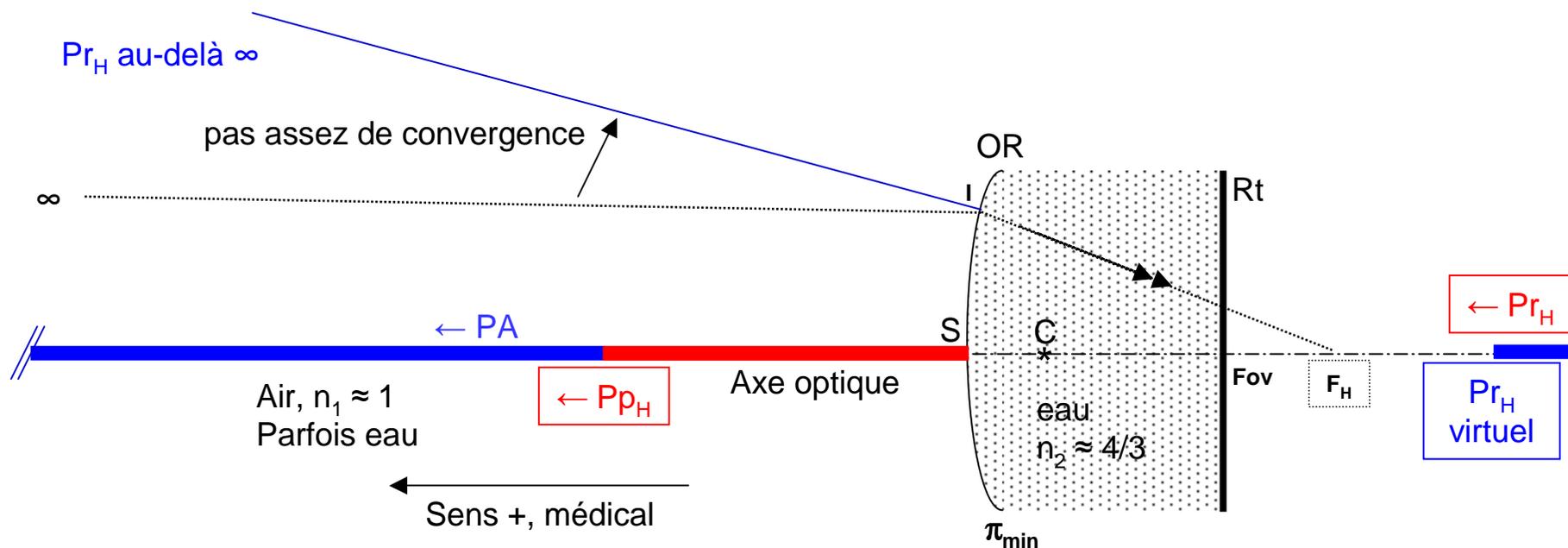
Dans l'œil **HYPÉROPE**, le Pr_H est virtuel, situé au-delà de l'infini (en fait, en arrière de la rétine) et l'œil, qui ne voit que très mal de près, semble **trop peu convergent au repos**.



L'œil HYPÉROPE

Définition et corollaire

Dans l'œil **HYPÉROPE**, le Pr_H est virtuel, situé au-delà de l'infini (en fait, en arrière de la rétine) et l'œil, qui ne voit que très mal de près, semble **trop peu convergent au repos**. Le foyer image de l'Hypérope, F_H , est donc situé en arrière de la rétine (ne pas le confondre avec le Pr , virtuel).



L'œil HYPÉROPE

Relation de conjugaison et degré d'hypéropie

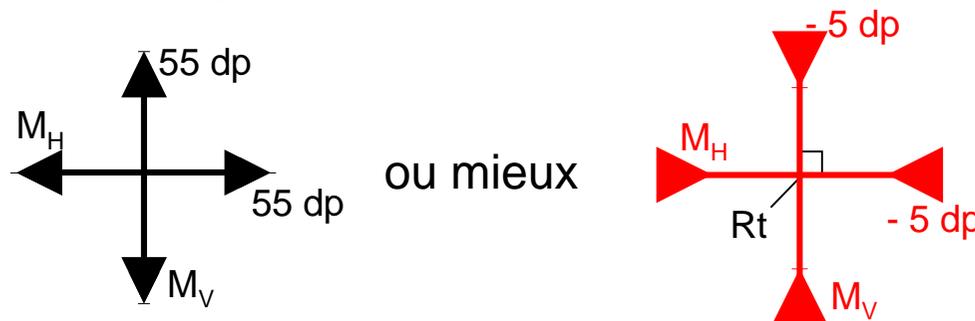
Si l'on considère une hypermétropie de conformation, $\pi_{\min,H} < \pi_{\min,NI}$ et
 au repos ($\pi_{\min,H}$), $n_1/\mathbf{SPr}_H < 0$ donc $-n_2/\mathbf{SRt} = \pi_{\min,H} - n_1/\mathbf{SPr}_H$
 Or, pour l'emmétrope, on avait $-n_2/\mathbf{SRt} = \pi_{\min,NI}$

Le degré d'hypéropie, le défaut de convergence (puissance) de l'œil hypérope au repos, est donc simplement mesuré par la vergence du Pr_H de l'hypérope :

$$\mathbf{d}^H = \pi_{\min,H} - \pi_{\min,NI} = n_1/\mathbf{SPr}_H < 0$$

Par exemple, un sujet dont le \mathbf{d}^H est de -5 dp et dont l' \mathbf{AA} est de 7 dp est un **hypérope faible**, qui s'auto-compense en permanence, ce qui génère de la fatigue oculaire (asthénopie accommodative) le soir.

L'œil reste sphérique (stigmaté) et on le représentera donc par 2 méridiens principaux de même puissance



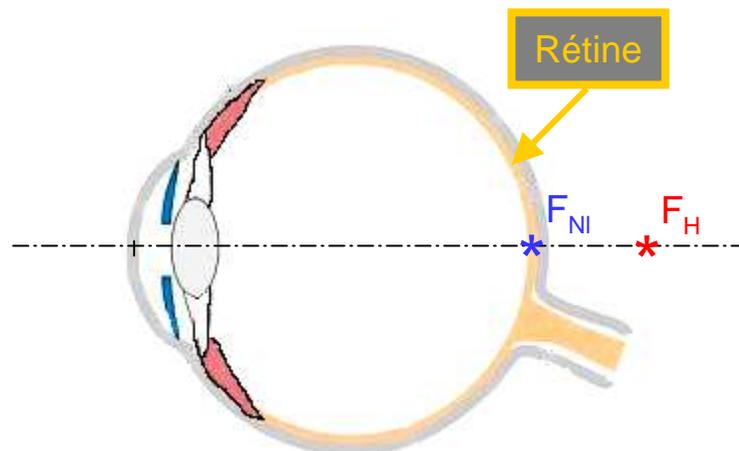
$\mathbf{d}^H = -5$ dp et $\mathbf{AA} = 7$ dp
 $\mathbf{SPr}_H = -20$ cm (Pr_H virtuel)
 $\mathbf{SPp}_H = \mathbf{SPr}_H + 7 = 2$ dp
 Pp_H à 50 cm en avant de l'œil
 L'hypérope lit de loin, à bout de bras

LES 2 CAUSES D'HYPERMÉTROPIE

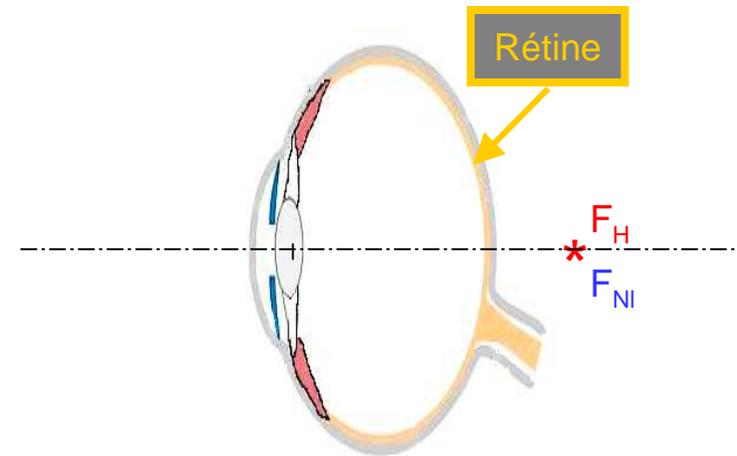
Hypéropie de conformation et hypéropie axile

Dans les hypéropies de conformation, le rayon de courbure de l'OR (cornée en général) est trop grand, ce qui revient à un œil trop peu puissant. Le foyer image F_H est donc situé en arrière de la rétine, le foyer normal F_{NI} restant sur la rétine

Dans les hypéropies axiles, l'œil est trop court et le foyer image F_H , confondu avec le normal F_{NI} , est après de la rétine



HYPÉROPIE DE CONFORMATION



HYPÉROPIE AXILE

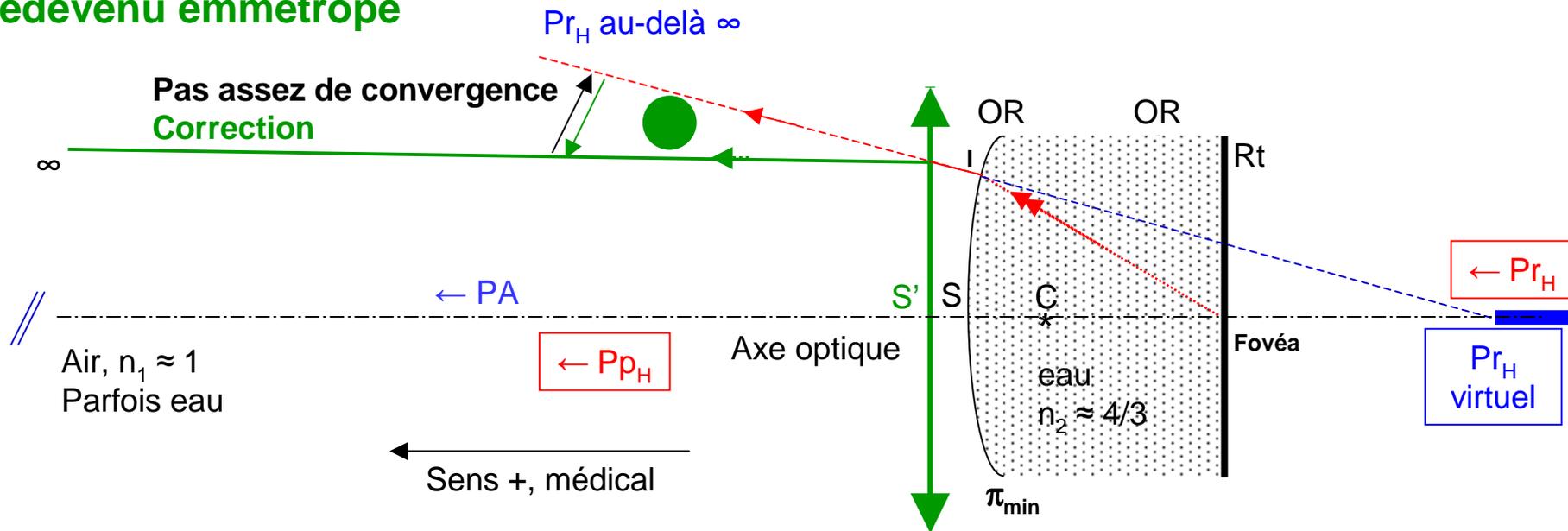
L'œil HYPERMÉTROPE

Une lentille convergente corrige de l'hypéropie

L'œil **HYPÉROPE** semblant **trop peu convergent au repos** et l'hypéropie affectant **la totalité du PA**, la **lentille correctrice sera plein champ (vision de loin et de près), convergente**, et de puissance égale et opposée au **d'H**

$$(1) \quad \pi_{CH} = - d'H = - n_1 / SPr_H > 0$$

En effet, sur la base du principe de retour inverse de la lumière, un faisceau issu de la Rt semble venir, en sortant de l'œil, du Pr_H mais, repris par la lentille correctrice, il est redirigé vers l'infini, vers le Pr_{NI} : **l'œil hypérope, avec sa lentille correctrice, est redevenu emmétrope**



L'œil HYPERMÉTROPE

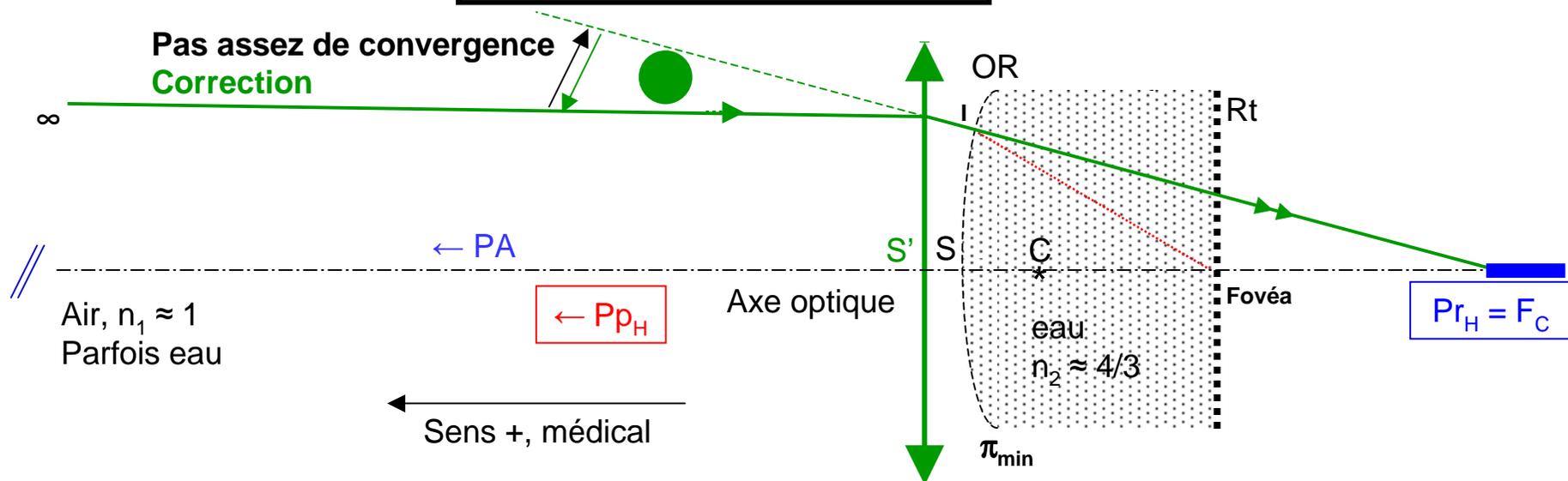
Une lentille convergente corrige de l'hypéropie

L'œil **HYPÉROPE** semblant **trop peu convergent au repos** et l'hypéropie affectant **la totalité du PA**, la **lentille correctrice sera plein champ (vision de loin et de près), convergente**, et de puissance égale et opposée au **d'H**

$$(1) \quad \pi_{CH} = - d'H = - n_1 / SPr_H > 0$$

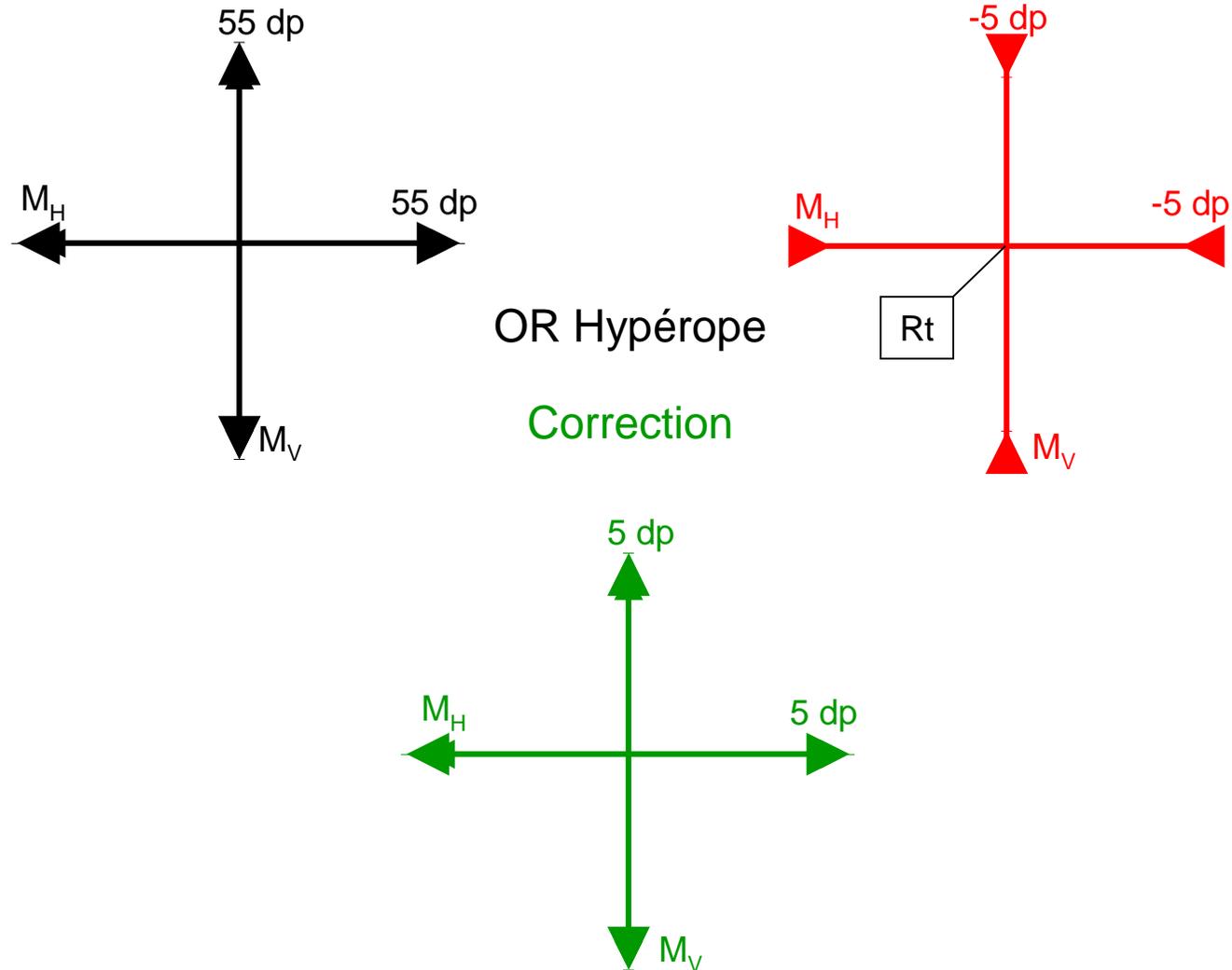
Corollaire : si l'œil n'existait pas, un faisceau venant de l'infini sortirait de la lentille en convergent, semblant aller vers Pr_H . **Pr_H est donc le foyer image (F_C) de la lentille correctrice et donc**

$$(2) \quad \pi_{CH} = - n_1 / SPr_H = - n_1 / S'F_C$$



L'œil HYPÉROPE

Résumé



HYPÉROPIE ET PRESBYTIE

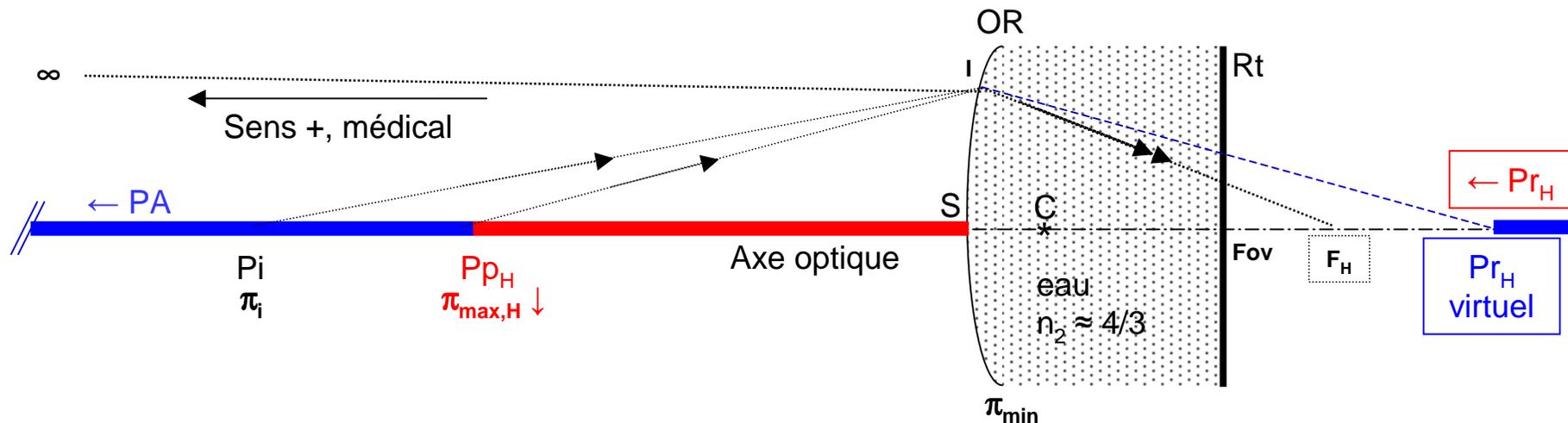
Un hyperope faible peut devenir hyperope fort avant d'être presbyte

Dès que $AA < 4dp$, le sujet doit être corrigé de sa presbytie en plus de son hyperopie

Lorsque AA diminue, SPp_H augmente et le Pp_H s'éloigne encore plus de l'œil, ce qui aggrave encore la vision de près d'un hypermétrope non corrigé...

...Son Pp_H ne cessant de s'éloigner de son œil, **un Hf**, dont le AA était $>$ à son d^H , **peut devenir HF sans encore être presbyte**, par ex pour un d^H de 7 dp et une AA qui passe de 10 dp à 30 ans à 6 dp à 40 ans

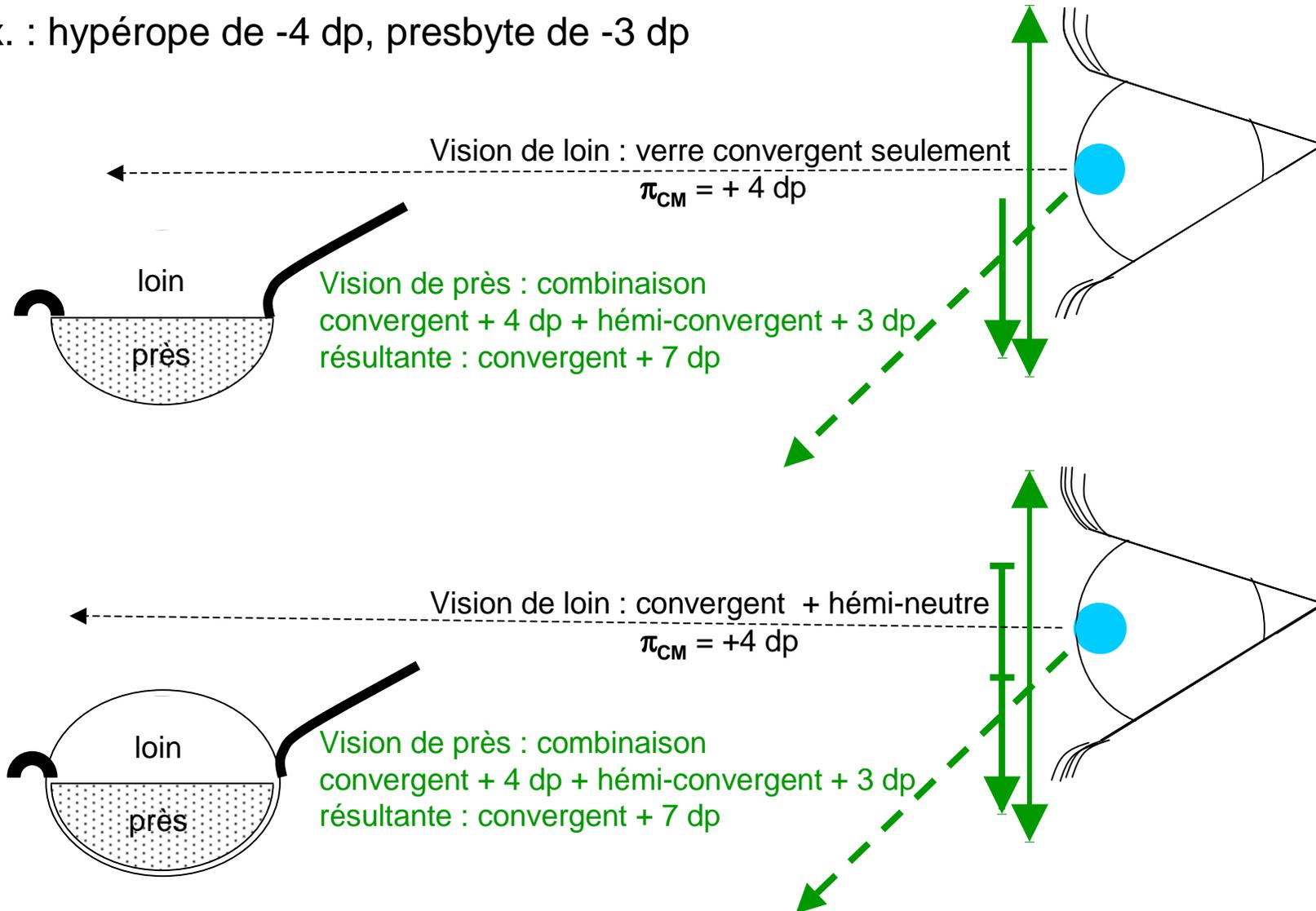
En pratique, correction de la presbytie et de l'hyperopie se surajoutent algébriquement



HYPÉROPIE ET PRESBYTIE

Correction d'un hypérope presbyte : verres bifocaux ou progressifs

Ex. : hypérope de -4 dp, presbyte de -3 dp



CARACTÉRISATION des ASTIGMATISMES

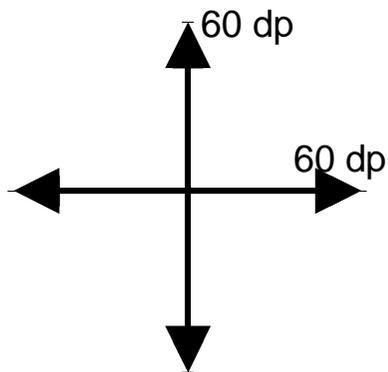
Anomalies **non sphériques** de la vision par **trouble de la réfraction**

L'**astigmatisme** se caractérise par une cornée asphérique : tous les méridiens de l'OR n'ont pas la même puissance au repos.

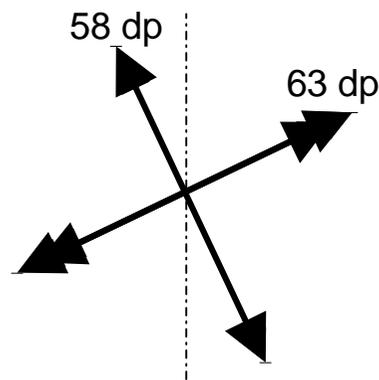
L'**astigmatisme irrégulier**, kératome ou traumatisme (coup d'ongle maladroit qui a arraché un bout de cornée) ne peut être pris en charge que chirurgicalement

Dans l'**astigmatisme régulier**, les π_{\min} extrêmes appartiennent à des méridiens orthogonaux : **la cornée n'est plus sphérique mais torique**, et un **traitement optique est possible grâce à des verres toriques**. Nous nous limiterons donc à ce cas.

L'OR d'un astigmatisme régulier est couramment représenté par (2 de) ses méridiens principaux

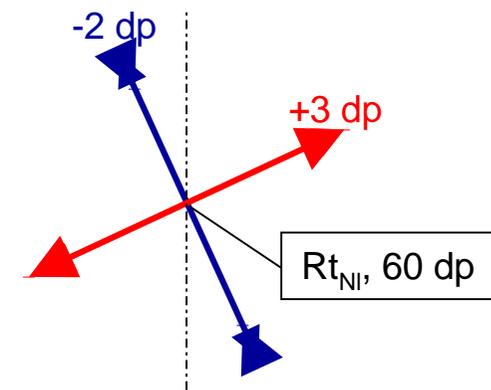


Un œil sphérique
emmétrope



un astigmatisme régulier
complexe, en absolu

ou

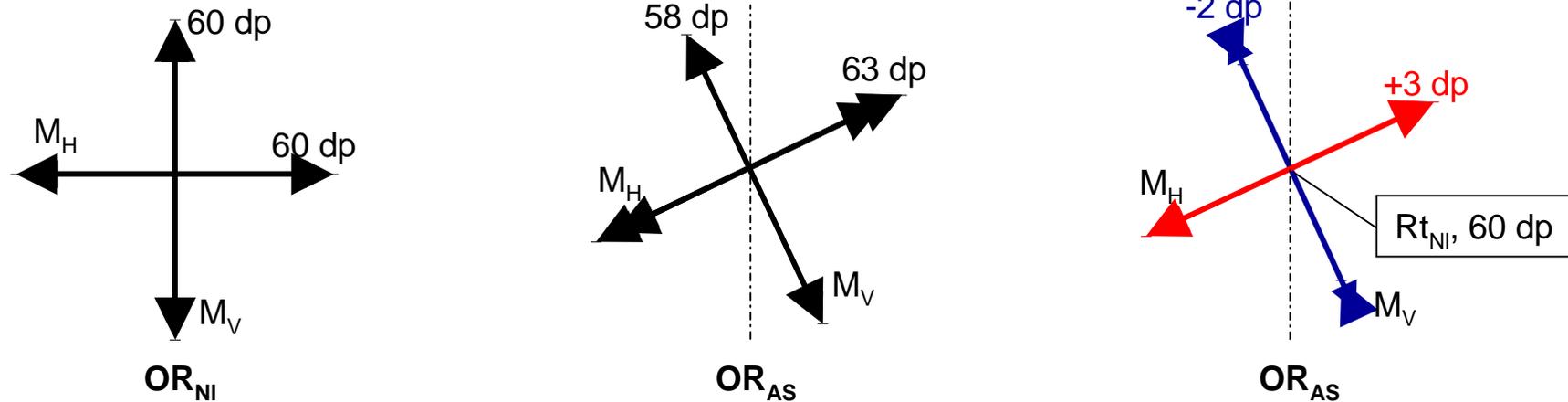


le même par
rapport à la Rt

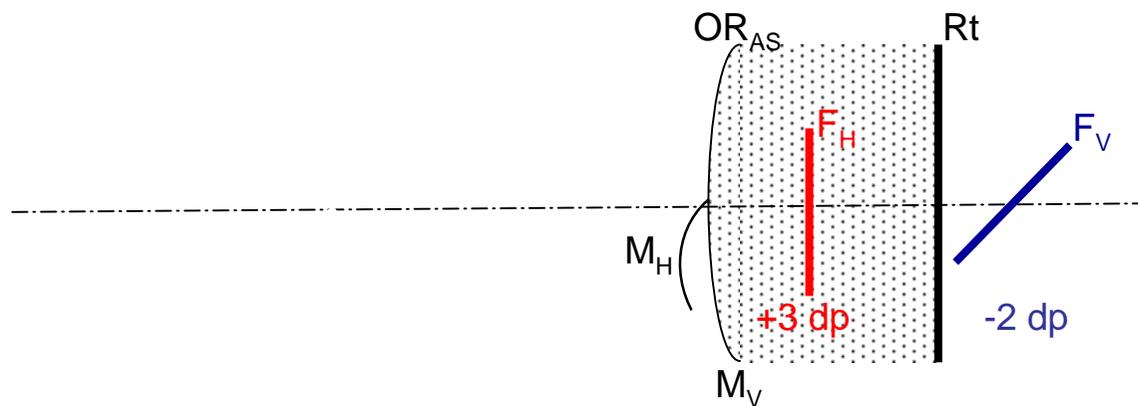
CARACTÉRISATION d'un ASTIGMATISME

Correspondance OR_{AS} - Méridiens

Représentation méridienne d'un astigmatisme



Représentation du même astigmatisme dans l' OR_{AS}



Caractérisation du dioptré torique

Une lentille torique génère 2 focales orthogonales

Un tore est un dioptré dont les 2 méridiens principaux sont orthogonaux (bouée).
On rappelle leur notation, M_H et M_V , respectivement affectés de π_H et π_V

M_H est le méridien horizontal, de puissance π_H

La focale qu'il génère se nomme F_H , elle est verticale, donc orthogonale à M_H
Elle est située à la distance SF_H du dioptré, déterminée par π_H
Sa taille est déterminée par la vergence π_V du méridien orthogonal M_V

M_V est le méridien vertical, de puissance π_V

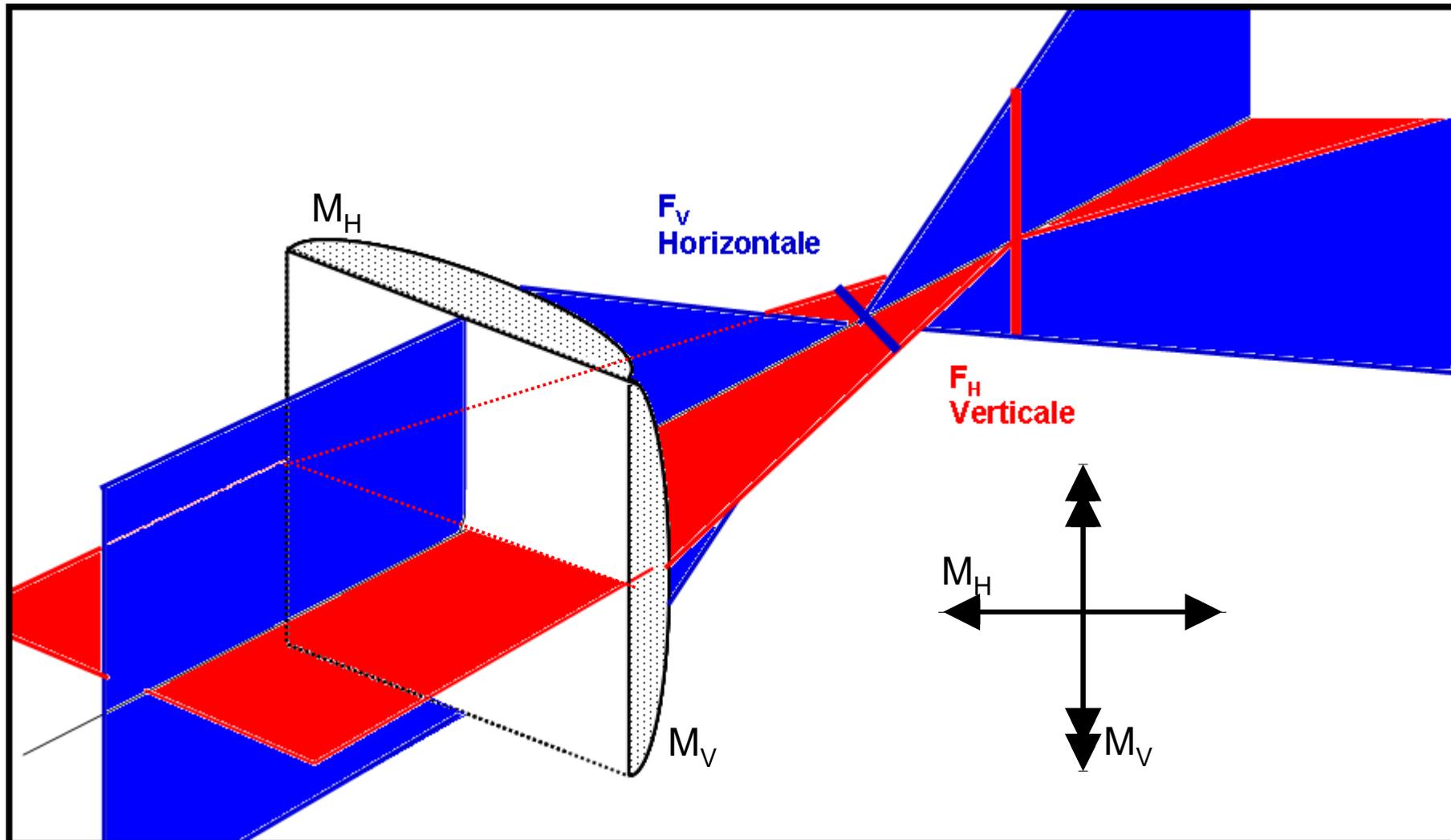
La focale qu'il génère se nomme F_V , elle est horizontale, orthogonale à M_V
Elle est située à la distance SF_V du dioptré, déterminée par π_V
Sa taille est déterminée par la vergence π_H du méridien orthogonal M_H

L'existence de ces deux focales sur un œil torique fait que toutes les images (réтиниennes) seront (vues) floues : l'œil (non corrigé) est astigmaté

Dioptre torique et Astigmatisme

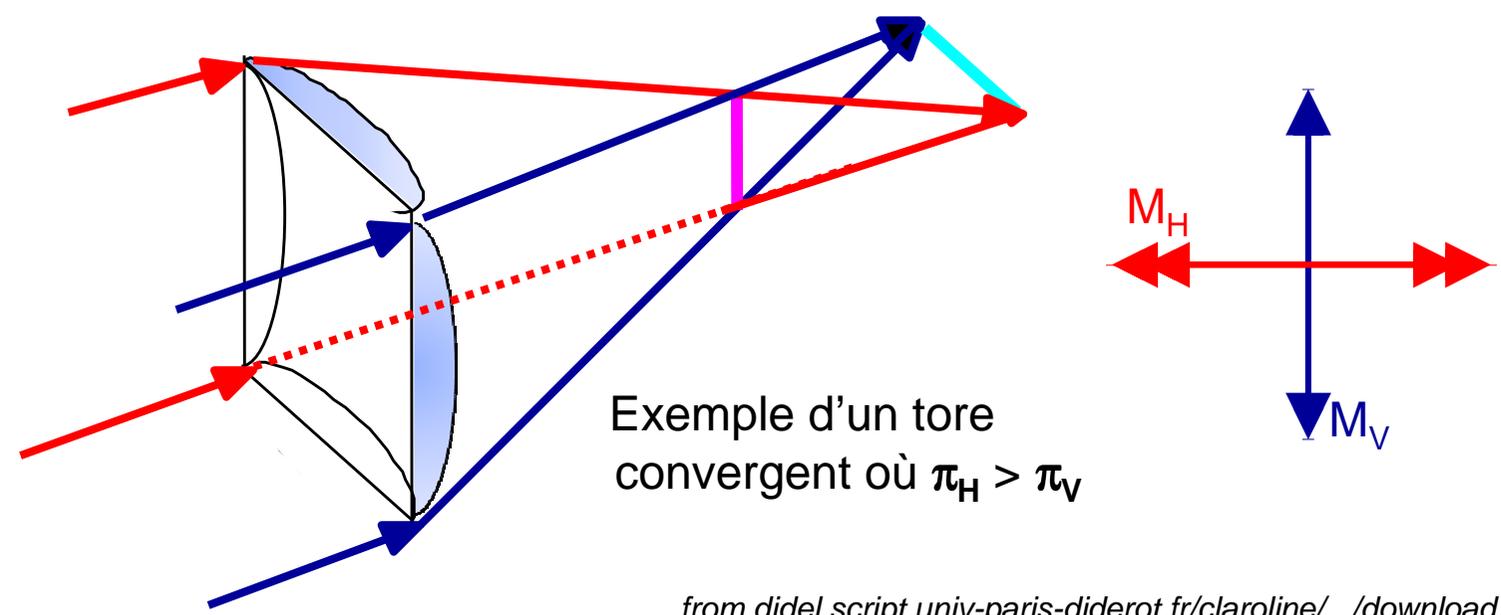
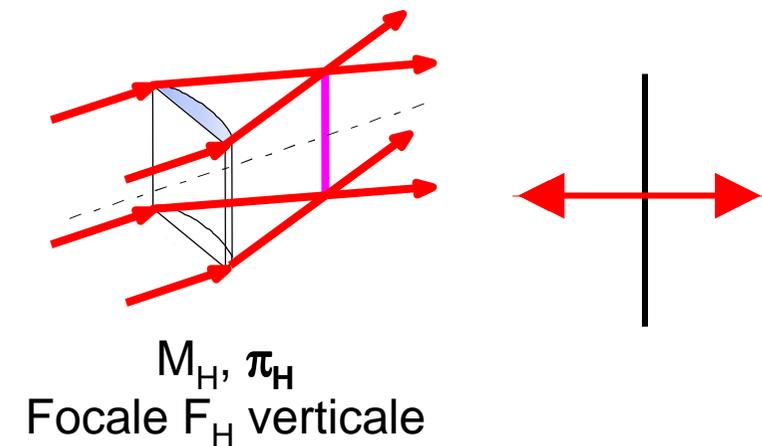
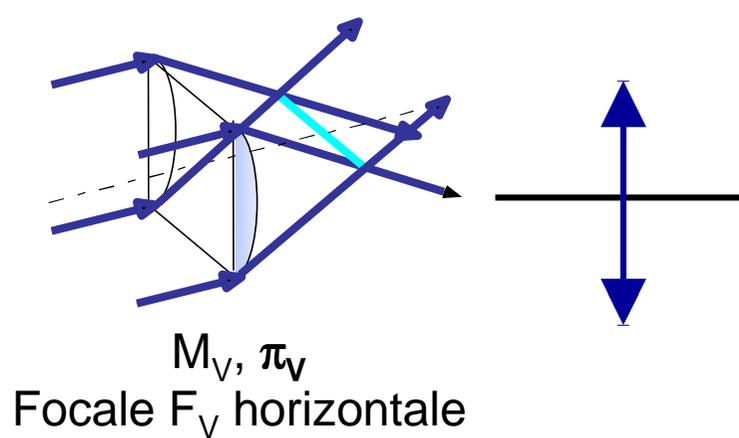
Une lentille torique génère 2 focales orthogonales

Exemple d'un tore convergent où $\pi_H < \pi_V$



Dioptré torique

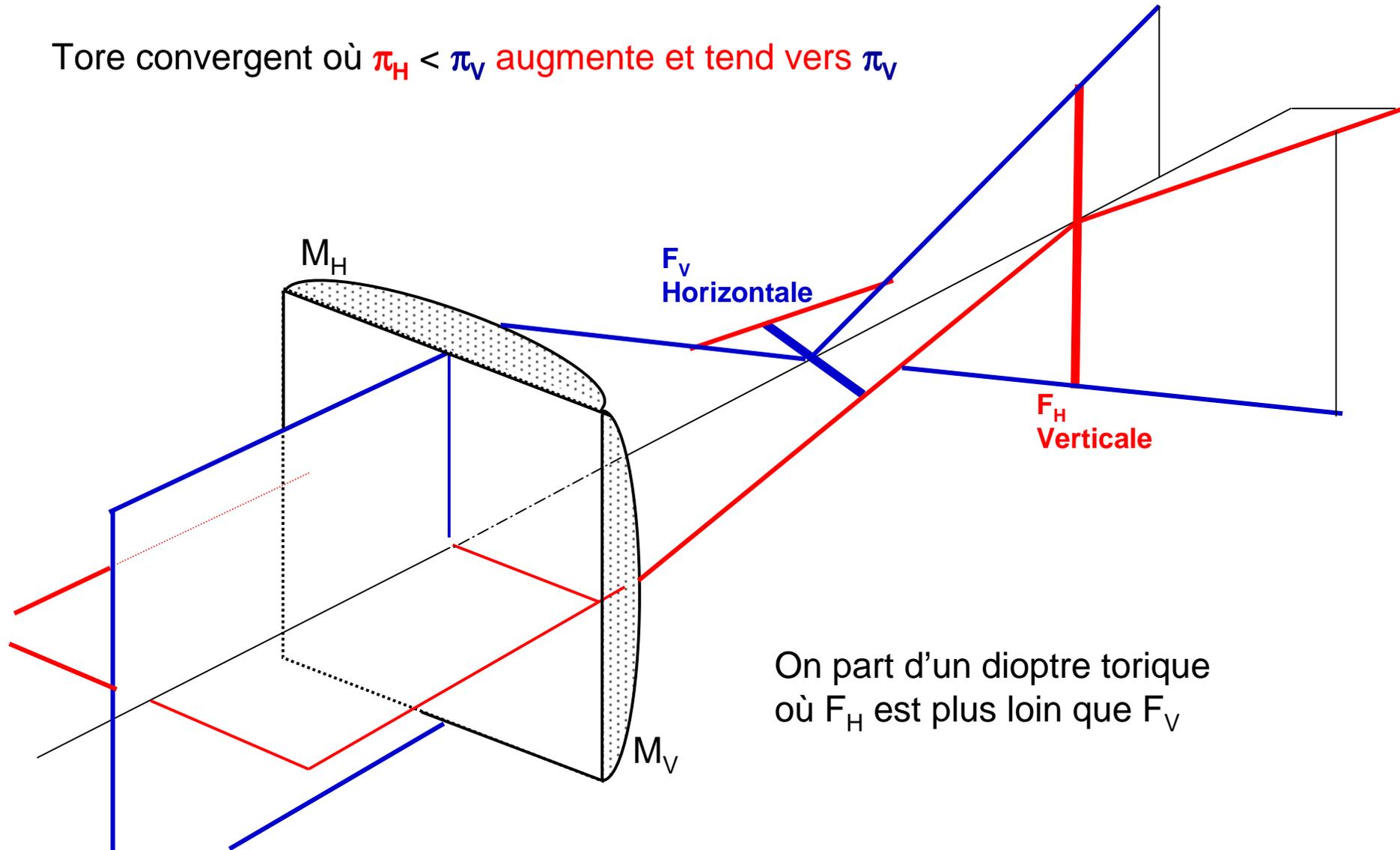
Un dioptré torique combine 2 dioptrés cylindriques orthogonaux



Du dioptré torique au dioptré sphérique

Passage continu lorsque seule π_H augmente

Tore convergent où $\pi_H < \pi_V$ augmente et tend vers π_V

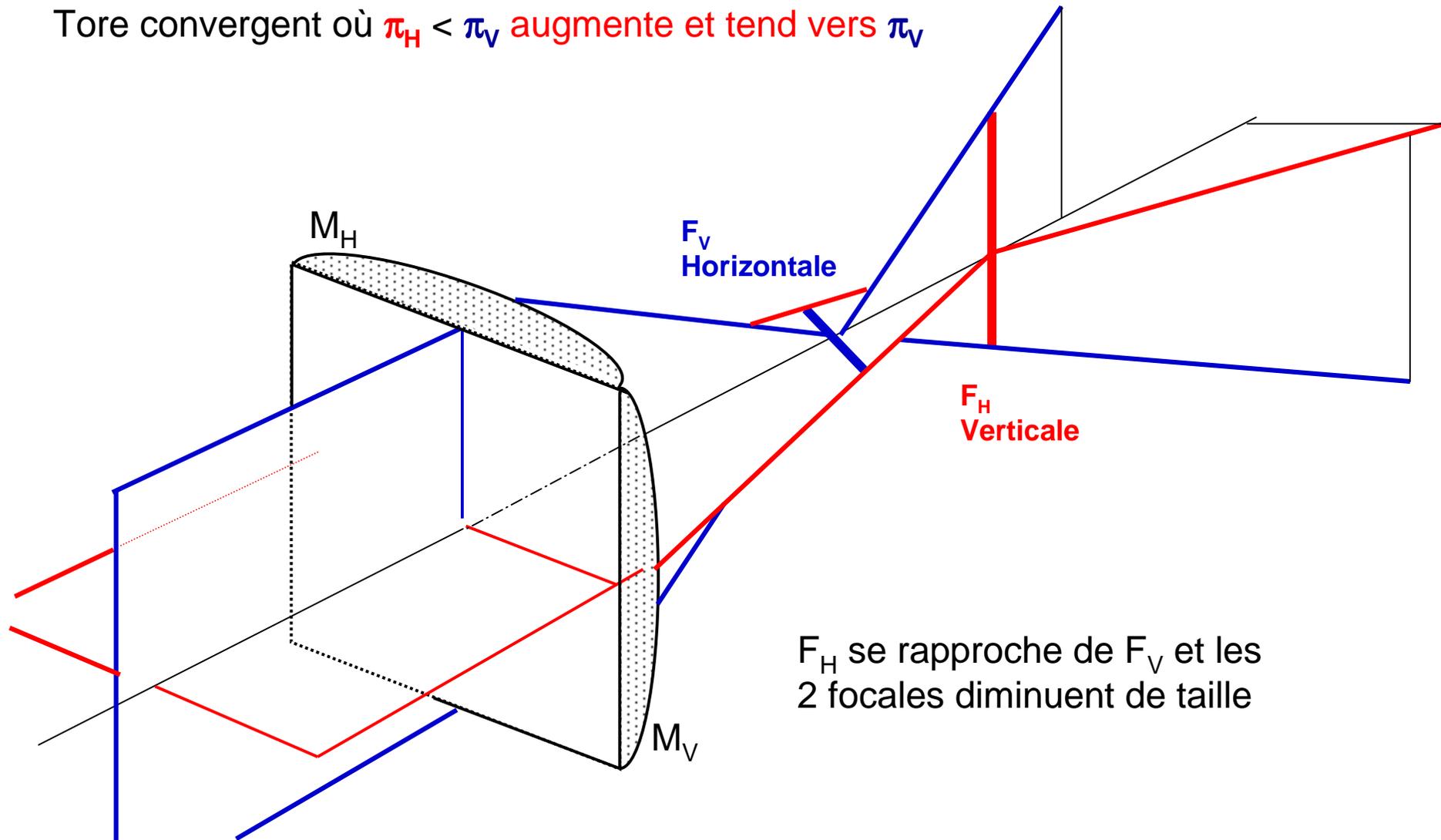


On part d'un dioptré torique où F_H est plus loin que F_V

Du dioptré torique au dioptré sphérique

Passage continu lorsque seule π_H augmente

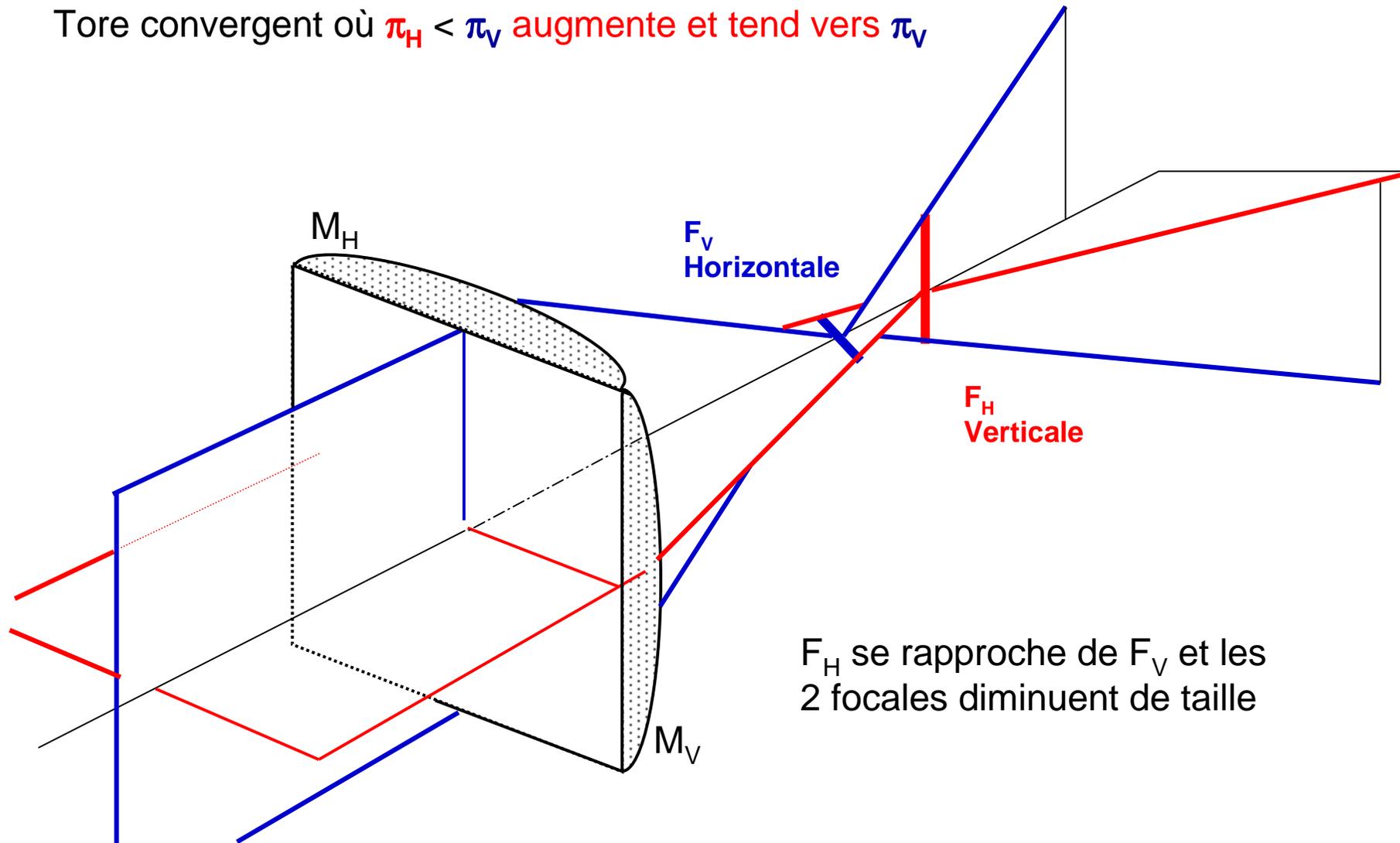
Tore convergent où $\pi_H < \pi_V$ augmente et tend vers π_V



Du dioptré torique au dioptré sphérique

Passage continu lorsque seule π_H augmente

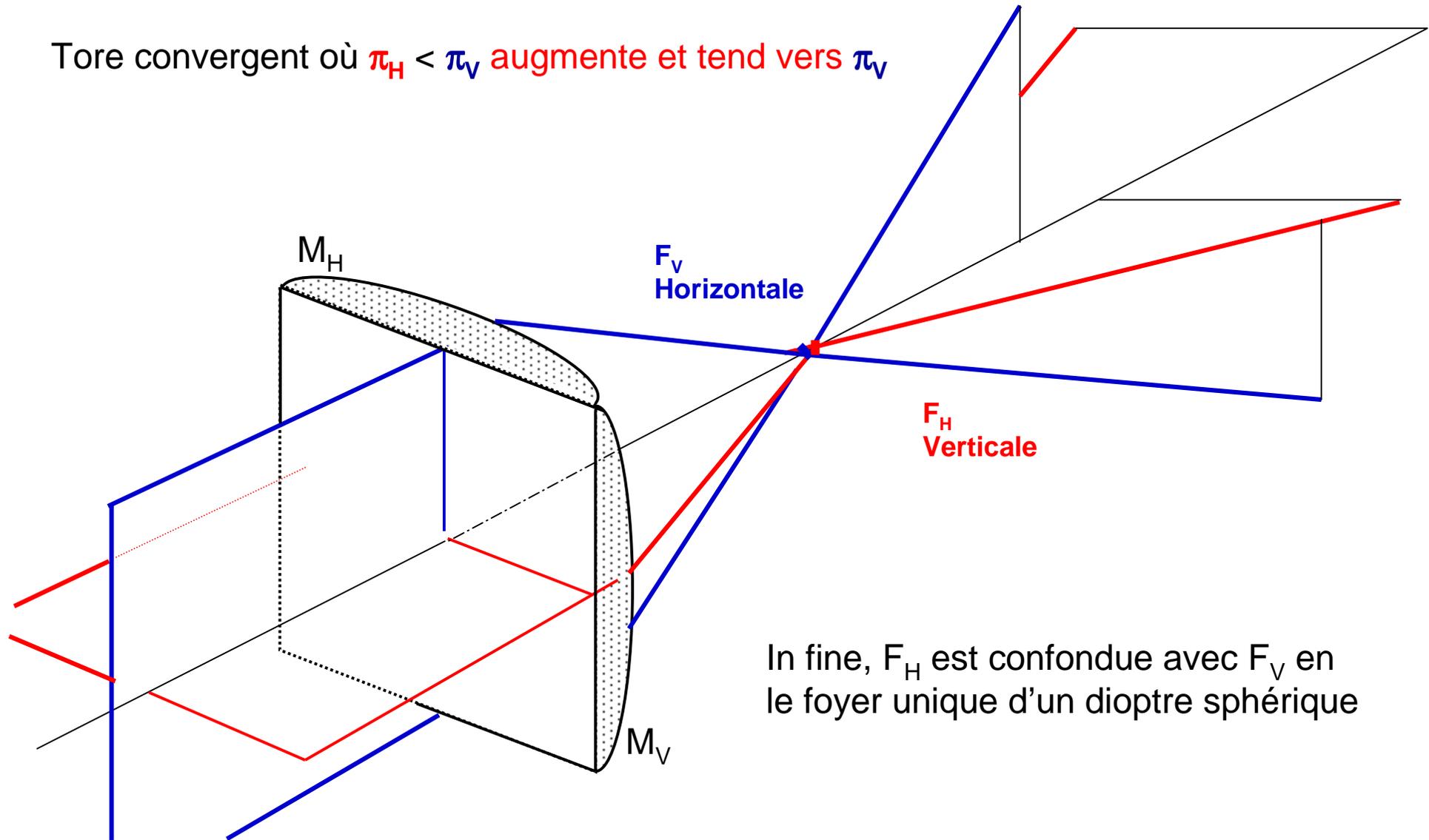
Tore convergent où $\pi_H < \pi_V$ augmente et tend vers π_V



Du dioptré torique au dioptré sphérique

Passage continu lorsque seule π_H augmente

Tore convergent où $\pi_H < \pi_V$ augmente et tend vers π_V



In fine, F_H est confondue avec F_V en le foyer unique d'un dioptré sphérique

Caractérisation des astigmatismes

Degré d'astigmatisme

Le degré d'astigmatisme est la différence de puissance entre les 2 méridiens principaux :

$$d^{\circ}As = \pi_V - \pi_H \text{ en dioptries}$$

L'astigmatisme est

direct si $d^{\circ}As > 0$, càd si la F_V (horizontale) est en avant (AV)

indirect si $d^{\circ}As < 0$, c'est la F_H (verticale) qui est en avant, la F_V en arrière (AR)

simple si une focale appartient à la rétine (Rt)

sinon **composé**, myopique si les 2 focales sont en AV de la Rt, hyperopique en AR

mixte si elles sont de part et d'autre de Rt

Pour 1 dioptrie d'astigmatisme :

la différence de rayon de courbure des deux méridiens principaux est de 0,16 mm

la distance entre les deux focales est de 0,37 mm

Il existe un astigmatisme physiologique :

de type direct (0,5 D),

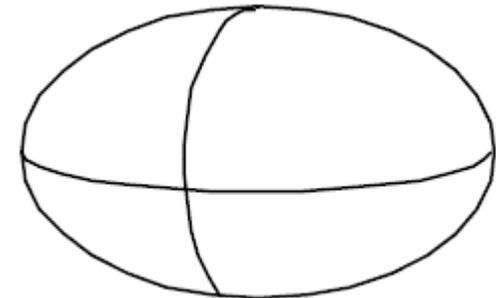
à respecter lors de la correction

Caractérisation des astigmatismes

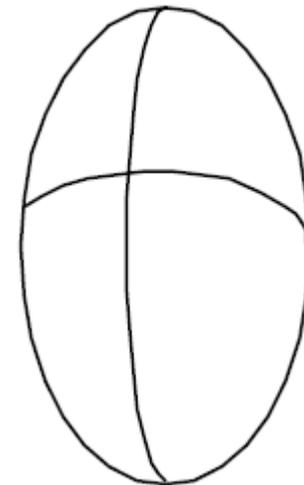
Anomalies **non sphériques** de la vision par **trouble de la réfraction**

Astigmatisme direct, indirect

- **Direct** : « conforme à la règle » : cas le plus fréquent
 - méridien vertical : le plus courbe, le plus puissant
 - méridien horizontal : le moins courbe, le moins puissant
 - cornée aplatie verticalement : cuillère manche horizontal



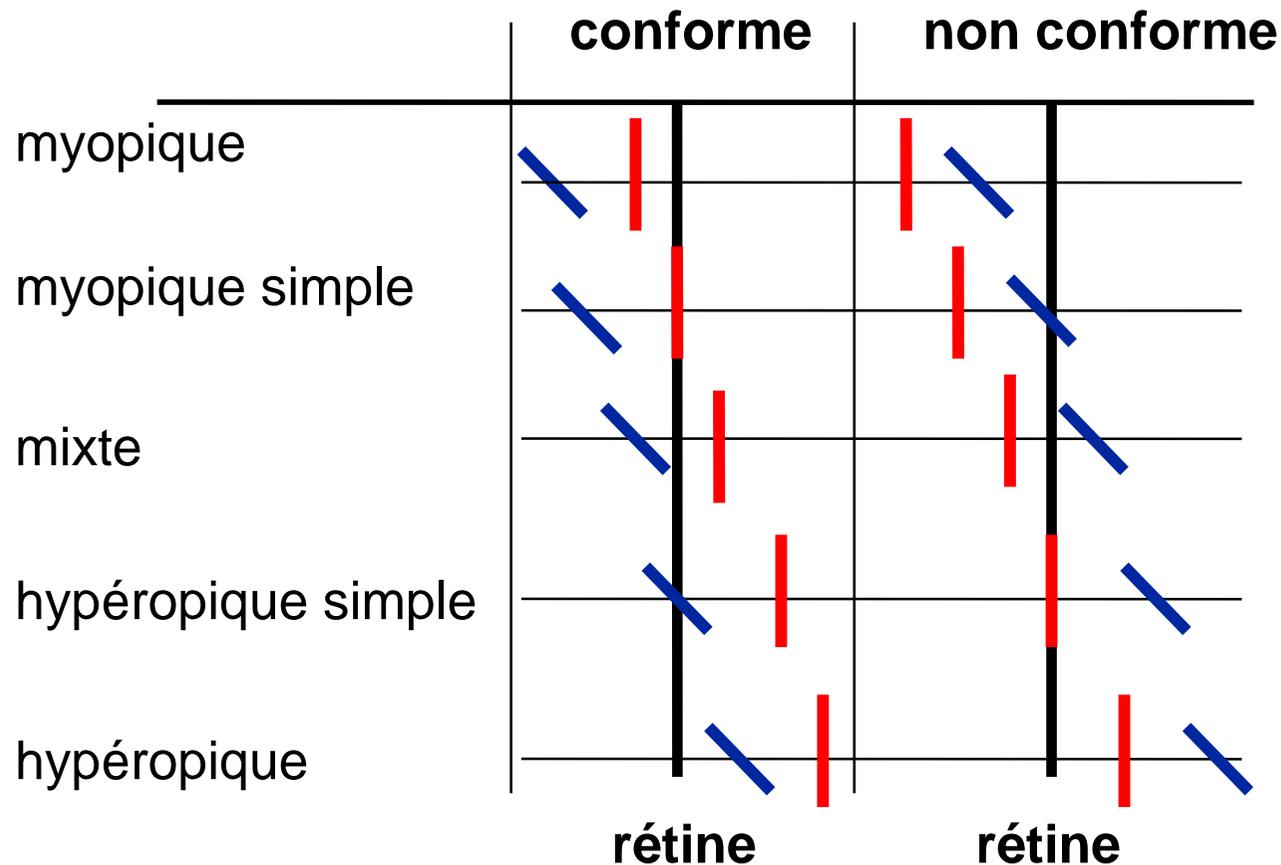
- **Indirect ou inverse** : plus rare
 - cornée aplatie verticalement : cuillère manche horizontal
 - méridien horizontal : le plus courbe, le plus puissant
 - méridien vertical : le moins courbe, le moins puissant



- **Astigmatisme oblique**
les méridiens principaux sont obliques

Caractérisation des astigmatismes

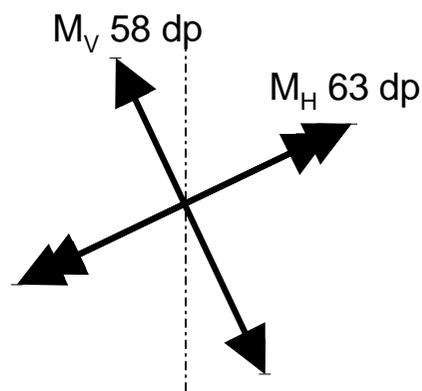
Anomalies **non sphériques** de la vision par **trouble de la réfraction**



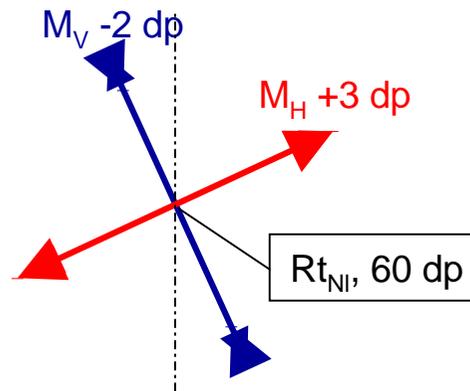
Correction des astigmatismes

Convention de représentation

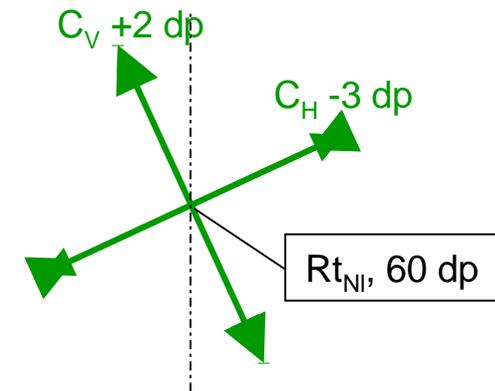
Dans l'astigmatisme représenté ci-dessous, les méridiens sont positionnés de telle sorte que M_V soit le moins éloigné de la verticale (ici par ex., M_V est à $\sim +27^\circ$)



Astigmatisme $+27^\circ$, -2 dp, $+3$ dp



Correction $+27^\circ$, $+2$ dp, -3 dp



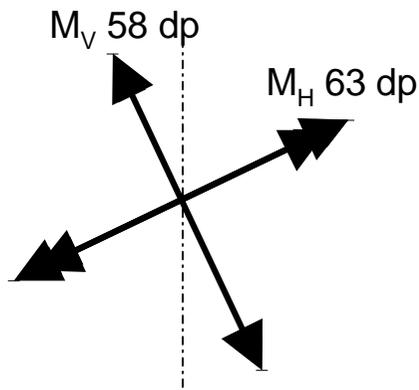
Cette notation permet d'apprécier immédiatement le degré d'astigmatisme (défaut et orientation de chaque méridien).

La correction est immédiate : elle consiste à ramener la vision sur la rétine

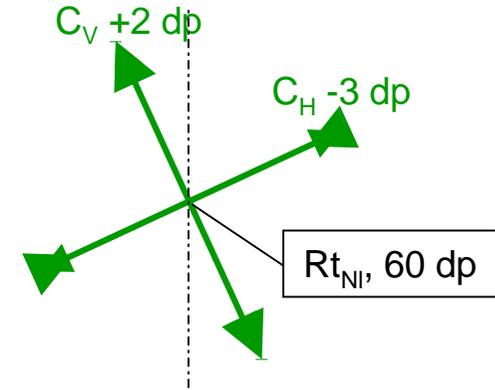
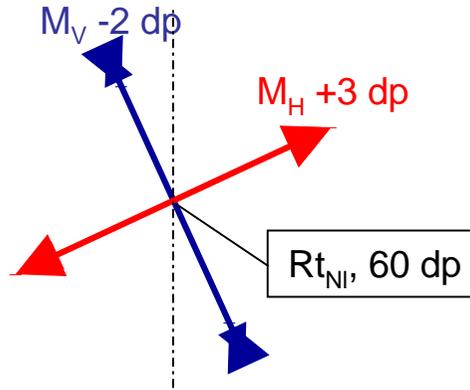
Exemple de correction d'un astigmatisme

Astigmatisme mixte non conforme

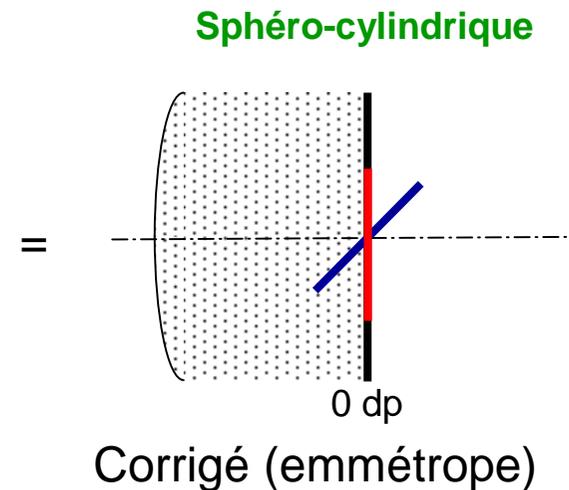
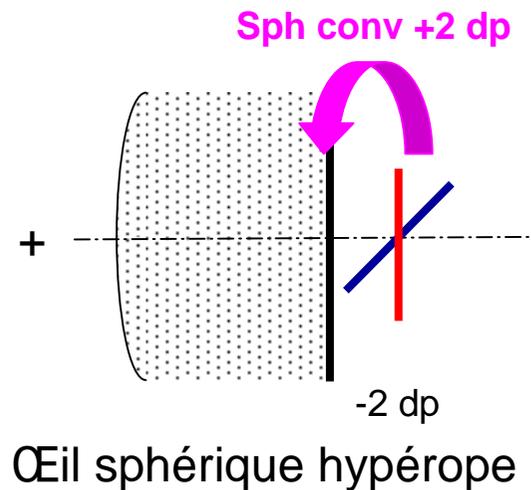
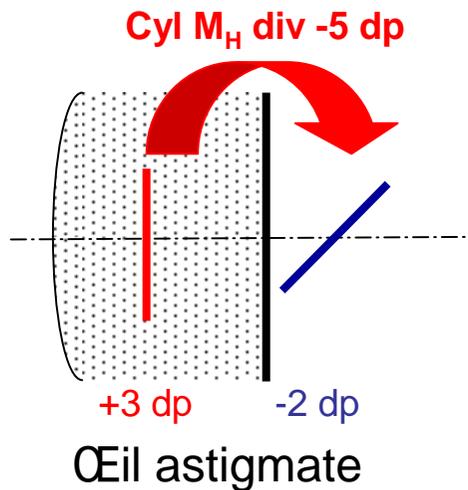
Dans l'astigmatisme représenté ci-dessous,



Astigmatisme +27°, -2 dp, +3 dp

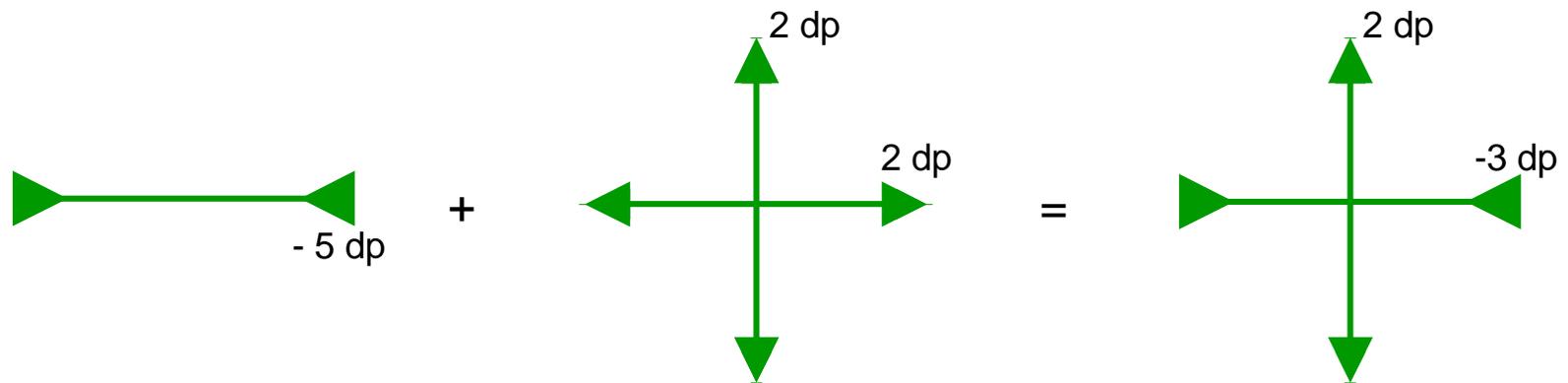
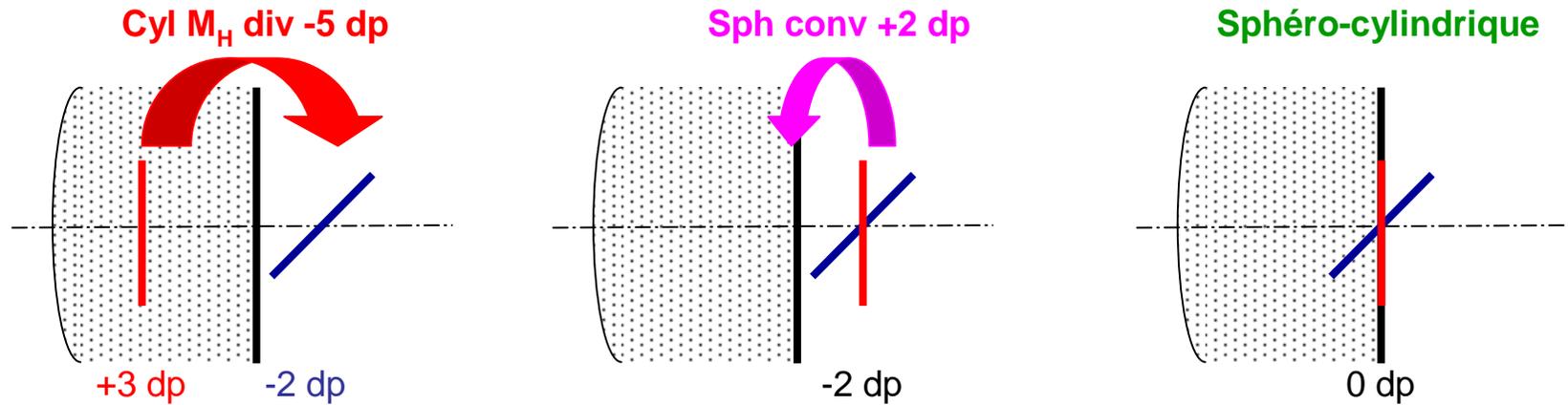


Correction +27°, +2 dp, -3 dp



Exemple de correction d'un astigmatisme

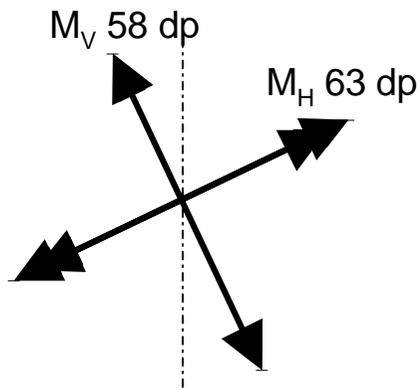
Astigmatisme mixte non conforme



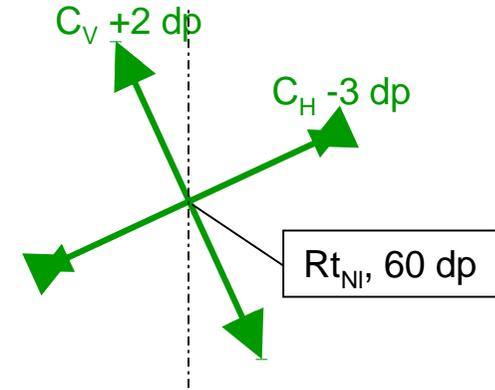
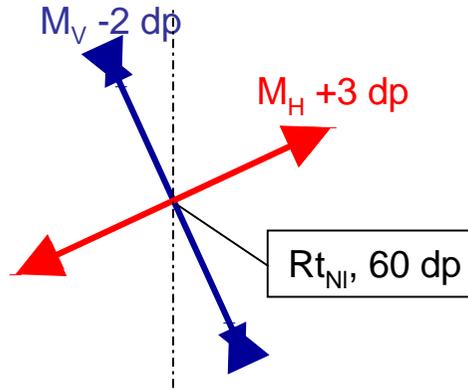
Exemple de correction d'un astigmatisme

Astigmatisme mixte non conforme

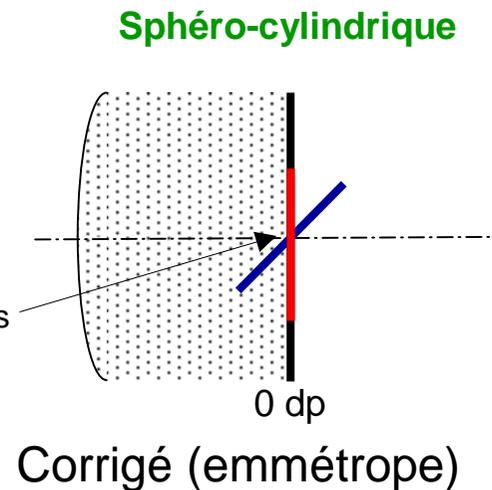
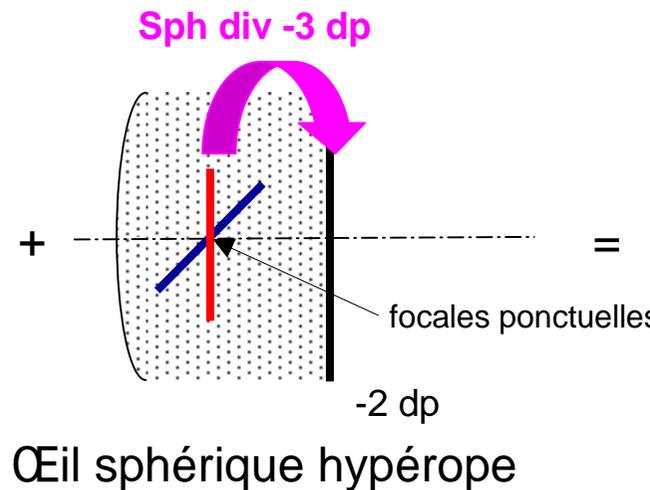
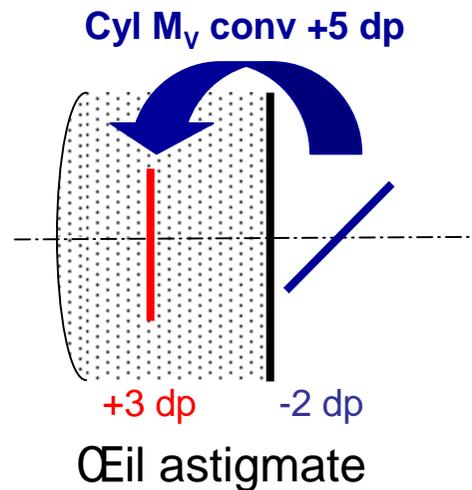
Dans l'astigmatisme représenté ci-dessous,



Astigmatisme +27°, -2 dp, +3 dp



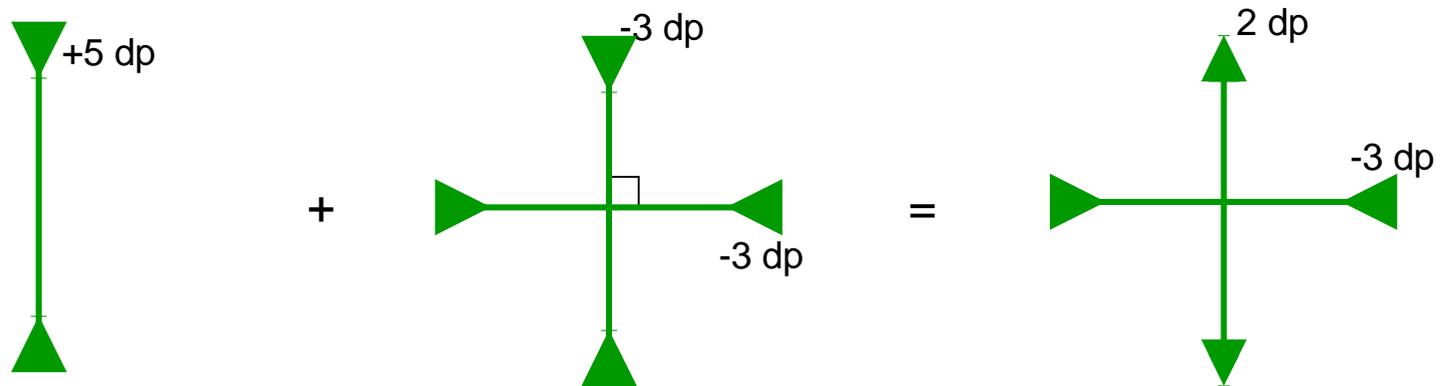
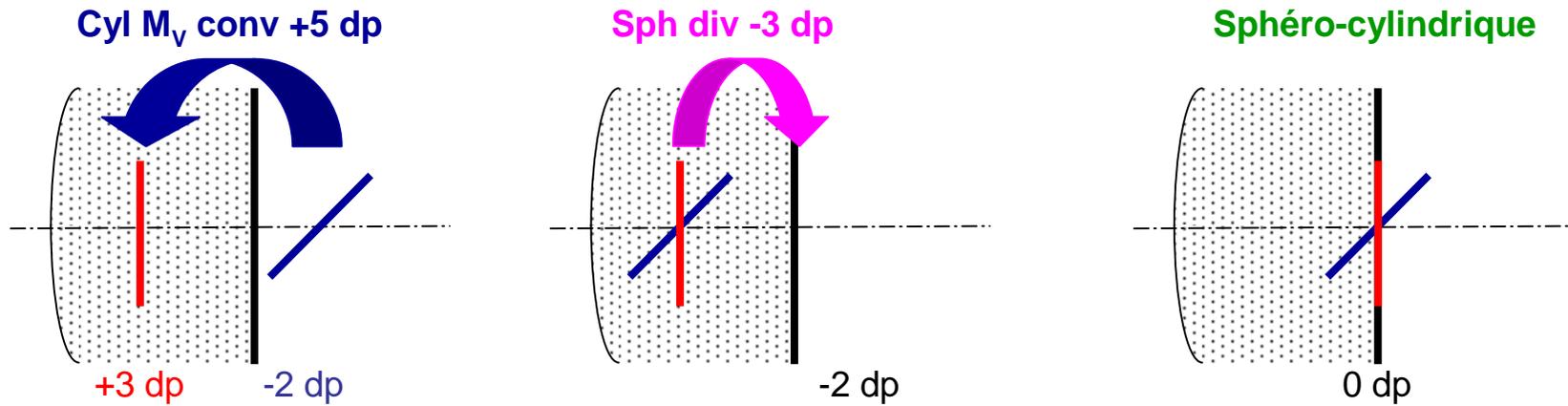
Correction +27°, +2 dp, -3 dp



focales ponctuelles

Exemple de correction d'un astigmatisme

Astigmatisme mixte non conforme



DIAGNOSTIC DES AMÉTROPIES

Contexte et définitions

Le but est de diagnostiquer un trouble dioptrique de la réfraction afin de le corriger par des verres optiques (lunettes ou lentilles de contact)

Il importe de différencier ces troubles de lésions d'origine neurologique ou néoplasique. On dispose pour cela de l'épreuve du trou sténopéique

L'approche empirique (diagnostic subjectif) s'effectue alors grâce à une échelle d'acuité visuelle et d'appréciation de l'astigmatisme, un support de verres de lunettes, d'une boîte de verres et d'un minimum de logique... elle peut donc s'effectuer en cabinet généraliste

Une approche (plus) objective impose des appareillages spécialisés en cabinet spécialisé (ophtalmométrie et astigmatométrie de Javal, skiascopie, kératométrie, ...)

Evidemment, l'étude de l'état de la réfraction s'effectuera aussi bien pour la vision de près que de loin, ainsi qu'en 2D (astigmatisme)

DIAGNOSTIC DES AMÉTROPIES

Astigmatomètre de Javal

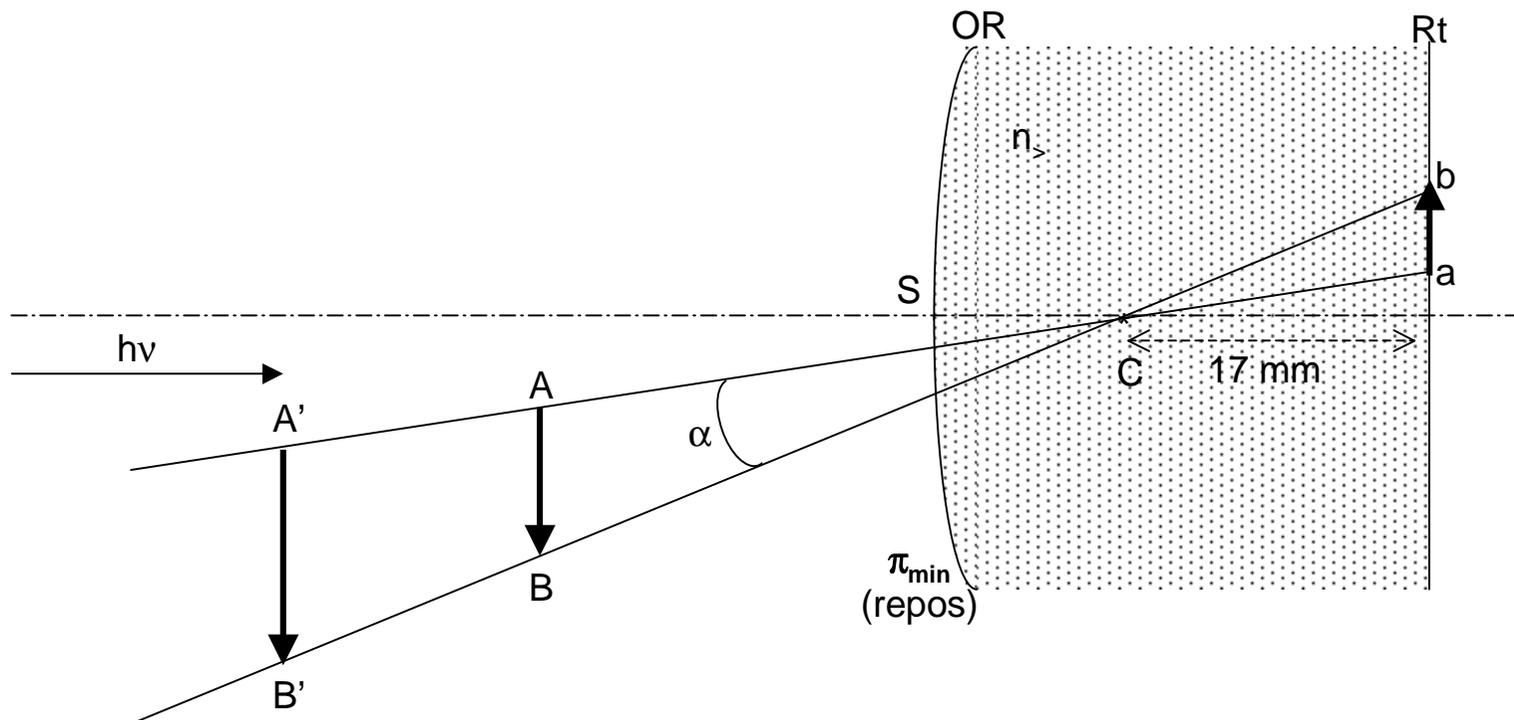


L'ACUITÉ VISUELLE (AV)

Origine et définition

1- Le pouvoir séparateur

α , l'angle sous lequel est vu l'objet AB , est le diamètre apparent sous lequel sont vus tous les objets du type AB , comme $A'B'$ par ex.. Dans leur image ab , a et b resteront séparés (vus distincts l'un de l'autre) tant que ab est $>$ à l'épaisseur de 2 à 3 cônes. Lorsque AB et $A'B'$ diminuent de taille, leur image ab aussi, jusqu'à une limite...



L'ACUITÉ VISUELLE (AV)

Origine et définition

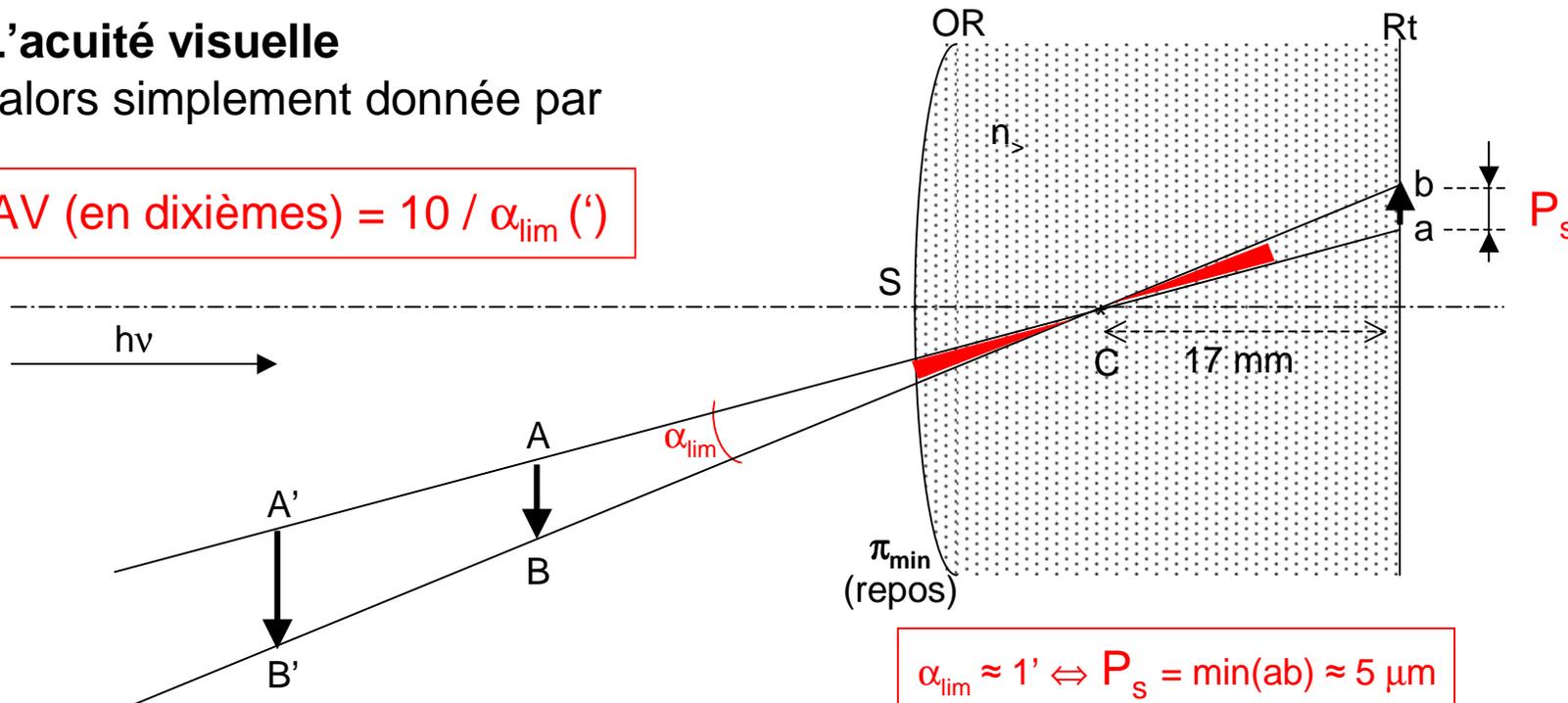
1- Le pouvoir séparateur

α , l'angle sous lequel est vu l'objet AB, est le diamètre apparent sous lequel sont vus tous les objets du type AB, comme A'B' par ex.. Dans leur image ab, a et b resteront séparés (vus distincts l'un de l'autre) tant que ab est $>$ à l'épaisseur de 2 à 3 cônes. Cette limite (ab_{\min} pour que a et b restent séparés) est le pouvoir séparateur P_s , qui correspond à un diamètre apparent limite α_{\lim} en moyenne de 1' d'arc

2- L'acuité visuelle

est alors simplement donnée par

$$AV \text{ (en dixièmes)} = 10 / \alpha_{\lim} (')$$



$$\alpha_{\lim} \approx 1' \Leftrightarrow P_s = \min(ab) \approx 5 \mu\text{m}$$

L'ACUITÉ VISUELLE (AV)

Propriétés et contraintes

L'AV dépend

de la forme de l'objet, de son éclaircissement et de son contraste, de la longueur d'onde utilisée (meilleure en jaune-vert), de la zone rétinienne (maximale sur la Fovéa, nulle sur l'émergence rétinienne du nerf optique)

L'AV maximale théorique

Elle impose 2 cônes adjacents pour séparer a de b, au mieux sur la Fovéa, soit 3 à 5 μm , correspondant à une AV jusqu'à 20 dixièmes (pilotes)

L'amblyopie est une diminution permanente d'acuité visuelle

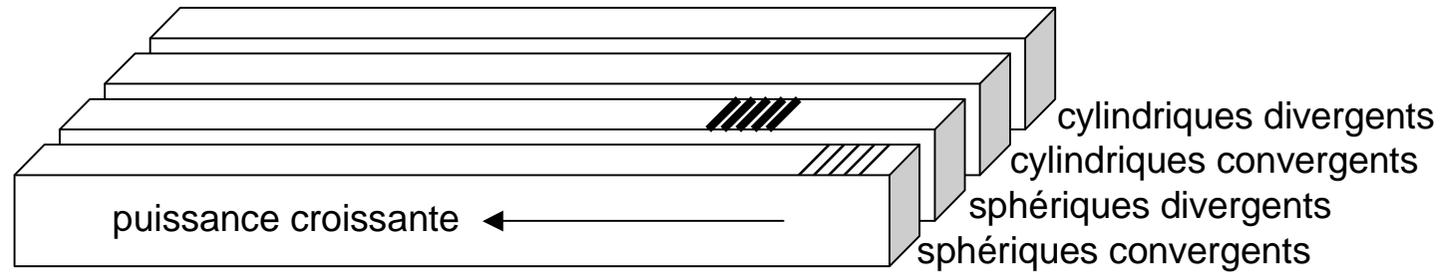
Origine : trouble de la réfraction (amétropie) ou affection rétinienne, neurologique, ...

$\Delta^{ic} \neq$: épreuve du trou sténopéique

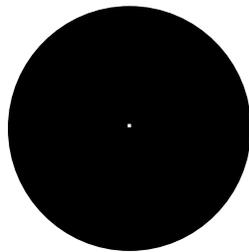
L'AV doit donc être mesurée en conditions diurnes (vision photopique, liée aux cônes) et supposée fovéale, sans éblouissement, pour chaque œil séparément

DIAGNOSTIC SUBJECTIF DES AMÉTROPIES

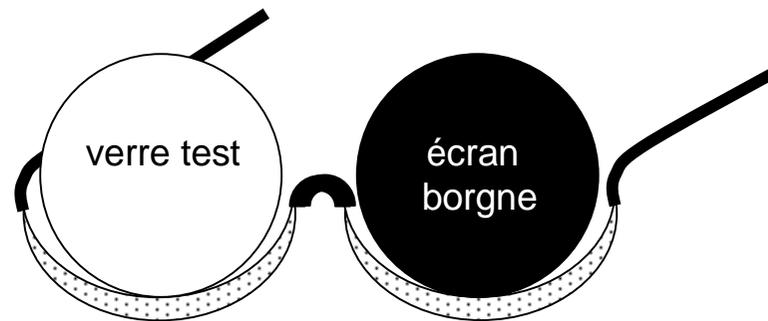
Les outils optiques



Boite de verres



Écran sténopéique



œil testé

œil caché

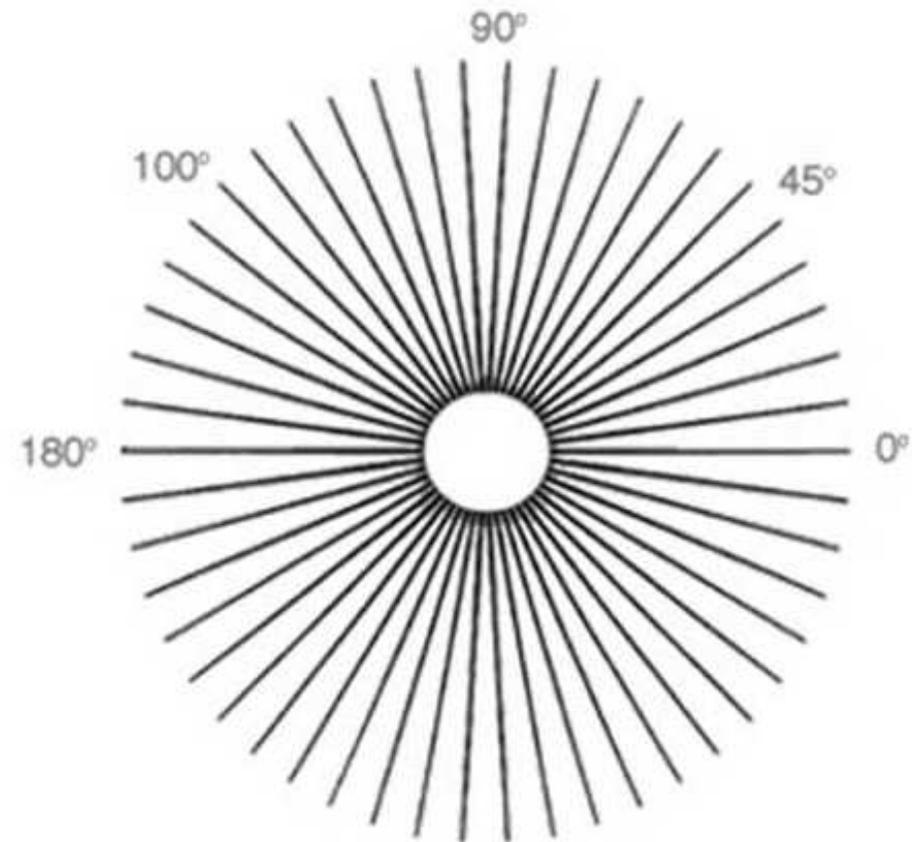
DIAGNOSTIC SUBJECTIF DES AMÉTROPIES

Les outils tests, mires et échelles d'AV

Echelle d'AV de MONOYER amétropies sphériques

M R T V F U E N C X O Z D	10/10
D L V A T B K U E R S N	9/10
R C Y H O F M E S P A	8/10
E X A T Z H D W N	7/10
Y O E L K S F D I	6/10
O X P H B Z D	5/10
N L T A V R	4/10
O H S U E	3/10
M C F	2/10
Z U	1/10

Cadran horaire astigmatisme



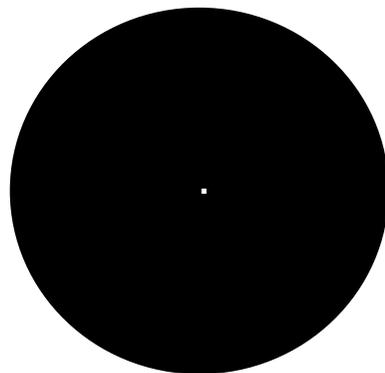
DIAGNOSTIC SUBJECTIF DES AMÉTROPIES

Épreuve du trou sténopéique

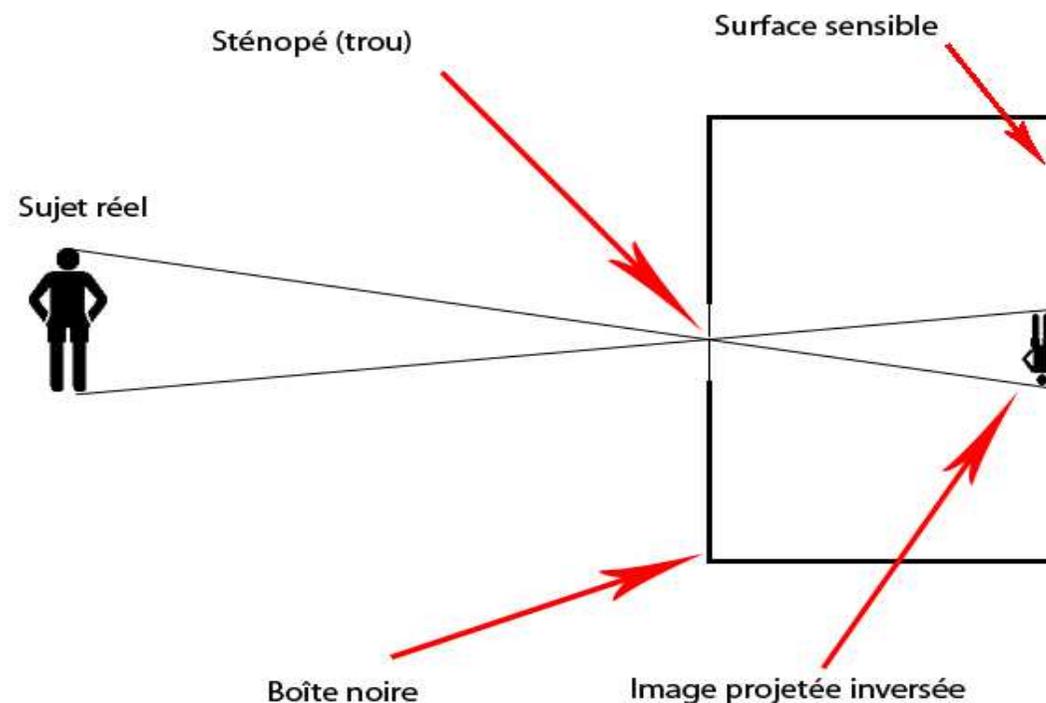
Permet d'affirmer que l'anomalie est d'origine dioptrique.

Si l'interposition du trou sténopéique améliore l'acuité visuelle, il s'agit bien d'un trouble dioptrique que l'on peut corriger au moyen de verres (lunettes)

Si l'acuité visuelle n'est pas améliorée, il ne s'agit pas d'un trouble dioptrique et l'on doit rechercher une cause rétinienne ou neurologique.



Écran sténopéique



Δ^{IC} DES AMÉTROPIES SPHÉRIQUES

AV < 10/10^e en vision de loin

Vision de loin :

Mires placées à ~ 5 m du sujet (càd à l' ∞), œil non testé obstrué

Le sujet doit apprécier (l'amélioration de) la netteté des mires (lettres, signes, barre) lorsqu'on place devant l'œil à corriger des verres de puissance croissante

Chaque œil est testé séparément

Si AV < 10/10^e, soit myopie, soit hypéropie forte. Utiliser des verres divergents de puissance croissante en valeur absolue :

- Si améliorent l'AV, c'est une **myopie**. Elle sera corrigée (Pr_M revient à l' ∞) par le verre divergent le moins puissant (premier verre correcteur) qui permette au sujet de voir nets les plus petits caractères. Les verres divergents de puissance > permettront d'apprécier l'AA, le dernier verre correcteur (plus petits caractères encore nets) ramenant le Pp_M à l' ∞

- Si pas d'amélioration, c'est une **hypéropie forte**. Des verres convergents de π croissante ramènent d'abord Pp_{Hf} à l' ∞ , puis transforment l'HF en Hf. Finalement, le verre convergent le plus puissant permettant une vision nette à l'infini (dernier verre correcteur) ramène Pr_{Hf} à l' ∞ et constitue donc le verre correcteur à appliquer. Un verre plus puissant rend le sujet myope, incapable de voir net à 5 m.

Δ^{IC} DES AMÉTROPIES SPHÉRIQUES

AV = 10/10^e en vision de loin

Vision de loin :

Mires placées à ~ 5 m du sujet (càd à l' ∞), œil non testé obstrué

Le sujet doit apprécier (l'amélioration de) la netteté des mires (lettres, signes, barre) lorsqu'on place devant l'œil à corriger des verres de puissance croissante

Chaque œil est testé séparément

Si AV = 10/10^e, soit emmétropie, soit hypéropie faible. Utiliser des verres convergents de puissance croissante en valeur absolue :

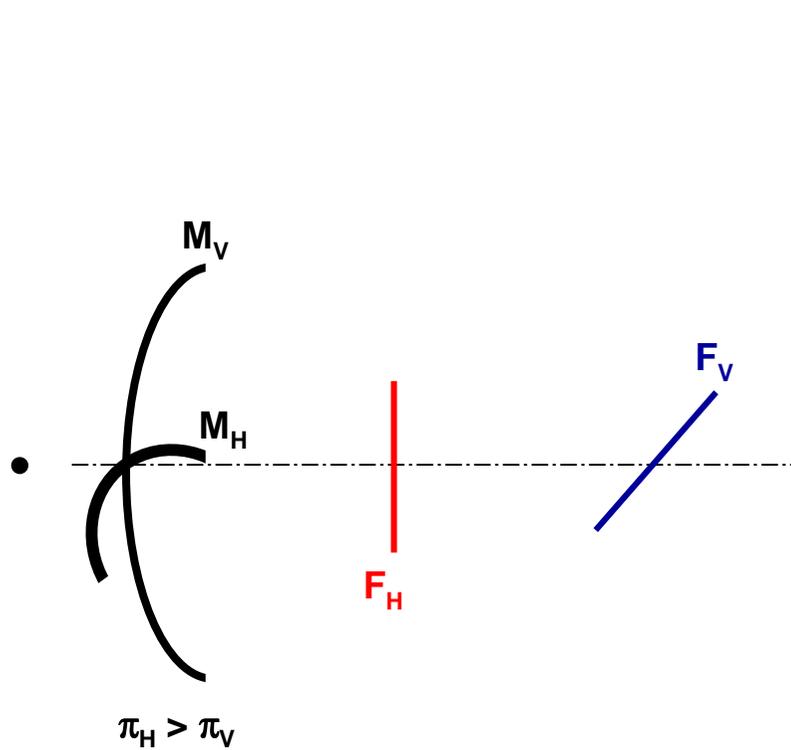
- Si pas de modification de l'AV mais simple amélioration du confort visuel, c'est une **hypéropie faible**. Elle sera corrigée (Pr_{Hf} revient à l' ∞) par le verre convergent le plus puissant permettant une vision nette à l'infini (dernier verre correcteur). Les verres convergents de puissance > font perdre de l'AV en créant une myopie artificielle.

- Si l'AV se dégrade, c'est une **emmétropie** que l'on a artificiellement transformée en myopie.

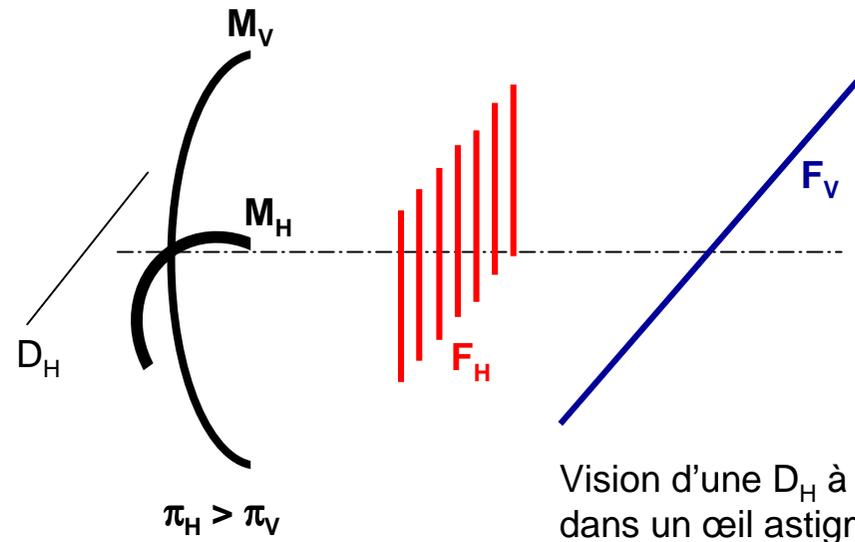
- Dans les 2 cas (emmétrope et Hf corrigé de son hypéropie), l'**AA** sera appréciée à l'aide de verres sphériques divergents de puissance croissante (en valeur absolue). Le dernier verre (qui aura ramené le Pp à l'infini) mesurera l'**AA** (au signe près)

DIAGNOSTIC DES ASTIGMATISMES

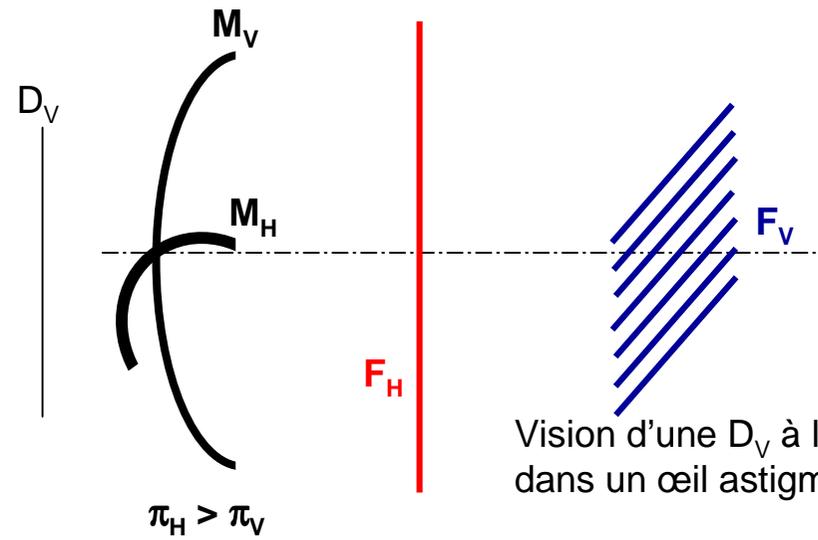
Focales d'une droite dans un tore



Vision d'un point à l' ∞
dans un œil astigmaté



Vision d'une D_H à l' ∞
dans un œil astigmaté



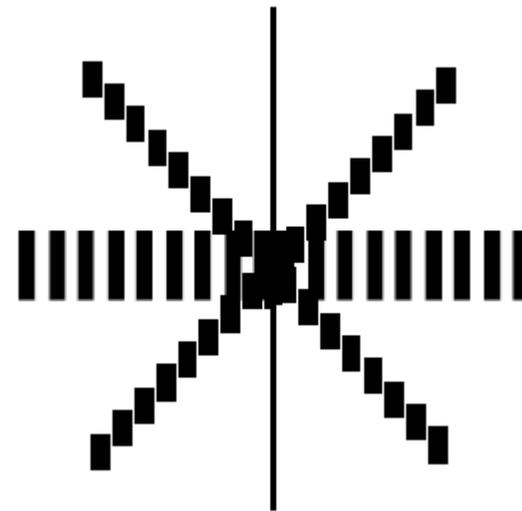
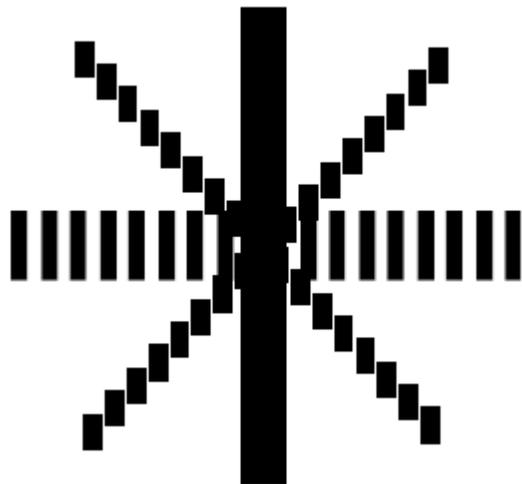
Vision d'une D_V à l' ∞
dans un œil astigmaté

DIAGNOSTIC DES ASTIGMATISMES

Utilisation de verres cylindriques

L'analyse du flou de vision du cadran horaire donne l'orientation relative de l'astigmatisme (0° pour la configuration ci-dessous).

Il suffit **d'utiliser des lentilles cylindriques** d'axes parallèle et perpendiculaire à l'orientation (ici d'axe vertical et horizontal) et **trouver une lentille qui rende net un des axes**. Avec cette lentille, ici une cylindrique, par ex. convergente, d'axe vertical (ne portant que des M_H et dont la F_H est verticale), l'axe vertical a été rendu net

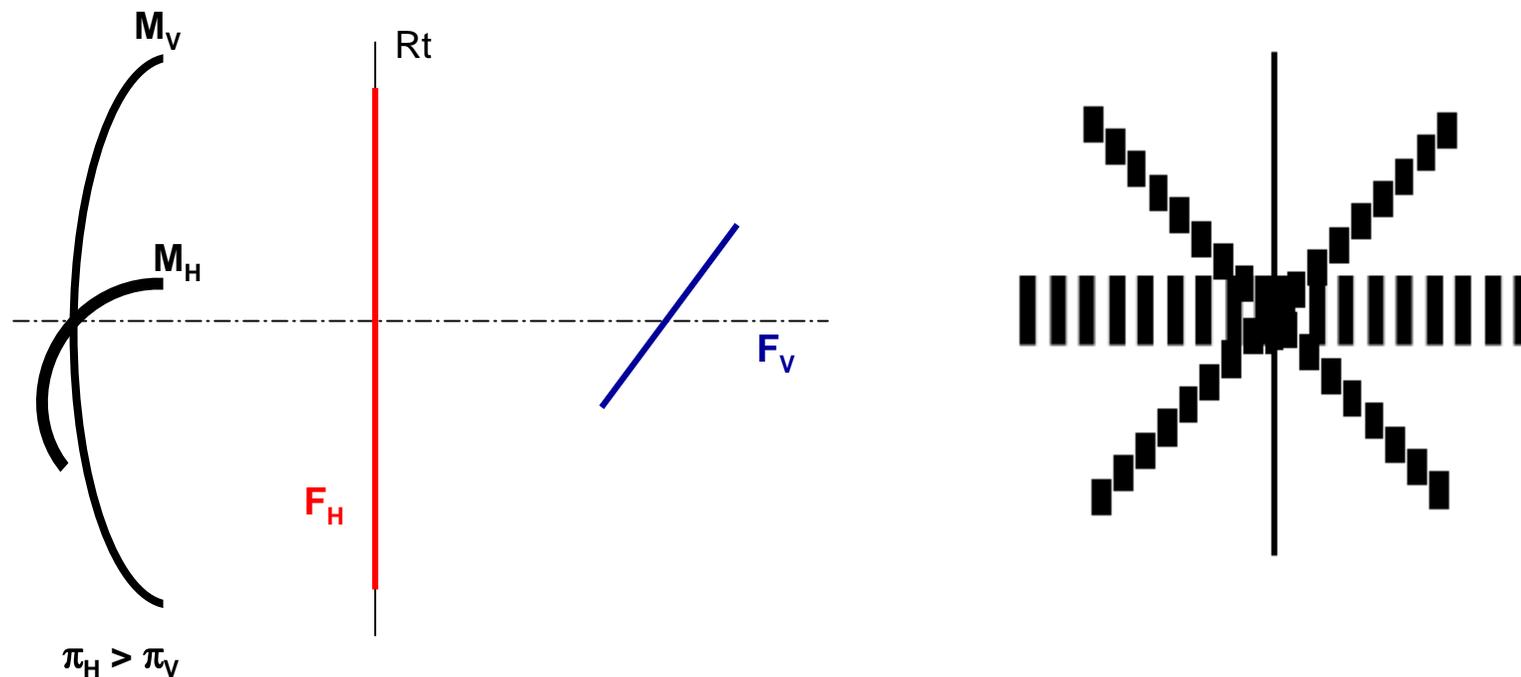


DIAGNOSTIC DES ASTIGMATISMES

Application au cadran horaire

Lorsqu'un des axes du cadran est devenu net, c'est que la focale qui lui est parallèle géométriquement est revenue sur la rétine : on a artificiellement fabriqué un **astigmatisme simple**. Ci-dessous, la vision du cadran à l'infini dans un œil astigmatique corrigé pour le M_H grâce à une lentille cylindrique d'axe vertical.

Il suffit ensuite de ramener l'autre focale sur la rétine (même principe) en utilisant des lentilles cylindriques d'axe orthogonal aux premières.





Thanks' for listening...



The END !