

# Les lasers

## Risques et prévention

### I - Interaction laser tissu

Effet photoablatif

Effet mécanique

Effet photodynamique

Effet thermique

### II - Risques

Œil

Peau

Autres risques

### III - Évaluation du risque laser

Classes de lasers

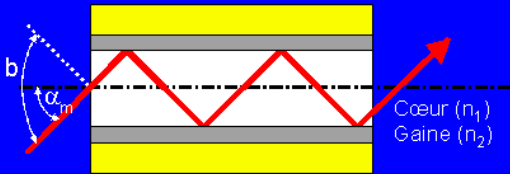
Prévention du risque

# Les différents lasers médicaux

- **Solide**      **Nd:YAG doublé avec cristal KTP (532 nm)**  
**Rubis (693 nm) ; Alexandrite (755 nm)**  
**Nd:YAG (1,06  $\mu\text{m}$ ), Er:Glass (1,54  $\mu\text{m}$ )**  
**Er:YAG (2,9  $\mu\text{m}$ )**
- **Gaz**      **Excimères : ArF (193 nm) ; XeCl (308 nm)**  
**N<sub>2</sub> (337 nm) ; Ar (488-514 nm) ; Kr (568 nm)**  
**He-Ne (632 nm) ; CO<sub>2</sub> (10600 nm)**
- **Liquide colorant** : **rhodamine 6G (560 à 630 nm)**
- **Semi-conducteurs** :  
**InGaAsP (650 à 990 nm)**  
**InGaAs/InP (1,8 à 2  $\mu\text{m}$ )**

# Transmission du faisceau

## Principe de la transmission par fibre optique



$$\sin \alpha_m = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \text{O.N.}$$

Divergence du faisceau laser en sortie de fibre optique



## Fibre optique

modes continu et impulsionnel

## Bras optique

mode déclenché  
laser UV ou IR

## Bras optique

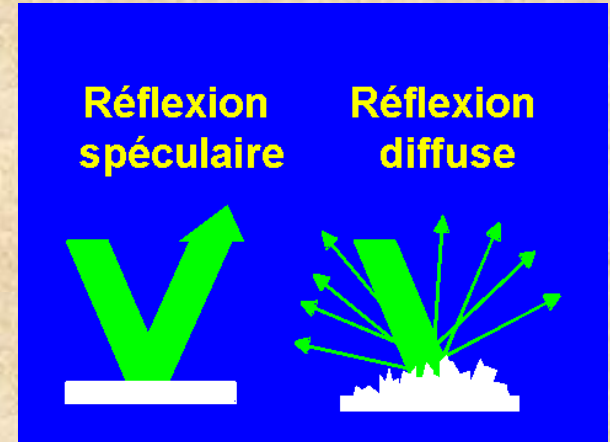


# Transmission du faisceau

- Divergence extrêmement faible
  - Lumière très concentrée
- puissances lumineuses considérables sur des surfaces très faibles

## Paramètres

- Longueur d'onde
- Temps de tir
- Diamètre et surface du spot laser
- Irradiance (puissance par  $m^2$ )
- Puissance x temps de tir = énergie



# Effet photoablatif

- Impulsions de 10 ns à 1  $\mu\text{m}$
- Nécessité de photons énergétiques : laser UV (ArF) 193 nm
- L'énergie des photons est supérieure à l'énergie de liaison intermoléculaires
- Les molécules sont cassées et les composants du tissu sont vaporisés, sans génération de vapeur sur les berges.

## Photo-kératectomie réfractive (PKR)

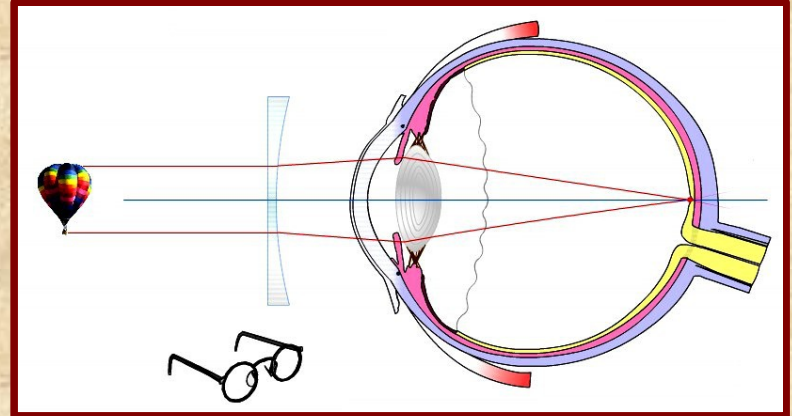
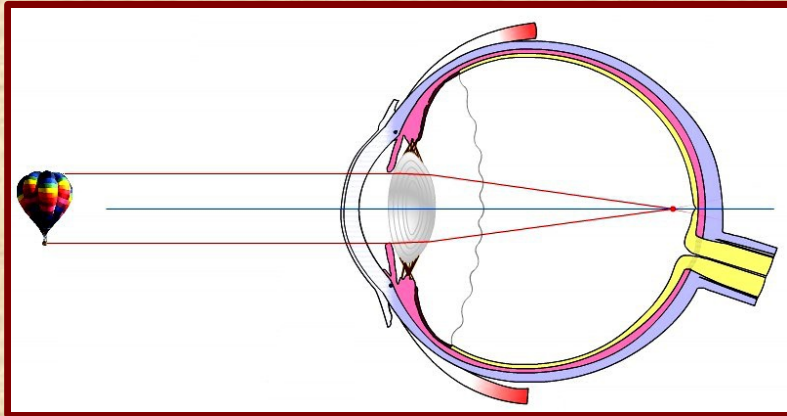
Cette intervention consiste à remodeler le profil de la cornée en appliquant le laser directement sur la surface de l'œil après pelage chirurgical de la couche la plus superficielle de la cornée.

**Myopie, astigmatisme léger à modéré, hypermétropie**

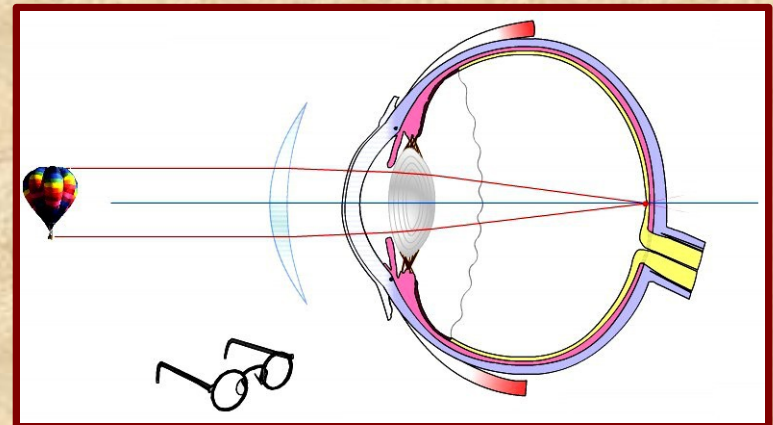
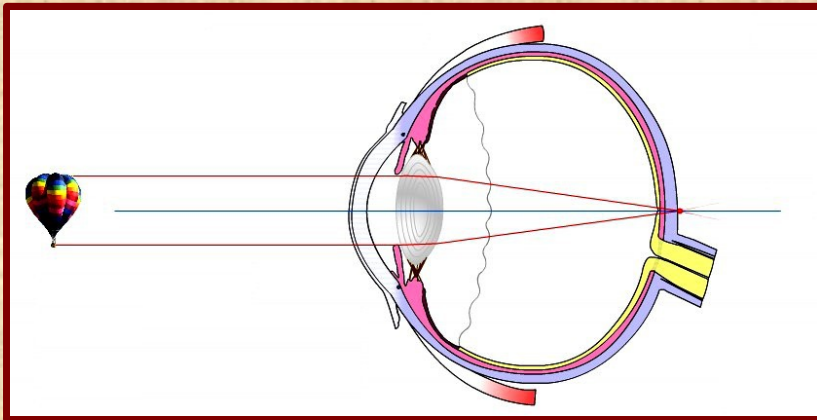
Sans correction

Avec correction

Œil myope

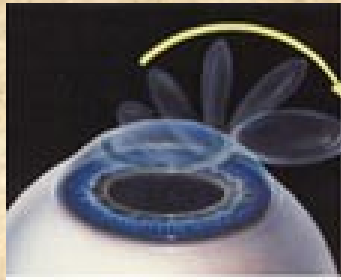


Œil hypermétrope



# LASIK (Laser Assisted In-Situ Keratomileusis)

Dans cette chirurgie, le laser est appliqué dans l'épaisseur de la cornée, après avoir réalisé chirurgicalement un « volet » cornéen superficiel remis en place à la fin de l'intervention.



1 - Découpe du volet cornéen



2 - Photoablation laser



3 - Repositionnement du volet

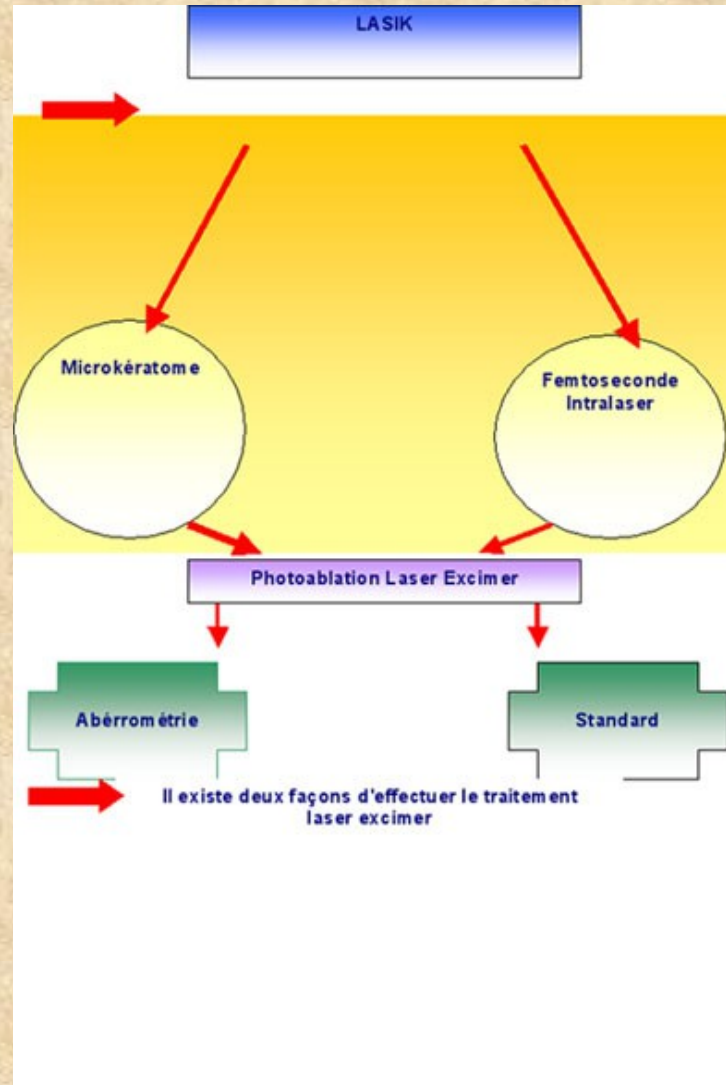


4 - État final

*(10  $\mu\text{m}$  photoablaté corrigent une myopie de une dioptrie)*

# LASIK (Laser Assisted In-Situ Keratomileusis)

Le microkératome est l'appareil mécanique de découpe du volet cornéen superficiel. Cette action est très rapide (quelques secondes) et indolore. Le microkératome se pose sur un anneau qui maintient le globe oculaire en place tout en lui procurant une hyperpression transitoire afin de favoriser un passage simple, doux, régulier et fiable. Pendant la suppression la vision est transitoirement interrompue. La progression de la tête sur l'anneau de succion, en marche avant puis en marche arrière, peut être soit automatisée, soit manuelle.



Un nouveau système : INTRALASE laser, rend possible la création du volet cornéen par laser femto seconde. L'Intralase FS laser se situe dans l'infrarouge. Son impact entraîne une photodisruption localisée selon des petits spots de 2 à 3  $\mu\text{m}$ . Le tissu traité est immédiatement vaporisé avec des bulles de cavitation transitoires. Les milliers de méso-impacts délivrés très rapidement permettent un plan de clivage sans intervention d'instruments. Le volet est aussi lisse et régulier qu'avec la découpe manuelle ou automatisée.



# Effet mécanique

- Impulsions nano ou pico secondes sur de petites surfaces
- Création de champs électriques supérieurs aux champs qui lient les molécules voire les atomes entre eux
- Ionisation du milieu
- Création d'un plasma avec une température de l'ordre de 30000 °C
- Génération d'ondes de chocs qui détruisent le tissu

**Laser déclenché : Nd-YAG, Rubis, Alexandrite**

**Destruction de membranules de l'œil**

**Détatouage**

**Dépigmentation**

# Effet photodynamique

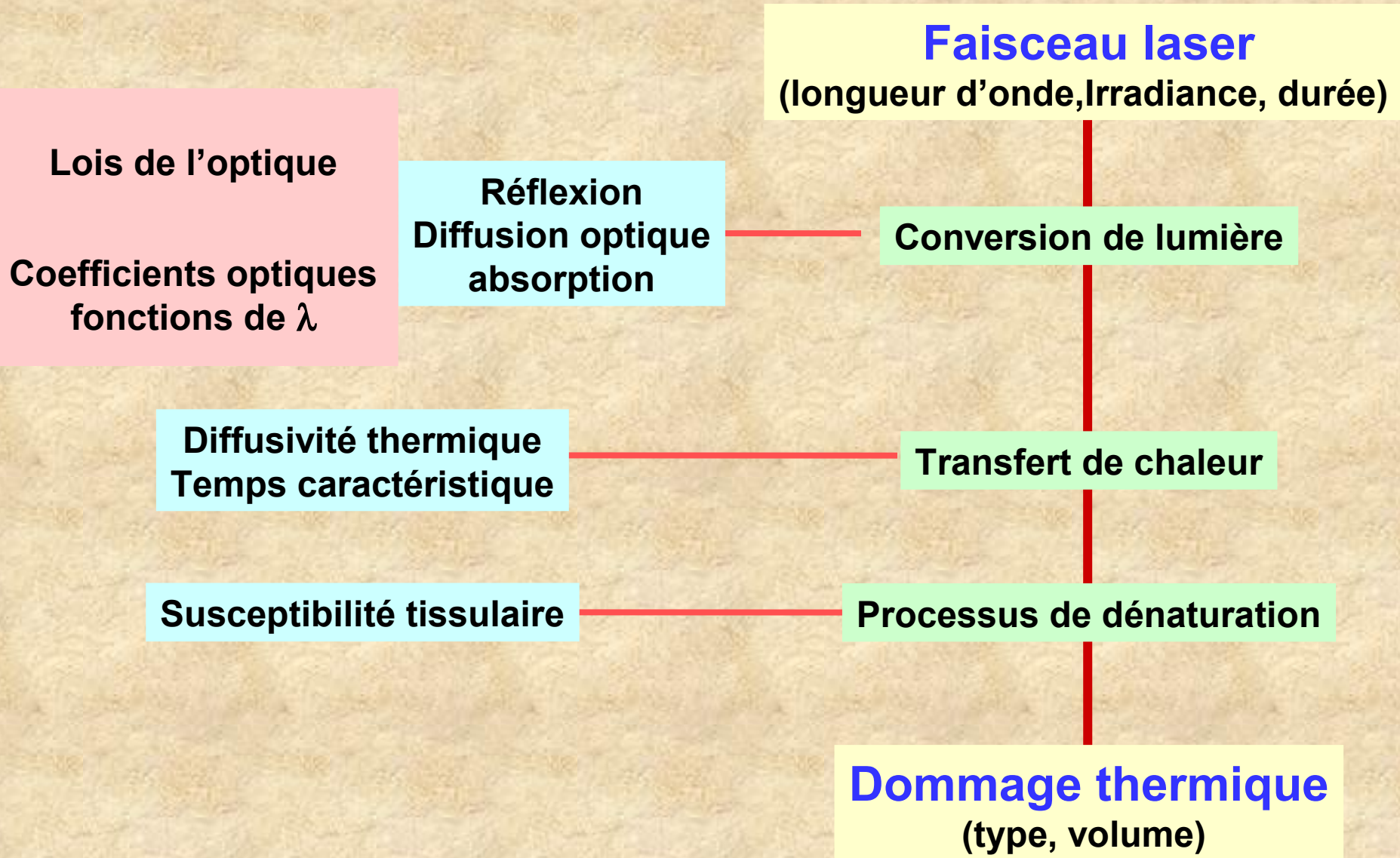
## 2 étapes

**Marquage** d'un tissu pathologique  
(par injection intraveineuse, par voie orale, par imbibition)  
avec un **photosensibilisant**

**Activation photonique du photosensibilisant :**  
**Réaction photo toxique et destruction**

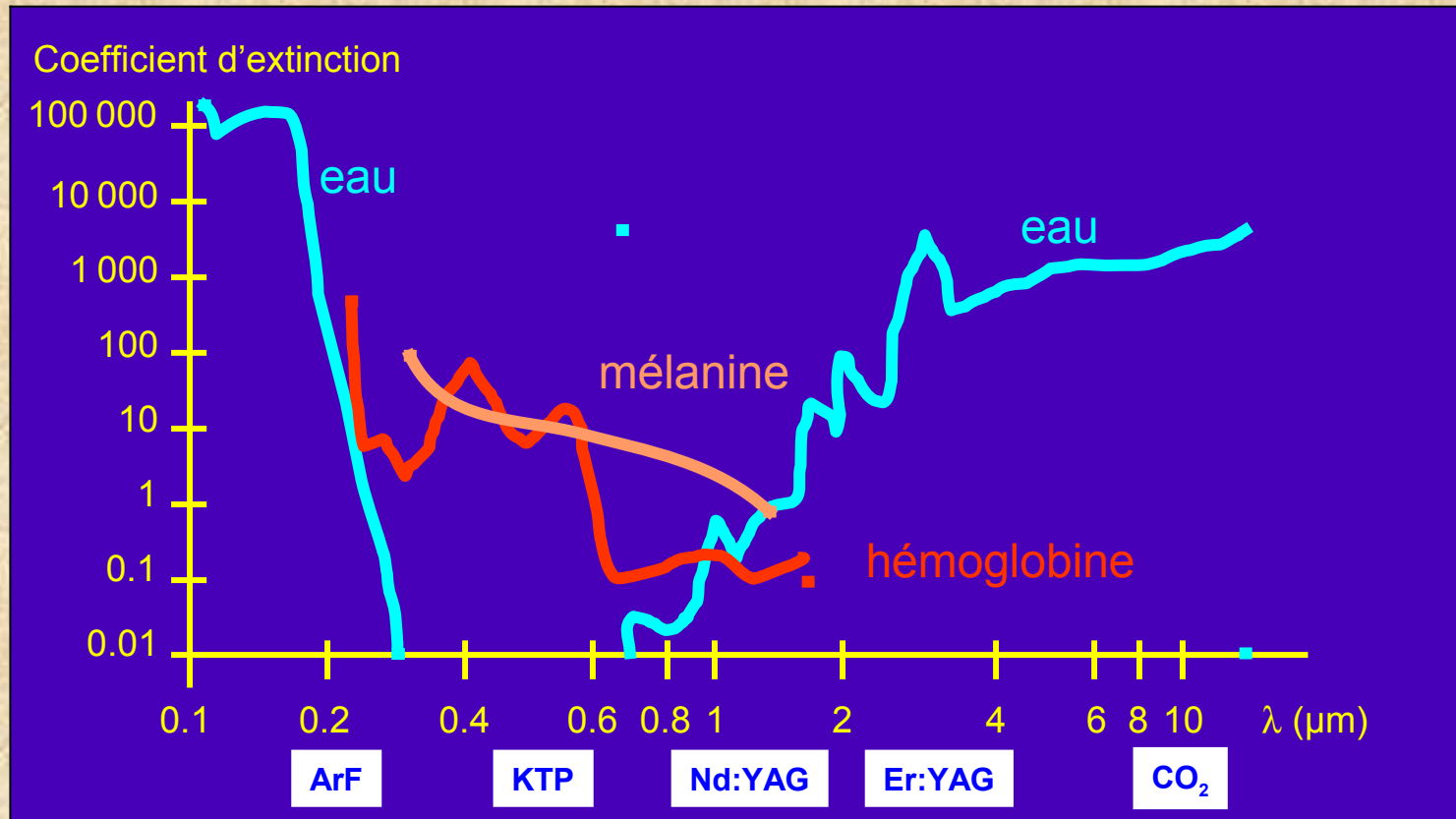
**Certains cancers bronchiques, ORL**  
**Lésions dermatologiques**  
**Certaines formes de DMLA**  
(Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age)

# Effet thermique



# Absorption

- En médecine, c'est grâce à la spécificité de la lumière qu'il est possible **d'agir sélectivement sur un ou plusieurs chromophores** constituant les tissus biologiques
- On parle ainsi de chromophores endogènes : l'hémoglobine, la mélanine et l'eau



Hémoglobine : sang

Mélanine : pigments de la peau, des cheveux, ...

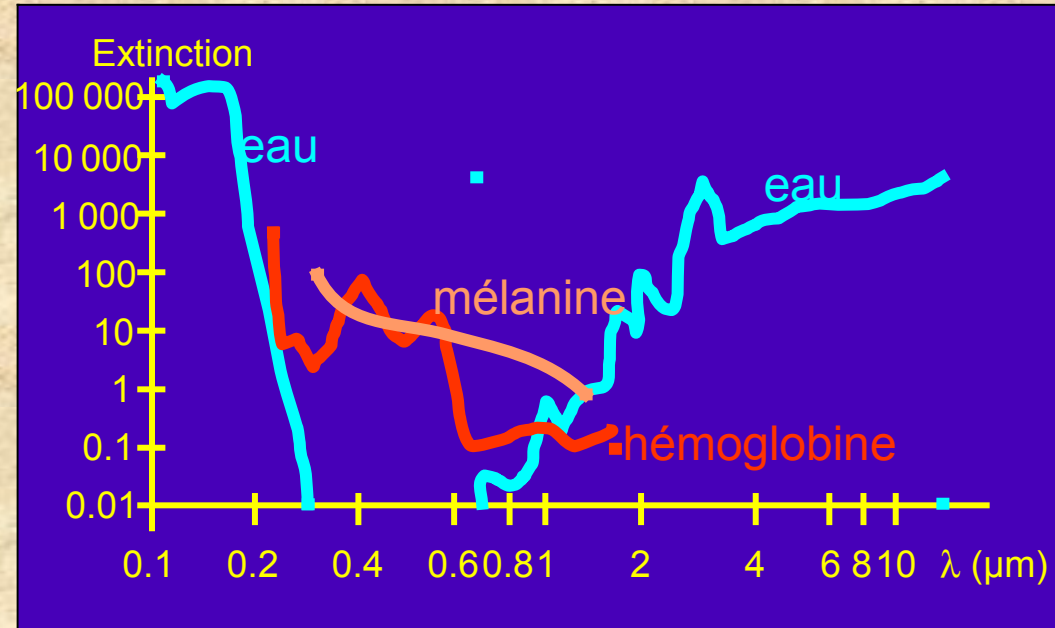
# Effet thermique

## Choix de la longueur d'onde

- **Action sélective** : absorption meilleure par la cible (vaisseau, poil, ...) que par le tissu environnant afin de préserver celui-ci d'un dommage thermique
- **Une cible située en profondeur** impose de choisir une longueur d'onde ayant une bonne pénétration dans la peau (donc peu absorbée)

→ compromis entre pénétration et sélectivité

- **Angiome plan (malformation des vaisseaux)** : hémoglobine (480 – 600 nm)
- **Volatilisation de l'épiderme et du derme riches en eau** (IR 2 – 10  $\mu\text{m}$ )
- **Épilation** : mélanine (755 nm)



# Effet thermique

## Diffusivité thermique

- Capacité à dissiper la chaleur et donc à se refroidir
- Chauffage à distance de la cible : coagulation plus importante

## Temps de relaxation thermique (TRT)

- Temps nécessaire à la cible pour réduire son excès de température de 50 % de la température initiale
- Fonction de la taille de la cible et de sa diffusivité thermique  
Cellule (3-10  $\mu\text{m}$ ) : 10-100  $\mu\text{s}$  ; vaisseau (30-300  $\mu\text{m}$ ) : 1-100 ms
- 1<sup>er</sup> cas : temps de tir beaucoup plus court que le TRT de la cible  
rupture de la cible par effet thermomécanique
- 2<sup>ème</sup> cas : temps de tir similaire au TRT de la cible  
chauffage confiné et transfert nul aux tissus environnants

# Effet thermique

## Hyperthermie

Élévation modérée de la température  
Atteinte des processus enzymatiques  
Mort cellulaire retardée

## Volatilisation

Température supérieure à 100 °C  
Durée 0,1 s

Perte de substance  
Surface (mm) : destruction de tumeurs  
Surface (100 µm) : incision

## Coagulation

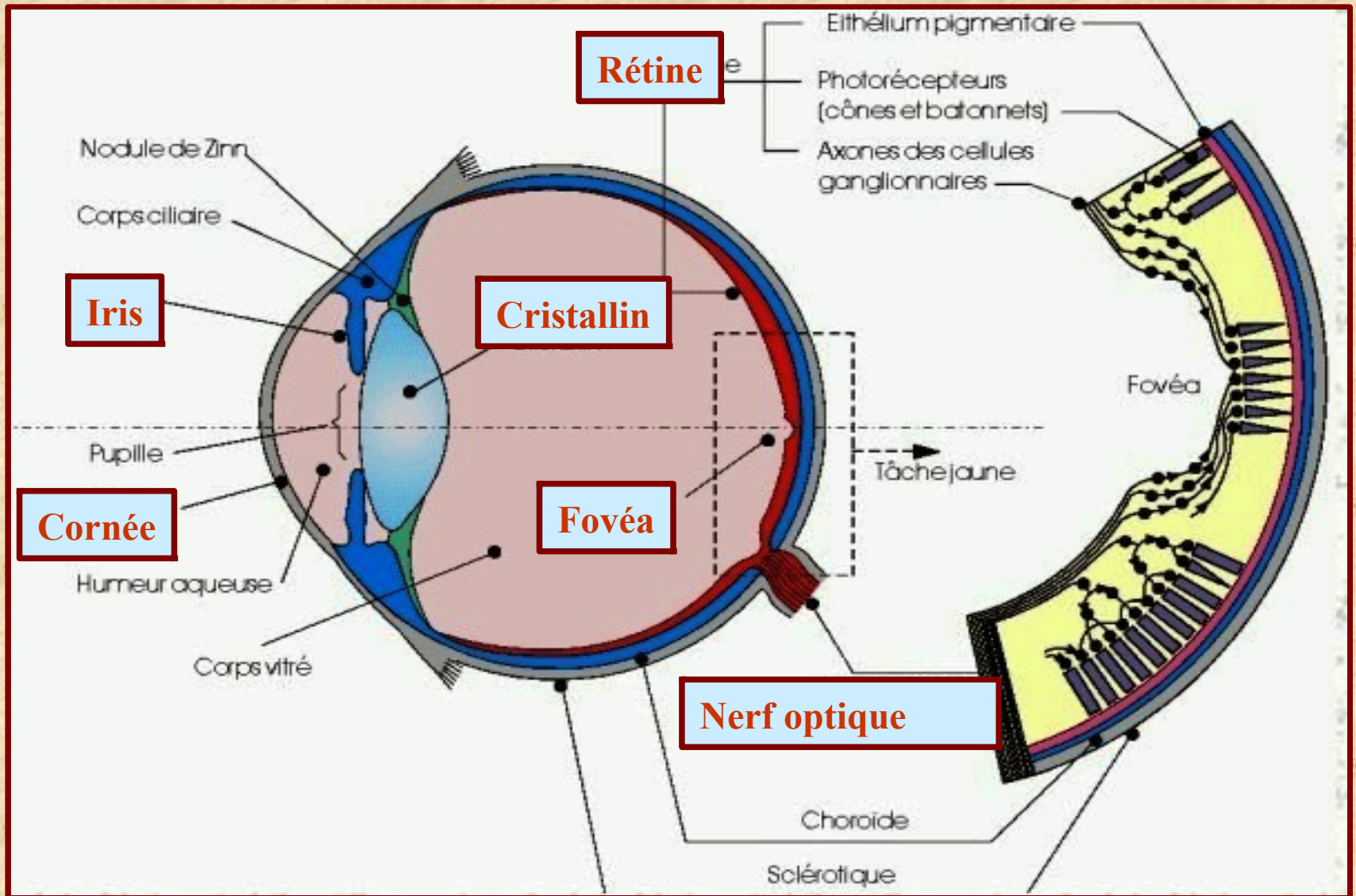
Température 50 – 100 °C pendant 1 s  
Dessiccation ; blanchissement  
Rétractation des tissus  
Détersion ; cicatrisation

## Effet thermomécanique

Durée inférieure au temps de  
relaxation thermique de la cible  
Vaporisation explosive

Applications : ophtalmologie, dermatologie, chirurgie, pneumologie, ...

# Risque oculaire





# Risque oculaire

Désignation	$\lambda$ (en nm)
-------------	-------------------

UV <sub>C</sub>	100 à 280
-----------------	-----------

UV <sub>B</sub>	280 à 315
-----------------	-----------

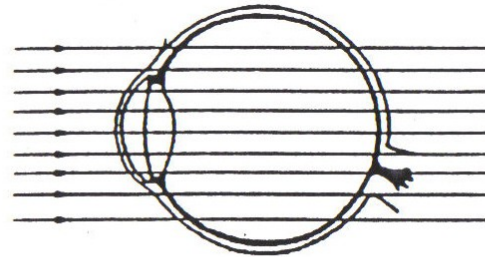
UV <sub>A</sub>	315 à 400
-----------------	-----------

visible	400 à 780
---------	-----------

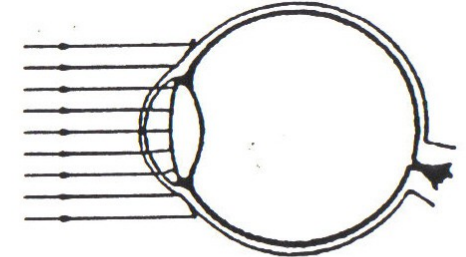
IR <sub>A</sub>	780 à 1400
-----------------	------------

IR <sub>B</sub>	1400 à 3000
-----------------	-------------

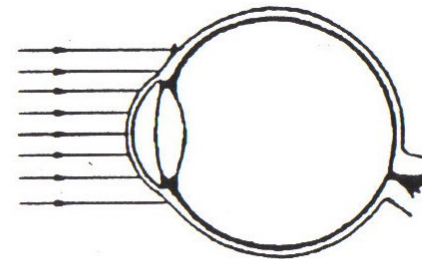
IR <sub>C</sub>	3000 à 10 <sup>6</sup>
-----------------	------------------------



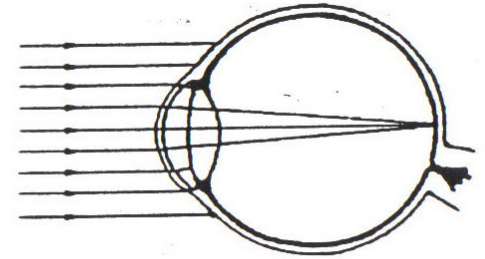
Transparence X et  $\gamma$



Cristallin : UV<sub>A</sub>, IR<sub>A</sub>, IR<sub>B</sub>



Cornée : UV<sub>C</sub>, UV<sub>B</sub>, IR<sub>B</sub>, IR<sub>C</sub>



Rétine : visible, IR<sub>A</sub>

## Domages

- **Cornée** : lésions directes (opacité, brûlure) ou indirectes (œdèmes, dépôts pigmentés)
- **Cristallin** : opacité, lésions définitives (cataracte)
- **Rétine** : Destruction de la macula : perte des  $\frac{3}{4}$  de l'acuité visuelle, du discernement fin des détails, vision floue  
Atteinte de la rétine périphérique : peu perçue

# Risque pour la peau

- L'effet thermique est dangereux
- Variable selon la longueur d'onde et la pigmentation
  - Réflexion pour  $\lambda < 2 \mu\text{m}$ , plus importante pour les peaux claires
  - maximum de pénétration centré dans l'IR<sub>A</sub>
- Les lésions observées vont de la rougeur à la brûlure

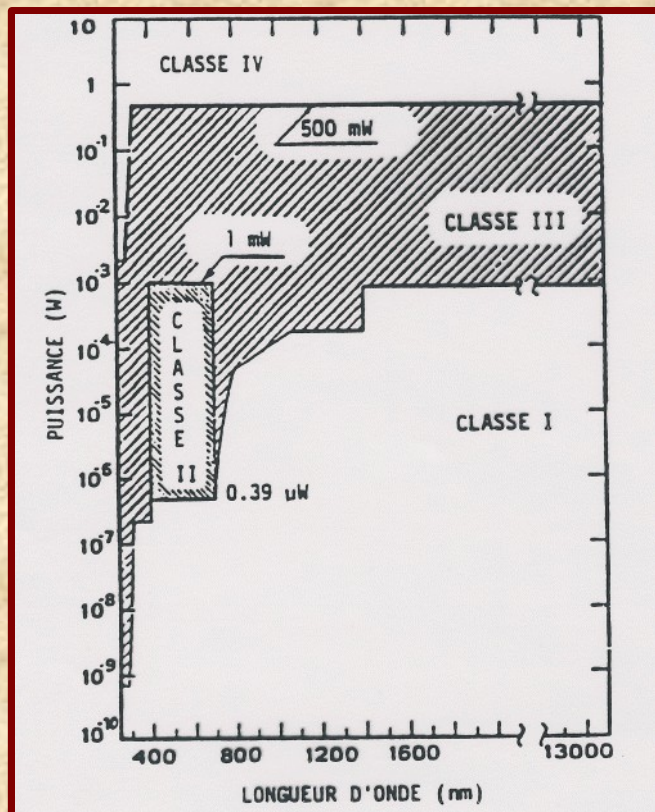
## Autres risques

- Risques chimiques (colorants, solvants)
- Risques électriques
- Hautes fréquences électromagnétiques

# Évaluation du risque laser

Le risque dépend des caractéristiques (longueur d'onde, taille de faisceau, densité d'énergie, durée de l'impulsion, ...) du **faisceau laser**, des conditions d'utilisation et de l'expérience de l'utilisateur. Tous les lasers ne requièrent pas la même attention face à ce risque. C'est pourquoi ils sont rassemblés en **4 classes** définies par la norme internationale 60825-1:2007.

Cette classification est axée sur les risques liés aux faisceaux et **ne concerne pas les risques secondaires** (électriques ou chimiques) qui peuvent être mortels.



## LEA (Limite d'émission accessible)

Elles permettent de définir une classification des lasers en fonction des risques qu'ils présentent suivant leurs caractéristiques.

Ces limites ont été établies sur des valeurs de puissance ou d'énergie que peut émettre le laser et qui sont accessibles à l'utilisateur.

Ainsi, chaque classe de laser possède un niveau maximal d'émission accessible à ne pas dépasser

**EMP** (exposition maximale permise) : énergie maximale à laquelle on peut être exposé sans dommages immédiats ou à long terme

Les limites LEA sont des limites basées sur l'émission laser alors que les EMP sont les limites basées sur la réception de l'œil ou de la peau d'une partie de cette émission directe ou réfléchi.

- ZND** (zone nominale de danger) : zone dans laquelle l'EMP est obtenue ou dépassée
- DRNO** (distance nominale de risque optique) : distance où l'EMP est dépassée
  - laser Nd-YAG (80 W) : faisceau direct : DRNO = 710 m
  - laser Nd:YAG (80 W), fibre optique : DRNO = 7,8 m

Tableau 6 – Exposition maximale permise (EMP) au niveau de la cornée pour l'exposition oculaire directe au rayonnement laser <sup>1) 2)</sup>

Durée d'exposition t s	longueur d'onde λ nm	< 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-9</sup> à 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> à 1,8 x 10 <sup>-5</sup>	1,8 x 10 <sup>-5</sup> à 5 x 10 <sup>-5</sup>	5 x 10 <sup>-5</sup> à 1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup> à 10	10 à 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> à 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> à 3 x 10 <sup>4</sup>	
		180 à 302,5		30 J·m <sup>-2</sup>							
302,5 à 315	3 x 10 <sup>10</sup> W·m <sup>-2</sup>	C <sub>1</sub> J·m <sup>-2</sup> (t < T <sub>1</sub> )					C <sub>2</sub> J·m <sup>-2</sup> (t > T <sub>1</sub> )		C <sub>2</sub> J·m <sup>-2</sup>		
315 à 400		C <sub>1</sub> J·m <sup>-2</sup>						10 <sup>4</sup> J·m <sup>-2</sup>	10 W·m <sup>-2</sup>		
400 à 550	5 x 10 <sup>6</sup> C <sub>6</sub> W·m <sup>-2</sup>	5 x 10 <sup>-3</sup> C <sub>6</sub> J·m <sup>-2</sup>			18 t <sup>0,75</sup> C <sub>6</sub> J·m <sup>-2</sup>			10 <sup>2</sup> C <sub>6</sub> J·m <sup>-2</sup>		10 <sup>-2</sup> C <sub>6</sub> W·m <sup>-2</sup>	
550 à 700								10 <sup>2</sup> C <sub>3</sub> C <sub>6</sub> J·m <sup>-2</sup> (t > T <sub>2</sub> )		10 <sup>-2</sup> C <sub>3</sub> C <sub>6</sub> W·m <sup>-2</sup>	
700 à 1 050	5 x 10 <sup>6</sup> C <sub>4</sub> C <sub>6</sub> W·m <sup>-2</sup>	5 x 10 <sup>-3</sup> C <sub>4</sub> C <sub>6</sub> J·m <sup>-2</sup>			18 t <sup>0,75</sup> C <sub>4</sub> C <sub>6</sub> J·m <sup>-2</sup>				3,2 C <sub>4</sub> C <sub>6</sub> W·m <sup>-2</sup>		
1 050 à 1 400	5 x 10 <sup>7</sup> C <sub>5</sub> C <sub>7</sub> W·m <sup>-2</sup>	5 x 10 <sup>-2</sup> C <sub>5</sub> C <sub>7</sub> J·m <sup>-2</sup>				90 t <sup>0,75</sup> C <sub>5</sub> C <sub>7</sub> J·m <sup>-2</sup>				16 C <sub>5</sub> C <sub>7</sub> W·m <sup>-2</sup>	
1 400 à 1 500	10 <sup>12</sup> W·m <sup>-2</sup>	10 <sup>3</sup> J·m <sup>-2</sup>					5 600 t <sup>0,25</sup> J·m <sup>-2</sup>				10 <sup>3</sup> W·m <sup>-2</sup>
1 500 à 1 800	10 <sup>13</sup> W·m <sup>-2</sup>	10 <sup>4</sup> J·m <sup>-2</sup>									
1 800 à 2 600	10 <sup>12</sup> W·m <sup>-2</sup>	10 <sup>3</sup> J·m <sup>-2</sup>					5 600 t <sup>0,25</sup> J·m <sup>-2</sup>				
≥ 2 600 à 10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup> W·m <sup>-2</sup>	100 J·m <sup>-2</sup>	5 600 t <sup>0,25</sup> J·m <sup>-2</sup>								

1) Pour les facteurs de correction et les unités, voir les «Notes sur les tableaux 1 à 4».

2) Il n'y a qu'un nombre restreint de témoignages concernant les effets des expositions d'une durée inférieure à 10<sup>-9</sup> s. Les EMP pour ces durées d'exposition ont été extrapolées en maintenant l'éclairement énergétique applicable à 10<sup>-9</sup> s.

# Classes de lasers

Laser de classe 1  $< 0.39 \mu\text{W}$

- Classe 1 : Ces lasers sont intrinsèquement sans danger de part leur performances.
- Classe 1M : Ces lasers émettent dans la gamme de longueurs d'onde de 302.5 nm à 4000 nm et ne présentent pas de danger dans les conditions d'utilisation raisonnable prévisibles mais le faisceau peut se révéler dangereux si celui-ci est utilisé avec des optiques. Les deux conditions à considérer sont :
  - Le cas de faisceaux fortement divergents comme ceux de la plupart des diodes électroluminescentes (DEL) et les diodes lasers ou composants optiques seraient placés dans un intervalle de 100 mm de la source pour la concentrer ou le rendre collimaté.
  - Le cas de faisceaux collimatés de grands diamètres qui seraient vus à travers un télescope ou des jumelles.

*Note: Les LEA des classes 1 et 1M sont équivalentes mais les critères de mesure sont différents. Le niveau de rayonnement des lasers de classe 1M susceptible de passer à travers un instrument optique ne peut dépasser celui de la classe 3B.*

# Classes de lasers

$0.39 \mu\text{W} < \text{Laser de classe 2} < 1 \text{ mW}$   
dans le visible

- Classe 2 : Lasers qui émettent un rayonnement visible, dans la gamme de la longueur d'onde de 400 à 700 nm. La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral.

Cette réaction est censée fournir une protection appropriée dans les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles, même dans le cas de vision du faisceau à l'aide d'instruments d'optique.

Note: Les éventuels rayonnements supplémentaires que pourraient émettre les lasers de classe 2, en dehors de la gamme de 400 à 700 nm, ne doivent pas dépasser la LEA de la classe 1.

- Classe 2M : Lasers qui émettent un rayonnement visible, dans la gamme de la longueur d'onde de 400 à 700 nm. La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral. Cependant, la vision du faisceau peut se révéler dangereuse si celui-ci est utilisé avec des optiques. Les deux conditions à considérer sont celles indiquées pour la classe 1M.

# Classes de lasers

## 1 mW < Laser de classe 3 < 500 mW

Ce sont des lasers de puissance moyenne pour lesquels les risques d'incendie sont négligeables et l'exposition momentanée de la peau au rayonnement est sans dégât. La vision directe dans le faisceau à l'aide d'instruments d'optiques est dangereuse.

- **Classe 3R** : Ces lasers émettent dans le domaine de la longueur d'onde de 302.5 nm à 10<sup>6</sup> nm. La vision directe du faisceau est potentiellement dangereuse mais le niveau de risque demeure plus faible que celui des lasers de la classe 3B. Les prescriptions de fabrication et les mesures de contrôle pour l'utilisateur sont plus réduites que celles qui sont exigées pour la classe 3B. La LEA est 5 fois celle de la classe 2 pour les longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 nm et 5 fois celle de la classe 1 pour les autres longueurs d'onde.
- **Classe 3B** : Lasers qui sont normalement dangereux dans le cas de vision directe du faisceau (comme à l'intérieur de la zone nominale de risque oculaire). La vision des réflexions diffuses est normalement sans danger (si la vision s'effectue avec une distance minimale entre la cornée et l'écran de 13 cm et une durée de 10s).

## Laser de classe 4

Cette classe de lasers regroupe l'ensemble des appareils ne pouvant entrer dans les classes précédentes.

**VISION DIRECTE et DIFFUSE + EXPOSITION DE LA PEAU = DANGER  
RISQUES D'INCENDIE**

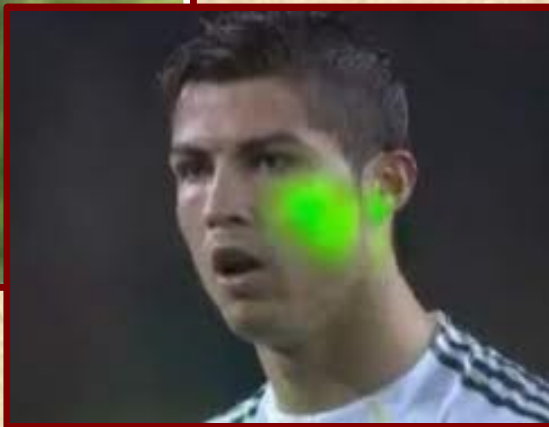
# Années 2000 : apparition des pointeurs verts

justice

## Bordeaux : condamné pour avoir ébloui un chauffeur de bus avec un stylo-laser

Six mois de prison avec sursis et deux ans de mise à l'épreuve pour un jeune homme jugé mercredi par le tribunal correctionnel de Bordeaux. Il avait ébloui un chauffeur de bus avec son pointeur laser. La justice qualifie cette agression d'acte de violence volontaire avec arme.

A.H. | Publié le 23/01/2014 | 10:44, mis à jour le 23/01/2014 | 10:44



## Il braquait un laser sur des avions en train d'atterrir

Interpellé ce week-end, l'adolescent toulousain encourt une forte amende, voire une peine de prison.



Un adolescent de 15 ans, qui braquait un laser sur des avions en train d'atterrir à Toulouse, a été arrêté samedi soir. © Eric Cebanis / AFP

- car jacking
- déclenchement d'incendie à distance

## Article 68 de la loi LOPPSI 2 du 14 mars 2011

Le fait d'acheter, de détenir ou d'utiliser un appareil à laser non destiné à un usage spécifique autorisé d'une classe supérieure à 2 est puni de 6 mois d'emprisonnement et de 7 500 € d'amende.

Est puni des mêmes peines le fait de fabriquer, importer, mettre à disposition à titre gratuit ou onéreux, détenir en vue de la vente ou de la distribution gratuite, mettre en vente, vendre ou distribuer à titre gratuit ces mêmes matériels.

La liste des usages spécifiques autorisés pour les appareils à laser sortant d'une classe supérieure à 2 est fixée par décret.



# Affichage préventif

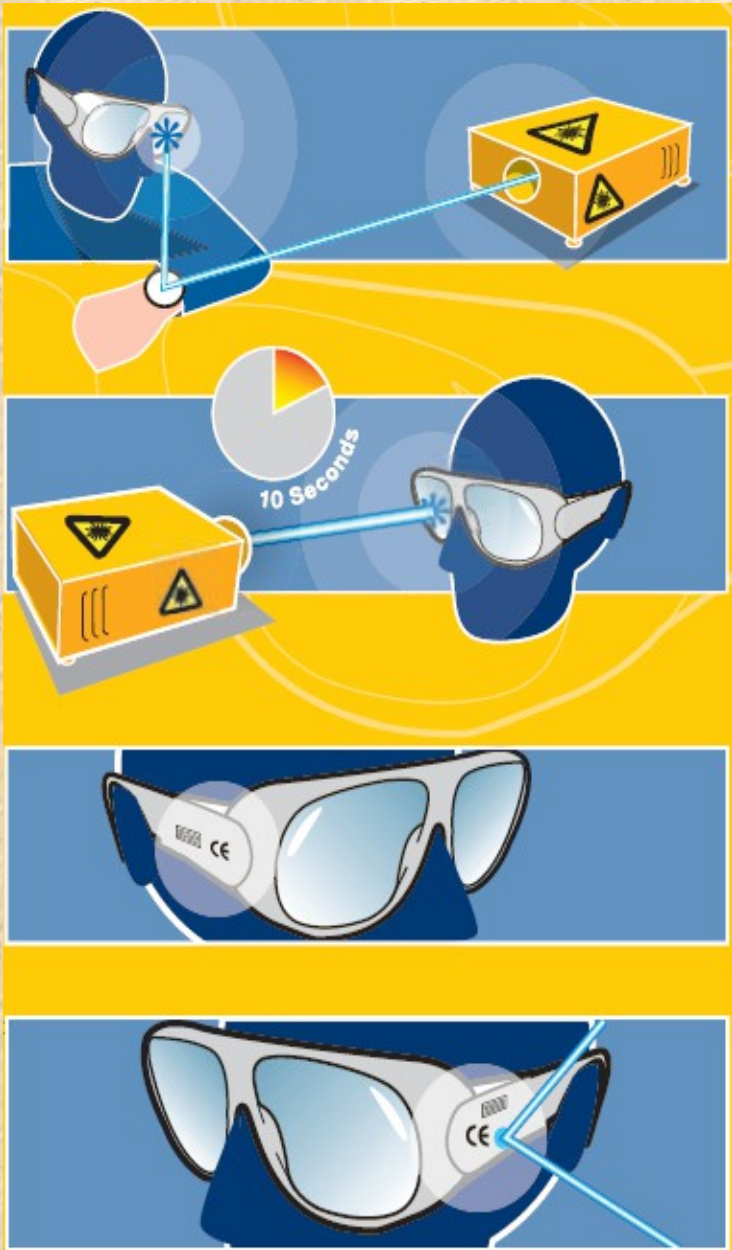


Cela consiste à placer sur tous lasers ou systèmes lasers une signalisation donnant les détails relatifs à :

- leurs puissances de sortie maximale,
- leurs longueurs d'onde
- leur mode de fonctionnement continu ou pulsé (avec mention de la durée et de la fréquence des impulsions)

De plus, chaque classe de laser doit être signalée

# Affichage préventif



Il faut prendre en considération les valeurs d'émission du laser les plus critiques auxquelles se trouve exposé le personnel. Ceci afin de prévenir les risques d'accidents les plus fréquents.

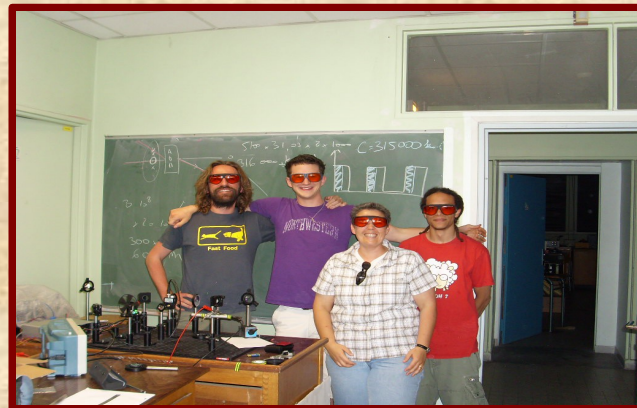
Les protections oculaires doivent résister sans danger, au flux Laser pour lesquels elles ont été sélectionnées pendant une période de 10 secondes (laser continu) ou 100 impulsions (laser pulsé)

Les protections oculaires doivent être testées, approuvées selon les standards européens. Elles doivent afficher le marquage CE, la longueur d'onde ainsi que les niveaux « L » ou « OD » (entre 1 et 10) qui est une mesure de la densité optique



# Équipements des locaux laser

- Murs gris mat ou noir mat
- Tables optiques à une hauteur de 900 mm environ
- Montures optiques peintes en noirs mat
- Signal lumineux rouge de fonctionnement du laser au dessus des portes d'entrée
- Coups de poing d'arrêt d'urgence
- Boucle de sécurité sur l'ouverture des capots
- Ordinateur de gestion de l'expérience au dessus du plan des faisceaux
- Utilisation de chaises hautes
- Lunettes de protection à disposition des visiteurs



# Déroulement des expériences

- Travailler si c'est possible avec **un bon éclairage de la pièce** (pupille moins dilatée)
- Effectuer des réglages à puissance réduite
- **Ne pas mettre de montre, bracelet et bagues susceptibles de réfléchir la lumière** (attention aux alliances !!)
- **Intercepter le faisceau en amont par un écran**
- **Capoter au maximum le trajet du faisceau**
- Mettre les faisceaux au centre des lentilles ( $R=4\%$  sur chaque face et réflexion restant dans le même axe)
- **Sécuriser tous les éléments optiques (fixer les supports... )**
- Travailler le plus possible dans un plan horizontal (attention aux ascenseurs permettant de monter un faisceau à une certaine hauteur)
- **Travailler debout** pour les réglages permet d'être au-dessus des faisceaux.

## **Objet : Avis relatif aux dispositifs à laser susceptibles d'être en contact avec le public (12 octobre 1999)**

Cette note vise à préciser le champ d'application de la note précédente DESCO/MCR/64 du 20-09-1999 portant interdiction de l'usage de tous dispositifs laser dans les établissements scolaires.

Les risques sanitaires sérieux, et en particulier **oculaires** qui résultent d'une utilisation inappropriée de dispositifs laser ou de dispositifs utilisant des sources laser intégrées doivent être pris en compte lors de la manipulation de ces dispositifs dans les locaux scolaires.

- La possession et l'usage à des fins autres que scientifiques, par les élèves, de **pointeurs laser** ou de diodes laser à alimentation autonome sont strictement interdits dans les locaux scolaires.

- Les dispositifs commerciaux utilisant des dispositifs laser intégrés et situés à l'intérieur d'un boîtier ou d'une enveloppe sont autorisés en mode de fonctionnement normal : compacts disques, CD ROM, imprimantes, lecteur de code barre, marquage et gravure vidéo.

- ...

## Suite de l'avis du 12 octobre 1999

- **Les sources laser** à alimentation externe utilisées dans les établissements scolaires pour des expériences d'optique, de spectroscopie, d'holographie, de vélocimétrie laser, de radar laser, **doivent être**, sauf spécification professionnelle exceptionnelle (BTS, CPGE), **de classe 1 ou 2 et toutes dispositions doivent être prises pour éviter strictement les agressions oculaires.**

- **Le balisage laser des zones de surveillance, de protection et de sécurité du public** au voisinage de certaines machines utilisées dans les ateliers des locaux scolaires, en particulier dans le cadre des formations technologiques et professionnelles, est autorisé s'il est conforme à la réglementation concernant la sécurité machine.

- Les machines de productions mettant en œuvre des dispositifs laser, usinage, découpe de matériaux, etc... sont autorisées si leur usage est conforme à la réglementation concernant la sécurité machine.

**L'usage des sources laser doit toujours être précédé de commentaires sur la dangerosité du rayonnement laser et surtout des risques oculaires qu'il peut générer.**