

---

# Rayonnements non-ionisants

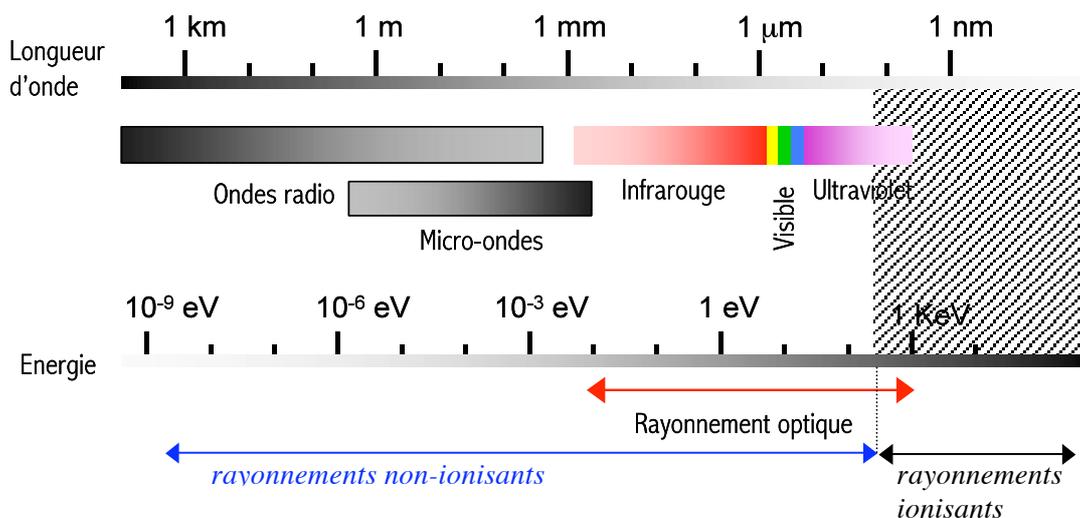
---

# *Champs magnétiques et radiofréquences*

## Introduction

Les radiations non-ionisantes sont les ondes électromagnétiques qui n'ont pas une énergie suffisante pour transformer les atomes en ions. Les radiations de longueur d'onde inférieure à 100 nm (UV-C) sont dans le domaine des ionisants.

On considère que la gamme des radiofréquences s'étend de longueurs d'onde de quelques millimètres à plusieurs kilomètres. Il est à noter que les micro-ondes sont un cas particulier des ondes radio.



Les ondes radio ont été divisées en différentes bandes :

### Longueurs d'onde et fréquences des ondes radio

Description	Fréquence	longueur d'onde
VLF Très basses fréquences	3 à 30 kHz	100 à 10 km
LF Basses fréquences	30 à 300 kHz	10 à 1 km
MF Fréquences moyennes	300 kHz à 3 MHz	1 km à 100 m
HF Hautes fréquences	3 à 30 MHz	100 à 10 m
VHF Très hautes fréquences	30 à 300 MHz	10 à 1 m
UHF Ultra hautes fréquences	300 MHz à 3 GHz	1 m à 10 cm
SHF Super hautes fréquences	3 à 30 GHz	10 à 1 cm
EHF Extra hautes fréquences	30 à 300 GHz	1 cm à 1 mm

Sur cette énorme plage de fréquences se bousculent mille et une sources électromagnétiques, telles que la téléphonie, les stations de télévision et de radio, la téléphonie, les radars sans oublier les bandes réservées à l'armée. Face à cette irradiation permanente, certains utilisent le terme de smog électromagnétique. La Confédération a rédigé une ordonnance qui a pour objectif de protéger l'homme

contre les rayonnements dans la gamme de fréquence de 0 Hz à 300 GHz. Mais cette ordonnance ne s'occupe pas de la santé du personnel dans les entreprises.

Au laboratoire, d'autres sources électromagnétiques méritent un traitement particulier. Il s'agit des appareils qui produisent des champs magnétiques de fortes intensités à des fins analytiques :

- en sciences:
  - ⚡ Résonance magnétique nucléaire (RMN)
  - ⚡ Champs entre 10 et 900 MHz avec forte puissance entre 0.1 et plusieurs kW
  - ⚡ Résonance paramagnétique électronique (RPE)
  - ⚡ Champs hautes fréquences entre 1'000 et 35'000 MHz avec faible puissance comprise entre 0 et 0.25 W.
- en médecine:
  - ⚡ Imagerie médicale par résonance magnétique (IRM) : appareil diagnostique sur l'anatomie
  - ⚡ Spectroscopie par résonance magnétique (SRM) : appareil diagnostique du métabolisme

Les champs magnétiques sont produits partout où existent des courants électriques. L'intensité du champ magnétique est directement proportionnelle à l'intensité du courant et baisse exponentiellement avec la distance depuis la source. Elle s'exprime en Tesla (T) ou en Gauss (G) où  $1 \text{ T} = 10'000 \text{ G}$ .

Le champ électromagnétique est en quelque sorte un nuage invisible qui rayonne autour de tout appareil électrique branché. Si on place un objet métallique dans le champ, il sera influencé par ce champ (une tension et un courant prendront naissance aux extrémités de cet objet). Le champ électromagnétique diminuera avec l'éloignement mais d'autant plus lentement que l'appareil électrique sera grand (une ligne à haute tension sera nocive jusqu'à plus de 200 m alors qu'une micro-onde qui dégage plus ou moins le même champ électromagnétique ne sera plus nocif à 1 m).

Le champ électromagnétique existe également dans le milieu naturel, même en dehors de toute activité humaine. Les êtres humains émettent des champs électromagnétiques. On mesure par exemple le champ électromagnétique émis par le cerveau avec un électroencéphalogramme et le champ émis par le cœur avec un électrocardiogramme (par exemple, le cœur crée un champ magnétique de 0.0005 mG alors que le cerveau produit un champ magnétique de  $10^{-6}$  mG). Quand un être vivant est exposé à un champ électromagnétique, des courants et des tensions sont créés dans le corps. La sensibilité aux champs électromagnétiques émis sera d'autant plus importante que le corps sera grand, c'est pourquoi les animaux de petite taille sont moins sensibles que ceux de grande taille (par exemple, le rat sera 12.5 fois moins sensible que l'homme au champ électrique).

# Dangers

---

## *Effets sur la matière*

Les champs magnétiques perturbent tout élément ferromagnétique, notamment les matériaux contenant du fer. Ils perturbent les systèmes électroniques et les supports magnétiques de données, entraînant une perte irrémédiable des données contenues dans les bandes magnétiques ou les cartes de crédit.

## *Effets biologiques*

### *Effets biologiques directs*

Depuis plus d'un siècle, les scientifiques cherchent à mettre en évidence des effets biologiques des champs magnétiques mais les résultats sont toujours peu clairs.

Néanmoins, il semble démontré que les champs magnétiques, même intenses, ne sont pas mutagènes tout en pouvant avoir une action promotrice. Des études sur les travailleurs proches de cyclotrons montrent un taux légèrement plus élevé de leucémies.

Chez les électriciens, une publication récente montre une relation entre une exposition à long terme face à un champ magnétique oscillant (60 MHz) et un taux de leucémie ou cancers de la tête légèrement plus élevé que la normale tout en présentant un risque minime.

### *Effets biologiques indirects*

Les porteurs de stimulateur cardiaque sont exclus d'un environnement de 5 G ou plus. Le stimulateur comporte des commutateurs à lame (relais Reed) qui peuvent être activés par un champ de 15 Gauss ou même moins, faisant passer le système en mode asynchrone. Les éléments ferromagnétiques des Pacemakers peuvent soumettre le sujet à des effets de couple dangereux. De plus, les fils conducteurs peuvent se comporter comme de véritables antennes, recueillir des impulsions et stimuler le cœur aux cadences des gradients et pulses d'excitation.

Pour des raisons similaires, les porteurs de prothèses métalliques sont également exclu des dites zones.

Le domaine de la RPE se situe dans la gamme des hautes fréquences (voire chap. micro-ondes) mais les puissances très faibles utilisées présente qu'un danger limité.

## Autres dangers

---

### *Dangers mécaniques*

- Les champs magnétiques statiques peuvent provoquer la mise en mouvement des objets métalliques, provoquant par là des risques de dommages (humains et matériels) liés aux projectiles.

### *Liquides cryogéniques pour le refroidissement de l'aimant*

Des liquides cryogéniques sont utilisés pour le refroidissement des cryostats (supraconductivité). Ces derniers présentent un certain nombre de dangers, dont:

- des risques de gelures. Les aimants sont refroidis avec des liquides cryogéniques, principalement de l'azote liquide (-196°C) et de l'hélium liquide (-269°C). Les risques de gelures graves ne doivent pas être négligés. Le remplissage en liquide cryogénique des aimants doit être réalisé par une personne correctement instruite et équipée.
- Des risques d'étouffement. En cas de renversement ou de fuite, l'azote liquide et l'hélium liquide se volatilisent et peuvent réduire le taux d'oxygène d'un local fermé entraînant des risques d'étouffement.

*Un litre d'azote liquide forme environ 700 litres (0.7 m<sup>3</sup>) de gaz à pression ambiante, alors qu'un litre d'Hélium liquide forme environ 1.8 m<sup>3</sup> de gaz.*

On se reportera au chapitre "cryogéniques" pour des informations plus détaillées quand à l'usage de ces produits.

## Cadre légal

---

- Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) 814.710 :
- Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2009. SUVA n°1903.

## Consignes générales

### Signalisation

L'accès aux appareils produisant des champs magnétiques de fortes intensités doit être limité aux seuls utilisateurs agréés. Le local doit disposer d'une étiquette d'avertissement comprenant les pictogrammes suivants :

*1 mT à 2.5 m de l'appareil  
0.1 T à 0.5 m de l'appareil*

*Stimulateurs  
(Pacemaker)*

*Hanche artificielle*



### Valeurs limites admissibles

Les valeurs limites admises, en Suisse, lors d'une exposition professionnelle sont les suivantes.

#### Valeurs limites d'exposition aux CEM pour quelques fréquences industrielles

Fréquence	H [kA/m]	B [mT]	E kV/m]	Puissance [W/m <sup>2</sup> ]
Statique	163	200	40	-

Fréquence [Hz]	H [A/m]	B [mT]	E [kV/m]	Puissance
16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1200	1.5	20	-
50	400	0.5	10	-
400	50	0.062	1.25	-
30'000	24.4	0.0307	0.61	-

Fréquence [MHz]	H [A/m]	B [ $\mu$ T]	E [V/m]	Puissance [W/m <sup>2</sup> ]
13.56	0.16	0.20	61	10
27.12	0.16	0.20	61	10
40.68	0.16	0.20	61	10
433.92	0.17	0.21	62.5	11
900	0.24	0.30	90	22.5
1800	0.34	0.42	127	45
2450	0.36	0.45	137	50
5800	0.36	0.45	137	50
24125	0.36	0.45	137	50

*H* : intensité du champ magnétique

*B* : densité du flux magnétique

Remarques :

- Les valeurs pics des impulsions à HF de courte durée (radar), ne doivent pas dépasser de plus de 1000 la densité de puissance moyenne P figurant dans le tableau 2
- Le courant de contact  $I_{\text{cont}}$  doit être inférieur à 1.0 mA
- Les porteurs de pacemakers ou d'autres appareils médicaux de type électronique peuvent être insuffisamment protégés, même en respectant les valeurs limites.

Il n'existe pas de réglementation en Suisse concernant l'exposition des travailleurs aux champs magnétiques pour de brèves durées ou pour des expositions localisées. Cependant, il est raisonnable de suivre la prénorme européenne ENV 50166-1 qui préconise les limites suivantes pour les champs magnétiques statiques (rencontrés notamment en IRM et RMN) :

- exposition globale temporaire : 2 T
- exposition temporaire et localisée aux extrémités : 5 T

Il convient de mentionner les règles de sécurité utilisées par la faculté des sciences de base de l'EPFL qui utilisent les normes américaines pour classifier l'accès aux zones en fonction de l'intensité du champ magnétique :

Champ magnétique	Restriction
< 0.5 mT	Aucune
de 0.5 à 3 mT	Professionnel
de 3 à 200 mT	Professionnel après avis médical
> 200 mT	Totale

## *Installation et aménagement des locaux*

- Chaque local contenant un cryo-aimant doit contenir une affiche de dangers apposée sur la porte interdisant l'accès à toute personne non autorisée, aux porteurs de pacemaker et aux porteurs de prothèses métalliques.
- Lors de l'installation de l'appareil, des mesures de la puissance du champ doivent être réalisées non seulement sur place mais également dans les locaux alentours, notamment des pièces situées en dessus et en dessous.

## *Travail à proximité des champs statiques*

- Toutes les personnes venant à proximité d'appareils générant des champs statiques intenses doivent avoir, au préalable, déposé tous leurs objets métalliques.

## **Sites utiles**

---

- Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) (RS 814.710) :  
[http://www.admin.ch/ch/f/rs/814\\_710/index.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/814_710/index.html)
- Champs électriques et magnétiques (Canada) :  
<http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/magnet-fra.php>
- Procédures de remplissage (cryostats):  
[www.bruker.com](http://www.bruker.com)
- EPFL, SB-SST, Directive sur les champs magnétiques statiques  
<http://sb-sst.epfl.ch/page76663.html>

---

# *Les micro-ondes*

## Introduction

---

Les micro-ondes sont situées dans le rayonnement électromagnétique des ondes radio de très hautes fréquences et sont comprises entre 10 MHz et 300 GHz. A ces fréquences, l'onde transporte de l'énergie qui peut être déposée sur la peau ou dans les tissus profonds. En fonction de la fréquence, les électrons dans les tissus interagissent. L'absorption est très forte produisant un échauffement tel qu'il permet de cuire les aliments dans les fours micro-onde.

## Dangers

---

### *Effets biologiques*

- Le rayonnement hautes fréquences peut provoquer de graves brûlures superficielles et internes,  
*Parmi les fréquences les plus dangereuses, se trouvent celles de la vibration des molécules d'eau (65% de la masse corporelle) vers 2450 MHz.*



***Champs HF  
2450 MHz, 200 watts***

## Consignes générales

### *Valeurs limites admissibles*

Les valeurs limites admises, en Suisse, lors d'une exposition professionnelle aux rayonnements de haute fréquence sont les suivantes (SUVA).

#### *Valeurs limites d'exposition aux CEM pour quelques fréquences industrielles*

Fréquence [MHz]	H [A/m]	B [ $\mu$ T]	E [V/m]	Densité de Puissance [W/m <sup>2</sup> ]
13.56	0.16	0.20	61	10
27.12	0.16	0.20	61	10
40.68	0.16	0.20	61	10
433.92	0.17	0.21	62.5	11
900	0.24	0.30	90	22.5
1800	0.34	0.42	127	45
2450	0.36	0.45	137	50
5800	0.36	0.45	137	50
24125	0.36	0.45	137	50

*H : intensité du champ magnétique*

*B : densité du flux magnétique*

On notera que ces valeurs sont cohérentes vis à vis des recommandations de l'OMS, qui indiquent la puissance de rayonnement maximum à laquelle le corps humain peut être exposé en fonction de la fréquence :

Fréquence [MHz]	Densité de Puissance [W/m <sup>2</sup> ]
10 – 400	10
400 à 2'000	10 à 50
2'000 à 300'000	50

Il n'existe pas de réglementation en Suisse concernant l'exposition des travailleurs aux champs magnétiques pour de brèves durées ou pour des expositions localisées.

Les recommandations de l'OMS dans ce domaine sont les suivantes (valeurs 1988) :

- pour les travailleurs
  - ⋈ 0.4 W/Kg en moyenne sur le corps entier pendant 6 minutes,
  - ⋈ 20 W/Kg pour les extrémités (mains, pieds),
  - ⋈ 10 W/Kg localement sur les autres parties du corps.
- pour le public
  - ⋈ Même normes mais divisées par 5.

## *Mesures de sécurité*

- Le seul moyen de se protéger est de limiter la puissance du champ soit par blindage soit en s'éloignant de la source.
- Les appareils dépassant les normes admissibles doivent être blindés en conséquence.

## Références

---

- SUVA. Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2009, 1903.f.

## Liens utiles

---

- Champs électriques et magnétiques (Canada) :  
<http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/magnet-fra.php>
-

# *Lasers*

## Introduction

---

La particularité des lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) est d'émettre un faisceau de lumière cohérente et dirigée. Lorsqu'un rayon laser touche un objet, l'énergie de rayonnement est concentrée sur un minuscule point d'impact. Les lasers peuvent émettre de la lumière dans l'ensemble du spectre lumineux visible ou invisible, allant de l'infrarouge lointain à l'ultraviolet lointain (longueur d'onde: 180 à  $10^6$  nm). Ces dernières années, l'utilisation des lasers dans le domaine médical et scientifique a connu une expansion importante.



## Dangers

---

- Les rayons lasers peuvent provoquer des brûlures graves en cas de contact avec les yeux. Du fait de la cohérence du faisceau lumineux, de faibles puissances (quelques milliWatts) suffisent à provoquer des dommages. Les lasers de classe 3B et 4 présentent des risques inhérents de brûlure des yeux. Dans le cas des lasers de classe 3A, ce risque existe lorsque des instruments optiques sont utilisés (p.ex. lentilles optiques).
- Les lasers utilisés dans le domaine médical peuvent provoquer des dommages de la peau allant de la brûlure légère à l'incision profonde. Les longueurs d'onde UV-B, C et IR-B, C sont celles qui présentent le plus de risques pour la peau (risques de lésions profondes).

Les lasers sont classés selon la norme EN 60825-1, selon le niveau de risque encouru:

### *Classification des lasers.*

Classe	Longueur d'onde	Puissance maximale	Danger
1	Toutes	Dépend de la longueur d'onde	Sans aucun risque
1M	302 – 4000 nm	Dépend de la longueur d'onde	Peut présenter un danger avec un instrument d'optique (loupe, jumelles, microscope)
2	400 – 700 nm	1 mW	Le réflexe de fermeture des paupières protège les yeux.
2M	400 – 700 nm	1 mW	Peut présenter un danger avec un instrument d'optique. Le réflexe de fermeture des paupières protège insuffisamment.
3R	400 – 700 nm	5 mW	Peut blesser la rétine sans instrument d'optique
	autres	5 x classe 1	
3B	Toutes	500 mW	Le rayonnement direct ou réfléchi peut occasionner des dégâts oculaires même pendant une courte exposition
4	Toutes	pas de limite de puissance	Le rayonnement direct ou réfléchi est très dangereux pour les yeux et la peau. Risque d'incendie sur les matériaux.

Les lasers de l'ancienne classe 3A entrent maintenant dans les classe 1M ou 2M.

## Autres dangers

- A l'exception des diodes lasers, tous les lasers fonctionnent sous haute tension. Il existe donc des risques électriques, ceci en particulier lors d'une intervention inappropriée sur l'appareil.
- L'impact des rayons lasers de puissance importante (>0,5 W, classe 4) sur certaines matières peut libérer des substances toxiques.  
*Les matériaux munis d'un revêtement en téflon ne doivent pas être utilisés à proximité des lasers, ceux ci provoquent le dégagement d'acide fluorhydrique, extrêmement corrosif et toxique*
- Le traitement des tissus biologiques aux moyens de lasers provoque des fumées, composées de résidus solides et gazeux. Ces fumées peuvent avoir des effets à

court terme sur la santé (irritation du syst. respiratoire, nausées,...). Les effets à long terme de ces fumées sur la santé ne sont pas connus, toutefois la présence de substances toxiques ainsi que des spores viables, des cellules cancéreuses et du DNA viral ont été mis en évidence. Ces fumées peuvent donc présenter des dangers toxiques et biologiques, quoique ces derniers ne soient pas clairement définis.

*Les substances suivantes ont pu être mises en évidence dans les fumées issues de tissus biologiques: benzène, formaldéhydes, acroléine, aldéhydes, hydrocarbures polycycliques...*

- L'impact des rayons lasers de forte puissance (>5 W) sur certains matériaux peut provoquer des incendies. Les ignitions sont relativement peu fréquentes, mais peuvent occasionnellement survenir lorsque la faisceau entre en contact avec des matériaux particulièrement combustibles, ou que la présence de gaz comburants facilite le départ de flamme (oxygène, protoxyde d'azote) ou qu'un objet convexe concentre le rayon lumineux sur un matériau combustible.

*Un certain nombre d'éléments, présents lors d'utilisation de lasers médicaux, peuvent prendre feu: gaz intestinaux, cheveux, épiderme traité à l'alcool ou à l'acétone, papiers, draps chirurgicaux, instruments en caoutchouc, lubrifiants contenant de l'huile, gants,...*

## Consignes générales

---

### *Commande/élimination*

Les lasers suivent les mêmes voies de commande et d'élimination que les autres équipements scientifiques et médicaux.

Au même titre que les autres équipements médicaux, les lasers à usage thérapeutique sont soumis à l'ordonnance sur les dispositifs médicaux (ODim). A ce titre, ces équipements doivent satisfaire un certain nombre d'exigences, dont celles fixées par la directive 93/42/CEE.

Il convient notamment de s'assurer que les lasers sont munis d'une signalisation, d'une déclaration de conformité, d'une notice d'instruction (utilisation, applications non conformes, précautions à prendre) et qu'ils bénéficient d'une maintenance appropriée.

Lors de l'acquisition du matériel, il est vivement recommandé de s'assurer que le laser est conforme aux normes européennes (marquage CE), ce qui garanti un niveau de sécurité adéquat.

## *Formation / information*

Tout le personnel utilisateur doit être préalablement informé des dangers relatifs aux rayonnements lasers et instruit sur les mesures de protection adéquates.

## *Utilisation*

### Signalisation

- Les appareils lasers dont le rayonnement est accessible doivent être marqués. Le marquage comprend au minimum:
  - ⚡ un signal d'avertissement
  - ⚡ un signal d'information de la classe du laser
  - ⚡ une plaque signalétique et d'identification du laser.

Mesures de sécurité générales (voir feuillet SUVA 66049)

Les appareils contenant un laser doivent notamment comporter un étiquetage d'avertissement (sauf pour la classe 1) et une plaque signalétique indiquant la gamme de longueurs d'ondes, la puissance et la classe.

Les mesures de sécurité générales, relatives aux différents types de lasers sont résumées ci-dessous:

**Mesures de sécurité.**

Classe	Mesures organisationnelles	mesures techniques
1	-	-
1M	- Mettre en garde les personnes utilisation des instruments d'optique	
2	- ne pas regarder directement dans le faisceau - ne pas diriger le faisceau sur <b>des</b> personnes	
2M	- précautions de la classe 1M et 2	
3R	- Utilisation uniquement dans des cas justifiés - Utilisation uniquement par des personnes dûment formées et qualifiées - Le rayonnement ne doit pas être dirigé à la hauteur des yeux des personnes assises ou debout - L'accès au laser non utilisé doit être interdit aux personnes non autorisées	- signalisation de sécurité - pas d'objets réfléchissants dans la zone de rayonnement - limiter autant que réalisable la longueur et les directions possibles du faisceau
3B et 4	- précautions de la classe 3A et - utilisation possible uniquement dans une zone contrôlée (zone prévue à cet effet avec mesures de sécurité particulières) - l'accès à la zone nominale doit être contrôlé - l'enclenchement du laser est possible lorsque (1) toutes les personnes présentes dans la zone portent un équipement de protection adéquat, et (2) aucun tiers non-autorisé ne peut entrer dans la zone	- le rayonnement non-admissible ( <b>seuils admissibles</b> ) ne doit pouvoir atteindre personne - lunettes de protection obligatoires

### Zones contrôlées

Dans un local fermé tel qu'atelier, laboratoire, salle d'opération..., le risque laser dépend du cheminement du faisceau à l'intérieur de la pièce et de ses possibilités de réflexion et de diffusion. Lorsque l'exposition peut potentiellement dépasser les normes admissibles, les risques liés aux rayonnements lasers doivent être confinés dans une zone contrôlée. Cette zone doit faire l'objet des mesures de précautions suivantes:

- ⚡ être clairement identifiée et signalée (pictogrammes normalisés)
- ⚡ l'accès à la zone doit être restreint au personnel autorisé et muni de protections adéquates
- ⚡ les risques dus à la réflexion du faisceau peuvent être atténués par un bon éclairage intérieur qui contracte la pupille, un revêtement mural non réfléchissant, l'élimination de tout objet ou surface réfléchissant, tels que pièces ou instruments nickelés ou chromés, vitres, miroirs, surfaces liquides,...
- ⚡ Le trajet du faisceau doit, dans la mesure du possible, être protégé par une enceinte. Si cela n'est pas le cas, il doit être situé au dessus ou très en dessous du niveau des yeux. Le trajet du faisceau doit être limité par des écrans absorbeurs placés après la cible. Pendant l'émission, la source et les systèmes réfléchissants doivent être immobilisés de façon à interdire un balayage inopiné de la pièce par le faisceau laser.
- ⚡ L'émission effective du rayonnement laser doit être immédiatement identifiable dans le local, soit par un signal sonore, soit par un voyant lumineux. L'accès de la zone n'est autorisé qu'aux seules personnes dont la présence est nécessaire, pour lesquelles le port de lunettes protectrices est indispensable.
- ⚡ il est recommandé qu'une personne bien formée aux risques des lasers s'assure, pendant le traitement, que les règles de sécurité préconisées dans les protocoles d'utilisation du laser soient bien suivies.

### Port des lunettes de protection

Les mesures techniques intégrées aux appareillages (capuchons de protection, atténuateurs, contacteurs de sécurité,...) permettent de réduire sensiblement le risque d'exposition. Elles ne permettent toutefois pas d'écarter complètement la projection du faisceau incident ou réfléchi dans les yeux. Pour cette raison, des lunettes de protection doivent obligatoirement être portées lors de l'utilisation des lasers de classe 3B et 4.

Il n'existe pas de lunettes de protection adaptées à tous les rayonnements lasers. Il convient de choisir des filtres adaptés à la longueur d'onde et à la puissance du laser utilisé. La capacité de filtration est exprimée par sa densité optique (OD) à la longueur d'onde du laser. Pour permettre une visibilité suffisante, on veillera toutefois à garder un niveau de transmission de lumière (LT) aussi haut que possible. Une bonne paire de lunettes aura la meilleure transmission de lumière possible à un niveau de densité optique sûr.

Les verres de protection peuvent être de nature réfléchissante ou absorbante. Les verres réfléchissants présentent une bonne visibilité pour l'utilisateur, mais aussi un certain nombre de dangers secondaires. En effet, la présence d'une rayure sur la surface réfléchissante peut réduire drastiquement l'efficacité de la protection. De plus, le rayon réfléchi sur les verres de protection peut être un danger pour les personnes ou matériaux avoisinants.

Il est vivement recommandé d'utiliser des lunettes portant le marquage **CE**, attestant qu'elles sont conformes aux exigences essentielles de sécurité de la Directive européenne n° 89/686/CEE relative aux équipements de protection individuelle. Ces équipements devraient être munis d'un marquage d'identification comprenant, en particulier, le domaine spectral d'utilisation et le numéro de classe du laser.

### Prévention des risques électriques

Les appareils lasers ne doivent être ouverts que par le personnel qualifié. Il peut subsister un risque d'électrocution, même lorsque l'appareil n'est pas connecté au réseau. En effet, certains lasers sont équipés de condensateurs DC de haut-voltage qui restent chargés pendant des périodes de temps importantes après avoir été débranchés.

### Protection de la peau

S'il y a possibilité d'approcher les mains de zones non protégées du parcours d'un faisceau laser puissant, il est nécessaire de porter des gants de protection ininflammables. Cette protection convient pour des faisceaux de quelques watts à quelques dizaines de watts. Au-delà, il faut atténuer le faisceau avant d'intervenir. Les gants réfléchissant la lumière sont prohibés.

## Consignes particulières

---

### *Utilisation des lasers médicaux*

#### Protection contre les fumées

Du fait de la nocivité et des risques biologiques potentiels associés aux fumées provoquées par les lasers médicaux, des mesures de protection sont vivement recommandées. On préférera l'emploi d'une aspiration locale, éliminant les fumées aussi près de leur source que possible, à celle de masques de protection.

*L'emploi d'une trompe d'aspiration locale nécessite la présence d'un filtre à particule, faute de quoi les fumées peuvent se déposer/condenser et encombrer le conduit.*

*Les gants, blouses et bonnets chirurgicaux protègent la peau de façon adéquate contre les fumées de laser et les débris de tissus.*

Lors du traitement laser de tissus non-infectés (p.ex. par le virus HPV, Human Papilloma Virus), le port de lunettes et d'habits de protection chirurgicaux habituels est suffisant. En cas de lésion virale, tout le matériel présent dans la pièce doit être décontaminé. L'utilisation de blouses à usage unique est recommandée.

### Prévention des incendies

Quelques mesures techniques et organisationnelles permettent de limiter les risques d'incendie dans le domaine médical:

- l'équipe de soins est informée des procédures à suivre en cas d'ignition
- l'orientation précise du faisceau laser doit être en tout temps sous contrôle
- les pièces et équipements doivent être contrôlés pour détecter la présence d'éventuelles surfaces réfléchissantes
- en fonctionnement ou en stand by, les parties chaudes de l'appareillage ne doivent pas être mis en contact avec des matériaux combustibles
- un bassin de solution stérile devrait être gardé à proximité pour éteindre les petites ignitions proches du patient
- lors de l'utilisation de lasers chirurgicaux (particulièrement pour les lasers au CO<sub>2</sub>) les champs opératoires doivent être humidifiés
- l'utilisation conjointe de sondes trachéales et de lasers doit faire l'objet de précautions particulières. Risque d'ignition des tubes en caoutchouc ou plastique en présence d'oxygène
- si le courant ne peut être coupé, on utilisera un extincteur à halon ou à CO<sub>2</sub> pour éteindre les débuts d'incendie (haute tension du laser)

## Références

---

- SUVA. Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2009. 1903.f.
- SUVA. Attention: rayonnement laser ! feuillet d'information n°66049.f
- EN 60825-1. Sécurité des appareils à laser.
- W. Charney. Handbook of Modern Hospital Safety. 1<sup>st</sup> edition, Washington, 1999.

## Liens utiles

---

- EPFL, SB-SST, Directive LA-1-2008 : Dangers des lasers de classes 3B et 4  
<http://sb-sst.epfl.ch/page76662.html>
- laser institute  
<http://www.laserinstitute.org>
- Sécurité laser, université de Berkeley  
<http://radsafe.berkeley.edu>

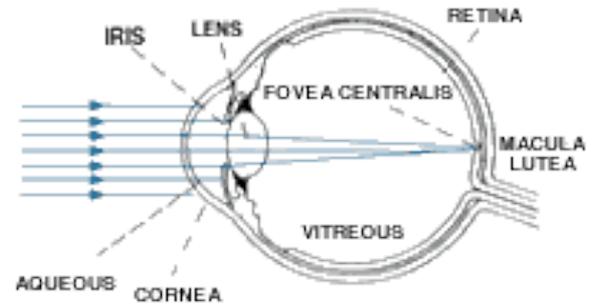
---

# *Annexes*

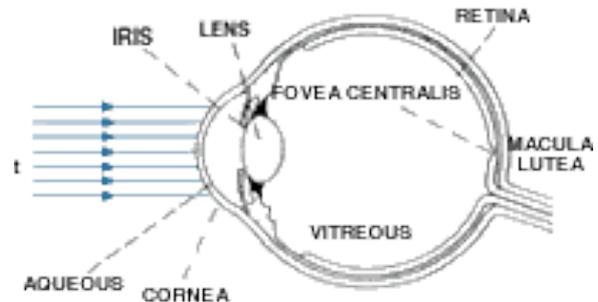
## Rayonnement lumineux, contact avec les yeux

La pénétration des rayons dans l'œil dépend largement de leur longueur d'onde. Les faisceaux dans le domaine visible et infrarouge proche (400-1400 nm) sont particulièrement dangereux car ils se focalisent sur la rétine.

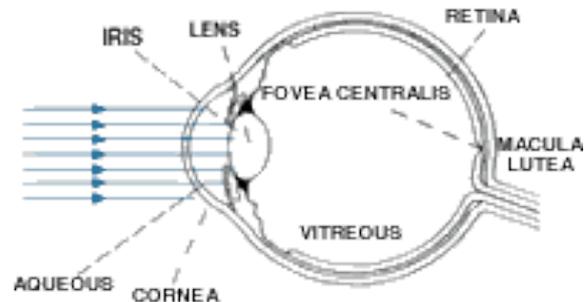
*pénétration de lumière visible et infrarouge proche (400-1400nm)*



*pénétration de lumière infrarouge (moyen et lointain, 1400 nm – 1mm) et ultraviolets moyens (180-315 nm)*



*pénétration de la lumière ultraviolette proche (315-390 nm)*



## Rayonnement laser, seuils admissibles

Les limites d'exposition de quelques lasers usuels sont présentées ci-dessous. Les doses maximales de rayonnement auxquelles on peut être exposé sans dommage immédiat ou à long terme sont présentées dans la norme 825 de la Commission Electronique Internationale (CEI). Ces tableaux étant relativement complexes à consulter, on utilise généralement la classe du laser comme référence pour déterminer les mesures préventives à mettre en place.

### *Limites d'exposition de quelques lasers usuels.*

<b>Type de laser</b>	<b>Longueur d'onde principale</b>	<b>Limite d'exposition</b>
Argon fluoride	193 nm	3.0 mJ/cm <sup>2</sup> pendant 8 h
Xenon chloride	308 nm	40 mJ/cm <sup>2</sup> pendant 8 h
Argon ion	488, 514.5 nm	3.2 mW/cm <sup>2</sup> pour 0.1 s
Copper vapour	510, 578 nm	2.5 mW/cm <sup>2</sup> pour 0.25 s
Helium-neon	632.8 nm	1.8 mW/cm <sup>2</sup> pour 10 s
Gold vapour	628 nm	1.0 mW/cm <sup>2</sup> pour 10 s
Krypton ion	568, 647 nm	1.0 mW/cm <sup>2</sup> pour 10 s
Neodymium-YAG	1,064 nm	5.0 mJ/cm <sup>2</sup> pour 1 ns - 50 ms
	1,334 nm	pas de limite pour t < 1 ns, 5 mW/cm <sup>2</sup> pour 10 s
Carbon dioxide	10–6 mm	100 mW/cm <sup>2</sup> pour 10 s

Source: ANSI Standard Z-136.1(1993); ACGIH TLVs (1995) and Duchene, Lakey and Repacholi (1991).

Les limites admissibles en W/ cm<sup>2</sup> peuvent être converties en mJ/cm<sup>2</sup> en multipliant la valeur limite par la durée d'exposition (en secondes).

## Lasers, signalisation

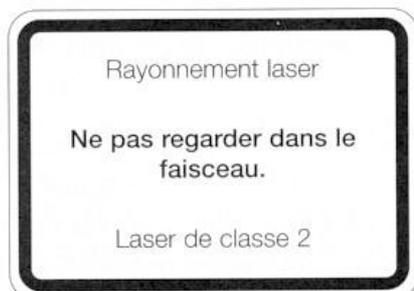
*Exemples de signalisation laser. Source SUVA feuillet d'information n°67079.f*



Signal d'avertissement

Données du laser	EN 60 825-1/1997
Nature du laser	He-Ne
Longueur d'onde	633 nm
Durée d'émission	cw
Puissance de rayonnement	1 mW
Energie de rayonnement	-

Plaque signalétique



Signal d'information de la classe



Plaque d'identification