

Mémento à l'usage du personnel des laboratoires



sécurité LASER

édition février 2005

Symbole des nouvelles technologies, l'outil Laser est largement utilisé dans les laboratoires, dans l'industrie, dans le domaine médical et chirurgical.

Si la mise en œuvre du Laser est souvent synonyme de performance, si elle améliore les conditions de travail par rapport aux méthodes et machines traditionnelles, elle oblige en tout état de cause l'utilisateur à prendre en compte, dès la conception de l'installation, la sécurité des personnes et de l'environnement.

C'est la sécurité intégrée.

La présente plaquette contribue à la sensibilisation des utilisateurs, par la connaissance du **risque Laser**, des moyens de protection et des consignes d'utilisation.

L'expérience de plusieurs dizaines d'années d'emploi du Laser dans les laboratoires de recherche nous a montré l'importance des protections collectives, des consignes d'exploitation et du comportement des hommes : la formation de ceux-ci participe à une prévention optimum.

Innovation omniprésente, le Laser, utilisé à bon escient, sera d'autant plus performant qu'il créera un minimum de risque pour l'individu.

***Les membres du groupe de travail
« Sécurité laser »***

Domaines d'utilisation des principaux lasers

Matériau actif	Utilisations
Gaz Hélium - Néon Hélium - Cadmium	Travaux de chantiers (alignement, définition de plans, guidage d'engins de T.P., télémétrie, topographie) ; métrologie (réglage de machines, granulométrie, écartométrie, interférométrie) ; positionnement de montage (électronique) ; holographie ; reconnaissance de signes codés ; impression graphique.
Gaz ionisés (krypton, argon)	Télémétrie ; holographie ; spectroscopie ; ophtalmo-dermatologie ; recherche ; spectacles.
Dioxyde de carbone	Découpage de matériaux divers (métaux, plastiques, alliages réfractaires), soudage de métaux et plastiques, traitements thermiques ; chirurgie (odontologie, ORL...).
Azote	Photochimie ; recherche ; impression graphique.
Excimères	Impression graphique ; ophtalmologie ; dermatologie.
Vapeurs métalliques	Photothérapie.
Solides Yag Yag dopé	Vaporisation de métal ; ajustage de résistances ; recuits ; ophtalmologie. Perçage et soudage (horlogerie, micromécanismes, électronique) ; gravure ; chirurgie ; recherche ; traitement des tumeurs ; spectrographie.
Rubis	Holographie d'objets en mouvement ; télémétrie. Micro-usinage ; vaporisation de couches métalliques ; perçage (diamant, rubis) ; soudage (fils fins).
Oscillateur Paramétrique Optique (OPO)	Recherche.
Lasers à semi-conducteurs diodes laser	Télécommunication par fibre ; compact disque. Télémétrie impulsionnelle ou à comparaison de phase. Construction automobile.
Liquides Colorants	Spectroscopie ; étude de matériaux ; dermatologie.

Caractéristiques essentielles

Matériau actif	Longueur d'onde en nm	Durée d'impulsion	Energie, puissance
Gaz Hélium - Néon Hélium - Cadmium	632, 800, 1500 et 3000 543, 594	continu	0,1 à 100 mW
Gaz ionisés (krypton, argon)	350 à 800	continu	0,1 W à 40 kW
Dioxyde de carbone	10600	continu	1 W à 45 kW
Azote	337	100 ns	1 mj à 100 mJ
Excimères	190 à 350	10 à 60 ns	1 mj à 500 mJ
Vapeurs métalliques	500 à 1500	20 ns	quelques mJ
Solides Yag dopé au néodyme	264, 355, 532 940, 1064, 1320	30 ps à 25 ms et continu	0,1 mJ à 100 J jusqu'à quelques centaines de W
Rubis	694	30 ns à 500 ns	0,1 J à 10 J par impulsion
Oscillateur Paramétrique Optique (OPO)	300 - 3000	à impulsions	quelques mJ à quelques centaines de mJ
Lasers à semi-conducteurs diodes laser	620 à 2000	continu ou à impulsions	quelques mW à quelques W
Liquides Colorants	variable 350 à 1000	continu ou à impulsions	quelques mW à quelques W

Classification des lasers

Définition des classes de laser

- Classe 1** ▶ Aucun danger
- Classe 1M** ▶ $302,5 \text{ nm} \leq \text{longueurs d'onde} \leq 4\,000 \text{ nm}$
Risque si faisceau laser utilisé avec des optiques
- Classe 2** ▶ $400 \text{ nm} \leq \text{longueurs d'onde} \leq 700 \text{ nm}$ (visible)
Ne pas garder intentionnellement l'œil dans l'axe du faisceau laser
- Classe 2M** ▶ $400 \text{ nm} \leq \text{longueurs d'onde} \leq 700 \text{ nm}$ (visible)
Ne pas garder intentionnellement l'œil dans l'axe du faisceau laser
Ne pas regarder dans le faisceau à l'aide d'un instrument optique
- Classe 3R** ▶ $302,5 \text{ nm} \leq \text{longueurs d'onde} \leq 10^6 \text{ nm}$
La vision directe du faisceau est potentiellement dangereuse
- Classe 3B** ▶ La vision directe du faisceau est dangereuse
Risque de lésions cutanées
Réflexion diffuse sans danger si la distance entre la cornée et l'écran (D) > 13 cm et si le temps d'exposition (t) < 10 s.
- Classe 4** ▶ Exposition de l'œil et de la peau dangereuse (faisceau direct ou diffusé)

Synthèse des effets du faisceau en fonction de la classification du laser

CLASSES	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Œil : vision avec l'aide d'optique		X	*	X	XX	XX	XX
Œil : rayon direct et réflexions spéculaires			*	*	*, X	XX	XX
Œil : réflexions diffuses						+	XX
Peau						X	XX
Incendie							O

XX est dangereux

X peut être dangereux

* sans danger si réflexe palpébral

O peut générer un incendie

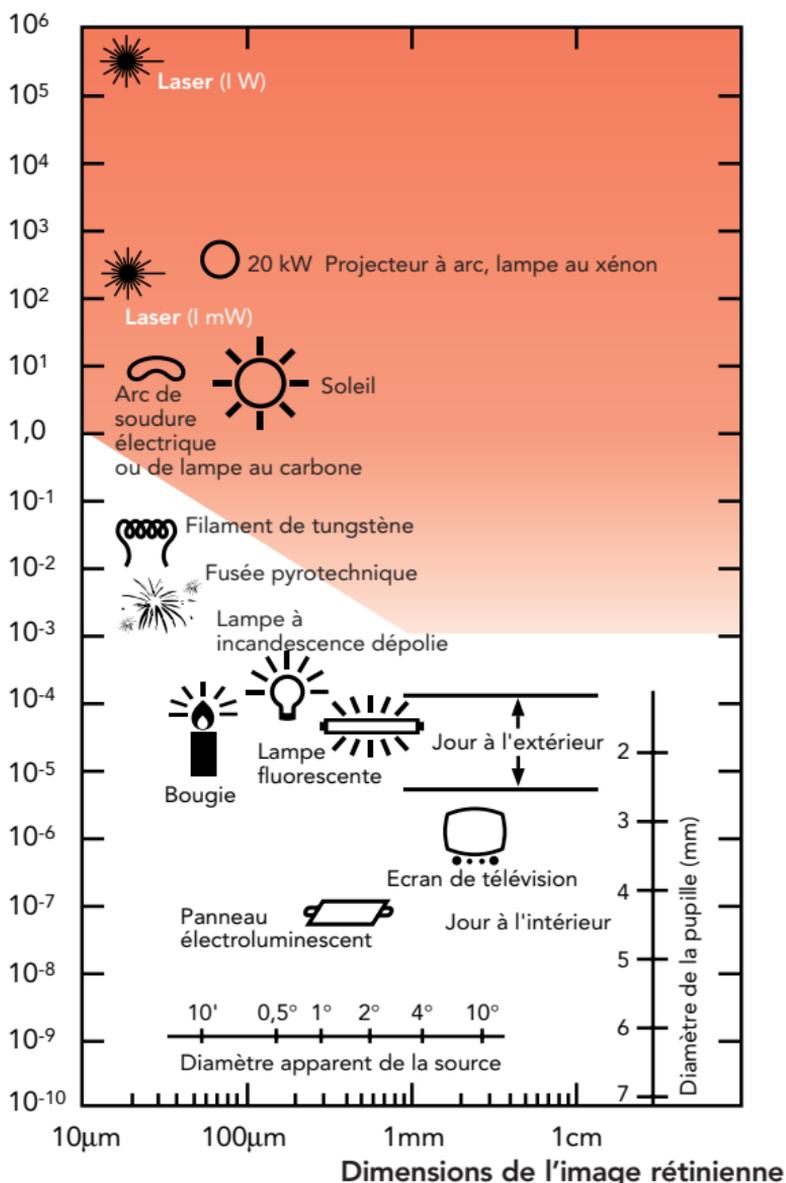
+ dangereux si $D < 13 \text{ cm}$ et $t \geq 10 \text{ secondes}$

Exposition maximale permise : E.M.P.

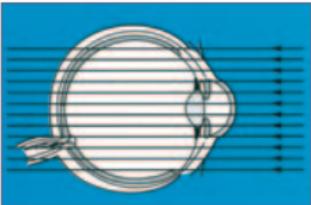
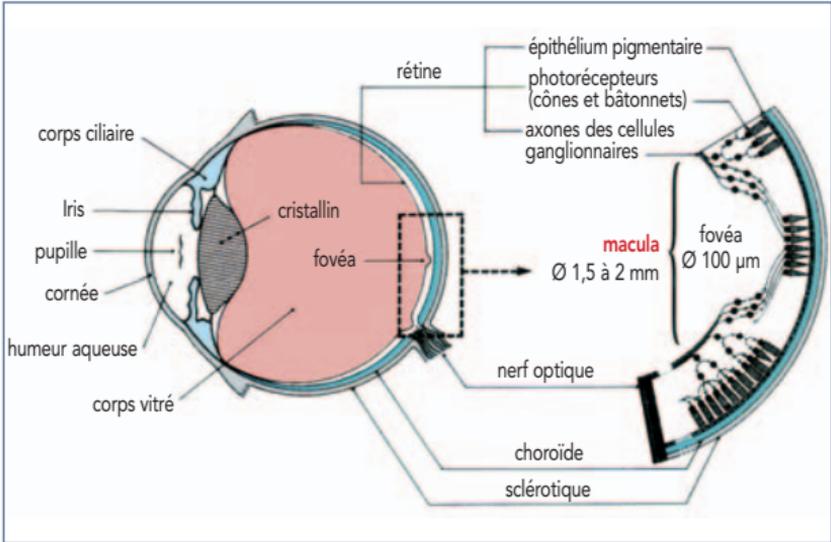
L'exposition maximale permise (E.M.P.) est le niveau maximal auquel l'œil peut être exposé sans subir de dommage immédiat ou à long terme. Cette valeur, mesurée au niveau de la cornée, se détermine en fonction de la longueur d'onde, la durée et les conditions d'exposition (se référer aux critères définis par les normes NF EN 60825-1).

Le tableau ci-dessous situe les éclairagements énergétiques sur la rétine lors de la vision d'objets lumineux courants :

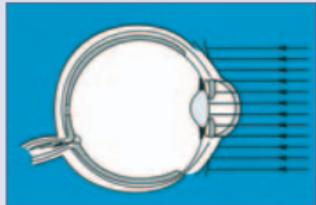
Densité de puissance surfacique reçue par la rétine (Watt/cm²)



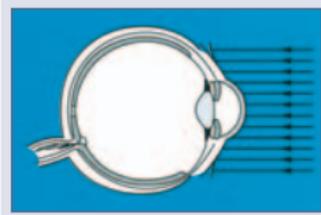
Structure générale de l'œil



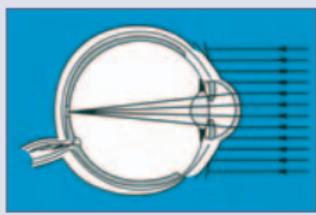
a. Micro ondes et rayonnement ionisant



c. Proche ultraviolet



b. Ultraviolet lointain et infrarouge lointain



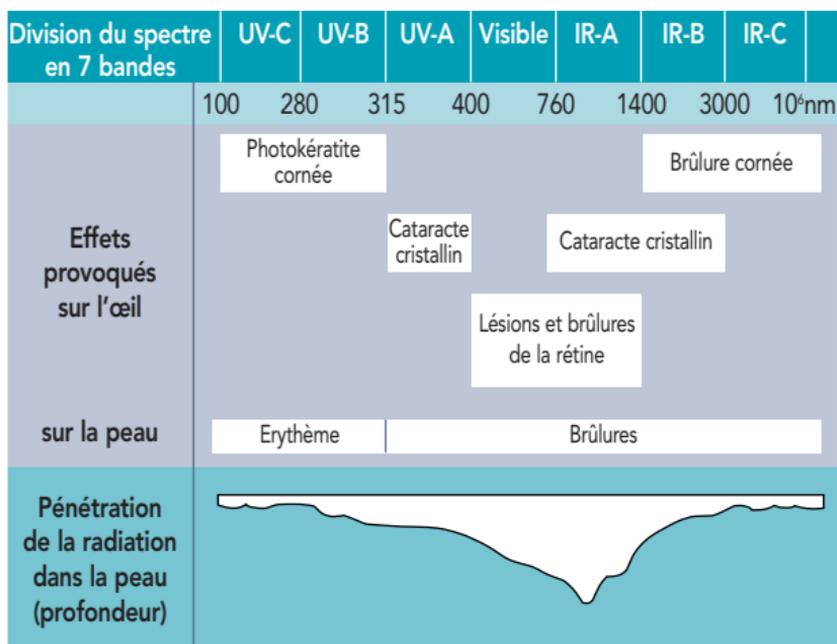
d. Visible et proche infrarouge

Très dangereux : focalisation sur la rétine

GAIN OPTIQUE DE L'ŒIL : jusqu'à 500 000

Effets biologiques...

... provoqués par le rayonnement laser en fonction de la longueur d'onde (diagramme proposé d'après la C.I.E. Commission internationale de l'éclairage)



Une atteinte de la rétine dans la zone de la **macula**, par un faisceau laser de quelques mW, peut entraîner une perte partielle ou totale de l'acuité visuelle.

PROTECTEURS OCULAIRES

Autres risques

Risques hors faisceau

ELECTRIQUES : Basse et Haute Tensions dans les alimentations, capacités.



CHIMIQUES : colorants, solvants, gaz, cibles...



ACOUSTIQUES : alimentations électriques, décharges de lasers pulsés de haute puissance.



INCENDIE / EXPLOSION : solvants, électricité statique.

MÉCANIQUES : manutention, rupture d'enceinte.

RAYONS X : alimentation de Très Haute Tension (> 15 kV).

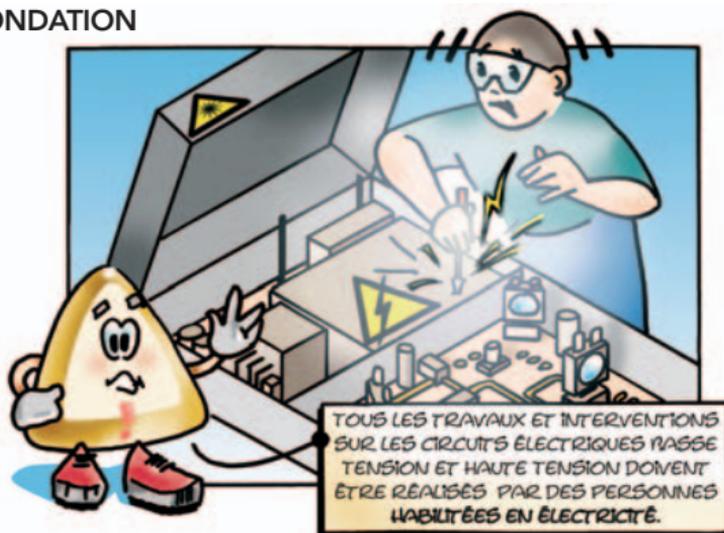
EMISSIONS CONNEXES : ultra violet, visible et infra-rouge, interaction Rayonnement/matière

OZONE : ozone produit par les sources intenses UV.



CRYOGENIE (brûlures, anoxie) : azote et hélium liquide...

INONDATION



Règles de sécurité

PROTECTION COLLECTIVE : à privilégier.

Demander conseil auprès de l'Ingénieur de Sécurité d'Installation pour la mise en place des appareils, l'aménagement des locaux, la maintenance des équipements, la rédaction des consignes...

FORMATION : sensibilisation, formation au poste de travail et habilitation.

Locaux

- Local laser, balisé avec signal lumineux indiquant le fonctionnement effectif pour les lasers \geq classe 3B (ou 3R pour les longueurs d'onde invisibles),
- Local laser accessible au personnel autorisé et équipé de lunettes adaptées,
- Eliminer du local toute source éventuelle de réflexion parasite. Attention aux petits objets réfléchissants tels que : pinces métalliques, montres, petit outillage...
- Local suffisamment éclairé (500 lux au minimum) pour diminuer le diamètre de la pupille de l'œil.

Equipements

- Capoter le faisceau au maximum,
- Bien repérer et laisser libre le trajet du faisceau,
- Ne jamais démarrer un laser si l'ensemble (appareil laser, optiques, cible...) n'est pas fixé,
- Arrêter le faisceau laser dès l'ouverture des capots, pour tous travaux ne nécessitant pas la présence du faisceau,
- Toute fibre optique transmettant un faisceau laser doit être considérée comme une source laser,
- Malgré leur faible volume, les « diodes lasers » doivent être assimilées à des lasers et sont donc soumises aux mêmes règles de classement et de sécurité.

Consignes

- Travailler à puissance réduite pour tout réglage du faisceau,
- Vérification périodique des dispositifs de sécurité,
- Surveillance médicale des utilisateurs (examen ophtalmologique),
- Protections individuelles adaptées au laser et au type d'intervention,
- Respecter les consignes particulières de sécurité du poste de travail (port des lunettes...).

Lunettes de protection

Le port des lunettes de protection est obligatoire lorsque la protection collective s'avère partielle ou impossible à mettre en place (phase de réglage...).

En aucun cas les lunettes ne peuvent se substituer à la protection collective.

Les trois paramètres importants des lunettes de protection sont :

Le mode d'émission du laser

D : pour les lasers continus
I, R ou M : pour les lasers à impulsions (voir normes NF EN 207 et NF EN 208).

La ou les plages de longueurs d'onde λ

les longueurs d'onde doivent correspondre à celles du Laser.



☞ D 980-1100 L4

Le numéro d'échelon L ou R

il qualifie la résistance du protecteur aux impacts du faisceau (L : sécurité, R : réglage).

Ces grandeurs doivent être **impérativement** gravées sur la monture ou sur les verres.

Certains fabricants de lunettes ajoutent la densité optique D ou DO (elle dépend de la puissance ou de l'énergie du Laser).



Quelle que soit la qualité des lunettes, interdiction formelle de regarder dans l'axe du faisceau.

La fabrication des lunettes doit respecter les normes européennes NF EN 207 (lunettes de sécurité) et 208 (lunettes de réglage uniquement pour les longueurs d'onde visibles comprises entre 400 nm et 700 nm).

Panneaux de signalisation Etiquetages

Tout dispositif laser de classe > à 1 doit porter :

- le symbole de danger



- une plaque indicatrice mentionnant la classe de laser et la description du risque, conforme aux normes en vigueur. Exemple :

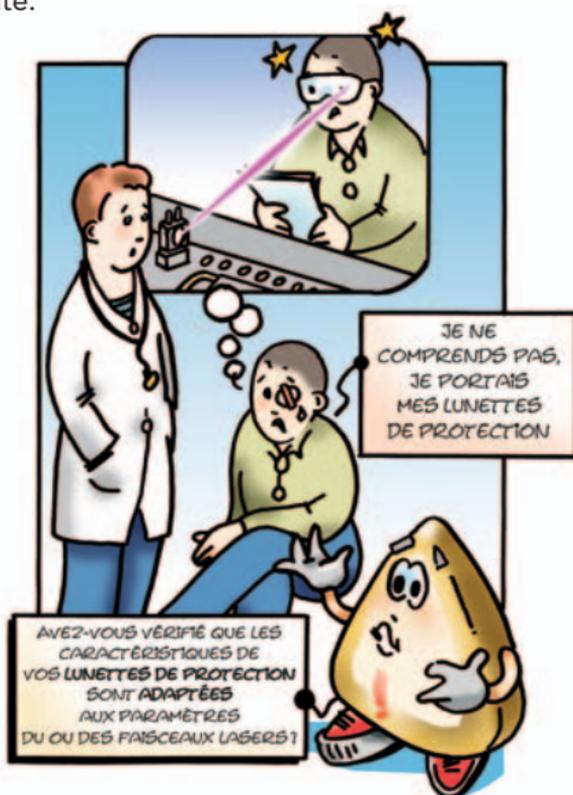
**RAYONNEMENT LASER
NE PAS REGARDER
DANS LE FAISCEAU
APPAREIL A RAYONNEMENT
LASER DE CLASSE 2M**

Tout local laser doit avoir à son entrée le symbole de danger :



Ce panneau, lorsqu'il clignote, signifie que le franchissement est réglementé.

LASER



Bibliographie - Documentation

- Sécurité du rayonnement des appareils à laser
Normes NF EN 60825-1/X (X : dernière édition en vigueur)
- Fabrication des lunettes. Protection individuelle
Norme NF EN 207/X et NF EN 208/X (X : dernière version en vigueur)
- Guide de prévention « Sécurité laser » CEA - GEP - 2004
- Guide « Lunettes de protection laser » CEA - GEP - 2001
- <http://www-dpsnsecurite.cea.fr:8000/>

A qui s'adresser ?

Pour en savoir plus, adressez-vous à votre correspondant sécurité et reportez-vous au guide « Sécurité Laser » du Groupe d'études de prévention (GEP) du CEA.

Pour tous renseignements concernant l'utilisation des lasers, demande de documentation ou de films, s'adresser au Groupe de travail « Sécurité laser » du GEP du CEA ou à la Direction de la Protection et de la Sûreté Nucléaire.

*Document élaboré par le Groupe de travail « sécurité laser »
du GEP piloté par la Direction de la protection
et de la sûreté nucléaire.*

Commissariat à l'énergie atomique
securite.publications@cea.fr
© CEA tous droits réservés
édition février 2005