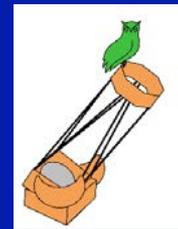


L'observation visuelle à l'aide d'un Instrument d'Astronomie

1^{er} Chapitre: quelques notions utiles



1^{ère} partie :

- Quelques Formules Optiques (rappel)
- L' Œil et ses particularités
- Le cercle oculaire (pupille de sortie)
- Le contraste et la transmission du contraste
par l' optique

Rappel de basiques optiques



D = diamètre objectif
Fobj = Focale objectif
(F/D= Ouverture)

Foc= focale Oculaire
Champ Constructeur en °

→ Les formules de base:

Grossissement : $G = F_{obj} / foc$

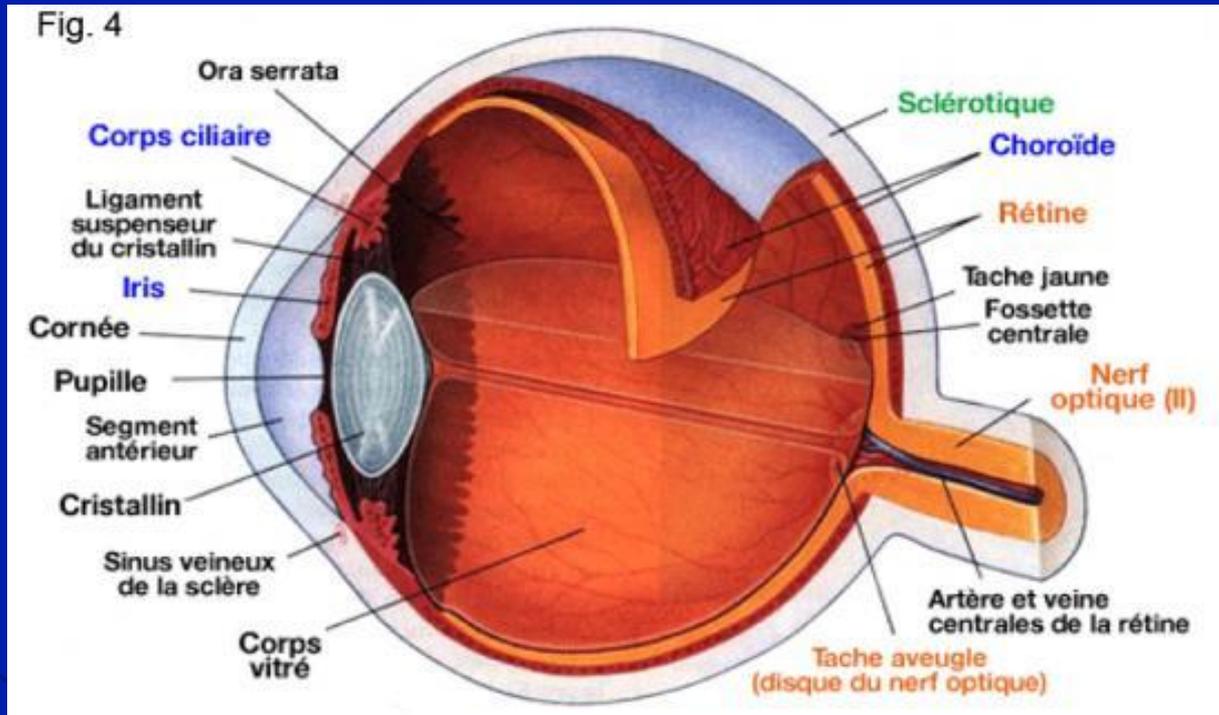
Cercle Oculaire ou Pupille de sortie : ω ou c.o. = D / G

Angle découpé sur le ciel = $Champ\ Const. / G$



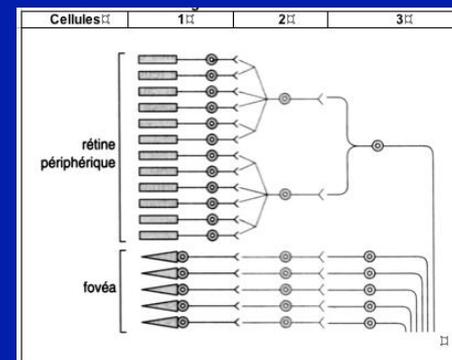
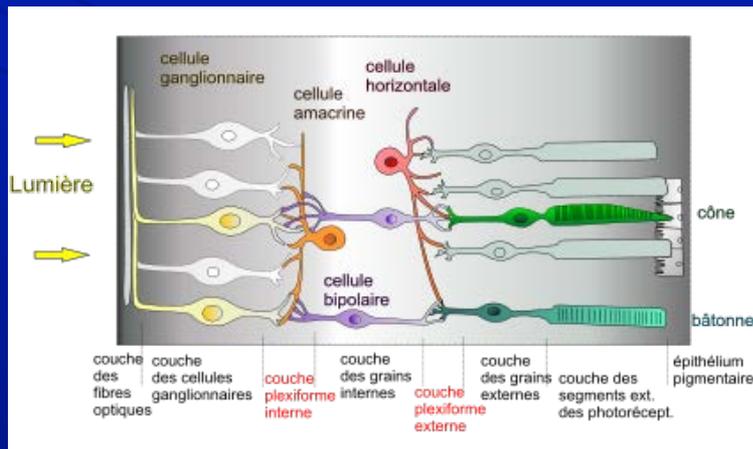
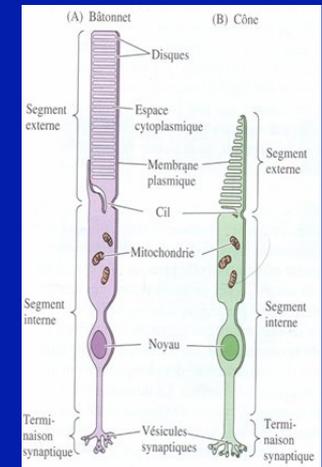
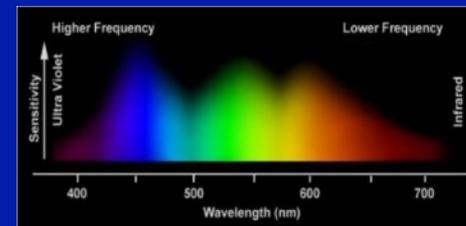
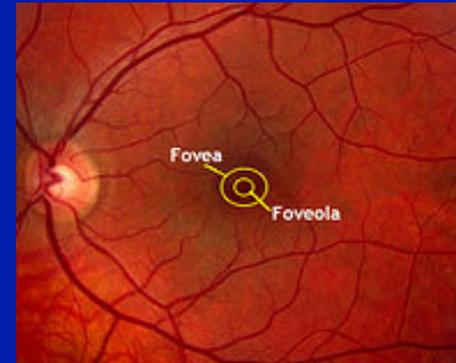
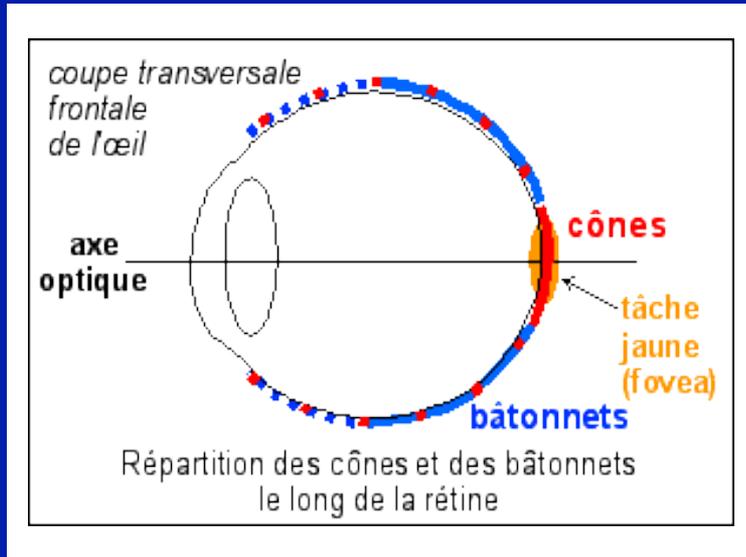
Notre récepteur en vision à l'œil nu

L' Oeil

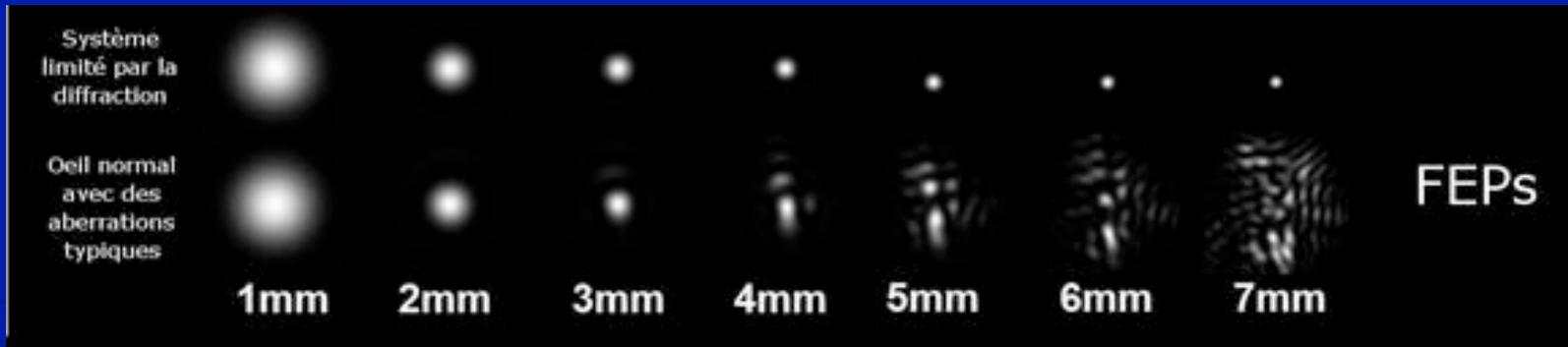
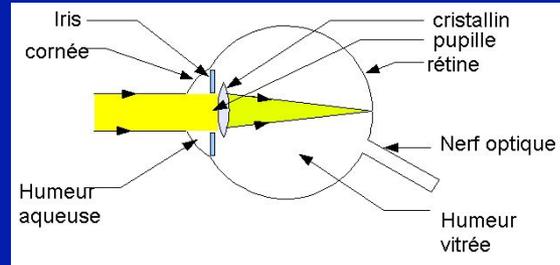


- **Cornée** : inhomogénéité de courbure-défauts ponctuels
- **Pupille** : ouverture maximale
- **Cristallin** : transparence (cataracte)
- **Corps vitré** : inhomogénéité-filandres
- **Rétine**: répartition Cônes/ Bâtonnets-Glaucome-DMLA

La Rétine= détecteur de l'oeil



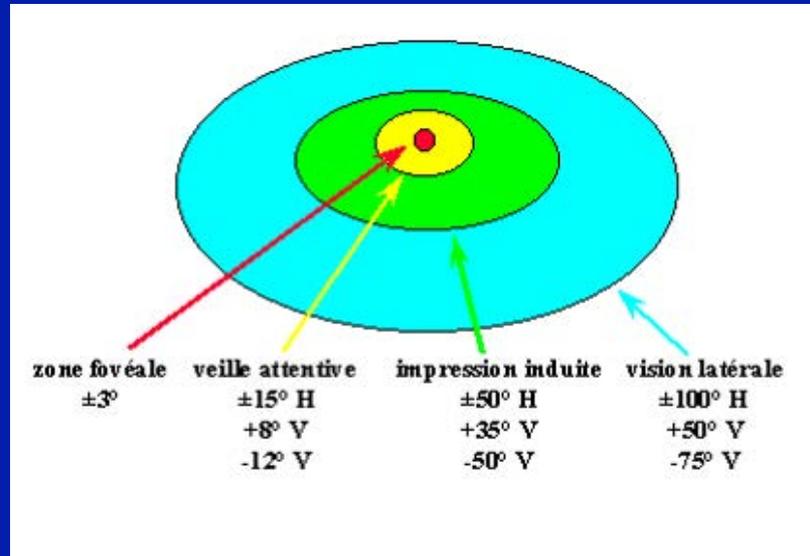
L'œil n'est pas un système optiquement parfait (bien que très performant)



Influence des aberrations normales de l'œil sur l'acuité en fonction de l'ouverture de la pupille- (Longueur d'onde = 550 nm) (Applegate 2004)

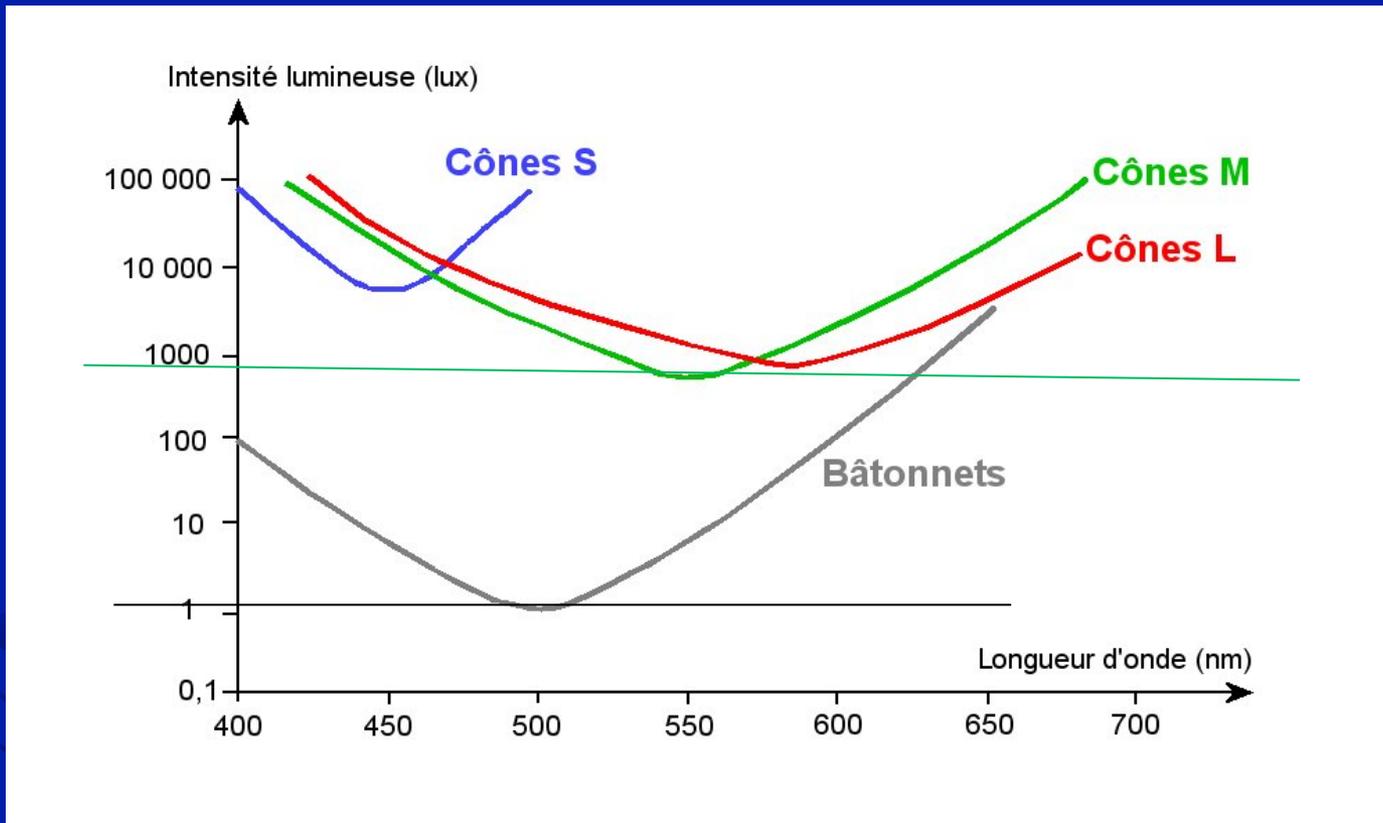
→ L'œil est "optiquement parfait" pour un c.o. (pupille) compris entre 0,6 et 0,8 mm mais l'image se dégrade au-delà de c.o. = 3 mm (travaux de Arnulf)

Les zones du champ de vision de l'oeil



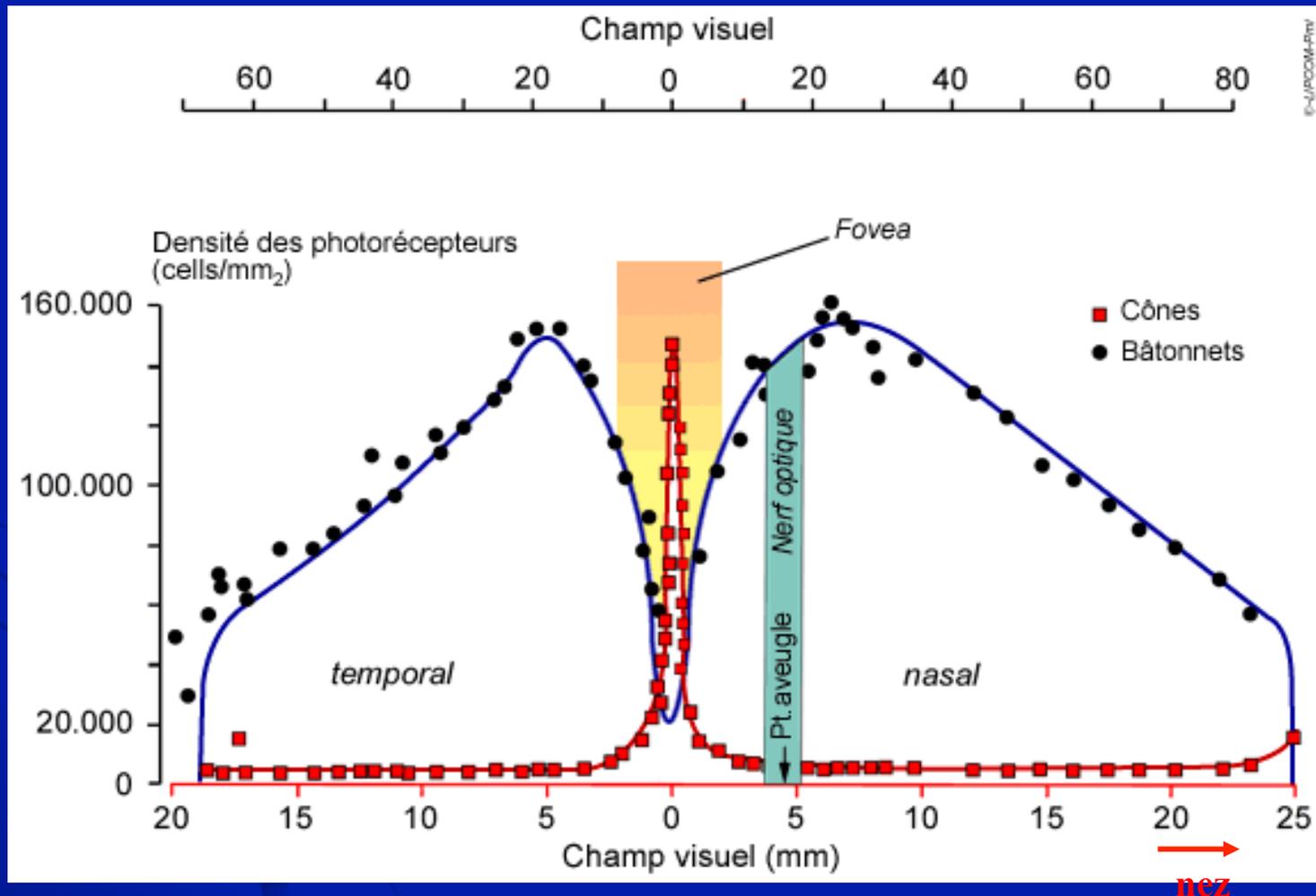
- Par un mouvement reflexe l'observateur oriente la zone fovéale (zone rouge et jaune) vers la partie de l'image retenue pour analyse fine
- La zone d'impression induite (zone verte) renseigne sur les grandes masses contrastées et colorées de l'image, sans détails
- La zone de vision latérale (zone bleu-clair) participe à l'appréciation de l'espace : elle permet la détection d'objet en mouvement sans que la forme puisse en être précisée-Ensuite c'est le mouvement du globe oculaire ou de la tête qui cadre l'objet.

Sensibilité à la lumière des cônes et bâtonnets

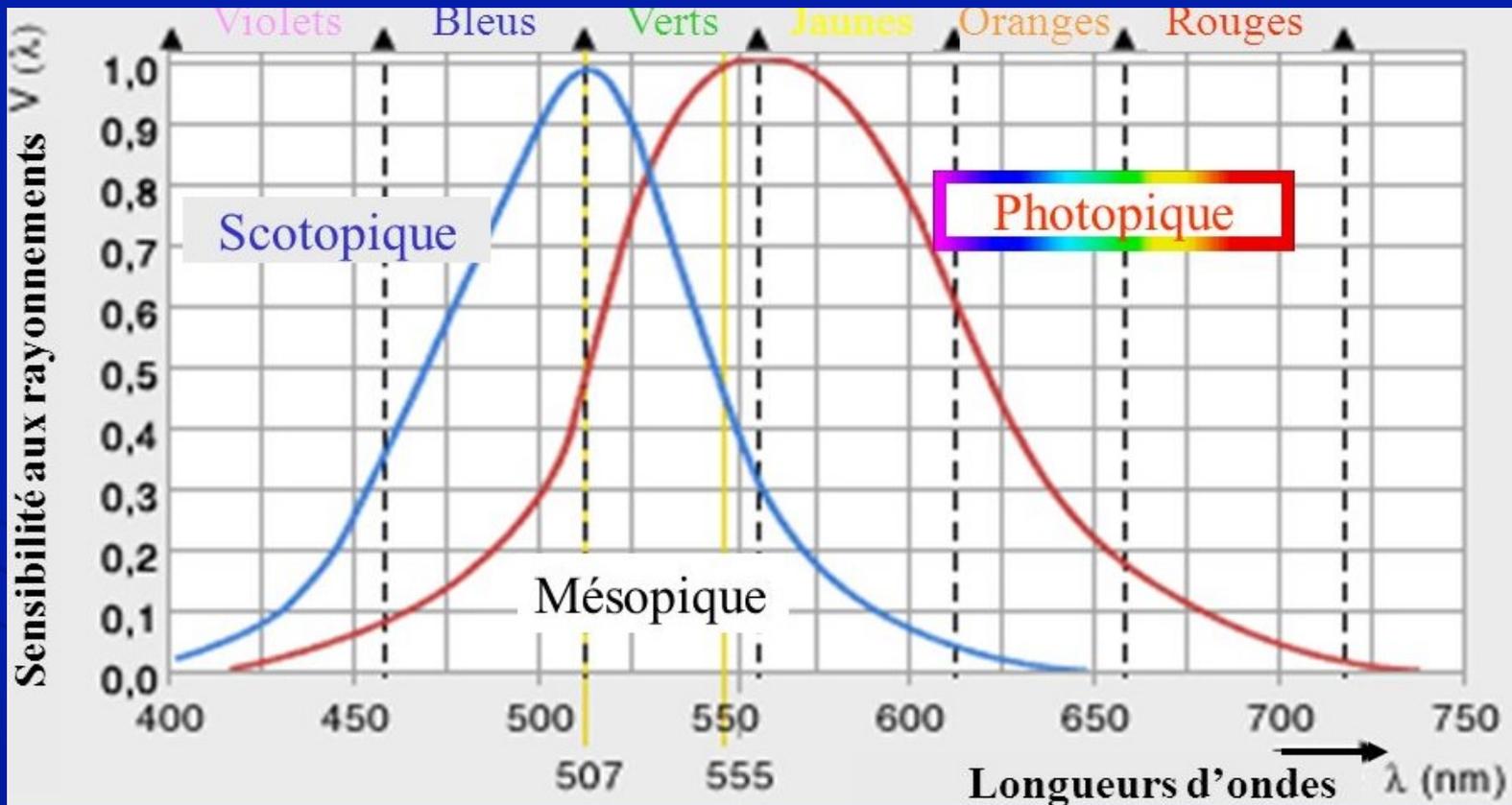


→ Les bâtonnets sont 1000 fois plus performants que les cônes à la longueur d'onde 500 nm : ils voient les très faibles luminosités mais pas les couleurs

Répartition Cônes/Bâtonnets dans le champ visuel



Les 3 types de vision : Photopique -Mésopique et Scotopique



→ La nuit la sensibilité de l'œil est décalée vers le bleu :
passage du maxi de sensibilité de 555 nm à 507 nm

Effet Stiles-Crawford

→ sensibilité directionnelle des cellules de la rétine = perte de sensibilité à la lumière en bordure du champ de vision (80 % en bordure de la pupille !)

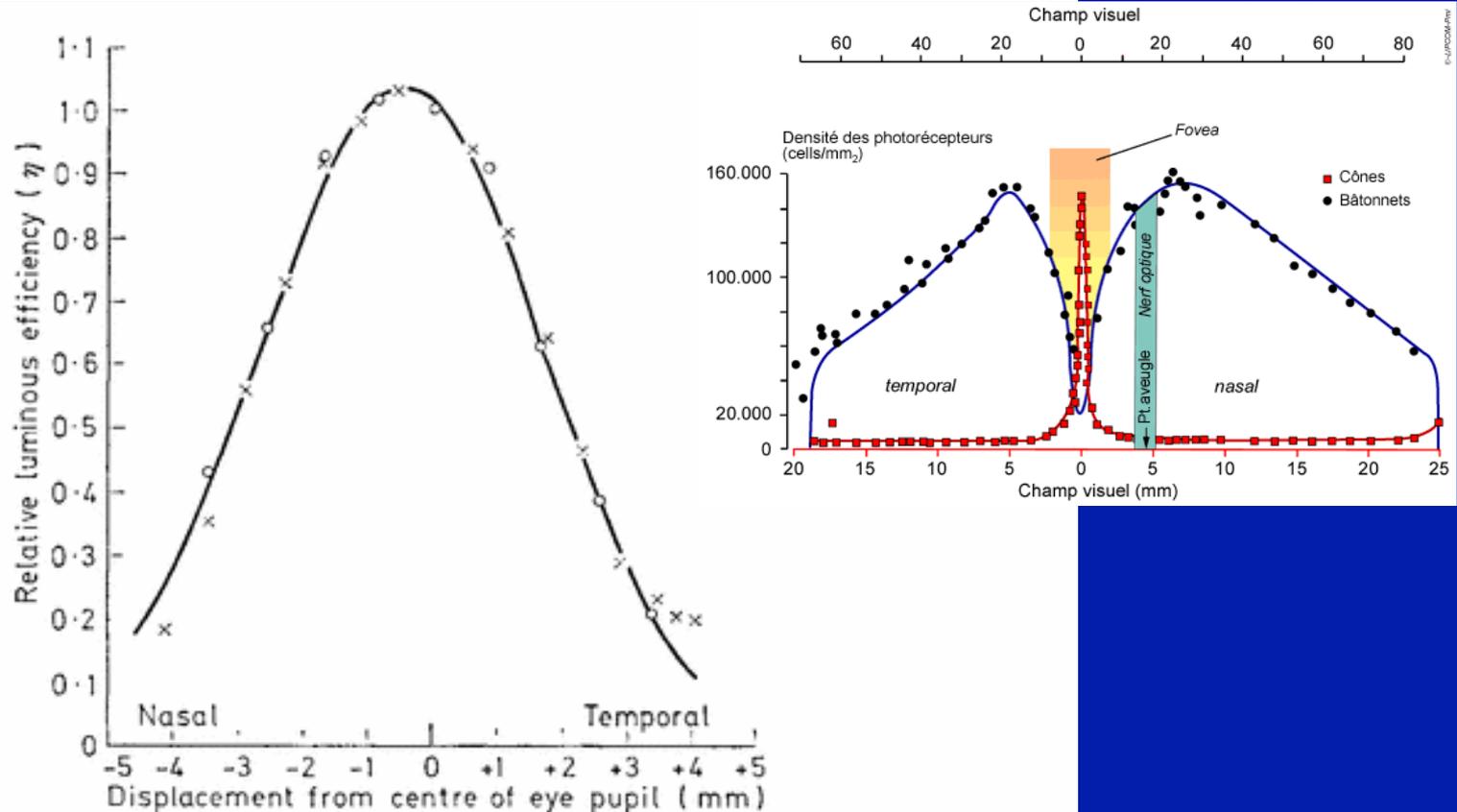
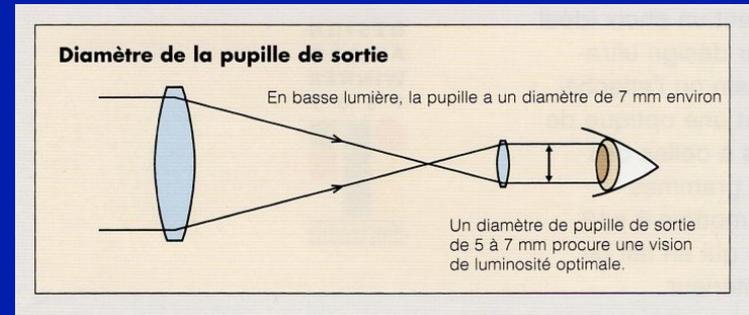


Fig. 2. Relative luminous efficiency (η) of light entering the eye pupil at different points for foveal vision. \times , measurements by photometric matching method (STILES and CRAWFORD, 1933); \odot , measurements by brightness threshold method (CRAWFORD, 1937);

$$\text{curve } \eta = 1.04 e^{-0.108 (\tau + 0.47)^2}$$

Le cercle Oculaire c.o. (ou pupille de sortie de l'instrument)

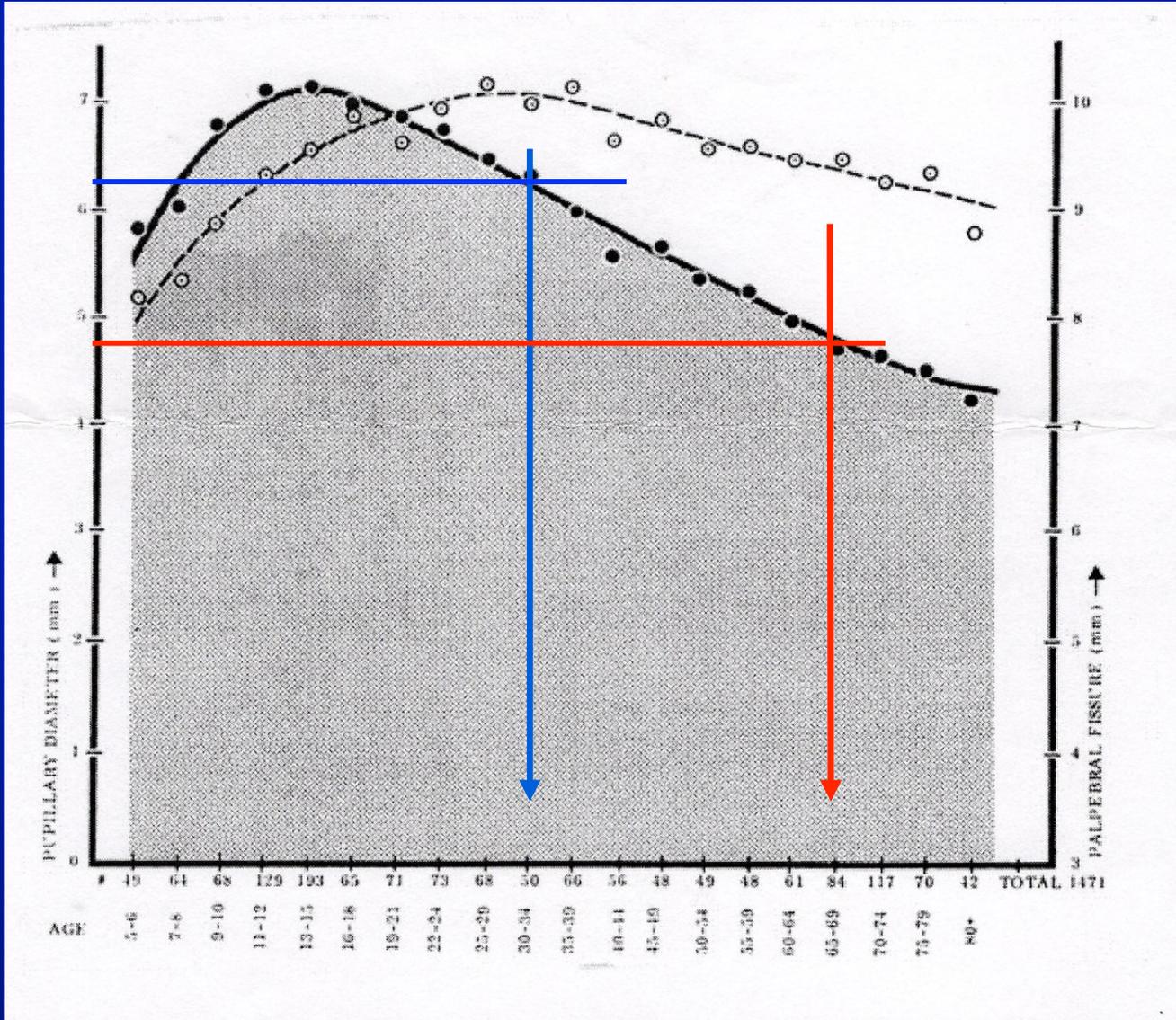


$$\text{c.o.} = D / G$$

Toute la lumière collectée par l'objectif passe par le cercle oculaire

→ il faut donc que le cercle oculaire soit absolument plus petit que le diamètre d'ouverture de la pupille de l'œil si on veut profiter pleinement du diamètre de l'instrument (sinon on diaphragme l'instrument à un diamètre plus petit)

Variation du diamètre maxi d'ouverture de la pupille avec l'âge



$$c.o. = D / G$$

Courbe de Lowenfeld

→ Il est nécessaire d'adapter G min au diamètre D de l'instrument (donc f oc à F obj)

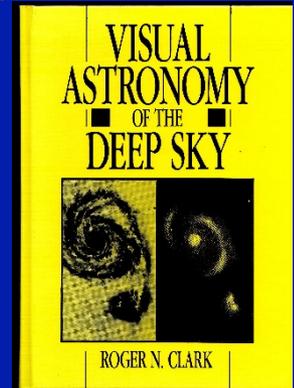
Les Performances de l'œil :

Les travaux de Arnulf et de Blackwell

Arnulf (1945) : les conditions d'utilisation optimum de l'œil dans les instruments d'optique

“ Les performances de l'œil dépendent de la luminosité L , du contraste C et de l'ouverture pupillaire $c.o.$ ”

Blackwell (1946) : les seuils de détection de l'œil en vision nocturne (travaux repris par Carlin et Schaeffer- Livre de R Clarke)



“ Les seuils de détection des contrastes par l'œil en vision nocturne dépendent de la taille et de la luminosité de l'objet par rapport au fond du ciel ”

Contraste et transmission du contraste par un instrument

Le contraste en photographie



Contraste renforcé



Image initiale



**Contraste diminué
Image plus terne**

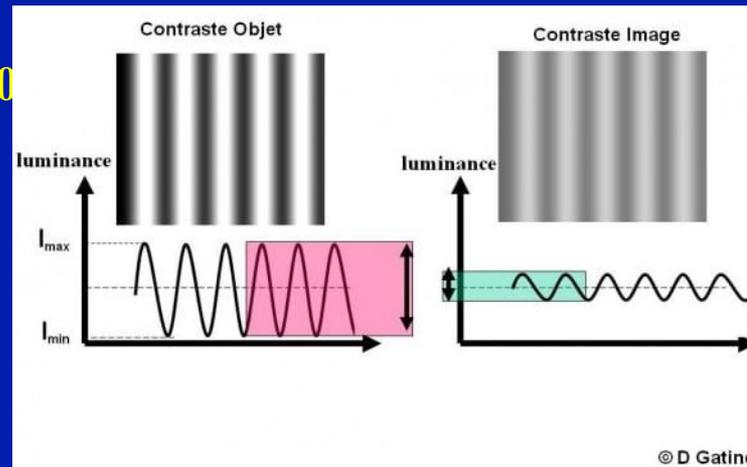
Approfondissement de la notion de Contraste

→ Définition du Contraste C :

$L =$ Luminosité de l'objet observé

$$C = (L_{\text{objet}} - L_{\text{fond}}) / L_{\text{fond}}$$

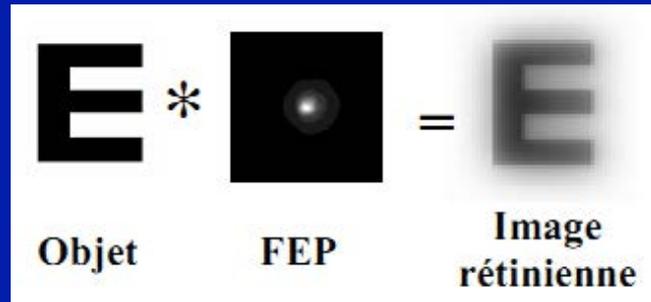
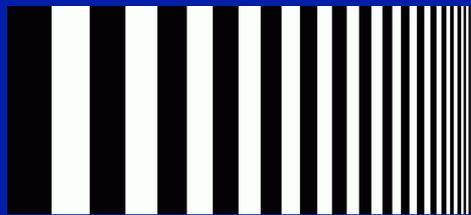
(compris entre 0



Dans les mires, le seuil de contraste est estimé en fonction du nombre de cycles (paire de lignes N/B) visibles par degré angulaire (Fréquence spatiale)

→ Autre définition: $C \# \Delta_{\text{objet}} / L_{\text{fond}}$ (astro)

Lors de l'observation, le contraste de l'objet est modifié par la Fonction d'étalement du Point (FEP)



**FEP= Fonction d'Étalement du Point
(PSF =Point Spread Function)**

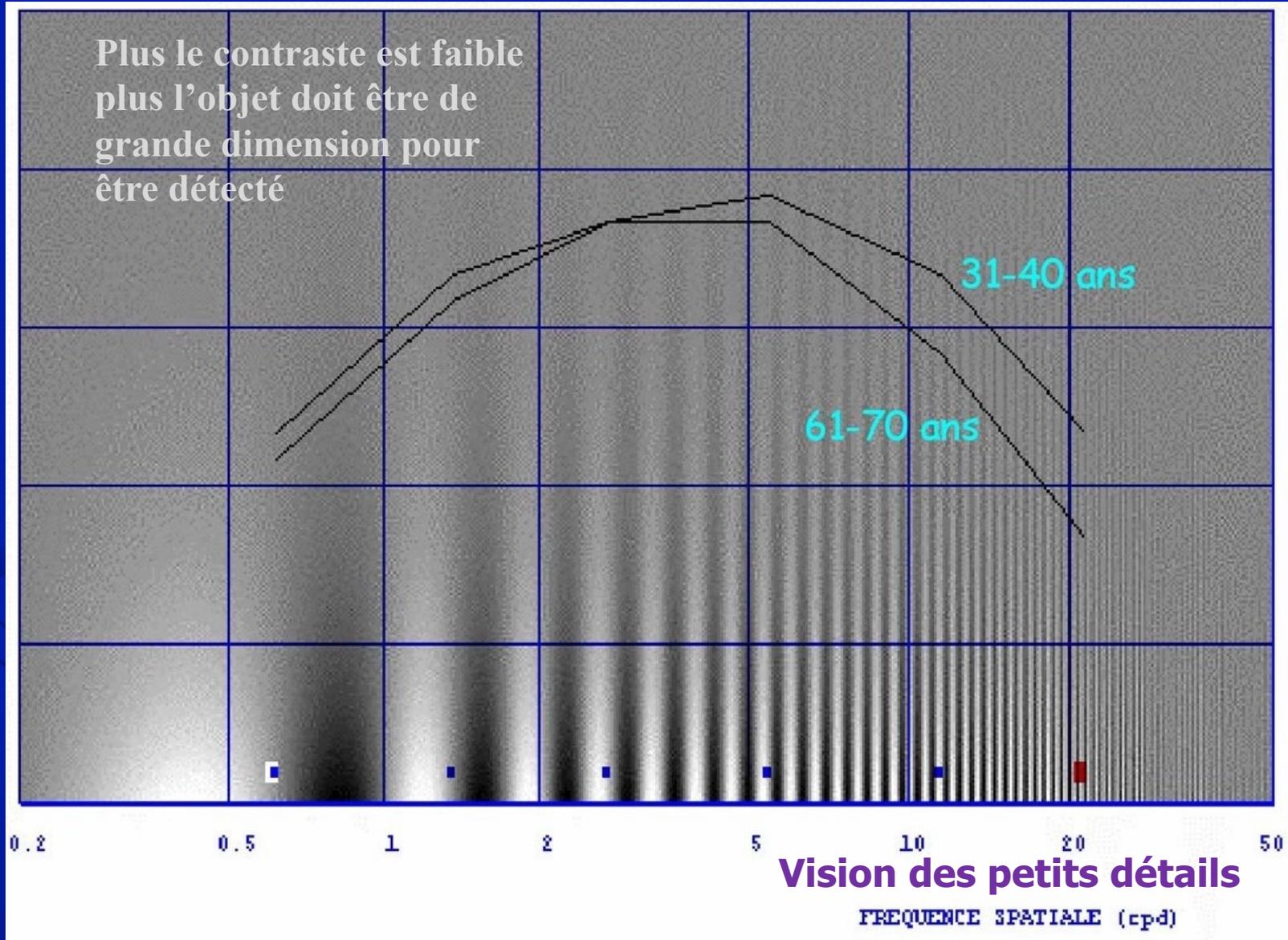
- **La notion de FEP est valable pour tout système optique : que ce soit pour l'œil ou pour un télescope !**
- **On introduit également une notion équivalente :
→ la Fonction de Transfert de Modulation (FTM)**

La FTM de l'oeil

Diminution
du
Contraste



Plus le contraste est faible
plus l'objet doit être de
grande dimension pour
être détecté



La Fonction de Transfert de Modulation de l'œil : Limite de perception des contrastes

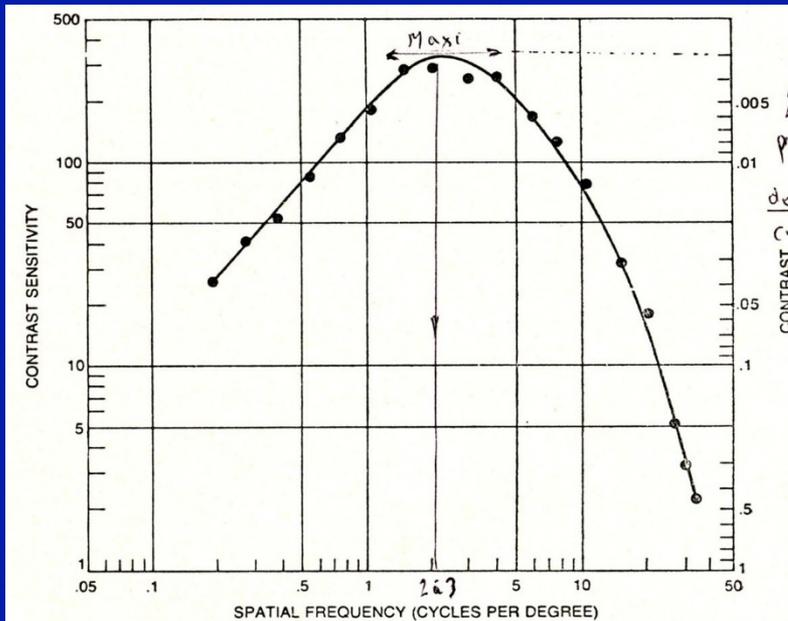
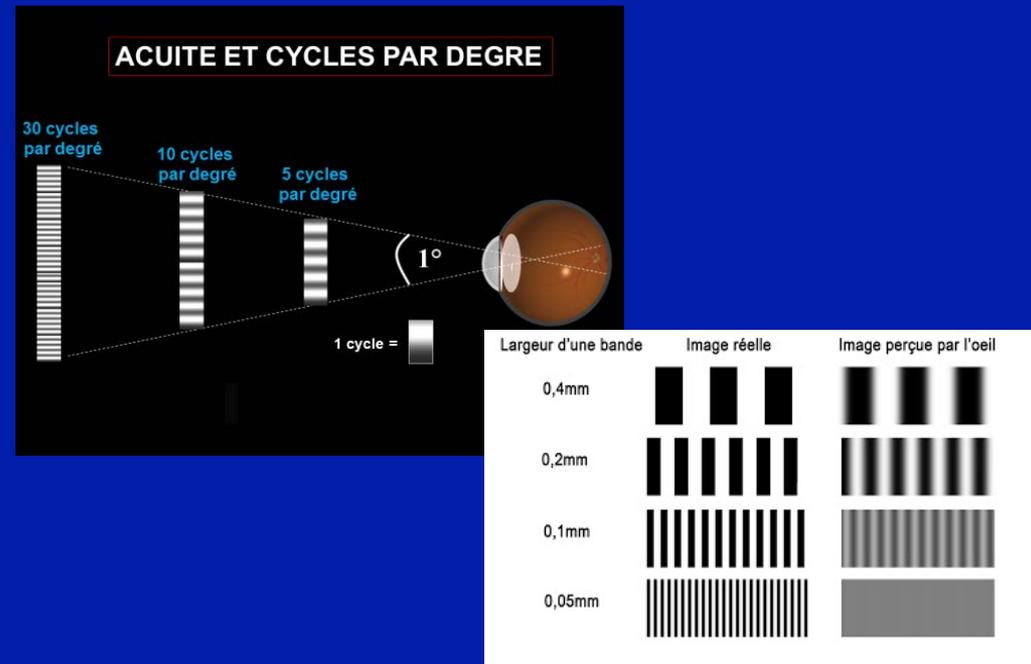
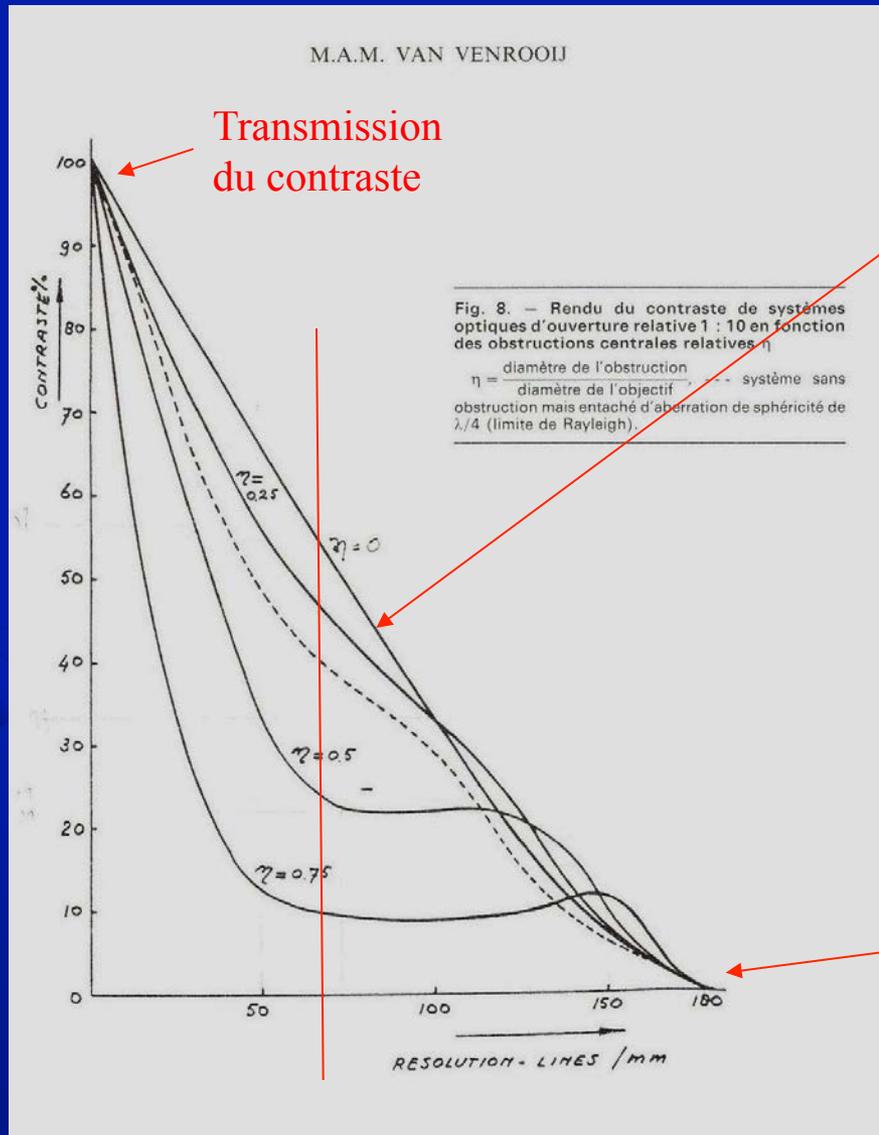


Fig. 3. — Fonction de Transfert de Modulation de l'œil humain moyen.



- Optimum** : 2 à 3 cycles par degré d'angle pour le contraste minimum $C = 0,003$
- détection d'un détail de 20 minutes d'angle au contraste minimum (rappel : acuité max de l'œil à $C = 1$ → la minute d'angle = 1/60^{ème} de degré)
- Plus le contraste est faible plus l'objet doit être grand pour être détecté (et moins les détails seront visibles)

La FTM d'un télescope



Ligne noire continue =
instrument parfait (Lunette)

Ligne en pointillée =
instrument avec aberration sphérique

[Autres lignes continues =
Influence de l'obstruction du
Télescope]

Résolution : taille du détail
(180 lignes/mm-Fréquence de coupure)

Contraste et cercle oculaire (travaux d'Arnulf)

Tableau II. – Diamètres recommandés d'anneau oculaire d'instruments d'optique, pour différentes valeurs de la luminance du fond et du contraste des objets.

Luminance \ Contraste	$L = 1$ (diurne)	$L = 10^{-4}$ (crépusculaire)	$L = 10^{-6}$ (nocturne)	$L = 10^{-8}$ (nocturne)
	ω_{rec}	ω_{rec}	ω_{rec}	ω_{rec}
$C = 1$	2	2,5	4	8
$C = 0,2$	2	2,5	6	8
$C = 0,1$	2	3	8	n.p.
$C = 0,04$	2	4	n.p.	n.p.
$C = 0,02$	2	6	n.p.	n.p.

L Luminance du fond (candéla/cm²)
 C contraste de l'objet sur le fond
 ω_{rec} diamètre recommandé de l'anneau oculaire (mm)
 n.p. non perçu.

(anneau oculaire= cercle oculaire)

→ Les possibilités de détection dépendent de la valeur du contraste C , du c.o et de la luminosité du fond.

- 1- augmentation du diamètre du c.o. pour percevoir les faibles contrastes)
- 2- Plus le ciel est noir plus le cercle oculaire peut être grand



Les travaux de Blackwell seront exploités dans le deuxième chapitre

2ème Partie :

- **Photométrie**
- **Loi de Pogson**
- **Luminosité**
- **Observation Planètes et Etoiles Doubles**
- **Echelle de Bortle**
- **Magnitude limite**

Photométrie

Notions de Photométrie (lumière visible)

- Flux lumineux : quantité de lumière rayonnée dans toutes les directions par une source lumineuse (débit de rayonnement lumineux) : **F en lumen (lm)**

- Intensité Lumineuse ou éclat d'une source ponctuelle (ex: étoile): Flux lumineux émis dans

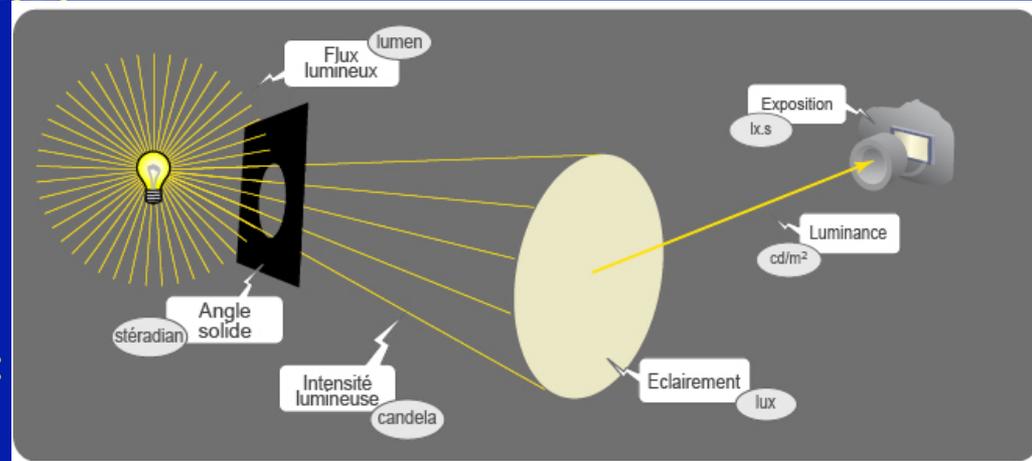
une direction déterminée : **I en candela (cd-anciennement Bougie)**

- Eclairement d'une surface S:

Flux lumineux reçu par la surface S : **E en lux (lx)**

- Luminance (anc brillance) d'un objet lumineux –l'ensemble de la surface est source de lumière : objet céleste étendu (galaxie-Amas Globulaire-nébuleuse) = Quantité de lumière envoyée par la surface lumineuse (sensation visuelle de luminosité d'une surface) : **L en cd/m^2**

Remarque : l'albedo permet de passer de l'éclairement à la luminance



Quelques exemples de Luminance

Soleil = $2 \cdot 10^9$ cd/m²

Pleine Lune au zénith = 6000 cd/m²

Ciel Clair de Lune = 0,01 cd/m²

Ciel bleu au zénith = 10 000 cd/m²

Ciel bleu à 75° du soleil = 1500 cd/m²

Ciel couvert = 2000 cd/m²

Ciel crépuscule (30 min après coucher du Soleil) = 0,5 cd/m²

Ciel nocturne moyen sans Lune (étoile mv=5) = $4 \cdot 10^{-3}$ cd/m²

→ Ciel nocturne sans Lune (étoile mv 6) = $1 \cdot 10^{-3}$ cd/m²

→ Ciel "astronomiquement" noir = $0,2 \cdot 10^{-3}$ cd/m² (0,0002 cd/m²)

Planètes : Venus = 15000 cd/m²

Mars = 4000 cd/m² - Jupiter = 800 cd/m² - Saturne = 700 cd/m² - Uranus = 60 cd/m²

Papier blanc en plein soleil = 30 000 cd/m²

Limite éblouissement > 10 000 cd/m²

Filament lampe à incandescence = 10^7 cd/m²

Flamme de bougie = $5 \cdot 10^3$ cd/m²

Flash = 1 à $5 \cdot 10^{10}$ cd/m²

Tube fluorescent = 1000 cd/m²

LED = 10^7 cd/m²

Blanc Ecran Ordinateur = 200 à 400 cd/m² (selon réglage)

Luminance et Eclairement rétinien

→ Les cellules rétiniennes sont activées par un niveau d'éclairement

Rappel :

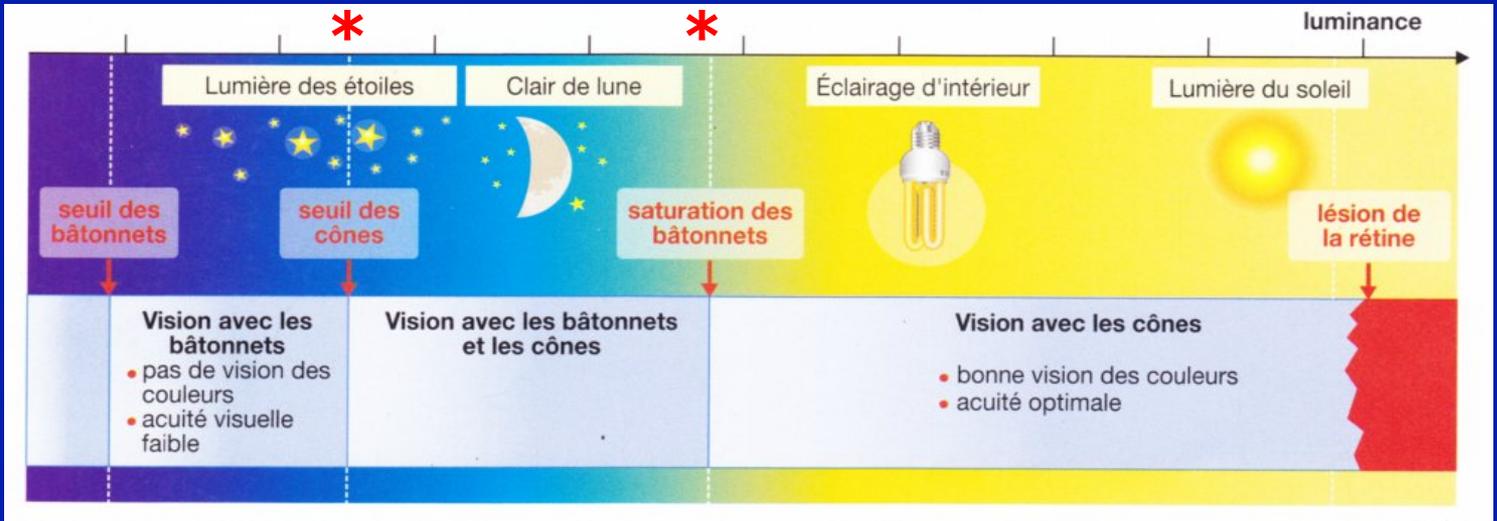
- A l'oeil nu : diamètre du pinceau lumineux = pupille d'ouverture de l'œil (d) (maxi 7 mm)
- A l'instrument: diamètre du pinceau lumineux = pupille de sortie de l'instrument ou cercle oculaire c.o → (dépend de D et de G) $c.o = D/G$

→ les lois de l'optique permettent d'énoncer:

1- l'éclairement de l'image rétinienne dans le cas de l'observation visuelle d'un objet sans surface apparente sensible (étoile) est proportionnel à l'éclat stellaire e (intensité lumineuse)
[le grossissement n'augmente pas l'éclairement]

2- L'éclairement de l'image rétinienne dans le cas de l'observation visuelle d'un objet avec surface sensible (objet étendu) est proportionnel à la luminance L de l'objet et à l'inverse du carré du grossissement G employé
[sera développé ultérieurement]

Vision nocturne et luminance



0,003 cd/m²

2 cd/m²

luminance

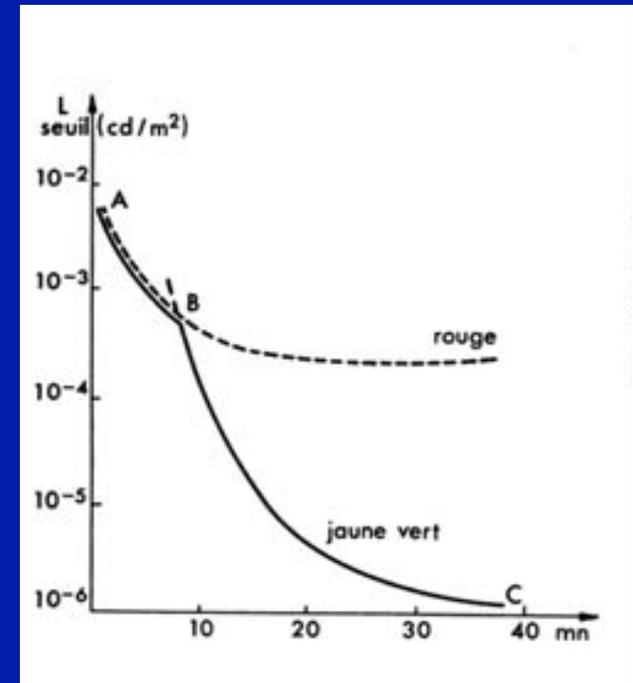
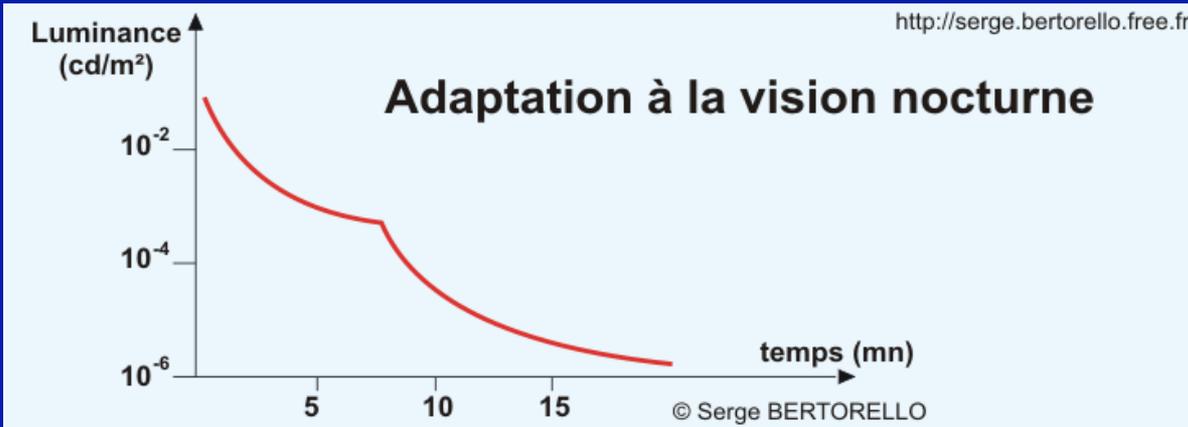
**Vision
Scotopique
(Bâtonnets)**

**Vision
Mesopique
(cônes
+Bâtonnets)**

**Vision
Photopique
(cônes)**

→ La grande majorité de nos observations astronomiques a lieu en vision mésopique

Adaptation de l'œil à la vision nocturne



- A partir de 10min /15 min on perçoit de plus en plus d'étoiles
- L'alcool et la fatigue diminuent les performances
- L'hyperventilation et les "myrtilles" augmentent la performance

Couleurs et performance

Loi “physiologique” de Weber-Fechner

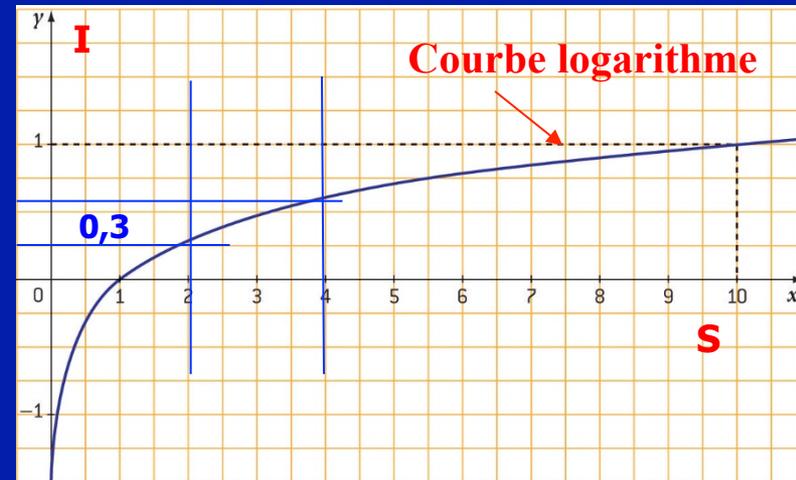
En réponse à une grandeur physique **S** appelé Stimulus qui affecte un organe des sens le cerveau enregistre une sensation avec une intensité **I** :

→ la loi de W-F s'énonce:

$$I = k \cdot \log S$$

c'est une *loi logarithmique*
des sensations (pas de proportionnalité)

Elle traduit la “réaction” physiologique du cerveau à un stimulus physique



→ 2 cas importants

-Stimulus sonore : S= puissance acoustique → la loi des décibels de l'intensité sonore

Une différence de 1 bel (10 db) au niveau de la sensation sonore correspond à un rapport de 10 en puissance acoustique

-Stimulus lumineux : S= luminosité/ éclairnement → la loi des magnitudes

La relation de Pogson

→ stimulus = éclairement / luminosité)

Cas de la source lumineuse ponctuelle (éclat) :

La sensation de luminosité enregistrée par le cerveau est relié à l'éclat E de l'étoile par la relation de Pogson (adapt de W-F à l'astronomie)

Pour une étoile d'éclat E (intensité lumineuse):

$$\text{Magnitude } m = - 2,5 \log E + \text{cste}$$

→ Plus E est grand (étoile brillante) plus m est petit voir négatif
(Sirius $m_v = -1,25$)

→ L'étalon de magnitude stellaire est Vega donc $E_{\text{ref}} = E_{\text{vega}}$
et on pose par définition : magnitude visuelle de Vega égale à 0

D'où: $m_v \text{ Vega} = 0$

$$m \text{ étoile} - m \text{ Vega} = - 2,5. \log (E \text{ étoile}/E \text{ Vega})$$

Ex : Si $E \text{ étoile} = 1/100$ éme de $E \text{ Vega}$ alors : $m \text{ étoile} = -2,5. \log (1/100) = +5$

La loi des magnitudes en fonction du diamètre de l'instrument

→ Valable pour les sources ponctuelles (étoiles)

« Le télescope travaille en entonnoir à lumière »

Gain en magnitude

$$\Delta m = 2,5 \cdot \log(D \text{ mm})$$

De 100 à 200 (x4): +0,8 mag

De 200 à 300 (x2,25) : +0,4

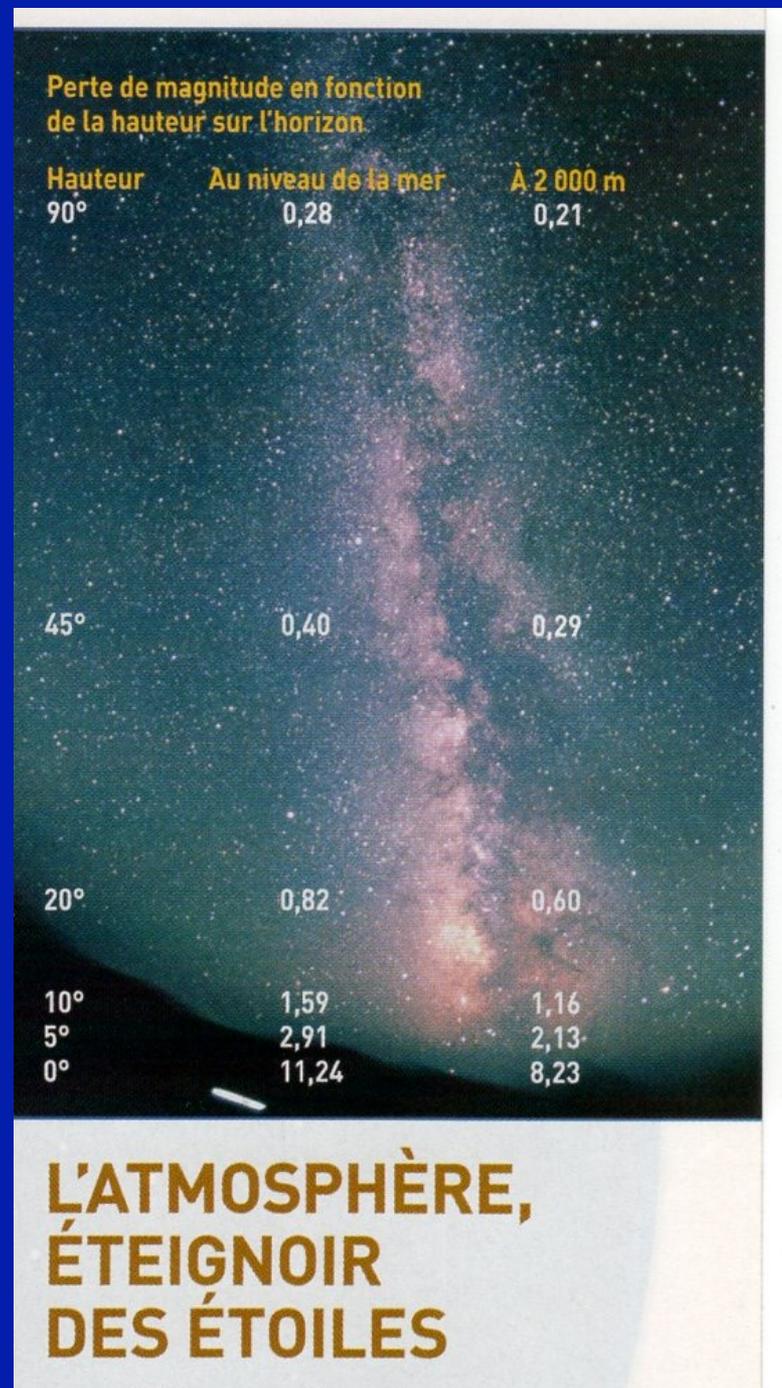
De 300 à 400 (x1,8) : +0,3

[De 400 à 635 (x2,5): + 0, 5]

Diamètre de l'instrument	Gain en Magnitude Δm (atteinte à l'oeil nu)
60 mm	+ 4,4
80	+4,8
100	+ 5,0
150	+5,4
200	+5,8
250	+ 6,0
300	+ 6,2
350	+ 6,4
400	+ 6,5
635 mm (Obsession 25 pouces)	+7,0

Effet de l'atmosphère (autre que la turbulence)

A 20 ° au-dessus de l'horizon on perd
de 0,6 à 0,8 magnitude
→ Pb pour voir Mercure ($m_v = + 1,5$)



Turbulence et Grossissement

La Turbulence t (ou seeing s)

→ La turbulence est mesurée par un angle donc en secondes d'arc

Cet angle représente l'ouverture d'un cône dans lequel fluctue le rayon lumineux du fait de la turbulence



→ 2 échelles d'estimation pour l'Astram :

- Echelle de Pickering : le *niveau* de Turbulence est estimée par l'aspect de la tache d'Airy selon une échelle d'apparence (établie avec $D = 130\text{mm}$)

- Echelle de Danjon : la *turbulence* est estimée par rapport au diamètre de la Tache d'Airy : $\rho = 14'' / D$ en cm



Echelle de Pickering et niveau de la turbulence

266 CONSTRUCTION DU TÉLESCOPE D'AMATEUR

COTE	t	DESCRIPTION (voir fig. 149)
V	$t < 0,25 \rho$	Images parfaites, sans déformation sensible et à peine agitées.
IV	$t = 0,25 \rho$	Anneaux complets, parcourus par des condensations mobiles.
III	$t = 0,5 \rho$	Agitation moyenne, anneaux de diffraction brisés, tache centrale à bords ondulants.
II	$t = \rho$	Agitation vive, anneaux évanouissants ou absents.
I	$t > 1,5 \rho$	Image tendant vers l'aspect planétaire.

Danjon's Scale showing 5 stages of Airy disk appearance, labeled V, IV, III, II, and I from left to right. Below each stage is a corresponding t/ρ value: $t/\rho < 0,25$, $t/\rho = 0,25$, $t/\rho = 0,5$, $t/\rho = 1$, and $t/\rho > 1,5$. A red arrow points to the 3rd stage.

Fig. 149. — Échelle de cotation de la turbulence dans un petit instrument.

→ Echelle 5 de Pickering # cote III de Danjon Echelle de Danjon en t/ρ

Turbulence t / Seeing s et choix du grossissement

➔ Relation empirique Grossissement maxi et turbulence : $G_{max} \# 225 / t$

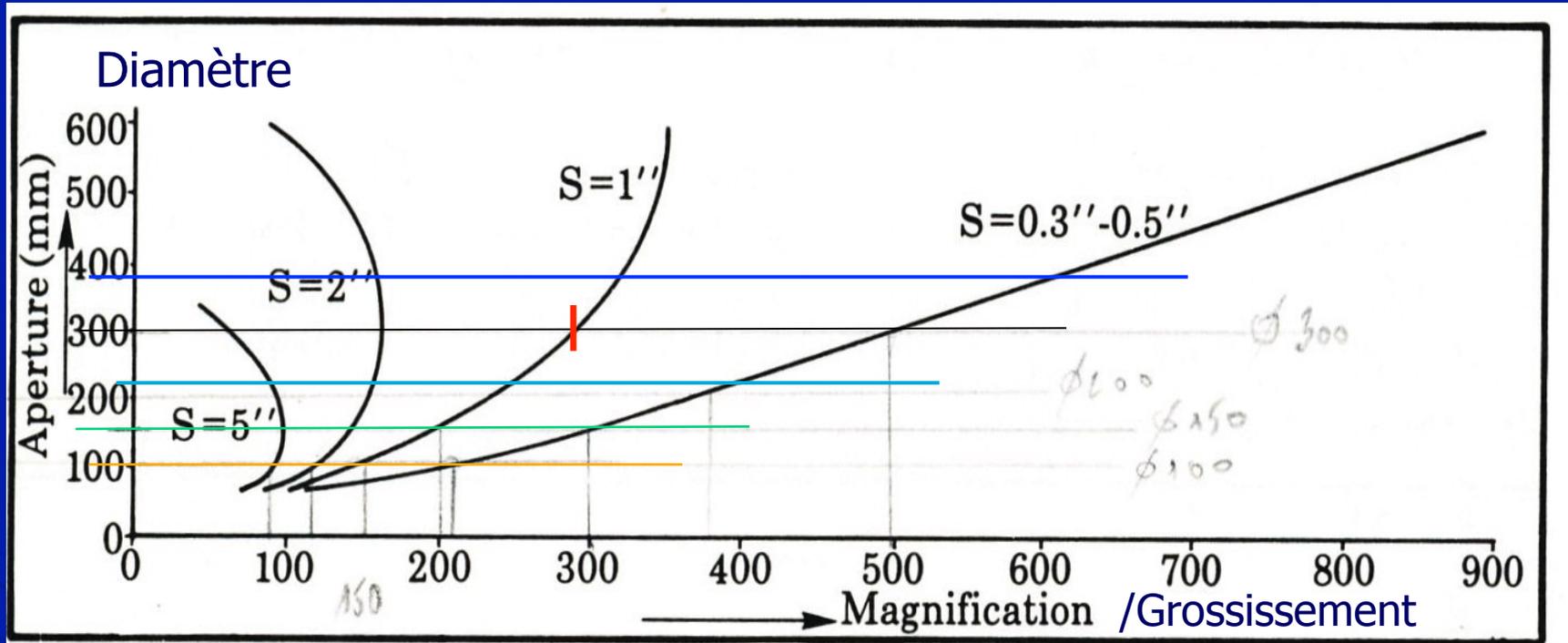


Fig. 18.10 Optimum Magnification in the Presence of Scintillation. (Turbulence)

Star Testing Astronomical Telescopes-H Suiter

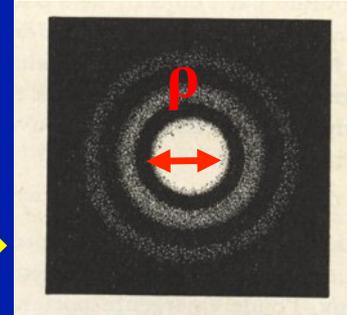
Grossissement optimal en présence de turbulence

➔ Pour $s = 1''$ G croit # proportionnellement au diamètre jusqu'à $D = 300\text{mm}$, mais au-dessus de 300mm les possibilités de grossissement diminuent de façon drastique ! ➔ on doit adapter le grossissement au niveau de turbulence.

Observation des Etoiles Doubles

→ La luminosité du ciel est peu gênante, en revanche le niveau de turbulence est fondamental.

Rappel : Le Pouvoir Séparateur dépend du diamètre D objectif
Diamètre de la Tache d'Airy →



$$\rho'' = 14 / D \text{ cm}$$

ρ est l'image de la Point Spread Function (PSF)

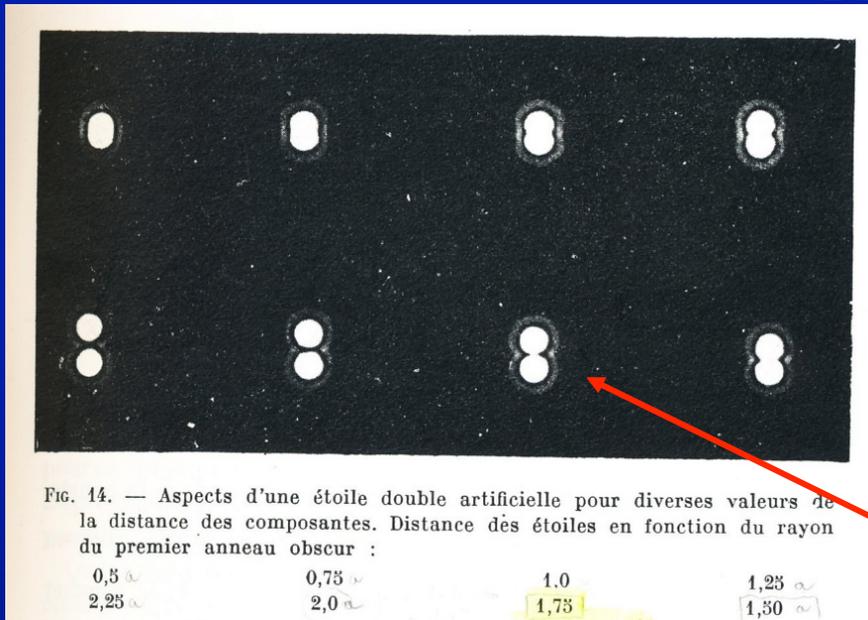
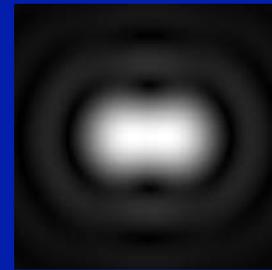


FIG. 14. — Aspects d'une étoile double artificielle pour diverses valeurs de la distance des composantes. Distance des étoiles en fonction du rayon du premier anneau obscur :



PS '' = 12 / D cm
(critère Dawes)

$$PS = 1,75 \cdot P \rightarrow$$

Ex Lunette D=100 mm
 $\rho = 1,4'' \rightarrow PS = 2,4''$

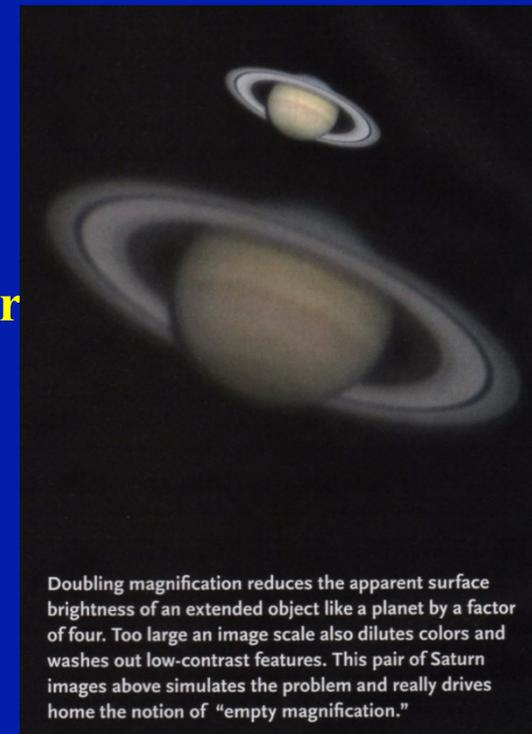
→ Mais importance de l'équilibre du couple au point de vue luminosité :
Règle empirique : le PS est x 2 quand l'écart de luminosité $\Delta m = 3$
confère: ED Sirius : $m_v = -1,45$ et 9 et séparation = $11''$ (en 2018)

L'observation des objets "lumineux"

→ observation planétaire

- Lors de l'observation des planètes la luminosité du fond du ciel n'est pas vraiment un problème car les objets sont très lumineux par eux-mêmes et le contraste sur le fond du ciel sera toujours important.
- En revanche c'est la taille du détail planétaire et son contraste par rapport à surface planétaire qui vont être les paramètres importants.
- La luminosité de la surface planétaire va déterminer le grossissement optimal G_o à employer afin que l'oeil travaille au mieux de ses possibilités:
→ généralement obtenues pour $0,6 \text{ mm} < c.o < 2 \text{ mm}$.

Remarque: l'observation des Nébuleuses Planétaires peut s'assimiler à l'observation des planètes



Grossissements planétaires recommandés par Dragesco :



*Pour une turbulence # 1 ‘ d’arc –(turbulence assez faible pour le Voironnais)
et $D < 250$ mm*

-Lune = Go # 2 à 3 x D mm (bon contraste des formations lunaires)

- Venus = Go # 1 à 1,5 x D mm (forte luminosité -quelques contrastes faibles visibles dans le violet- le V de vénus)

- Mars = Go # 2 à 2,5 x D mm (détails bien contrastés m
du diamètre angulaire de la planète)

- Jupiter = Go # 1,6 à 2x D mm
(détails moins contrastés que sur Mars)

- Saturne = Go # 1,5 x à 1,8x D mm
(luminosité plus faible et contrastes encore moins marqués)

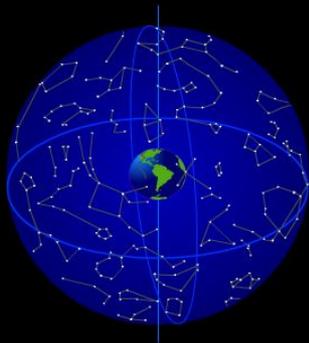
-Uranus / Neptune = Pas de détails vraiment accessibles en visuel à l’astronome amateur



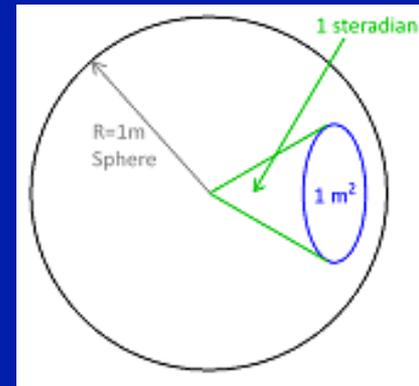
→ Mais en réalité , c’est la turbulence qui va imposer le grossissement

Le ciel nocturne

Surfaces sur la voûte céleste : les degrés² - minutes² et secondes²



- En géométrie plane : le radian
 $1 \text{ radian} = (360^\circ / 2\pi) = 57,3^\circ$
- Sur une sphère de rayon R : le stéradian
 = angle d'un cône qui découpe sur la sphère une surface égale à R^2
- $1 \text{ stéradian} = (360/2\pi) \cdot (360/2\pi)$
 [sorte de radian au carré]



$1 \text{ stéradian} = (360/2\pi) \cdot (360/2\pi) = 3282,8 \text{ deg}^2$

Surface d'une sphère = 4π stéradians

D'où surface de la voûte céleste = 41253 deg^2

$1 \text{ deg}^2 = (60') \cdot (60') = 3600 \text{ minutes}^2$ et $1 \text{ min}^2 = 3600 \text{ sec}^2$

d'où $1 \text{ sec}^2 \# 2 \text{ millièmes de milliardième de la voûte céleste}$

Ex: étendue des constellations (88 constellations en tout)

Constellations les plus étendues:

- l'Hydre (femelle) : 1303 deg² (3,16 % de la voûte céleste)
- la Vierge : 1294 deg² (3,14 %)
- la Grande Ourse : 1280 deg² (3,10 %)

Constellations les plus petites:

- la Fleche : 80 deg² (0,17 %)
- le Petit Cheval : 72 deg² (0,17%)
- la Croix du Sud : 68 deg² (0,16 %)

Magnitude d' un objet avec surface visible (ex: galaxies)

L'Objet observé possède surface lumineuse (luminance) :

→ Il faut adapter la loi de Pogson:

On définit la magnitude non plus avec l'éclat E mais avec la luminance de l'objet en tenant compte de sa surface apparente (sa dimension sur le ciel)

→ La luminance globale est alors appelée "Brillance Surfaccique" B :

La magnitude est alors donnée par la relation (adaptation de la Loi de Pogson):

$$m = - 2,5.\log B - 12,6$$

m est donné en " magnitudes /arc-sec² "



Se souvenir que B est intégrée sur toute la surface apparente de l'objet

Ex: M 31 mv # 4 mais B= 22,3 mag/arc-sec² (dim 160 x 60 arc-min)

M 51 mv # 8 mais B = 21,1 mag /arc-sec² (dim 9 x 5 arc- min)

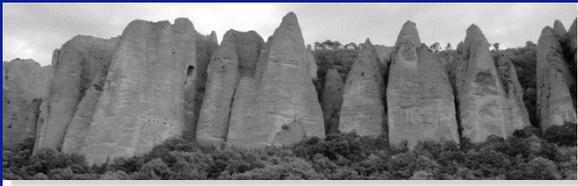
M 101 mv # 8 mais B = 24,2 mag /arc-sec² (dim 22 x 20 arc-min)

[Remarque : mag/arcmin² = mag/arcsec² - 8,9]

→ Mais c'est surtout la Brillance Surfaccique (luminance) du fond du ciel qui va être le paramètre déterminant pour l'observation

Le ciel noir : pas vraiment noir !

- Fluorescence de l'oxygène= airglow
- Nuisances lumineuses : éclairages divers et variés dont une partie du flux lumineux dirigée ou renvoyée vers le ciel



Ex : Les Mées



Airglow

- Transparence :
(aérosols et fumées)



Lumière zodiacale

Le ciel astronomiquement noir

- Ciel ‘‘astronomiquement’’ noir (Le Graal) : le ciel est considéré comme un objet étendu avec une surface qui a une luminosité: *On peut donc parler de la brillance surfacique du ciel et de la magnitude de la voute céleste en mag/arcsec²*

➔ Brillance surfacique du ciel astronomiquement noir :

$$B = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ cd/m}^2 \text{ conduisant à } m > 21,8 \text{ mag/arcsec}^2$$

Désert d'Atacama = 22 mag/arc sec²

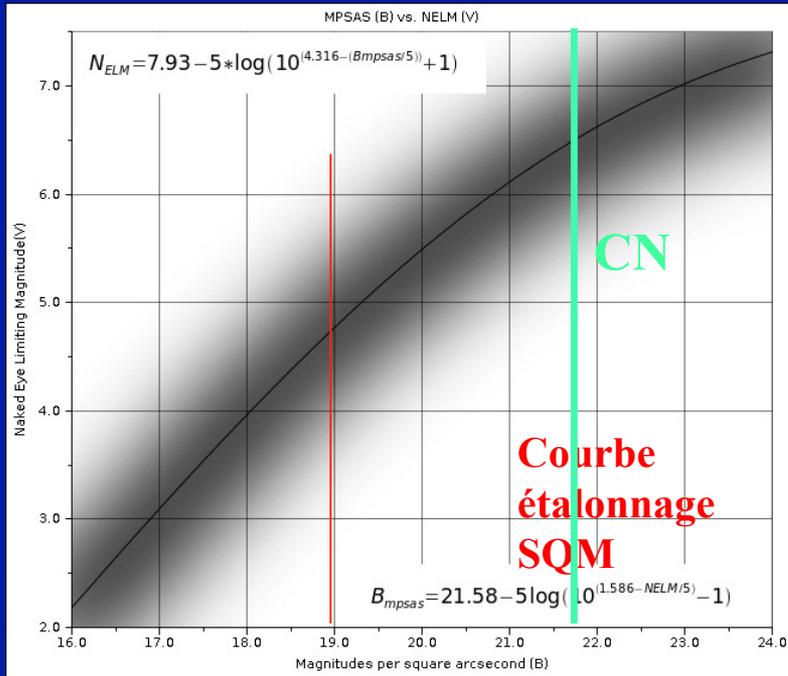
Namibie (Ferme Tivoli) = 22,1 mag /arcsec²

Restefond = 21,6 mag/arcsec² (12 aout 2012)

➔ Avec un tel ciel, les bons yeux voient des étoiles de magnitude 6,5 à 7 et # 6000 étoiles dans le ciel (2 hémisphères) !

Luminosité du fond du ciel : échelle de Bortle

→ Echelle permettant d'estimer la "noirceur" du ciel

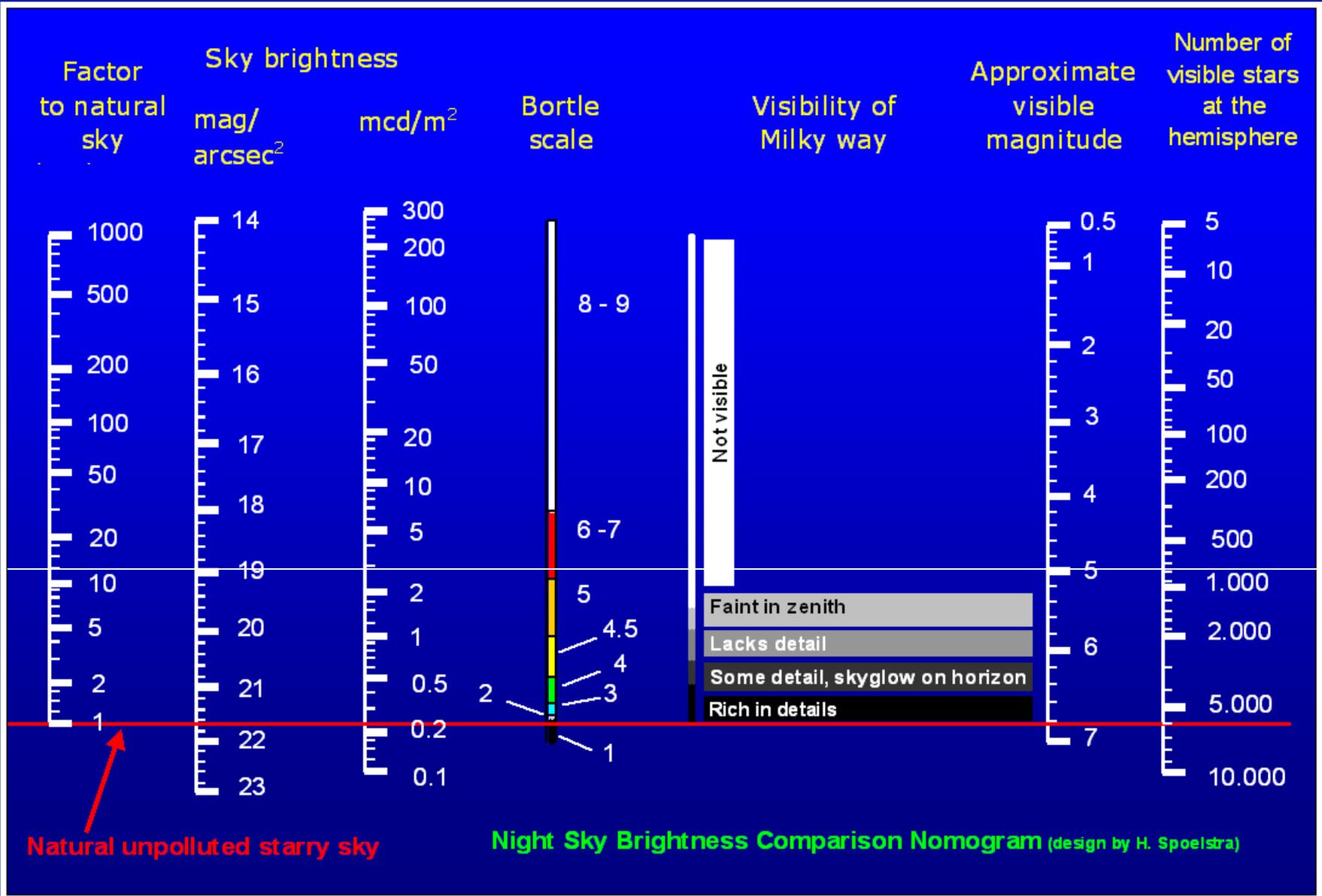


Color Magnitude	Bortle Class	Sky Brightness mag/arcsec ²	Artifi./Natural
7.6 - 8.0	1	>21.90	<0.01
7.1 - 7.5	2	21.90 - 21.50	0.01 - 0.11
6.6 - 7.0	3	21.50 - 21.30	0.11 - 0.33
6.3 - 6.5	4	21.30 - 20.80	0.33 - 1.00
6.1 - 6.3	4.5	20.80 - 20.10	1.00 - 3.00
5.6 - 6.0	5	21.1 - 19.10	3.00 - 9.00
5.0 - 5.5	6,7	19.1 - 18.00	9.00 - 27.0
<4.5	8,9	<18.00	>27.0

→ Le SQM donne directement les mag/arcsec² : réalisation de mesures et de cartes de nuisances lumineuses

- Reaumont : SQM brut = 20,0 - 20,5 mais " corrigé" à 18,5 à 19
- Col du Banchet = 20 à 21 (correction ?)
- Saint Véran : 21,4 - Valdrome : 21,5-
- Pic du midi: 21,6 –
- Observatoire de Paris : 17,3

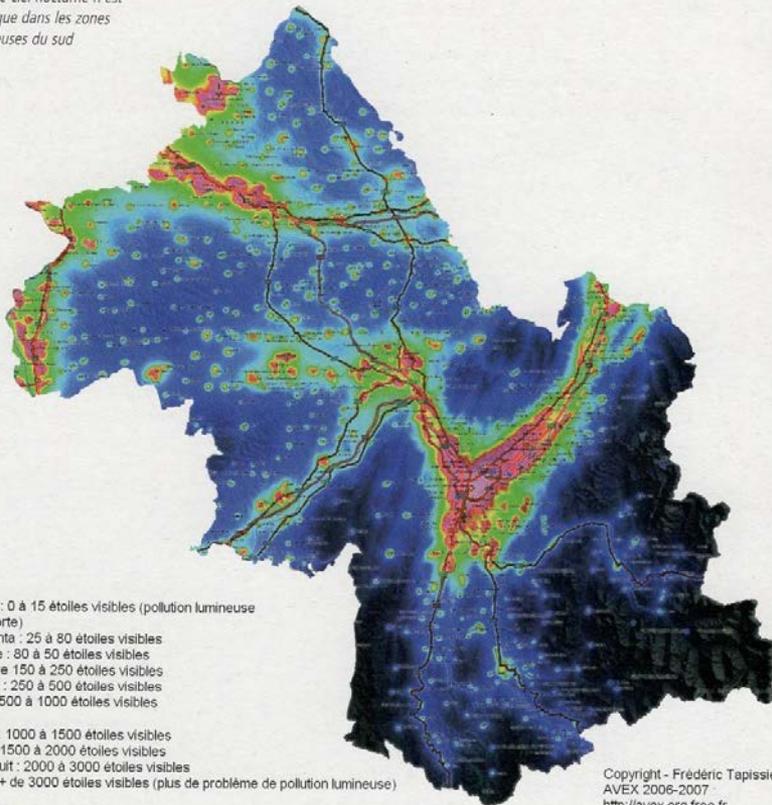
Le Normographe de Bortle



La nuisance lumineuse en Rhône -Alpes

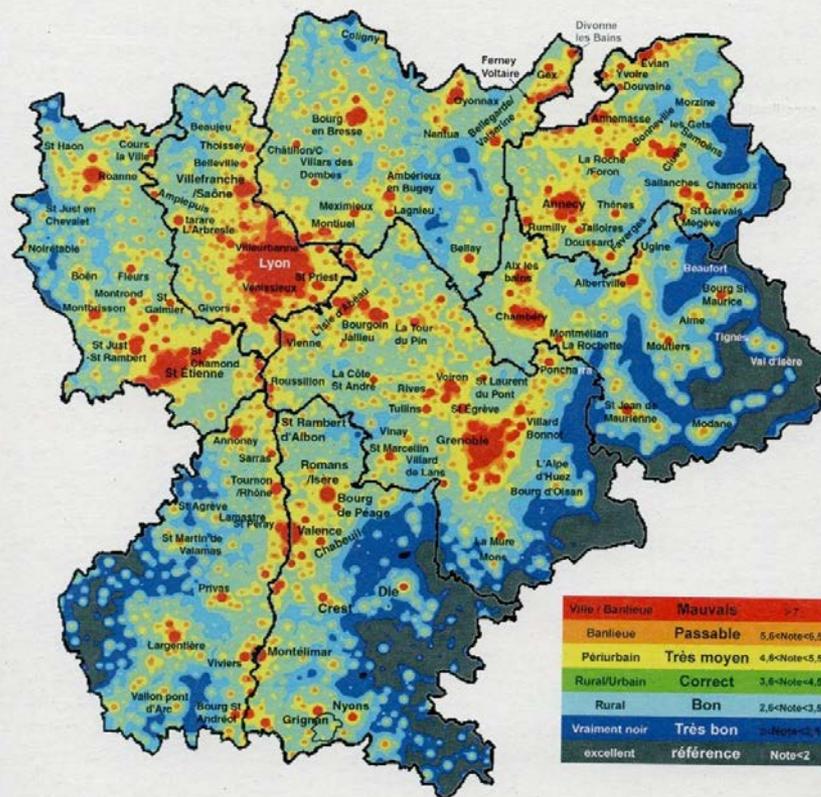
Les conditions d'observations du ciel nocturne en Isère

En Isère, le ciel nocturne n'est préservé que dans les zones montagneuses du sud

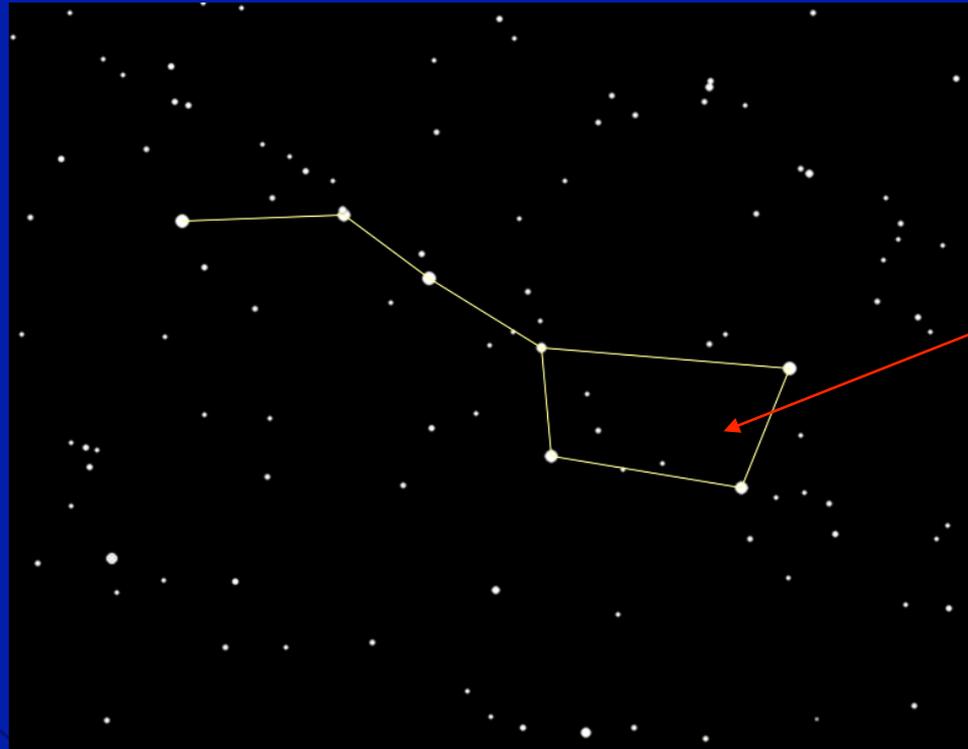


La pollution lumineuse en Rhône-Alpes

© Richard Dauvillier, Michel Bonavitacola et Nicolas Bessola/ANPCEN



Limite magnitude visible à l'œil nu : test "Quadrilatère Grande Ourse"



Si 3 étoiles mv# 6

1 étoile visible mv lim = 5,4

3 étoiles visibles mv lim = 5,9/6

RAP 2017 → œil Julien: 1 étoile visible- B # 20 mag/arcsec²!

Ce premier chapitre nous a permis de préciser les notions de cercle oculaire , de contraste et de luminosité, de réponse de l' œil, de qualité du ciel et d' étudier l' observation des Objets Lumineux du Ciel

→ Dans le second chapitre, nous étudierons à l' aide de ces notions et de façon plus approfondie l' observation des Objets du Ciel Profond (OCP ou DSO) et la problématique :

Brillance surfacique (B) de l' objet / télescope (D) / luminosité du fond du ciel / vision oculaire (G)

→ les Travaux de Blackwell et consorts



Cas de la source lumineuse étendue :

→ Eclairage , contraste et grossissement

1- dans l'observation des étoiles le niveau d'éclairage rétinien n'est fonction que du diamètre D

(grossir ne fait pas apparaître les étoiles plus brillantes qu'à l'œil nu)

2- Mais dans l'observation des objets avec une surface sensible (objet du ciel profond) quand on grossit le niveau d'éclairage rétinien diminue

Conséquence 1: le contraste étoile / objet étendu va donc augmenter : une étoile centrale d'une NP peut devenir visible en grossissant (ex: NGC 2392)

Conséquence 2: Le contraste [objet/ fond du ciel] ne va pas être modifié (bien que la luminosité soit diminuée) mais la dimension de l'objet va augmenter (la dimension du fond du ciel ne va pas bouger) et pour un contraste inchangé l'objet sera mieux visible (cf FTM de l'œil) (le fond du ciel semble s'assombrir et donc l'objet devenir plus lumineux)

→ Il existe donc un grossissement optimum pour chaque objet du ciel profond (adaptation du grossissement au contraste)