

4.7 - RISQUES LIÉS À L'UTILISATION des LASERS et RÈGLES de SÉCURITÉ CORRESPONDANTES.

L'utilisation de lasers présente plusieurs types de risques :

- risques liés à l'exposition au rayonnement,
- risques liés à l'alimentation électrique,
- risques de nature chimique (gaz utilisés dans la cavité du laser, substances nocives dégagées par la combustion de certains matériaux).

L'action d'un rayonnement laser sur les tissus biologiques se manifeste essentiellement par un **effet thermique**. Mais d'autres effets peuvent être observés dans certaines conditions. Ce sont des effets:

- photochimiques,
- électriques,
- mécaniques,
- multi photoniques,
- physiologiques cumulatifs.

Pour l'évaluation des risques liés à l'utilisation de faisceaux laser, les paramètres suivants doivent être considérés:

- longueur d'onde,
- intensité et durée d'exposition permettant de définir l'éclairement énergétique (W/m^2) ou l'exposition énergétique (J/m^2) sur la surface exposée;
- nature du tissu biologique exposé (œil ou peau).

4.7.1 EFFETS DU RAYONNEMENT LASER SUR L'ŒIL.

Le cas le plus dangereux se présente lorsque le faisceau laser arrive sur l'œil sous la forme d'un faisceau parallèle. Dans ce cas, l'éclairement au niveau de la rétine E_r sera beaucoup plus grand que l'éclairement E_c sur la cornée. Le diamètre D_p de la pupille est d'environ 7 mm; le diamètre D_r de la tache focale sur la rétine est de 10 μm . On a donc sur la rétine un éclairement égal à :

$$E_r = \left(\frac{D_p}{D_r} \right)^2 E_c \approx 5.10^5 E_c.$$

Les longueurs d'onde comprises entre 0,7 et 1,4 μm seront particulièrement dangereuses pour la rétine. Dans cette fenêtre, le rayonnement est en effet transmis jusqu'à la rétine mais ne crée pas de sensation lumineuse; l'œil ne se ferme donc pas par réflexe en présence d'un rayonnement même intense comme c'est le cas lorsque la longueur d'onde se situe entre 0,4 et 0,7 μm .

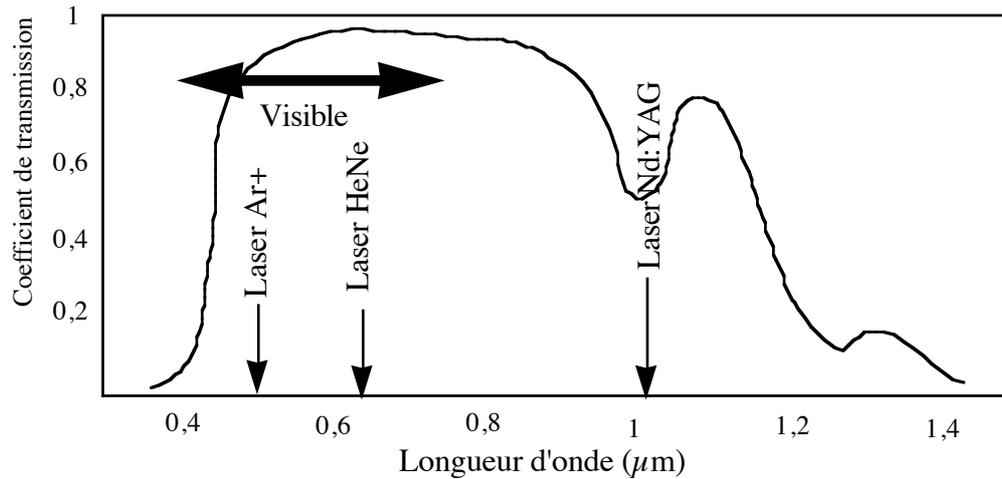


Fig. 4.7-1 : Caractéristique spectrale de la transmission de l'œil.

La transmission de l'œil s'étend, du côté des rayonnements infra-rouges, bien au-delà de la limite de sensibilité de la rétine, voisine de 0,75 μm.

On définit l'Exposition Maximale Permise :

- au niveau de la cornée,
- en faisceau direct,
- en faisceau monochromatique,
- en considérant que l'œil est ouvert au maximum ($D_p \approx 7$ mm).

Pour les longueurs d'onde visibles, on tient compte du fait que l'œil se ferme par réflexe après 0,25 s d'exposition.

Dans la bande 0,4 - 1,4 μm, le seuil sur la rétine est de:

- 0,1 à 1 J/cm² en faisceau impulsionnel,
- 0,5 à 5 W/cm² en faisceau continu.

Les valeurs correspondantes sur la cornée sont respectivement:

- 2×10^{-7} à 2×10^{-6} J/cm² et
- 10^{-6} à 10^{-5} W/cm².

Le tableau ci-après donne quelques valeurs maximales d'exposition permises [13.1].

Type de laser	Type d'émission	EMP pour l'œil	EMP pour la peau
HeNe	continue	2,5 mW.cm ⁻²	3 W.cm ⁻²
CO ₂	continue	0,1 W.cm ⁻²	0,1 W.cm ⁻²
Nd:YAG	impulsion de 10 ns	5x10 ⁻⁶ J.cm ⁻²	0,1 J.cm ⁻²
	impulsion de 1 ms	9 mJ.cm ⁻²	0,3 mJ.cm ⁻²
Excimère KrF	impulsion de 10 ns	3 mJ.cm ⁻²	3 mJ.cm ⁻²
Excimère XeCl	impulsion de 10 ns	6 mJ.cm ⁻²	6 mJ.cm ⁻²

Valeurs maximales d'exposition pour quelques lasers courants.

4.7.2 EFFETS DU RAYONNEMENT SUR LA PEAU.

La peau absorbe entre 50% et 95 % du rayonnement auquel elle est exposée. Le coefficient d'absorption dépend :

- de la pigmentation de la peau,
- de la longueur d'onde du rayonnement. Les effets les plus nocifs sont observés pour une longueur d'onde inférieure à 0,4 μm ou supérieure à 1,4 μm.

Dans le visible, le seuil d'exposition est de:

- quelques 1/10 de W/cm² si la durée d'exposition est supérieure à 5 secondes,
- quelques W/cm² si la durée d'exposition est inférieure à 5 secondes.

A titre de comparaison, l'exposition au soleil au zénith en été, correspond à une densité de puissance de 0,14 W/cm². Dans l'infra-rouge, en particulier à la longueur d'onde du laser à CO₂, l'absorption est totale; les risques de brûlures sont donc réels, même à une puissance de quelques Watts.

Les effets de l'action d'un rayonnement sur la peau dépendent de la durée d'exposition:

- pour des impulsions très courtes (d'environ 10⁻⁹ s), on observe des effets acoustiques transitoires;
- les expositions qui durent de 10⁻⁶ seconde à quelques secondes, se manifestent par des effets thermiques;
- les expositions très longues (supérieures à 100 s) peuvent donner lieu à des effets photochimiques, en général réversibles.

4.7.3 CLASSIFICATION DES LASERS EN FONCTION DE LEURS RISQUES POTENTIELS.

Classe 1 : Risques nuls.

Classe 2 : Sources de rayonnement visible émettant une puissance continue inférieure ou égale à 1 mW.

Risques faibles. Pour les radiations visibles, l'œil est protégé par le réflexe palpébral (temps de réponse: 0,25 s).

Classe 3 : Risques modérés.

Classe 3A : Puissance continue ou crête inférieure à 5 mW.

Rayonnement visible: Il y a danger pour l'œil lors d'une exposition directe prolongée à faible distance, ou par introduction du faisceau à l'aide d'un système optique focalisant.

Classe 3B : Puissance inférieure à 0,5 W.

Lasers à rayonnement visible ou invisible dont le niveau de puissance dépasse les seuils admissibles par l'œil. Des précautions spéciales doivent être prises pour que ces seuils ne soient pas atteints.

Il y a danger même en présence de rayonnement diffus.

Classe 4 : Puissance supérieure à 0,5 W. Risques importants.

Lasers à rayonnement visible ou invisible présentant de hauts risques aussi bien pour l'œil que pour la peau. Des précautions spéciales doivent être prises pour éviter les expositions au rayonnement, même diffus.

4.7.4 CAUSES D'ACCIDENT.

- Exposition involontaire de l'œil au rayonnement pendant l'alignement.
- Mauvais alignement causant un cheminement non prévu du faisceau.
- Protection oculaire non utilisée. Ce danger est très grand lorsqu'on utilise le faisceau d'un laser Nd:YAG.
- Mauvaise manipulation de la haute tension.
- Exposition au rayonnement de visiteurs ou autres personnes non prévenues se trouvant à proximité.

4.7.5 MESURES DE SECURITE.

(recommandées pour la classe III, indispensable pour la classe IV)

- Protection soignée de la zone de travail pour les applications faisant appel à des lasers de puissance: locaux à accès limité, bonne signalisation, obstacle pour les faisceaux parasites, surfaces diffusantes près du faisceau.
- Equipement individuel du personnel exposé: port de lunettes traitées en réflexion pour le rayonnement utilisé.
 - Bon éclairage ambiant: l'ouverture de la pupille de l'œil est alors faible.
 - Matérialisation du chemin du faisceau, faisceau à hauteur des yeux à éviter.
 - Examen ophtalmique initial et périodique du personnel le plus fréquemment exposé.
 - Formation initiale du personnel aux problèmes de sécurité.
 - Prévoir un spécialiste 'sécurité'.

Pour la classe 4 :

- Protection oculaire indispensable pour personnel à proximité du faisceau
- Arrêt urgence bien en vue
- Fonctionnement du laser inhibé par l'ouverture de la porte d'accès au local
- Signal acoustique (ou lumineux) lorsque le laser est en fonctionnement.

4.7.6 DOCUMENTS RELATIFS À LA SÉCURITÉ LASER SUR LE WEB.

- Le décret n° 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022424491&dateTexte=&categorieLien=id>

- Site de l'Irepa laser

<http://www.irepa-laser.com/index.php?page=securite-laser-Irepa-Laser>

- Site de l'université de Nancy : <http://cp2s.uhp-nancy.fr/HYG/php/risquesLaser>
- un site du CNRS :

http://www.cnrs.fr/aquitaine-limousin/IMG/pdf/Risque_laser__E.ABRAHAM_.pdf

- Site de l'INRS :

<http://www.inrs.fr/accueil/risques/phenomene-physique/rayonnement-optique/lasers.html>