

SECURITE LASER

sécurité des appareils à laser

partie 1 : classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur

E : Safety of laser products
Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide

D : Sicherheit von Laser-Einrichtungen
Teil 1 : Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 5 juin 1994 pour prendre effet à compter du 5 juillet 1994.

Remplace la norme homologuée NF EN 60825 (indice C 43-801) de janvier 1992.

correspondance La norme européenne EN 60825-1 a le statut de norme française. Elle reproduit intégralement le texte de la norme internationale CEI 825-1:1993.

analyse Le présent document constitue la première partie de l'ensemble des normes traitant de la sécurité des appareils à laser. Elle traite de la classification des lasers en fonction de leur puissance de prescriptions les concernant. Elle fournit des exemples de calculs de sécurité pour l'utilisateur.

descripteurs Appareils à laser, sécurité de rayonnement, classification des matériels, prescriptions, guide de l'utilisateur.

modifications L'avant-propos explicite les raisons de l'annulation de la norme NF EN 60825 (indice C 43-801) de janvier 1992.

corrections

Bibliographie et documents de travail:

Sécurité des appareils à laser

norme européenne **NF EN 60825-1** juillet 1994

norme européenne **NF EN 60825-1 / A11** juin 2000

norme européenne **NF EN 60825-1 / A2** mars 2005

norme européenne **NF EN 60825-1 / A2** janvier 2006

5.9 *Plaques indicatrices pour les panneaux d'accès*

5.9.1 *Plaques indicatrices pour les panneaux*

Toute connexion, tout panneau d'un capot de protection et tout panneau d'accès d'une enceinte de protection qui, une fois enlevé ou déplacé, permet l'accès humain au rayonnement laser dépassant les LEA de classe 1 doit comporter une plaque portant ces mots:

ATTENTION – RAYONNEMENT LASER EN CAS D'OUVERTURE

En plus, la plaque doit comporter les mots:

a) **NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU**

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 2;

b) **NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU
NI À L'OEIL NU NI À L'AIDE D'INSTRUMENTS D'OPTIQUE**

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 3A;

c) **EXPOSITION DANGEREUSE AU FAISCEAU**

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 3B;

d) **EXPOSITION DANGEREUSE DE L'OEIL OU DE LA PEAU
AU RAYONNEMENT DIRECT OU DIFFUS**

si le rayonnement accessible dépasse les limites de la classe 3B à toute longueur d'onde.

5.9.2 *Plaques indicatrices pour panneaux à verrouillage de sécurité*

Des plaques convenables doivent être clairement associées à chaque verrouillage de sécurité, qui peut être rapidement neutralisé et qui pourrait alors permettre l'accès humain au rayonnement laser dépassant les limites de la classe 1. De telles plaques doivent être visibles avant et pendant l'opération de neutralisation de la sécurité et être toutes proches de l'ouverture créée par l'enlèvement du capot de protection et doivent porter les mots:

ATTENTION – RAYONNEMENT LASER DANGEREUX EN CAS D'OUVERTURE ET LORSQUE LA SÉCURITÉ EST NEUTRALISÉE

De plus, cette plaque portera les mots spécifiés aux points a), b), c) et d) du 5.9.1.

- Généralités

- Domaine d'application de la norme

- Qu'est ce qu'un « appareil à laser »:

- *Laser (avec ou sans alimentation) ou chaîne de laser, les LED*

- Que faire si le laser est incorporé dans un matériel?

- Prendre en compte la norme de sécurité des appareils à laser en plus de la norme de sécurité du matériel.*

- But de la norme ?

- Protéger les personnes (fabricant et utilisateur) contre le rayonnement allant de $180 \text{ nm} < \lambda < 1 \text{ mm}$ et d'une durée de $10^{-13} \text{ s} < \Delta t < \text{continue}$*

- Prescriptions de fabrication

- Spécifications techniques

- Le capot de protection

- *Empêche l'accès à un rayonnement laser de classe supérieure à 1*
 - *Son démontage doit nécessiter l'utilisation d'outils*

- Nécessité d'un verrouillage de sécurité suivant la classe du laser et la classe du rayonnement intérieure accessible

- Type de verrouillage à utiliser (commande clef, verrouillage à distance ...)

–L' étiquetage (étiquetage sur le laser, panneaux d'accès)

- Mise en place d'une charte graphique, d'un code de couleur et de la phrase à mettre sur le panneau
- L'avertissement à y inscrire est définie suivant la classe du laser, son type de rayonnement (UV, visible ou infrarouge)

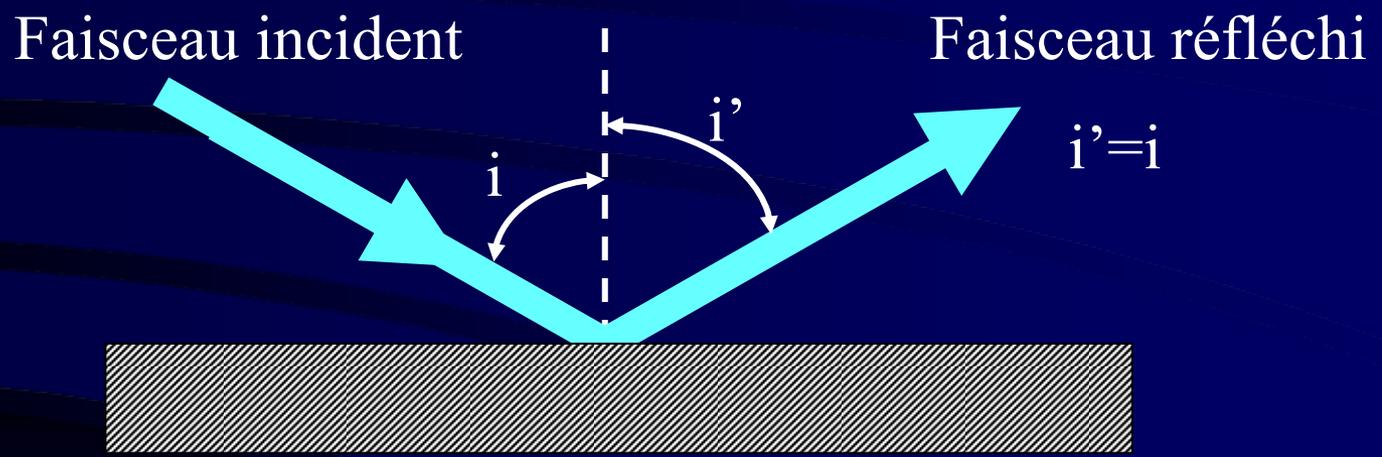
–La classification des lasers

Quelques définitions

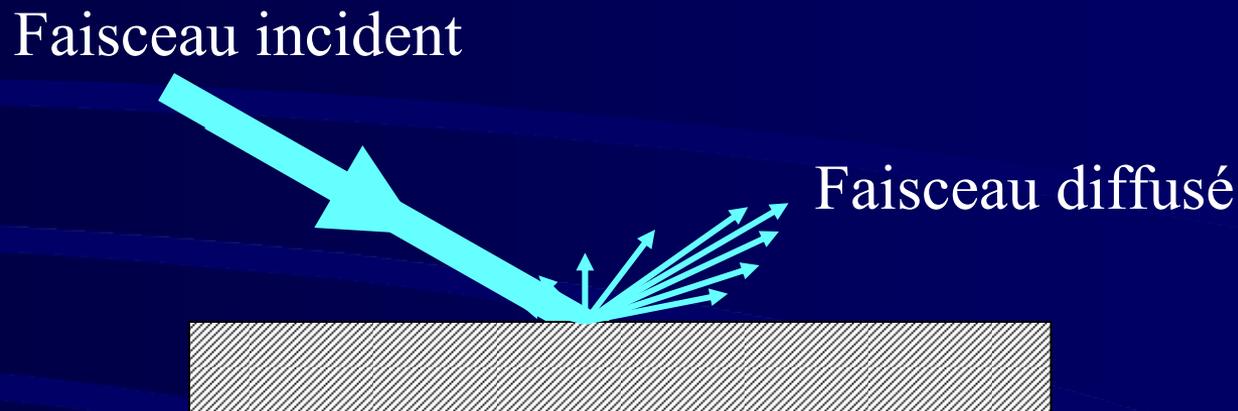
Réflexe palpébral: $t = 0,25 \text{ s}$

Réflexe de défense de l'œil à un rayonnement dans le visible trop intense. Cela se traduit par la fermeture des paupières

Réflexion spéculaire: réflexion sur une surface dont les irrégularités sont petites devant la longueur d'onde. Les lois de l'optique géométrique s'appliquent



Réflexion diffuse: réflexion sur une surface dont les irrégularités sont grandes devant la longueur d'onde



Il n'y a plus de relation liant l'angle d'incidence et une direction éventuelle d'un maximum de puissance

Diffusion parfaite si la puissance se répartie dans le demi espace (2π st) sans direction privilégiée



Surtout, **ne jamais diriger le faisceau du laser vers un appareil volant** (avions, hélicoptères, etc).

Ensuite, **ne pas diriger le faisceau du laser vers une personne ou un animal** et surtout **ne jamais pointer le faisceau vers le visage et les yeux**.

Il faut **toujours prendre en compte les effets optiques et réfléchissants des surfaces** sur lesquelles vous dirigez le faisceau de votre pointeur laser.

Enfin, essayez de **ne pas porter de bijoux ou de matière réfléchissante** lorsque vous utiliser votre laser.

4

Les **lasers de classe 4** sont capables de produire des réflexions diffuses dangereuses.

Ils peuvent causer des dommages sur la peau ou aux yeux en cas d'exposition directe.

Ils peuvent aussi constituer un danger d'incendie.

Leur utilisation requiert des précautions extrêmes et engage pleinement la responsabilité de l'opérateur en charge de l'appareil.



VISIBLE LASER RADIATION
AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE
TO DIRECT OR SCATTERED RADIATION
CLASS 4 LASER PRODUCT

Evaluation qualitative du risque

Tout laser commercialisé doit comporter une étiquette sur laquelle est spécifiée la classe du laser selon la norme européenne en vigueur

Avant 2006

Classe 1

Classe 2

Classe 3A – 3B

Classe 4

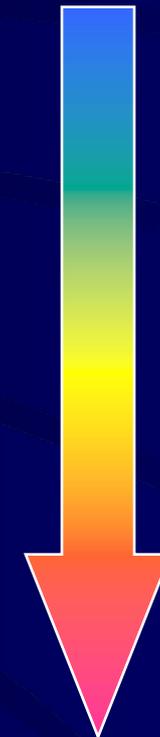
Après 2006

Classe 1 – 1M

Classe 2 – 2M

Classe 3R – 3B

Classe 4



danger

La connaissance de la classe du laser permet d'évaluer rapidement:

- les risques oculaires
- les risques de brûlures de la peau
- les risques d'incendie

Lasers classe 1

Intrinsèquement sans danger. Ils peuvent être utilisés sans précaution particulière dans les conditions normales d'utilisation

Lasers classe 2

Lasers émettant exclusivement dans le visible (400-700 nm)

La protection de l'œil est assurée par le réflexe palpébral

- 
- Vision accidentelle dans le faisceau sans danger
 - Il ne faut pas garder volontairement l'œil dans le faisceau

Laser classe 3

Classe 3A

- $\lambda \in [400-700 \text{ nm}]$ protection par le réflexe palpébral (classe 2)
- $\lambda \notin [400-700 \text{ nm}]$ risque oculaire équivalent à la classe 1

La vision directe dans le faisceau à l'aide d'instruments d'optique peut être dangereuse.

Classe 3B

- vision directe du faisceau toujours dangereuse
- réflexions spéculaires dangereuses
- Dans le visible, réflexions diffuses à courte distance (<13 cm) est dangereuse

Classe 4

Regroupe l'ensemble des lasers ne pouvant entrer dans les autres classes

- vision directe = **danger**
- réflexion spéculaire = **danger**
- réflexion diffuse = **danger**
- exposition de la peau = **danger**
- **risques d'incendie**

RISQUES	CLASSES				
	1	2	3A	3B	4
Œil faisceau direct Réflexion spéculaire	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Œil réflexion diffuse	Green	Green	Yellow	Red	Red
Peau	Green	Green	Green	Green	Red
Incendie	Green	Green	Green	Green	Red

Green	Sans danger
Yellow	Sans danger sous condition
Red	Danger

Evaluation qualitative du risque

Depuis 2006, un amendement de la norme introduit une nouvelle classification des lasers

Classe 1 – 1M

Classe 2 – 2M

Classe 3

3R

3B

Classe 4



danger

Laser classe 1

Lasers sans danger dans des conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles,

y compris l'utilisation d'instruments d'optiques pour la vision dans le faisceau

Laser classe 1M $302,5 \text{ nm} < \lambda < 4 \text{ }\mu\text{m}$

Lasers sans danger dans des conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles,

mais pouvant être dangereux si l'utilisateur utilise une optique dans le faisceau à une distance inférieure à 10 cm

Laser classe 2 $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$

La protection de l'œil est assurée par le réflexe palpébral
**y compris lors de l'utilisation d'instruments d'optiques pour la
vision dans le faisceau**

Laser classe 2 M $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$

La protection de l'œil est assurée par le réflexe palpébral
mais il peut être dangereux d'utiliser une optique dans le faisceau à une distance inférieure à 10 cm

Laser classe 3 R $302.5 \text{ nm} < \lambda < 10^6 \text{ nm}$

La vision directe dans le faisceau est potentiellement dangereuse.
Mais le risque est inférieur à celui présenté par les lasers de la classe 3B.

Laser classe 3 B

La vision directe du faisceau est toujours dangereuse.

Les réflexions diffuses sont dangereuses si le temps d'exposition est supérieur ou égal à 10 secondes et si la distance minimale est inférieure à 13 cm.

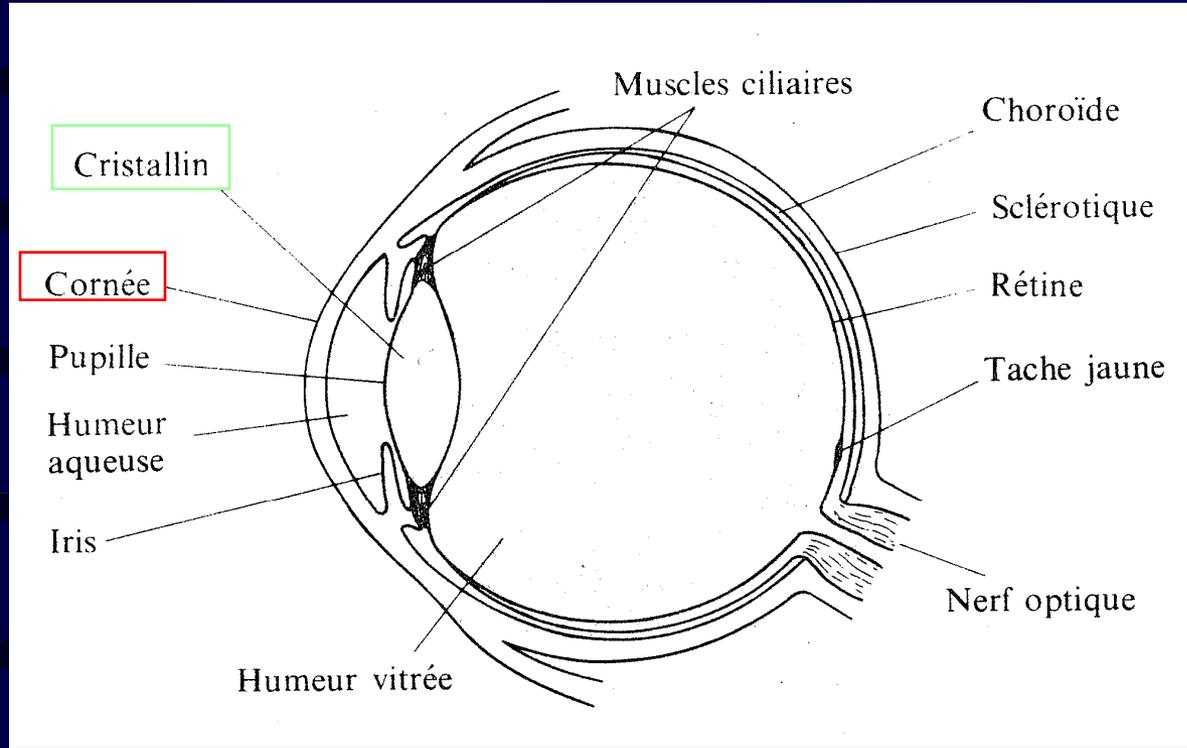
Laser classe 4

Lasers capables de produire des réflexions diffuses dangereuses.
Ils peuvent causer

- des dommages dans l'œil
- des dommages sur la peau
- des incendies

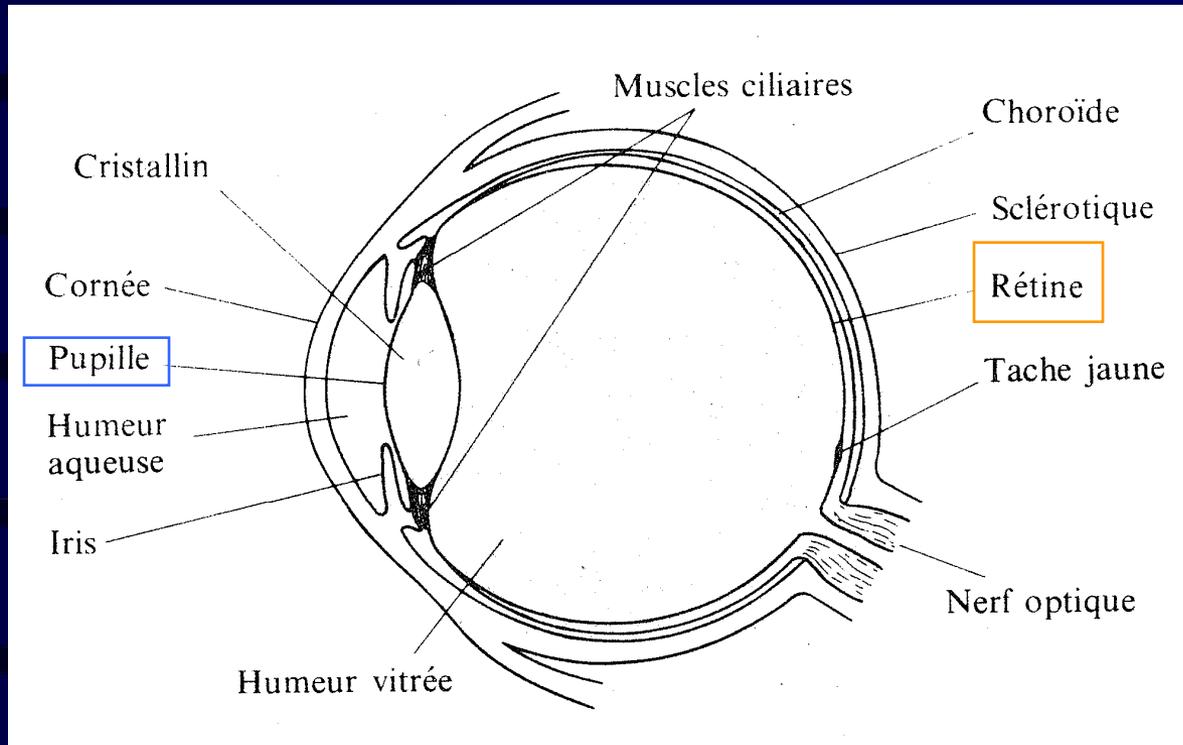
Leur utilisation requiert des précautions extrêmes

L'œil est un détecteur



- **Cornée**: fenêtre d'entrée du détecteur
Absorbe entre 180 – 400 nm et 780nm – 1mm
- **Cristallin**: lentille convergente
Absorbe entre 315nm – 400 nm et 1,4μm – 3μm

L'œil est un détecteur



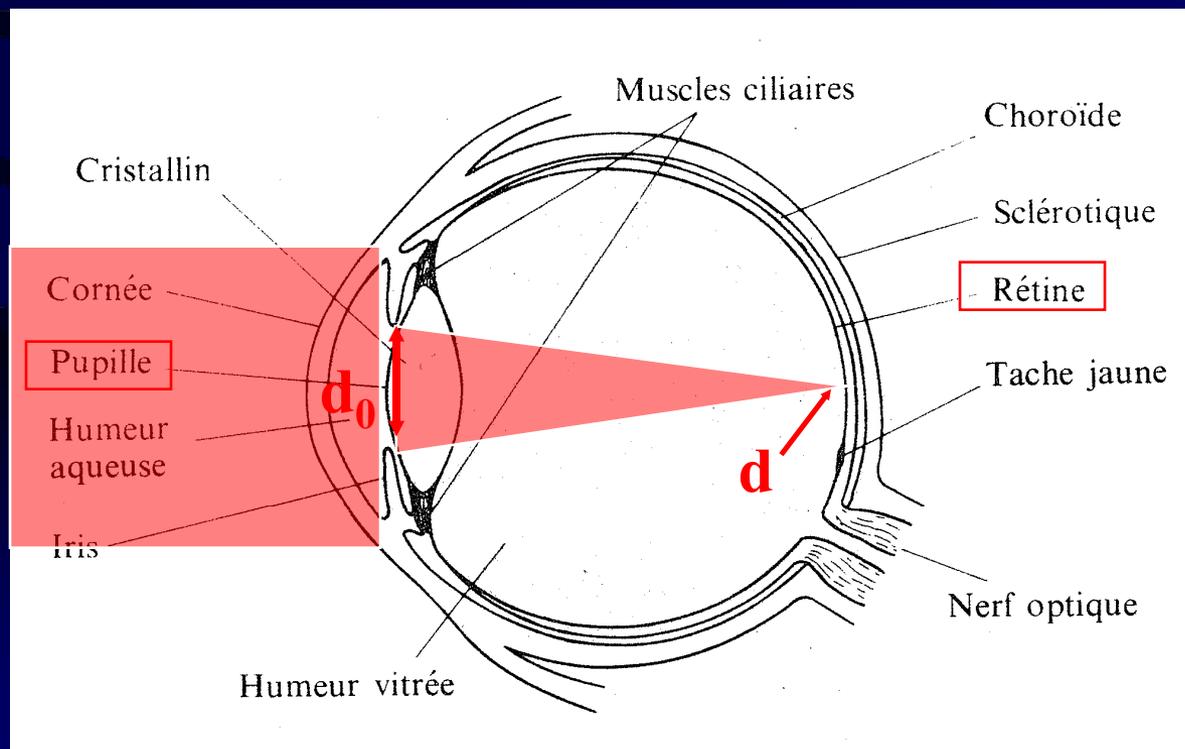
Pupille: diaphragme dont l'ouverture dépend de l'intensité lumineuse *dans le domaine visible*.

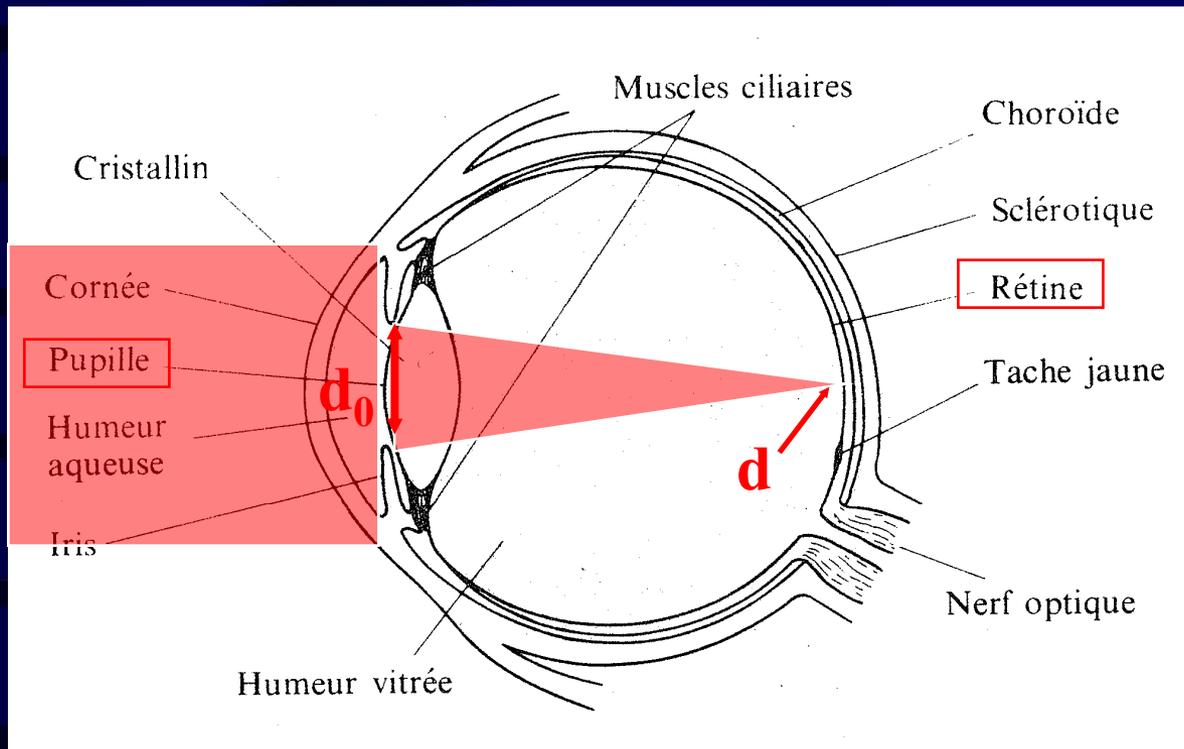
- Rétine: récepteurs spécialisés de la lumière
 - Absorbe entre 780nm et 1,4 μ m

Rayonnement visible : La cornée et le cristallin sont transparents

Cependant, quel est le danger ?

Soient : $d_0 = 7 \text{ mm}$ le diamètre pupillaire
 $d = 10 \text{ }\mu\text{m}$ le diamètre de la tache de focalisation
sur la rétine





$$P_{\text{rétine}} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}) = \left(\frac{d_0}{d} \right)^2 \cdot P_{\text{cornée}} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$$

$$\Rightarrow P_{\text{rétine}} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}) = 10^5 \cdot P_{\text{cornée}} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$$

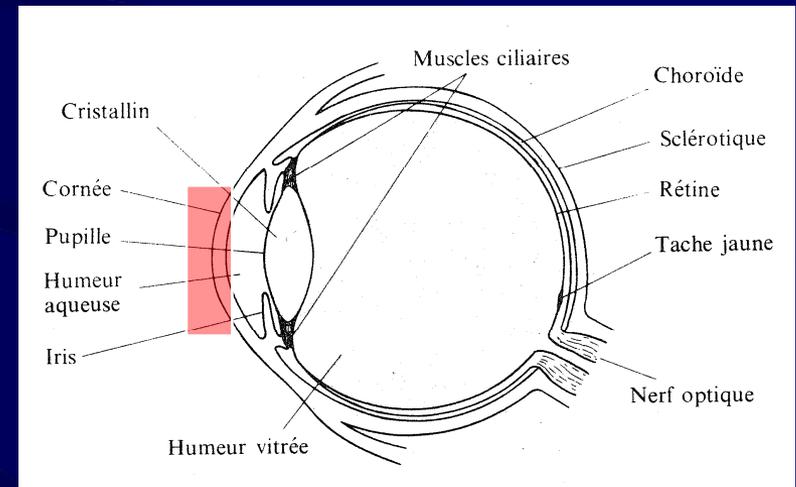
La puissance reçue la rétine est cent mille fois plus importante que sur la cornée !!!! Elle dépend de d_0 .

Effets pathologiques sur l'oeil

U.V. C (180 nm – 280 nm)

U.V. B (280 nm – 315 nm)

Photokératite (zona de la cornée)

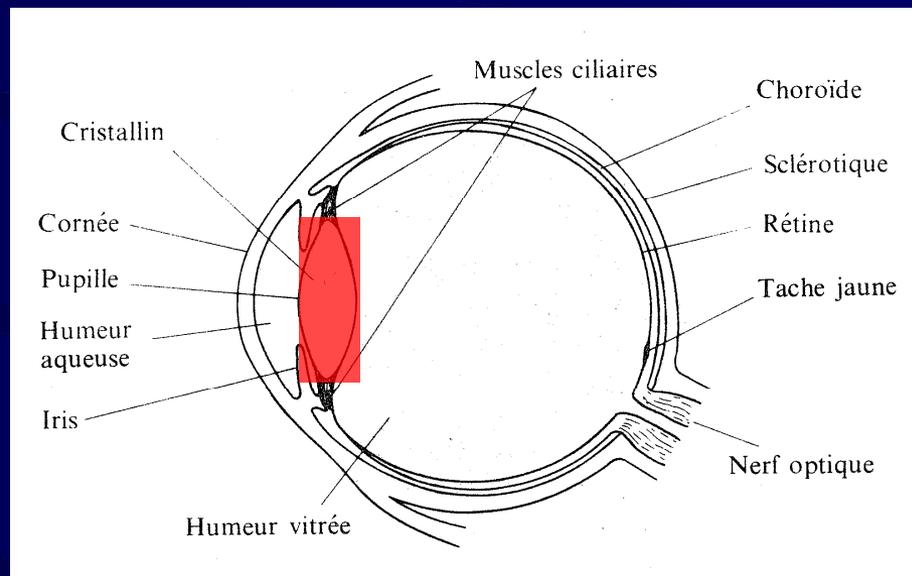
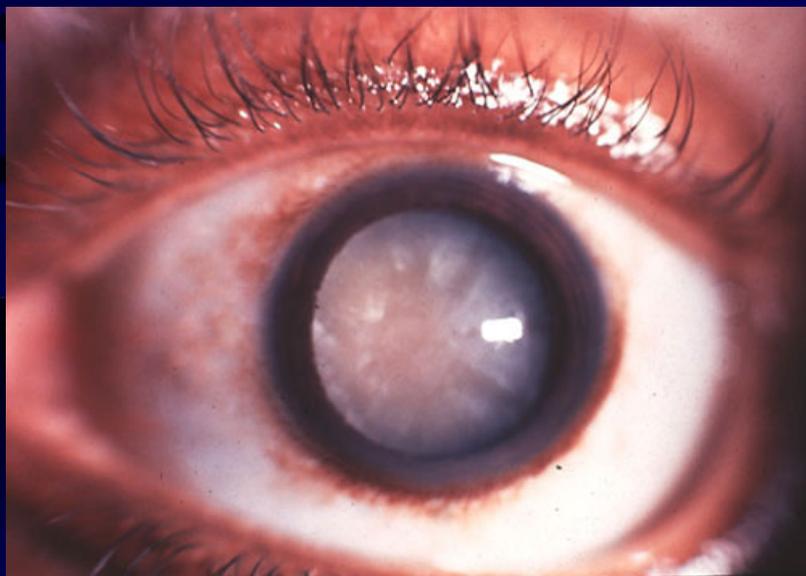


Kératite stromale cicatricielle néovascularisée

Effets pathologiques sur l'oeil

U.V. A (315 nm – 400 nm)

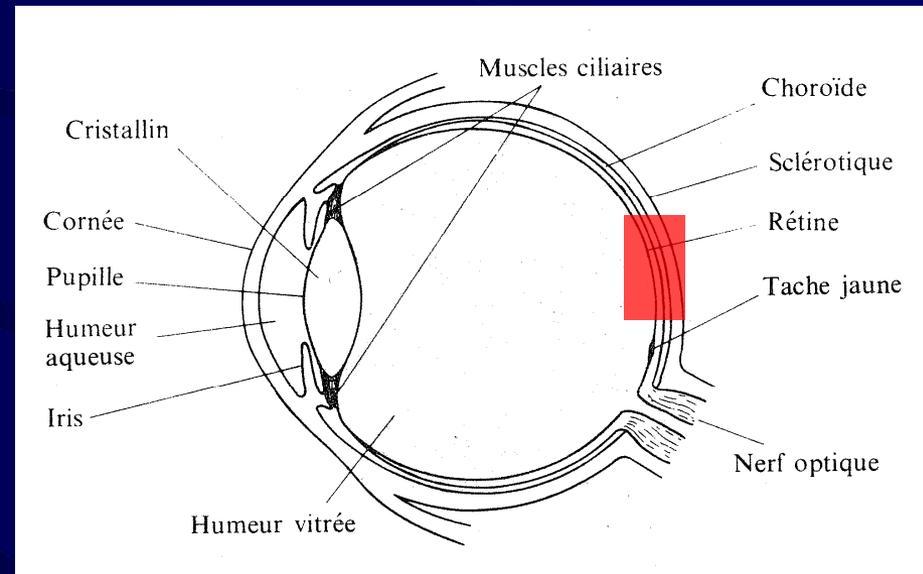
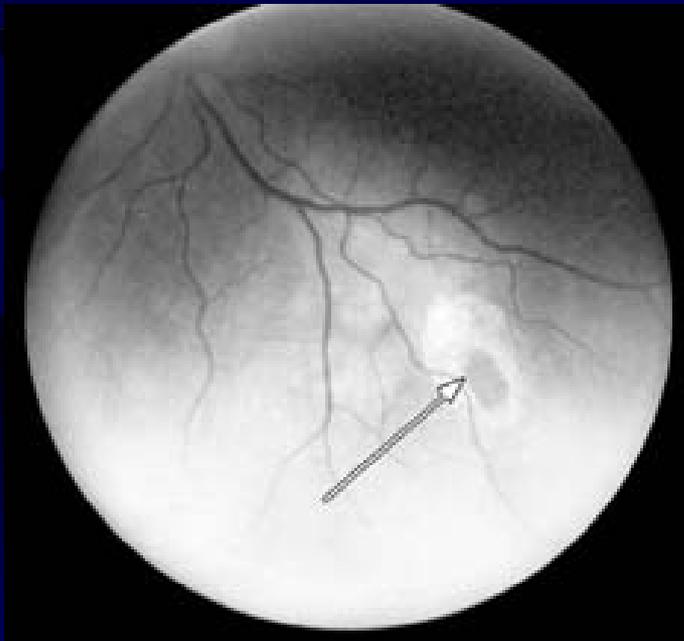
Cataracte (opacification du cristallin)



Effets pathologiques sur l'oeil

Visible (400 nm – 780 nm)

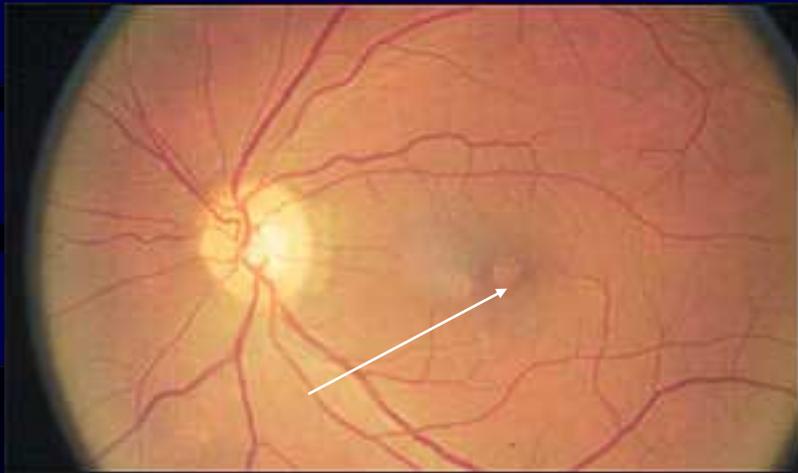
Lésion rétinienne



Effets pathologiques sur l'oeil

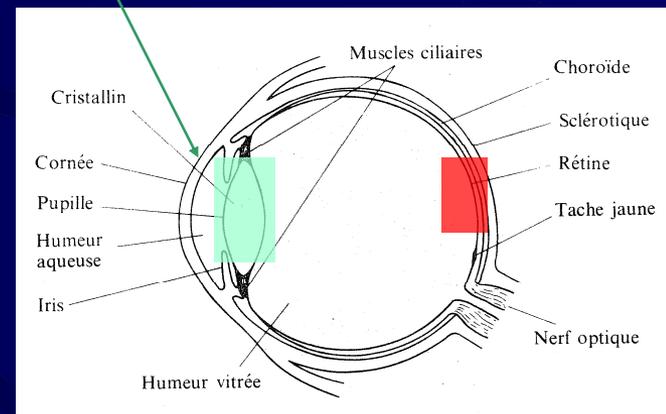
Infrarouge A (780 nm – 1400 nm)

Brûlure de la rétine



Fond d'oeil d'un homme qui a observé l'éclipse solaire partielle de 1966 sans protection.

Cataracte



CONCLUSION

Les normes permettent de quantifier le risque sur une installation, mais certains effets ne sont pas quantifiés:

- Effet à long terme d'expositions prolongées et répétées à des rayonnements de faibles puissances.
- Les lasers visibles même de faible puissance sont dangereux



**Il faut prendre un maximum de précautions
relevant avant tout du bon sens**