



LA SÉCURITÉ RELIÉE AUX LASERS

MARIE-JOSÉE ROSS



LA SÉCURITÉ RELIÉE AUX LASERS

MARIE-JOSÉE ROSS



LA SÉCURITÉ RELIÉE AUX LASERS

Conception et rédaction

Marie-Josée Ross, ing.

Conception graphique, mise en pages et illustrations

Hélène Camirand

Remerciements

Nous tenons à remercier les personnes suivantes de leurs précieux commentaires :

Claude Dumas, directeur sécurité, environnement et mesures d'urgence, Nortel Networks

Sylvain Allaire, conseiller en prévention, Université Laval

Serge Simoneau, coordonnateur, ASP Métal Électrique

Caroline Godin, conseillère technique, ASP Métal Électrique

France Desjardins, conseillère technique, ASP Métal Électrique

Raymond Dignard, conseiller en prévention, ASP Métal Électrique

Mariette Campeau, secrétaire, ASP Métal Électrique

On peut se procurer des exemplaires du présent document en s'adressant à :

ASPHME

2271, boul. Fernand-Lafontaine, bureau 301

Longueuil (Québec) J4G 2R7

Téléphone : (450) 442-7763

Il est possible de télécharger ce document gratuitement à partir de notre site : www.asphme.org

Reproduction

La reproduction des textes est autorisée pourvu que la source soit mentionnée et qu'un exemplaire nous soit envoyé.

Dans ce document, le générique masculin est utilisé sans discrimination et dans le seul but d'alléger le texte.

Tous droits de traduction réservés

© 2004 Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail
Secteur de la fabrication de produits en métal et de produits électriques

ISBN 978-2-923831-01-5 (PDF)

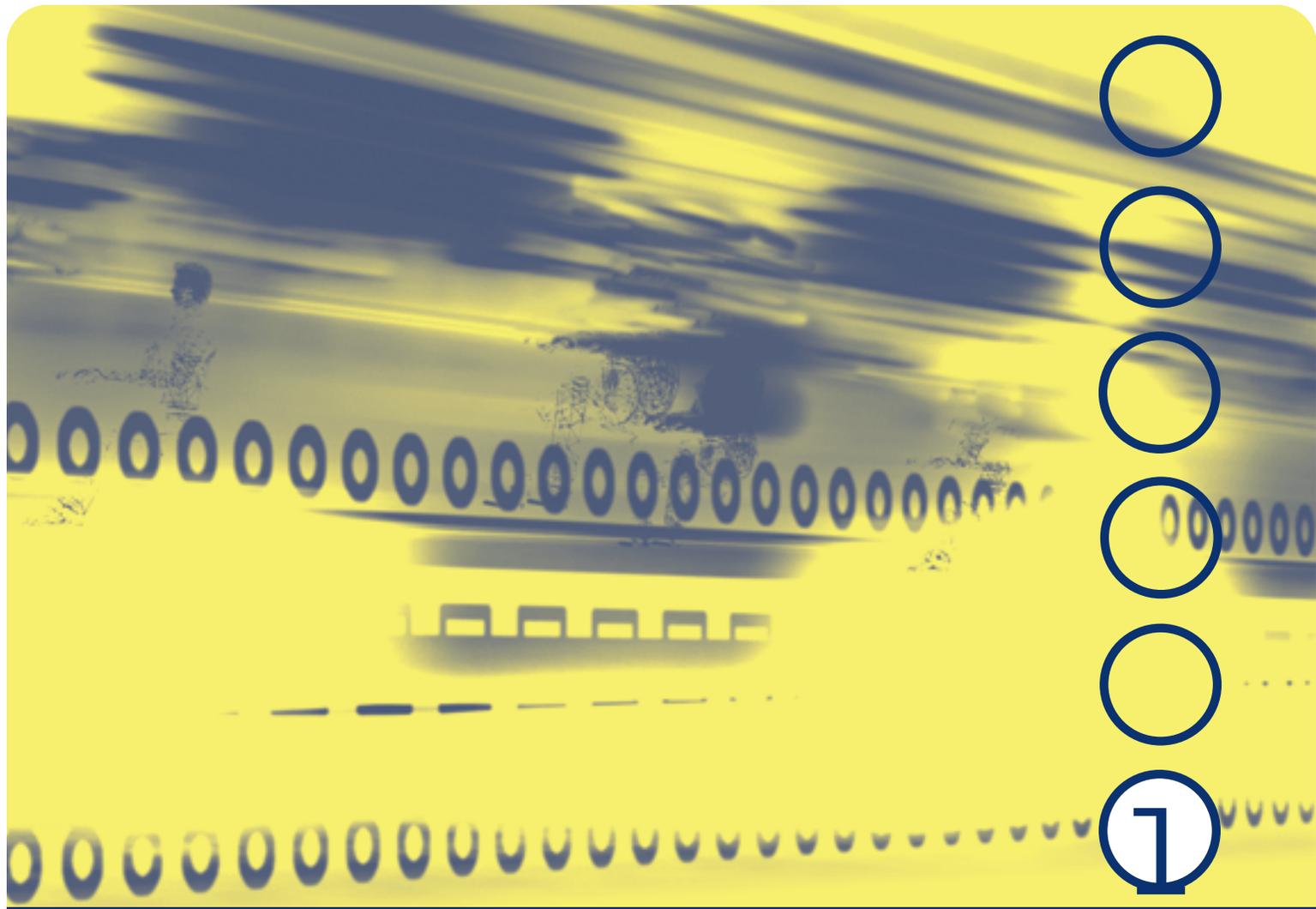
(Publié précédemment par l'ASP Métal Électrique, ISBN 20921630-14-4)

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2004, 2010

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Canada, 2004, 2010

CONTENU

①	INTRODUCTION	5
②	QU'EST-CE QU'UN LASER?.....	7
	2.1. La lumière laser est particulière	
	2.2. Les paramètres du laser	
	2.3. Les composantes d'un laser	
	2.4. Les types de lasers et leurs applications	
	2.5. Les fibres optiques transportent la lumière laser	
③	LES DANGERS ASSOCIÉS AU RAYONNEMENT LASER	15
	3.1. Les blessures	
	3.2. Les lasers sont-ils tous dangereux ?	
	3.3. Estimer le danger à l'aide du système de classification	
④	SE PROTÉGER DU RAYONNEMENT LASER	21
	4.1. Un appareil à laser vs un laser	
	4.2. Les mesures de sécurité	
	4.3. Quelques précisions sur les moyens techniques	
⑤	LES AUTRES DANGERS ET COMMENT S'EN PROTÉGER	29
?	LA FOIRE AUX QUESTIONS	34
?	POUR EN SAVOIR PLUS	37
ⓘ	BIBLIOGRAPHIE	38



INTRODUCTION

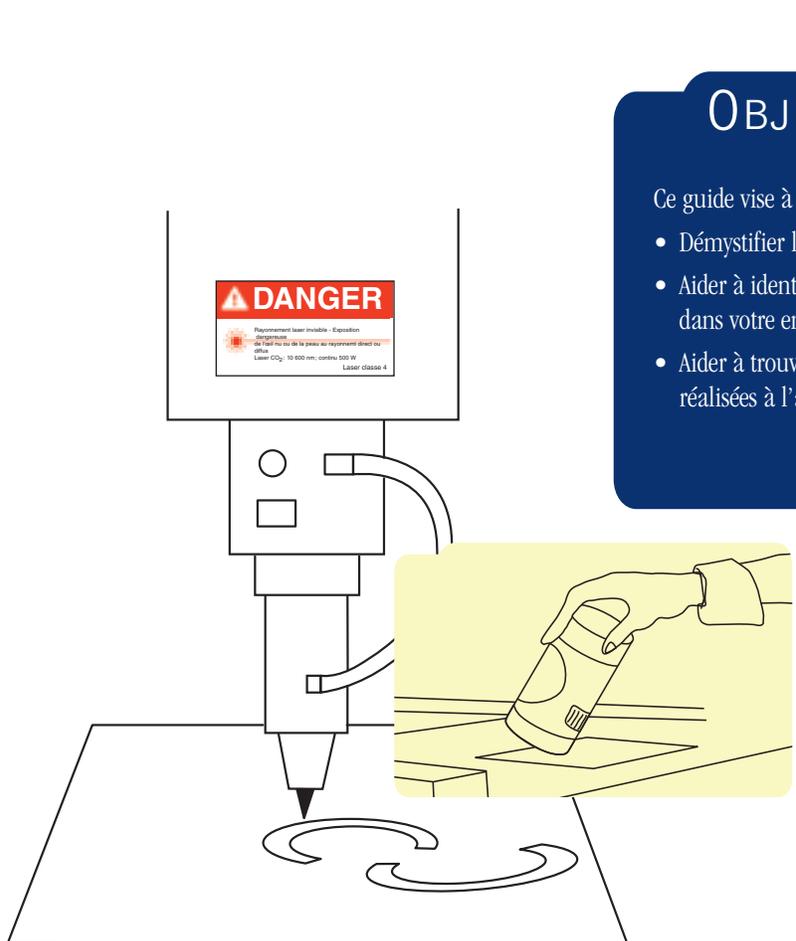
LA SÉCURITÉ RELIÉE AUX LASERS

LASER

Le terme **LASER** est un acronyme pour **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**. Les lasers sont des appareils qui produisent une forme de lumière très spéciale, très dense en énergie. Il existe toute une panoplie de lasers qui sont utilisés dans des secteurs aussi variés que l'industrie, la chirurgie, les télécommunications, la construction, etc. Plus près de nous, on trouve les « scanners » à l'épicerie, les lecteurs de disque compact, etc.

SONT-ILS TOUS DANGEREUX?

Certains lasers présentent peu de danger comparativement à d'autres. Le potentiel de danger d'une source laser dépend de plusieurs facteurs dont la puissance émise, la longueur d'onde, le type d'émission, le trajet du faisceau et les dispositifs de protection. En somme, il n'est pas toujours simple de tracer une ligne entre les lasers qui sont dangereux et ceux qui ne le sont pas.



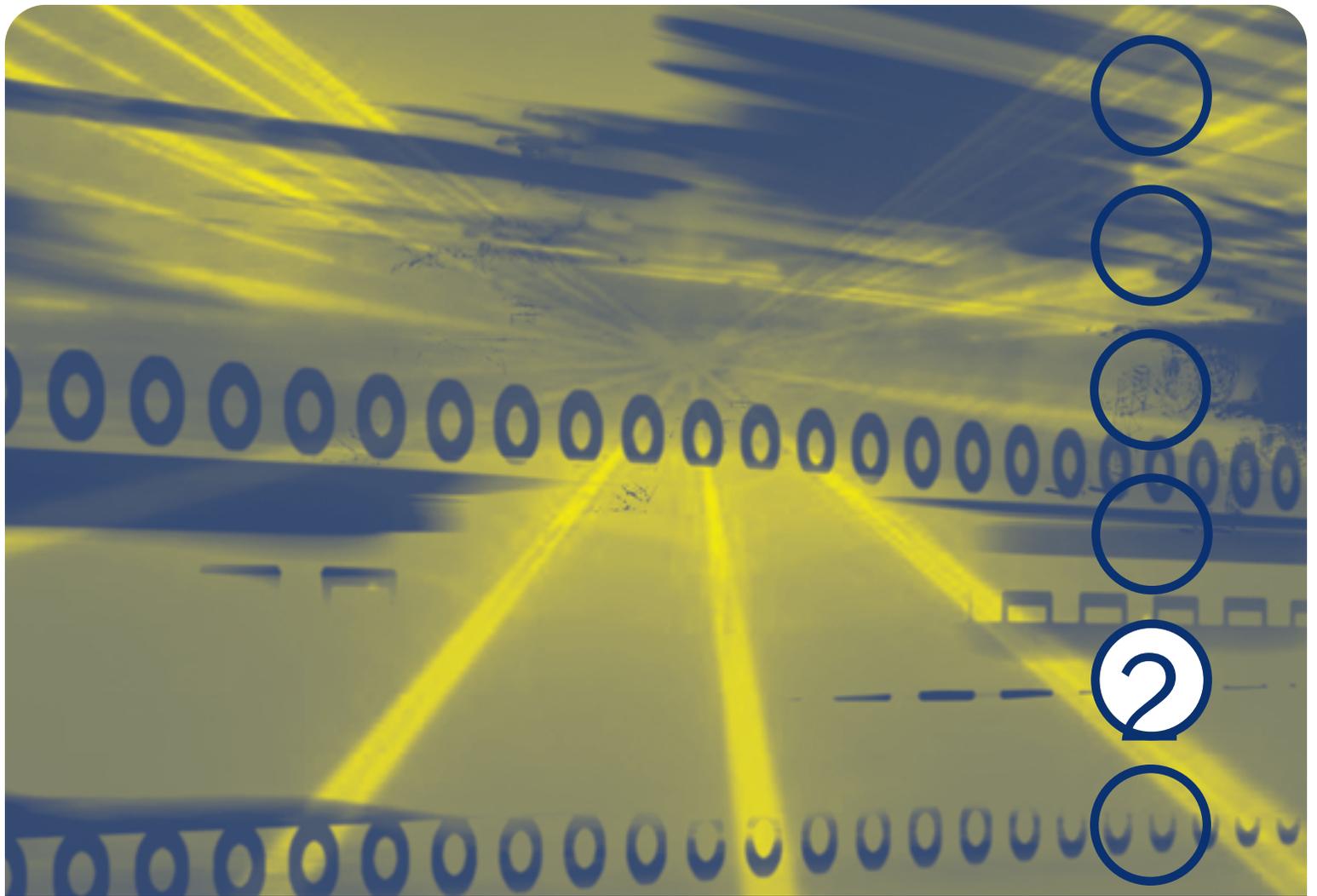
The diagram shows a laser cutting machine with a 'DANGER' warning label. The label includes the text: 'DANGER', 'Rayonnement laser invisible - Exposition prolongée', 'de l'œil ou de la peau au rayonnement direct ou diffus', 'Laser CO₂: 10 800 nm, contenu 500 W', and 'Laser classe 4'. An inset shows a hand holding a laser pointer, and another inset shows a hand holding a bundle of optical fibers.

OBJECTIFS

1

Ce guide vise à :

- Démystifier les paramètres qui caractérisent les lasers ;
- Aider à identifier les dangers reliés aux lasers utilisés dans votre entreprise ;
- Aider à trouver des moyens pour sécuriser les opérations réalisées à l'aide de lasers ou à proximité de ceux-ci.



QU'EST-CE QU'UN LASER ?

- LA LUMIÈRE LASER EST PARTICULIÈRE (2.1)
- LES PARAMÈTRES DU LASER (2.2)
- LES COMPOSANTES D'UN LASER (2.3)
- LES TYPES DE LASERS ET LEURS APPLICATIONS (2.4)
- LES FIBRES OPTIQUES TRANSPORTENT LA LUMIÈRE LASER (2.5)

2.1

LA LUMIÈRE LASER EST PARTICULIÈRE

La lumière générée par un laser est concentrée et dirigée en un faisceau, contrairement à une ampoule électrique qui projette dans toutes les directions. La lumière laser a trois caractéristiques qui la rendent différente de la lumière « ordinaire ». Elle est :

- monochromatique (une seule couleur qui varie selon le type de laser);
- directionnelle (les rayons sont parallèles et peuvent voyager sur de longues distances en ne divergeant que très peu);
- cohérente (les ondes sont en phase, c'est-à-dire qu'elles sont synchronisées dans le temps et l'espace).

Ces particularités permettent une forte concentration de l'énergie sur une très petite surface. Il s'agit d'un des principaux intérêts de l'émission laser qui constitue également un de ses dangers fondamentaux, principalement pour les yeux et pour la peau.

Il est à noter que certains types de lasers peuvent avoir des faisceaux divergents comme le laser diode ou lorsque des fibres optiques ou des lentilles sont utilisées à la sortie du laser.

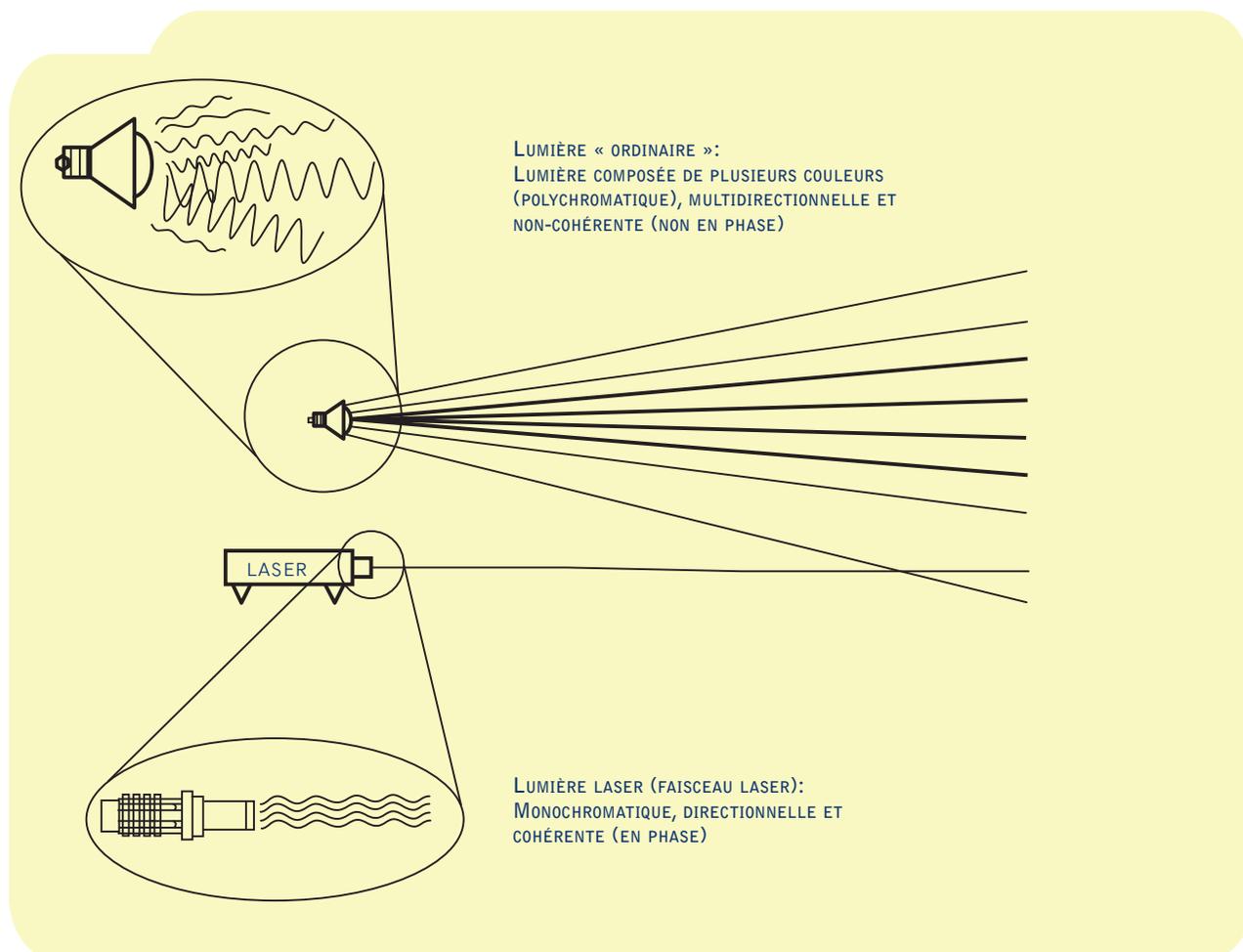


FIG. 2.1.1 DISTINCTIONS ENTRE LA LUMIÈRE « ORDINAIRE » ET LA LUMIÈRE LASER.

2.2 LES PARAMÈTRES DU LASER

UN LASER EST CARACTÉRISÉ PAR SA LONGUEUR D'ONDE, SA PUISSANCE ET SON TYPE D'ÉMISSION.

LONGUEUR D'ONDE

La lumière laser est une forme d'énergie qui se comporte, à toute fin pratique, comme une onde. La longueur d'onde correspond à la distance entre deux crêtes.

Il existe plusieurs types de rayonnements qui sont caractérisés par des intervalles de longueurs d'onde. Par exemple, les rayons X ont des longueurs d'onde très courtes si on les compare aux ondes radio qui ont des longueurs d'onde de plus d'un mètre.

Les longueurs d'onde du rayonnement laser sont généralement exprimées en nanomètre (nm). Un nanomètre équivaut à un millionième de millimètre soit 10^{-9} mètre ou encore 0,000000001 mètre. Les longueurs d'onde de la lumière émise par les différents types de laser s'échelonnent entre 190 nm et 10 600 nm.

La lumière laser peut être visible ou invisible. La lumière laser visible s'étend sur tout le spectre visible, du violet au rouge entre 400 et 700 nm. La lumière laser invisible se divise en deux grandes

catégories; les ultraviolets (UV) et les infrarouges (IR). On distingue les infrarouges proches des infrarouges moyens et éloignés. Il en est de même pour les ultraviolets. On utilise également les appellations UVA, UVB et UVC qui correspondent respectivement aux ultraviolets proches, moyens et éloignés. La figure ci-dessous illustre les différents types de rayonnements et leurs longueurs d'onde respectives.

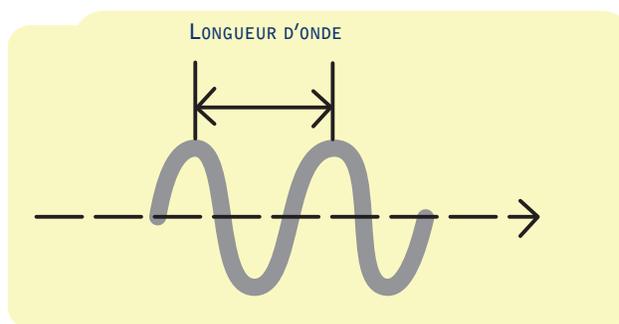


FIG. 2.2.1 REPRÉSENTATION DE LA LONGUEUR D'ONDE

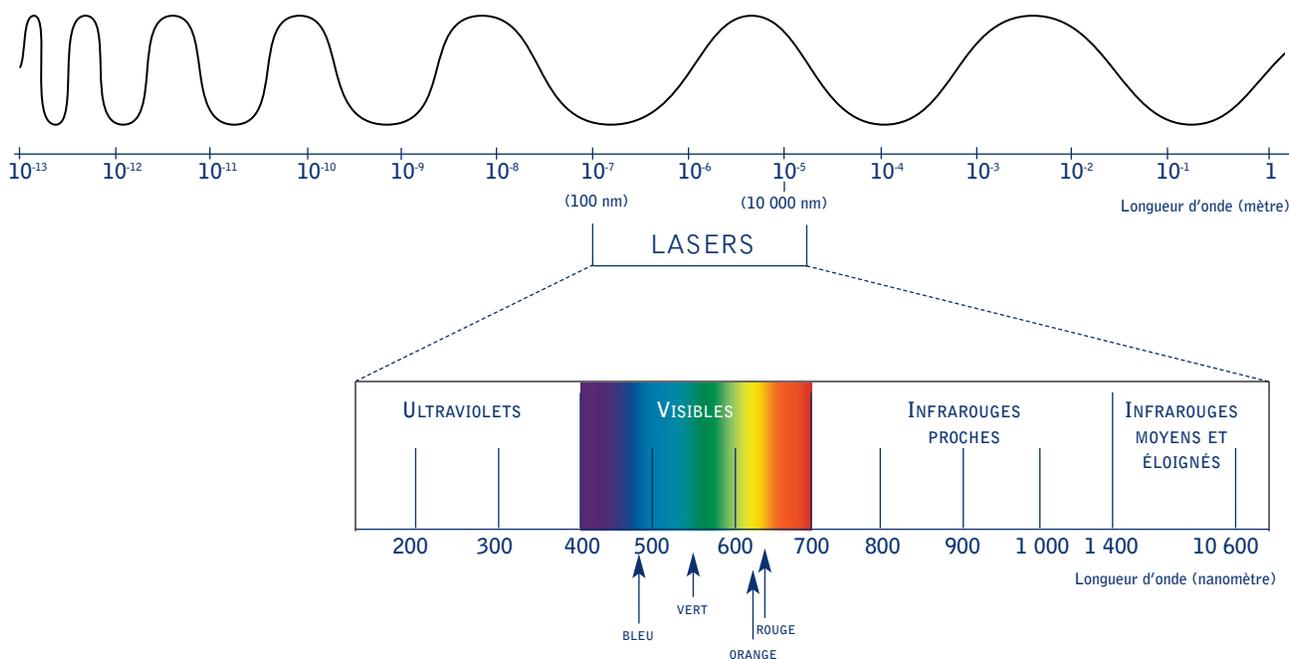


FIG. 2.2.2 LONGUEURS D'ONDE DES DIFFÉRENTS TYPES DE RAYONNEMENTS

LE TYPE D'ÉMISSION

Le rayonnement laser peut être émis sous forme d'impulsion ou de façon continue.

Les impulsions

La durée des impulsions varie de quelques femtosecondes (10^{-15} s) à quelques dizaines de millisecondes. Ces impulsions se succèdent à des cadences très variables, de quelques impulsions par heure à plusieurs centaines par seconde. Elles peuvent être de trois types : normales, déclenchées (Q-switched) ou en mode bloqué.

L'émission continue

On dit qu'un laser émet de façon continue si la durée d'émission dépasse 0,25 seconde, ce qui correspond au temps du réflexe de fermeture de la paupière (réflexe palpébral). Lorsque l'œil est soumis à une lumière intense, la paupière a le réflexe de se refermer pour protéger l'œil.

LA PUISSANCE

La puissance d'un laser, concentrée sur une petite surface, peut être suffisante pour couper du métal. Dans d'autres cas, la puissance est si faible qu'elle ne présente aucun risque pour les yeux ou pour la peau.

En pratique :

Pour un laser à impulsion, on indique la quantité d'énergie en joules (J) qu'il peut libérer par impulsion. On peut aussi en quantifier la puissance, en tenant compte de la durée d'une impulsion. La puissance s'exprime en watt qui correspond à 1 J/s. Ainsi, un laser à impulsion émettant une énergie de 10 joules aurait une puissance de :

- 100 watts si cette énergie est émise en une 0,1 seconde
- 1000 watts, si elle est émise en 0,01 de seconde.

Pour un laser à émission continue, on indique sa puissance d'émission en watts (W).

La puissance de sortie des lasers opérant en continu peut varier d'une fraction de milliwatt à plusieurs kilowatts. Cependant, à puissance moyenne égale, la puissance de crête (peak) d'une seule impulsion à la sortie d'un laser opérant en fonctionnement déclenché (Q-switched) peut atteindre les gigawatts (10^9 W) voire même les térawatts (10^{12} W) pour certains types de lasers. Ces puissances élevées correspondent à une énergie libérée en un temps très court.

La figure ci-dessous illustre des variations de puissance de sortie selon le type d'émission. Pour une même puissance moyenne, on constate que des puissances de crête très élevées peuvent être atteintes pendant une fraction de seconde. Le danger d'un laser impulsionnel ne doit donc jamais être sous-estimé.

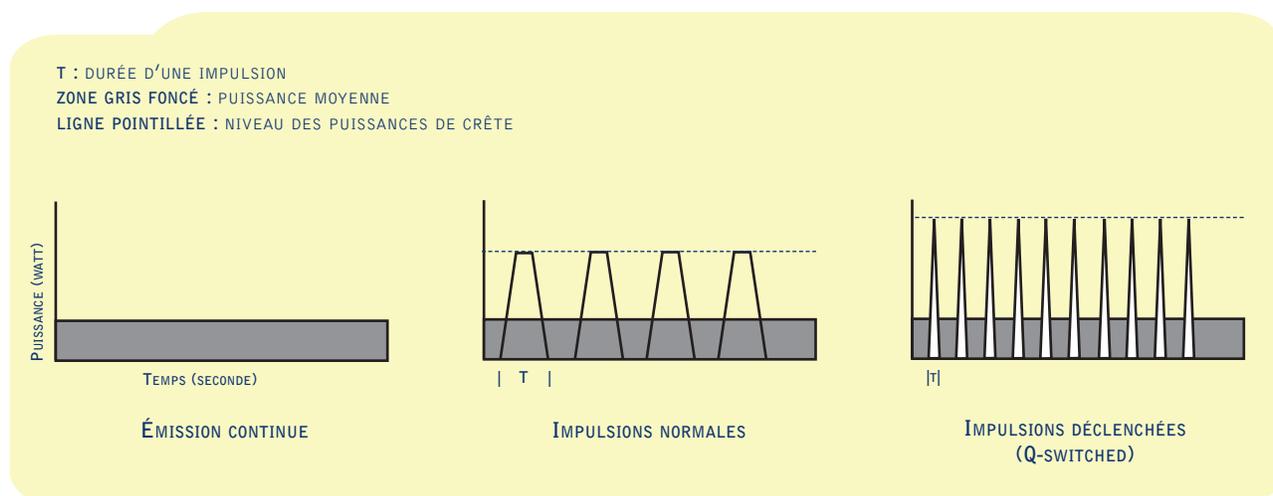


FIG. 2.2.3 ILLUSTRATION DE LA CORRESPONDANCE ENTRE LA PUISSANCE MOYENNE ET LES PUISSANCES DE CRÊTE

2.3 LES COMPOSANTES D'UN LASER

De manière simplifiée, un laser est composé d'un milieu actif, d'une source d'excitation et d'une cavité optique (ou cavité résonnante).

- 1 Le milieu actif est composé d'atomes, de molécules ou d'ions qui absorbent de l'énergie d'une source d'excitation externe (2) pour ensuite la réémettre sous forme de lumière laser monochromatique et cohérente. Le milieu actif peut être un solide, un gaz ou un liquide. Il y a également les milieux actifs composés de matériaux semi-conducteurs que l'on retrouve dans les lasers à diodes. Le milieu actif détermine la longueur d'onde émise par le laser et par conséquent la couleur du faisceau (visible ou invisible).
- 2 La source d'excitation externe peut être électrique, optique ou chimique.
- 3 La cavité optique sert à amplifier l'intensité de la lumière laser à l'aide de deux miroirs qui réfléchissent la lumière aller et retour au travers du milieu actif.
- 4 Un des miroirs reflète 100% de la lumière qui le frappe alors que l'autre miroir comporte une zone semi-transparente qui permet le passage du faisceau laser (5) à l'extérieur de la cavité.

À l'extérieur du laser, d'autres composantes optiques telles que des miroirs et des lentilles sont utilisées pour diriger, aligner ou concentrer la lumière à des fins spécifiques. Le laser peut être confiné sous un capot ou dans une enceinte munie de portes d'accès, de fenêtres, etc. Cet ensemble est couramment appelé « appareil à laser ».

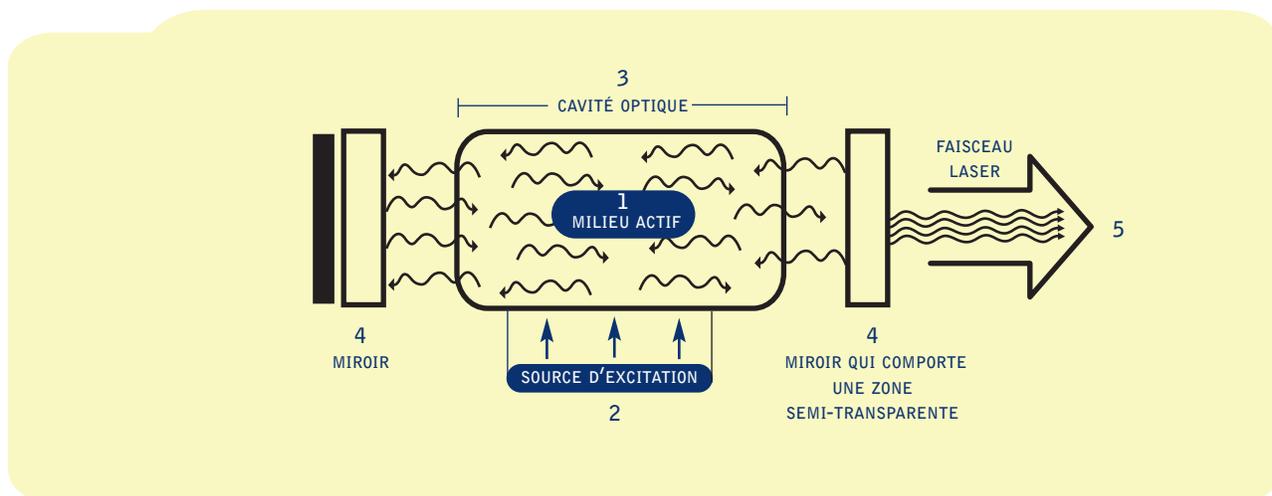


FIG. 2.3.1 SCHÉMA SIMPLIFIÉ DES COMPOSANTES D'UN LASER

2.4

LES TYPES DE LASER ET LEURS APPLICATIONS

Les lasers se distinguent par leur milieu actif qui est solide, gazeux, liquide ou semi-conducteur.

LASER À MILIEU ACTIF GAZEUX

Les principaux gaz utilisés comme milieu actif sont :

- du dioxyde de carbone (CO_2);
- de l'argon (Ar);
- un mélange d'hélium et de néon (He, Ne);
- du krypton (Kr).



FIG. 2.4.1 LE LASER HeNe A UN DIAMÈTRE À PEINE PLUS GRAND QU'UNE PIÈCE DE 1 \$.

Les lasers à milieu actif gazeux sont les plus largement utilisés. Le mode de fonctionnement n'est pas nécessairement le même d'un laser à gaz à un autre. Par exemple, le laser HeNe utilise un tube scellé dans lequel le gaz est contenu en permanence. Il est très fiable et résistant, mais limité en puissance. Par contre, le laser CO_2 utilise un gaz qui est pompé au travers de la cavité optique, ce qui permet d'obtenir des puissances de sortie élevées de plusieurs kilowatts en émission continue.

La source d'excitation des lasers au gaz est habituellement une décharge électrique. Il peut s'agir d'une impulsion ou de courant continu, selon le laser et son application.

On trouve des lasers à gaz à des longueurs d'onde très variées. Il existe plus de 1 000 longueurs d'onde connues, produites en milieu gazeux. Par exemple :

- Les lasers CO_2 émettent à une longueur d'onde invisible, à 10 600 nm, soit dans l'infrarouge éloigné. Ils sont typiquement utilisés pour couper ou souder les matériaux.
- Les lasers HeNe sont très stables et peuvent être minces comme un crayon. Ils émettent un faisceau de lumière rouge de longueur d'onde de 633 nm. Ils sont entre autres utilisés pour l'alignement, les guides de scie, les lecteurs de code à barres et l'enregistrement vidéo.

LASER À MILIEU ACTIF SOLIDE

Les lasers à milieu actif solide sont typiquement faits de verre ou de cristaux dans lesquels sont incorporés des dopants (des impuretés qui sont en fait des ions) et qui constituent la partie active du milieu. Par exemple :

- le rubis contient des ions de chrome trivalent; la longueur d'onde émise est de 694 nm;
- le grenat d'yttrium et d'aluminium est dopé au néodyme (laser YAG : Nd) ; la longueur d'onde émise est de 1064 nm.

Les lasers à milieu actif solide sont habituellement utilisés dans un mode impulsionnel. Ils sont excités par la lumière émise par une lampe à arc très intense ou encore par un autre laser.

La puissance d'émission en mode continu d'un laser YAG varie généralement de quelques watts à une centaine de watts. Les puissances de crête peuvent atteindre les gigawatts (10^9 watts) pendant quelques nanosecondes (10^{-9} seconde).

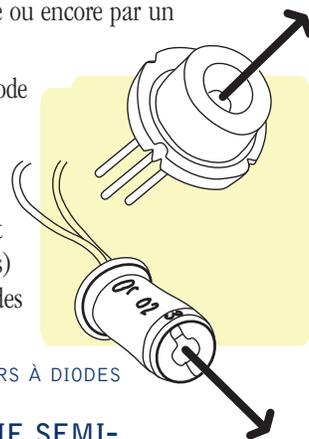


FIG. 2.4.2 LASERS À DIODES

LASER À MILIEU ACTIF SEMI-CONDUCTEUR (LASER À DIODES)

Ce type de laser ne doit pas être confondu avec les lasers à milieu actif solide. Ces lasers peuvent être utilisés comme source d'excitation optique pour d'autres lasers. Ils sont très compacts et résistants. Ils peuvent être facilement intégrés dans une multitude de produits tels que des imprimantes lasers, des lecteurs CD et des détecteurs de fumées. Ils sont principalement utilisés dans le secteur des télécommunications.

Les diodes de ces lasers sont fabriquées de matériaux semi-conducteurs comme l'arséniure de gallium (GaAs) ou l'arséniure de gallium dopé à l'aluminium (GaAlAs). La source d'excitation est électrique. Leur émission se situe généralement dans l'infrarouge et leur puissance de sortie est très variable; de quelques milliwatts à plusieurs watts. La combinaison de plusieurs diodes permet d'augmenter la puissance de sortie.

LASER À MILIEU ACTIF LIQUIDE

Les lasers au liquide utilisent des liquides actifs qui sont des composés colorants (dyes) comme les coumarines et les rhodamines.

L'élément le plus remarquable chez les lasers au liquide est leur possibilité d'ajustement. En choisissant le bon colorant et en ajustant la concentration, il est possible d'ajuster le laser à une longueur d'onde précise à l'intérieur d'un grand intervalle s'échelonnant de l'ultraviolet à l'infrarouge proche.

La source d'excitation des lasers au liquide est optique. Elle se fait souvent par un autre laser de plus courte longueur d'onde. La puissance de sortie peut atteindre quelques watts.

LASERS EXCIMÈRES

Les lasers excimères émettent dans l'ultraviolet. Ils utilisent des gaz qui réagissent chimiquement entre eux pour exciter le milieu actif. Ils sont reconnus pour avoir une très grande précision et sont suffisamment puissants pour travailler les matériaux. Ils ont comme particularité de pouvoir enlever de la matière sans créer de chaleur, contrairement aux autres types de lasers. Cette particularité est nommée « photoablation ».

Compte tenu de ces caractéristiques, les lasers excimères sont utilisés en médecine pour enlever les dépôts dans les artères par exemple, ou encore pour corriger la vue en modifiant la courbure de la cornée. On les retrouve aussi dans le secteur industriel pour des applications de grande précision. Ils peuvent servir de source d'excitation pour les lasers à milieu actif liquide.

TABLEAU SYNTHÈSE : LES TYPES DE LASERS LES PLUS COURANTS ET LEURS APPLICATIONS.

Type de laser	Longueur d'onde (nm)	Type d'émission	Applications
Lasers à milieu actif gazeux			
Argon (Ar)	488 (bleu), 514 (vert)	Continu	Médecine, spectacles, photogravure
Krypton (Kr)	476 (bleu), 528 (vert) 568 (jaune), 647 (rouge)	Continu	Holographie, spectroscopie, télémétrie
Hélium Néon (HeNe)	633 (rouge)	Continu	Médecine, alignement, construction, pointeur laser, lecteur de code à barres
Dioxyde de carbone (CO ₂)	10 600 (infrarouge éloigné)	Continu ou impulsif	Découpage, perçage, marquage, soudage, traitement thermique
Lasers à milieu actif solide			
Rubis	694 (rouge)	Impulsif	Micro usinage, télémétrie, holographie
YAG :Nd	1 064 (infrarouge proche)	Impulsif ou continu	Soudage, perçage, nettoyage, gravure
YAG :Nd doublé	532 (vert)		
Lasers à milieu actif semi-conducteur (Laser à diodes)			
GaAs	904 (infrarouge)	Train d'impulsions	Communications (transmission de la voix et de données), imprimante laser, lecteur CD, détecteur de fumée
GaAlAs	840 (infrarouge proche)	Train d'impulsions	
Lasers à milieu actif liquide			
Rhodamine 6G	Ajustable 570-650	Continu	Spectroscopie, recherche biomédicale, étude des matériaux
Lasers excimères			
Fluorure d'argon	193 (ultraviolet)	Impulsif	Médecine, marquage
Chlorure d'argon	308 (ultraviolet)	Impulsif	
Fluorure de xénon	351 (ultraviolet)	Impulsif	

Il existe sur le marché des équipements de soudage hybride arc-laser. Il s'agit d'une torche de soudage qui permet de jumeler le soudage laser YAG ou CO₂ (qui permet une grande vitesse de soudage) avec un arc électrique de type traditionnel (qui offre plus de souplesse dans les opérations).

2.5

LES FIBRES OPTIQUES TRANSPORTENT LA LUMIÈRE LASER

Le terme fibre optique réfère à des tiges de verre ou de plastique de petit diamètre qui agissent comme guide pour transporter la lumière.

Les fibres optiques sont très utilisées dans le secteur des télécommunications où elles sont reliées à des sources laser. Elles offrent beaucoup d'avantages pour la transmission de données par rapport aux câbles de cuivre conventionnels. Elles sont de petite dimension (0,1 à 0,2 mm), légères, résistantes à la chaleur et offrent peu de perte de signal tout en transmettant de grandes quantités d'informations. Par contre, les câbles de fibres optiques sont plus friables et ne peuvent pas être étirés ou pliés sur un petit rayon. De plus, des techniques spéciales doivent être utilisées pour épisser et souder les fibres.

Les fibres optiques sont aussi utilisées pour des applications industrielles. Elles permettent d'acheminer un faisceau laser sans utiliser un système de miroirs, éliminant ainsi les problèmes d'alignement. Dans ces cas, les fibres doivent être en mesure de supporter une haute puissance sans s'endommager.

Elles transmettent très bien le rayonnement visible et infrarouge proche. Elles n'ont pas fait leur preuve pour les longueurs d'onde plus longues et ne sont donc pas appropriées pour les lasers CO₂ qui émettent un rayonnement infrarouge éloigné (10 600 nm). Dans ces cas, le faisceau se propage dans un tube et est dirigé par l'intermédiaire de miroirs jusqu'à la station de travail finale. L'alignement des miroirs est alors critique.

À toute fin pratique, l'extrémité d'une fibre optique peut être assimilée à une source laser, à moins qu'elle ne soit connectée à un système qui empêche la lumière laser de s'en s'échapper.

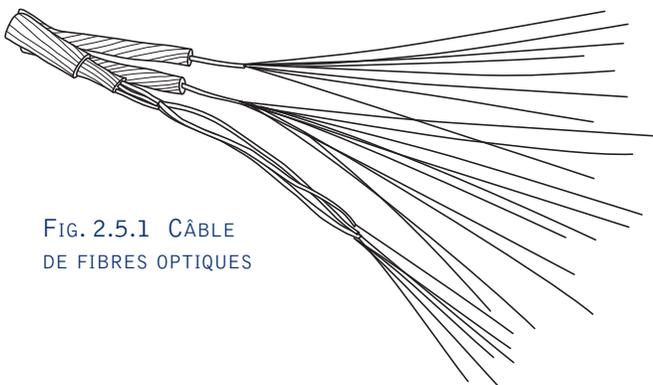


FIG. 2.5.1 CÂBLE DE FIBRES OPTIQUES

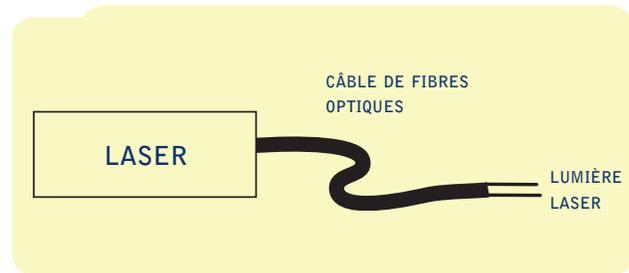


FIG. 2.5.2 L'EMBOÛT D'UN CÂBLE DE FIBRES OPTIQUES ÉMET UN RAYONNEMENT LASER

À RETENIR



Qu'est-ce qu'un laser?

- La lumière laser est concentrée en un faisceau
- La lumière laser peut être visible ou invisible
- Un laser est caractérisé par sa longueur d'onde, sa puissance et son type d'émission.
- Les principaux types de lasers sont à gaz, à solide, à liquide ou à semi-conducteur (à diode).
- Les fibres optiques servent à transporter la lumière laser et peuvent dans certains cas être assimilées à une source laser.



LES DANGERS ASSOCIÉS AU RAYONNEMENT LASER

LES BLESSURES

3.1

LES LASERS SONT-ILS
TOUS DANGEREUX ?

3.2

ESTIMER LE DANGER À L'AIDE
DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION

3.3

3.1

LES BLESSURES

LES BLESSURES AUX YEUX

L'œil est sans contredit la partie du corps la plus sensible au rayonnement laser. L'exposition à un faisceau laser peut survenir de différentes façons.

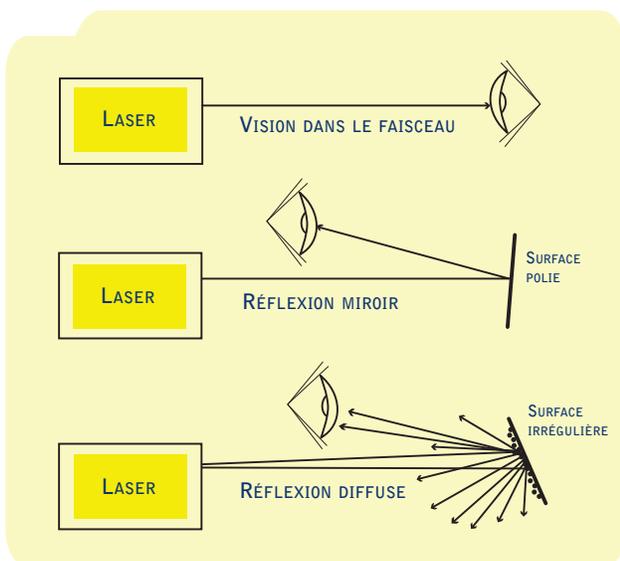


FIG. 3.1.1 EXPOSITION AU RAYONNEMENT LASER

Les blessures aux yeux sont causées par une absorption du rayonnement. Les différentes parties de l'œil n'absorbent pas de la même façon toutes les longueurs d'onde du rayonnement. Certaines sont absorbées par la surface de l'œil tandis que d'autres sont absorbées par la rétine, créant ainsi des lésions différentes.

Photokératites

Les photokératites sont des blessures douloureuses à la cornée. Le « flash du soudeur » est une forme de photokératite. Elles sont causées par l'absorption des longueurs d'onde de l'ultraviolet proche et moyen (180 à 390 nm) par la cornée. Malgré la douleur, elles ne laissent habituellement pas de séquelles. Les symptômes des photokératites ne se manifestent pas immédiatement après l'exposition mais plutôt quelques heures plus tard.

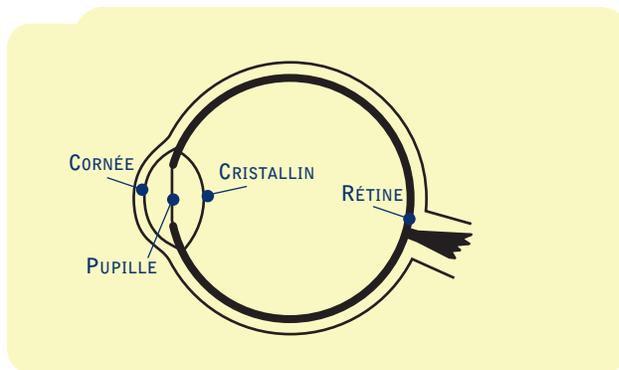


FIG. 3.1.2 SCHÉMA DE L'ŒIL

Brûlures de la rétine

Aux longueurs d'onde visibles et infrarouges proches (400 à 1 400 nm), la cornée et le cristallin agissent comme une loupe qui amplifie l'intensité du faisceau. Le faisceau peut être suffisamment intense pour causer une brûlure sur la rétine, créant une perte de la vue localisée et permanente. Cette lésion se manifeste généralement par la vision d'une tache noire, plus ou moins grande, une fatigue accrue durant la lecture ou encore par une dégradation de la vision nocturne. Dans les pires cas, l'étendue des brûlures peut être suffisamment importante pour rendre aveugle.

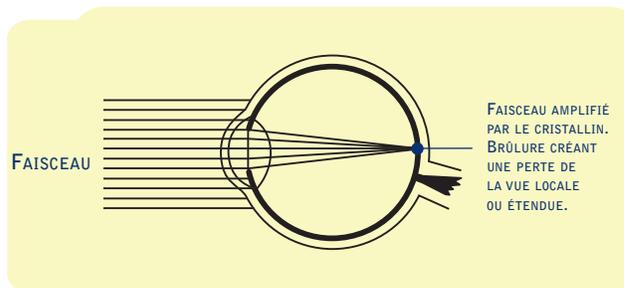


FIG. 3.1.3 AMPLIFICATION DU FAISCEAU PAR LE CRISTALLIN SUR LA RÉTINE

Cataractes

Les cataractes se manifestent généralement à long terme, suite à des expositions répétées aux rayonnements infrarouges, moyens et éloignés (1 400 nm à 1 mm). Elles correspondent à une opacification du cristallin, ce qui crée une vision voilée. La vue peut être corrigée suite à une intervention chirurgicale.

Le rayonnement ultraviolet proche peut aussi occasionner une forme de cataracte.

Brûlures

La cornée peut subir des brûlures dues au rayonnement infrarouge moyen ou éloigné. Une brûlure superficielle guérira d'elle-même, en l'espace de quelques jours. Par contre, une brûlure profonde produira une opacité permanente et pourrait nécessiter une intervention chirurgicale.

LES EFFETS SUR LA PEAU

Les blessures à la peau causées par les lasers peuvent être de nature thermique (brûlures) ou photochimique (similaire à un coup de soleil). Les lasers à impulsions très courtes et ayant des puissances de crête élevées peuvent provoquer une onde de choc susceptible de détruire localement les tissus de la peau. Cet effet peut également se manifester pour les tissus de l'œil.

Coups de soleil (érythèmes), cancer et vieillissement prématuré de la peau

Les coups de soleil, le cancer de la peau et le vieillissement prématuré de la peau peuvent se manifester suite à des expositions au rayonnement ultraviolet et plus spécifiquement dans l'intervalle de 200 à 380 nm. Les effets les plus sévères se produisent suite à des expositions aux ultraviolets moyens (UVB; 280 à 315 nm).

Brûlure et sécheresse excessive

Une exposition aux infrarouges, dans la région de 700 à 1000 nm, cause des brûlures de la peau ou une sécheresse excessive de la peau.

LES RISQUES DE BLESSURES SELON LE TYPE DE LASER

Même si l'accent a été mis sur la longueur d'onde du laser, il est important de savoir que la puissance, le type d'émission et la durée d'exposition influencent aussi la gravité des blessures aux yeux et à la peau.

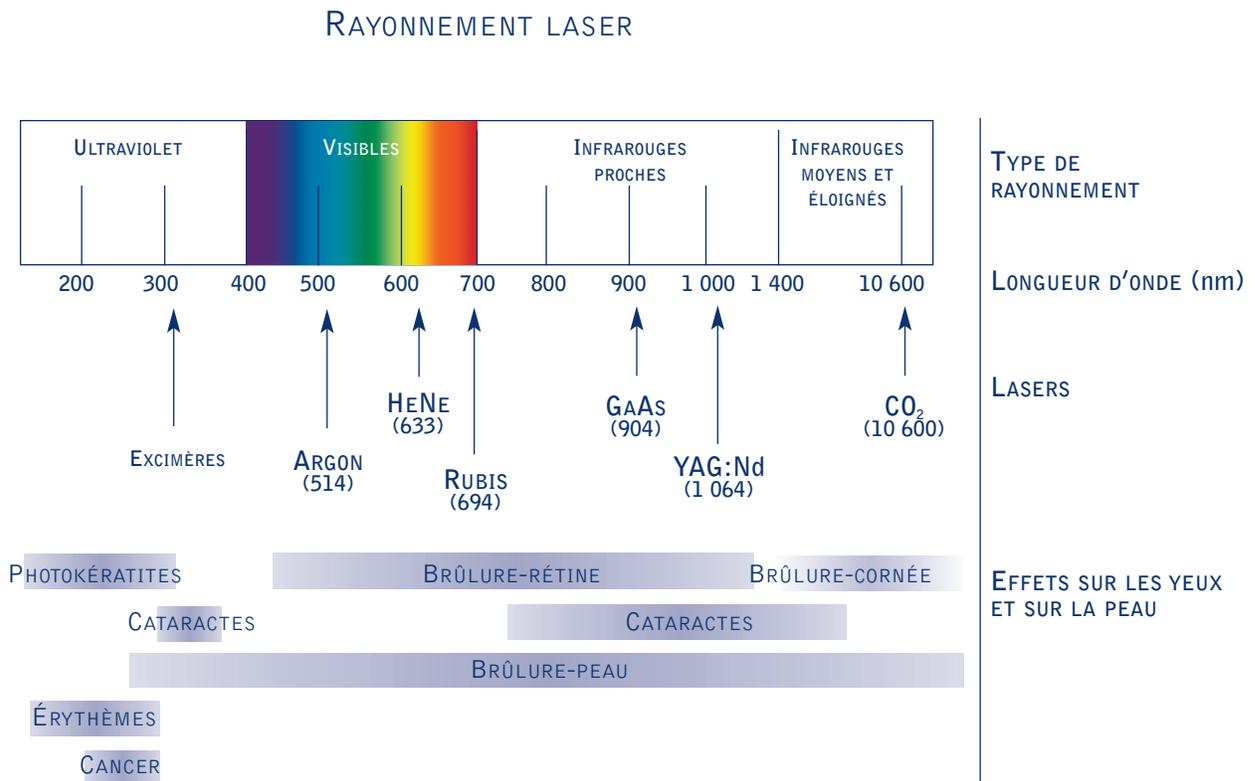


FIG. 3.1.4 EFFETS DU RAYONNEMENT LASER SUR LES YEUX ET SUR LA PEAU SELON LES LONGUEURS D'ONDE

3.2

LES LASERS SONT-ILS TOUS DANGEREUX ?

Non, les lasers ne sont pas tous dangereux. L'œil peut absorber une certaine quantité de rayonnement sans danger. Les limites sécuritaires de rayonnement sont indiquées dans la norme *ANSI Z136.1 American National Standard for Safe Use of Lasers* ou encore dans la norme européenne *CEI 60825-1 Sécurité des appareils à laser – Partie 1 : Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*. Ces limites sont nommées « valeurs d'exposition maximale permise » ou encore « valeurs EMP ».

Il est possible de mesurer la quantité de rayonnement d'un laser à l'aide d'un appareil spécialisé ou encore de calculer l'étendue de la zone à l'intérieur de laquelle les limites sécuritaires sont dépassées.

Ces mesures ou ces calculs sont fastidieux. Il existe un moyen beaucoup plus simple d'évaluer dans un premier temps les risques associés au rayonnement laser. Il s'agit d'utiliser la classification des appareils à lasers.

3.3

ESTIMER LE DANGER À L'AIDE DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION

On utilise le système de classification adopté par ANSI pour classer les lasers selon la quantité de rayonnement accessible durant leur usage normal. Un système similaire existe dans les normes européennes. Plus le chiffre de la classe est élevé, plus le

risque de blessure est important. Les classes de laser sont : classe 1, classe 2, classe 3a, classe 3b et classe 4. Voici une brève description de chacune de ces classes et des risques qui s'y rattachent.

CLASSIFICATION DES LASERS SELON ANSI ET LES DANGERS CORRESPONDANTS

Classe de laser	Caractéristiques de la classe et danger en cas d'exposition directe	Danger en cas d'exposition aux réflexions diffuses	Exemples d'utilisation
1	<ul style="list-style-type: none"> Lasers considérés comme sans danger dans toutes les conditions d'utilisation prévisibles. <ul style="list-style-type: none"> Soit que les rayonnements accessibles des lasers de la classe 1 sont suffisamment faibles pour écarter tout risque de lésion. Soit que les rayonnements dangereux sont inaccessibles de par la conception technique de l'installation. 	Non	Lecteur CD, CD-rom d'ordinateur
2	<ul style="list-style-type: none"> Lasers de faible puissance émettant un rayonnement visible. Puissance limitée à 1 mW. La protection de l'œil est assurée par le réflexe palpébral (0,25 s). Pourrait présenter un danger si l'on maintient intentionnellement l'œil dans le faisceau plus de 0,25 seconde. 	Non	Lecteur de code à barres, pointeur laser, alignement

CLASSIFICATION DES LASERS SELON ANSI ET LES DANGERS CORRESPONDANTS (SUITE)

Classe de laser	Caractéristiques de la classe et danger en cas d'exposition directe	Danger en cas d'exposition aux réflexions diffuses	Exemples d'utilisation
3a	<ul style="list-style-type: none"> • Puissance limitée à 5 mW. • Lasers normalement sans danger pour la vision à l'œil nu. • Pourrait présenter un danger en cas de rayonnement visible si l'on maintient intentionnellement l'œil dans le faisceau plus de 0,25 s. • Dangereux en cas de vision directe du faisceau à l'aide d'instruments optiques (jumelles, microscope). 	Non	Alignement et niveau, pointeur laser
3b	<ul style="list-style-type: none"> • Lasers présentant un danger en cas de vision dans le faisceau. • Le rayonnement direct et le rayonnement réfléchi peuvent provoquer des blessures aux yeux, même en cas d'expositions de courte durée. • Puissance d'émission continue limitée à 0,5 W. 	Les réflexions diffuses sont normalement sans danger.	Nettoyage, usinage et soudage léger.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Lasers de puissance supérieure à celle des lasers de classe 3b. Aucune limite de puissance. • Peuvent causer des blessures aux yeux et à la peau. • Constituent un danger d'incendie. • Leur utilisation requiert des précautions particulières. • Tous les lasers qui ne répondent pas aux conditions des classes 1, 2, 3a ou 3b sont classés en classe 4. 	Oui Capables de produire des réflexions diffuses dangereuses.	Coupage, soudage, perçage.

La classification d'un laser est une façon d'évaluer le danger qu'il représente. Par exemple :

- Un laser classe 1 ne présentera en pratique aucun danger pour l'œil.
- Le rayonnement d'un laser classe 3b risque de créer des blessures aux yeux. Si le rayonnement est visible, la rétine risque d'être affectée. S'il émet dans l'infrarouge éloigné (invisible), la cornée risque de subir des brûlures et si l'exposition est journalière, des cataractes pourraient se développer.

Il est à noter que la norme européenne a adopté une classification plus détaillée. On y retrouve les classes 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B et 4. Pour plus de détails, il est recommandé de consulter cette norme (CEI 60825-1).

À RETENIR

3

Les dangers associés au rayonnement laser

- Les faisceaux lasers peuvent causer des blessures aux yeux et à la peau.
- Les blessures à la rétine causent une perte permanente et habituellement localisée de la vision.
- Les faisceaux lasers ne sont pas tous aussi dangereux les uns que les autres.
- La classe d'un laser permet d'estimer le danger dû au rayonnement :
 - Classe 1 : non dangereux
 - Classe 2 et 3a : normalement non dangereux à moins de regarder dans le faisceau de manière intentionnelle.
 - Classe 3b et 4 : dangereux



SE PROTÉGER DU RAYONNEMENT LASER

UN APPAREIL À LASER VS
UN LASER

4.1

LES MESURES DE SÉCURITÉ

4.2

QUELQUES PRÉCISIONS SUR LES
MOYENS TECHNIQUES

4.3

4.1

UN APPAREIL À LASER VS UN LASER

Un appareil à laser est une combinaison de composants qui incorpore un ou plusieurs lasers. Un appareil à laser ayant une classification donnée peut contenir un ou plusieurs lasers de différentes classes. En voici deux exemples :

Exemple 1

Lorsque le personnel utilisateur se trouve en présence d'un appareil à laser classe 1, il n'existe aucun danger de rayonnement qui pourrait dépasser les limites permises.

Par contre, le personnel spécialisé pour l'entretien, les réglages ou les réparations doit accéder à l'intérieur de l'enceinte ou du capot et peut être exposé à des niveaux de rayonnement dangereux.

Des mesures de sécurité distinctes doivent être mises en place pour réduire le risque associé au rayonnement.

Exemple 2

Les systèmes de transmission laser qui utilisent des câbles de fibres optiques sont considérés comme des appareils à laser de classe 1 parce que le système est « fermé » lorsque tous les connecteurs sont branchés. Par contre, si un câble est déconnecté, il se pourrait qu'un rayonnement laser dangereux soit accessible, tout dépendant du système. Selon les caractéristiques du faisceau, il pourrait s'agir d'un laser classe 2, 3a, 3b ou 4.

Le point de départ pour évaluer et contrôler les risques associés au rayonnement laser est de se référer au système de classification des appareils à laser. Différents moyens de contrôle, règles de sécurité et procédures s'appliquent selon la classe de laser en jeu. Il s'agit essentiellement de réduire la possibilité d'être exposé à un niveau de rayonnement dangereux.

Les lasers commerciaux sont certifiés par le manufacturier et incorporent des moyens de contrôle. Les moyens de contrôles techniques (enceintes, interverrouillages, obturateurs, etc.) doivent toujours être privilégiés par rapport à l'utilisation de protecteurs oculaires.

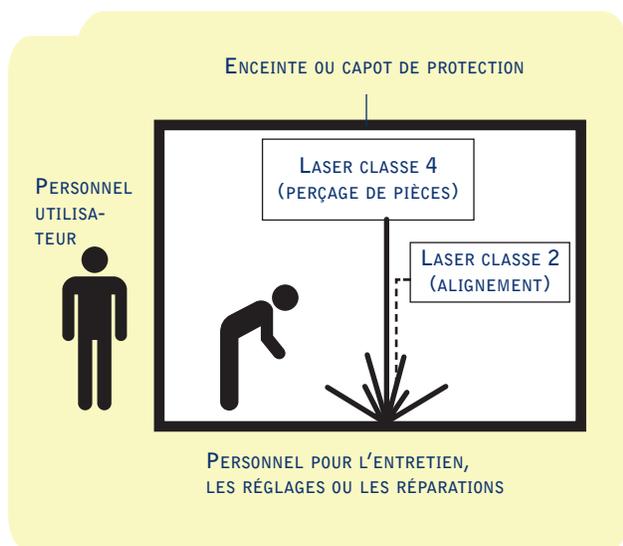


FIG. 4.1.1 APPAREILS À LASER CLASSE 1 RENFERMANT DES LASERS CLASSE 2 ET 4

4.2 LES MESURES DE SÉCURITÉ

La première mesure de sécurité à mettre en place est de maintenir la hauteur du faisceau au-dessus ou au-dessous du niveau de l'œil, tant en position assise qu'en position debout. L'utilisateur d'un appareil à laser ne doit jamais diriger volontairement le faisceau vers les yeux d'une personne.

Les lieux doivent être aménagés de manière à ce qu'il y ait le moins de surfaces réfléchissantes possibles (murs, tables, etc.). La réflexion d'un faisceau laser classe 3b ou 4 peut représenter un

sérieux danger de blessure aux yeux. C'est pourquoi il faut également éliminer tout objet réfléchissant tels que des stylos, des bijoux ou des outils métalliques.

Les tableaux suivants présentent un portrait général des mesures de sécurité selon les différentes classes de laser et selon le personnel susceptible d'être exposé (personnel utilisateur vs personnel pour l'entretien, les réglages ou les réparations).

MESURES DE SÉCURITÉ POUR LES LASERS CLASSE 1, 2, 3A

Classe	Moyens techniques	Règles ou procédures	Protection oculaire	Signalisation
Classe 1	—	—	—	L'indication « Appareil à laser de classe 1 » doit apparaître dans le guide de l'utilisateur ou sur l'appareil.
Classe 2	Capot de protection pour empêcher l'accès au faisceau durant l'utilisation du laser.	Ne pas regarder dans le faisceau intentionnellement.	Seulement s'il est nécessaire de regarder dans le faisceau.	Des plaques d'avertissement doivent être placées sur les appareils, sur les panneaux d'accès et aux endroits où un rayonnement dangereux peut survenir.
Classe 3a		Formation du personnel.	Seulement s'il est nécessaire de regarder dans le faisceau à l'œil nu ou à l'aide d'instruments optiques ex.: microscope (1).	

(1) Il est à noter que des lunettes de correction pour la vue ne sont pas considérées comme des instruments d'optique.



FIG. 4.2.1 EXEMPLES DE PLAQUES D'AVERTISSEMENT POUR LES LASERS CLASSE 3A (NOIR SUR FOND JAUNE).

MESURES DE SÉCURITÉ POUR LES APPAREILS À LASERS CLASSE 1, 2, 3A QUI RENFERMENT DES LASERS CLASSE 3B OU 4

Classe	Moyens techniques	Règles ou procédures	Protection oculaire	Signalisation
Classe 1, 2 ou 3a renfermant un laser classe 3b ou 4	Capot de protection. Interverrouillage des portes d'accès et du capot de protection. Nécessité d'utiliser un outil pour ouvrir les panneaux d'accès ou interverrouillage des panneaux d'accès. Fenêtres d'observation munies de filtres ou d'atténuateurs.	Ne jamais contourner les systèmes de sécurité. Ne pas regarder dans le faisceau. Formation du personnel.	Seulement s'il est nécessaire de regarder dans le faisceau d'un laser classe 2 ou classe 3a.	L'indication « Appareil à laser de classe 1 » doit apparaître dans le guide de l'utilisateur ou sur le laser classe 1. Des plaques d'avertissement doivent être placées sur les appareils à lasers, sur les panneaux d'accès et aux endroits où un rayonnement dangereux peut survenir (pour les lasers classe 2 et 3a).
Personnel utilisateur				

Les utilisateurs de ces appareils à laser ne sont normalement pas exposés aux lasers de classe 3b ou 4. Par contre, selon les tâches à effectuer, le personnel responsable des réglages et de l'entretien pourrait être exposé. Dans ces cas, ce sont les mesures de sécurité du tableau suivant qui s'appliquent.

MESURES DE SÉCURITÉ POUR LES LASERS CLASSE 3B OU 4

Classe	Moyens techniques	Règles ou procédures	Protection oculaire	Signalisation
Classe 3b ou 4	Utilisation d'une clé ou d'un code pour faire fonctionner le laser. Fenêtres d'observation munies de filtres ou d'atténuateurs. Arrêt de faisceau ou atténuateur. Signal sonore ou visuel. Délimitation d'une zone contrôlée pendant les travaux. Écrans ou rideaux pour réduire l'étendue de la zone contrôlée.	Procédures de travail écrites. Formation et qualification du personnel. Accès limité au personnel autorisé seulement. Procédures d'alignement des faisceaux ou utilisation d'un laser de faible puissance pour réaliser l'alignement.	Nécessaire.	Des plaques d'avertissement doivent être placées à proximité des appareils lasers, sur les panneaux d'accès et aux endroits où un rayonnement dangereux peut survenir.
Personnel pour l'entretien, les réglages ou les réparations				



FIG. 4.2.2 EXEMPLES DE PLAQUES D'AVERTISSEMENT POUR LES LASERS CLASSE 3B OU 4 (ROUGE SUR FOND BLANC)

MESURES DE SÉCURITÉS POUR LES LASERS CLASSE 3B OU 4

Classe	Attention !
Classe 3b ou 4	On retrouve typiquement cette situation dans des laboratoires de recherche où l'environnement de travail est différent d'un milieu industriel de production.
Personnel utilisateur	Dans un contexte industriel de production, il est fortement recommandé d'appliquer toutes les mesures de sécurité nécessaires afin que l'appareil laser puisse être reclassifié en classe 1, 2 ou 3a. Il s'agit de réduire au minimum le risque d'exposition à un rayonnement dangereux. Voir tableau « Appareils à lasers classe 1, 2, 3a qui renferment des lasers classe 3b ou 4 ».

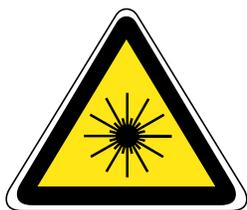


FIG. 4.2.3 EXEMPLE DE SIGNALISATION CORRESPONDANT À LA NORME EUROPÉENNE (NOIR SUR FOND JAUNE)

La signalisation internationale des sources de rayonnement laser est différente de celle indiquée dans la norme ANSI. Le symbole de rayonnement laser et les informations qui se rattachent à l'appareil sont indiqués sur des plaques distinctes. Selon les situations, il peut être exigé que les deux plaques soient apposées côte-à-côte. Les informations à inscrire varient entre autres selon la classe du laser et sont prescrites dans la norme CEI 60825-1 *Sécurité des appareils à laser Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur.*

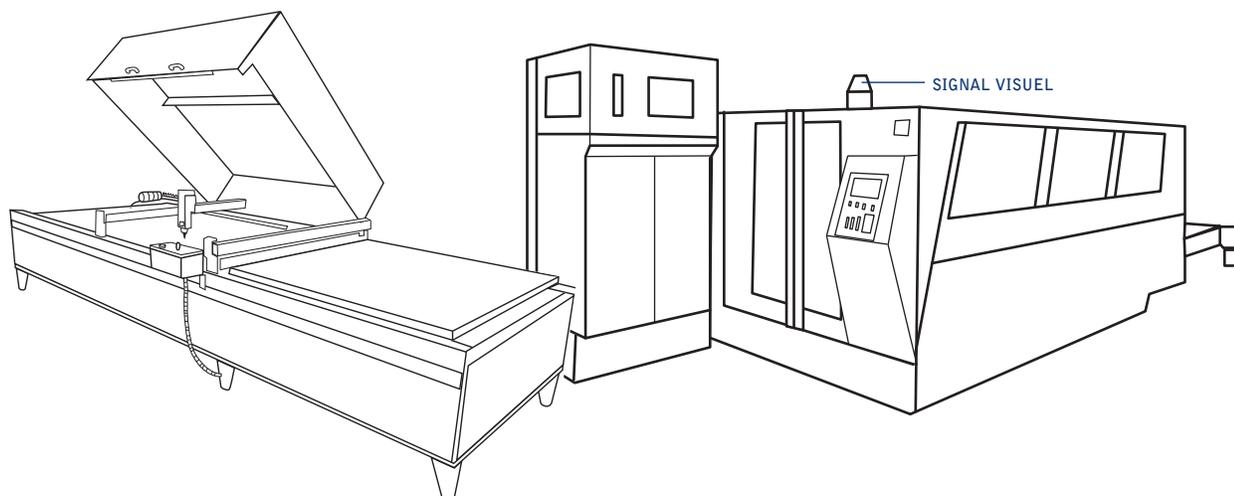


FIG. 4.2.4 EXEMPLES DE COUPEUSES QUI SONT DES APPAREILS À LASER CLASSE 1 RENFERMANT DES LASERS CLASSE 4

4.3

QUELQUES PRÉCISIONS SUR LES MOYENS TECHNIQUES

Zone contrôlée

Une zone contrôlée désigne une zone où seul le personnel autorisé peut accéder. Il s'agit d'une zone à l'intérieure de laquelle il y a un risque d'être exposé à un rayonnement qui pourrait entraîner des blessures. Cette zone correspond habituellement à la zone nominale de danger, telle que la définit la norme ANSI, et dont les limites peuvent être déterminées par calcul. Il est recommandé de faire appel au fabricant ou à un organisme reconnu pour évaluer cette zone. Les zones contrôlées temporairement ou de manière permanente doivent être identifiées à l'aide de panneaux d'avertissement.

Protection oculaire

Une protection oculaire est absolument nécessaire lorsqu'il y a un risque d'être exposé au rayonnement d'un laser susceptible de provoquer des blessures. La protection oculaire a pour fonction d'absorber le rayonnement afin de protéger les yeux. Les verres doivent être conçus pour filtrer la longueur d'onde spécifique du laser utilisé. Pour ce faire, ils doivent posséder, à cette longueur d'onde, une densité optique (optical density, O.D.) suffisante pour atténuer d'une façon sécuritaire l'énergie du faisceau laser. Il ne faut jamais utiliser des lunettes qui sont détériorées.

Le choix du bon protecteur oculaire est complexe et doit être confié à un spécialiste ou à un fournisseur compétent qui devra considérer entre autres les facteurs suivants :

- puissance ou énergie du laser ;
- longueur d'onde à la sortie du laser ;
- situations où il peut y avoir plusieurs longueurs d'onde ;
- concentration de puissance ou d'énergie maximale possible (exposition ou éclairage énergétique) ;
- valeur d'exposition maximale permise (EMP), telle que prescrite dans la norme et qui tient compte entre autre de la durée d'exposition ;
- densité optique (O.D.) du verre à la longueur d'onde d'émission du laser ;
- quantité nécessaire de lumière visible pour assurer une bonne vision ;
- besoin de lunettes de prescription ;
- confort et ajustement ;
- résistance mécanique aux chocs.

La protection oculaire devrait être un des derniers choix dans un programme de prévention relié aux appareils à laser. Des moyens de contrôle techniques devraient être privilégiés parce qu'ils agissent à la source et sont fiables.

Il faut porter une attention particulière aux lasers qui émettent à plus d'une longueur d'onde. Par exemple, les appareils à lasers CO₂ ou YAG peuvent incorporer des lasers d'alignement HeNe. Un laser HeNe émet à une longueur d'onde différente d'un laser CO₂ ou YAG. Selon la classe du laser d'alignement, il peut être dangereux de regarder dans le faisceau. Dans un tel cas, une protection oculaire distincte peut être nécessaire. Par ailleurs, certains lasers peuvent être ajustés pour plus d'une longueur d'onde, ce qui pose un problème pour le choix et la gestion des protecteurs.

Certains procédés lasers, comme le soudage des métaux, émettent des rayonnements semblables à ceux des procédés de soudage conventionnels, en plus du rayonnement laser.

Verrouillage de sécurité

Le verrouillage peut, par exemple, être relié à un obturateur qui interrompt le faisceau lorsque le capot est ouvert ou enlevé. Les dispositifs de verrouillage doivent être à sécurité positive ou à circuit redondant (fail-safe interlock). Le bon fonctionnement des dispositifs de verrouillage devrait être vérifié régulièrement.

Commande à clé

Le rayonnement laser n'est plus accessible lorsque la clé est retirée.

Dispositifs d'arrêt du faisceau ou d'atténuation du faisceau

Ces dispositifs doivent empêcher l'accès humain au rayonnement laser dangereux lorsque l'émission laser n'est pas nécessaire, comme par exemple, durant les périodes de « réchauffement » du laser.

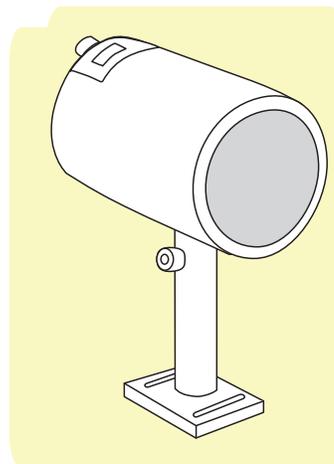


FIG. 4.3.1 DISPOSITIF POUR ARRÊTER LE FAISCEAU

Signal sonore ou visuel

Un signal doit être en fonction lorsque le laser est mis en marche, ou si la batterie de condensateurs des lasers à impulsions est en cours de charge ou n'a pas été déchargée de façon certaine.

Écrans

Les matières plastiques comme le polyméthylméthacrylate et le polycarbonate suffisent à bloquer la propagation laser à des longueurs d'onde supérieures à 5 000 nm (infrarouge éloigné). Pour les rayonnements de longueurs d'onde entre 800 et 5 000 nm, il faut disposer de verres spéciaux, ou éventuellement, entre 2 000 et 5 000 nm, de matière plastique suffisamment épaisse.

Pour plus de détails,

il est recommandé de consulter la norme *ANSI Z136.1 American National Standard for Safe Use of Lasers* ou la norme *CEI 60825-1 Sécurité des appareils à laser – partie 1 : classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*. Pour la sécurité liée aux fibres optiques, il est recommandé de consulter également la norme *ANSI Z136.2 American National Standard for Safe Use of Optical Fiber Communications Systems Utilizing Laser Diode and LED Sources* ou encore la norme européenne *CEI 60825-2 Sécurité des appareils à laser – partie 2 : Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques*.

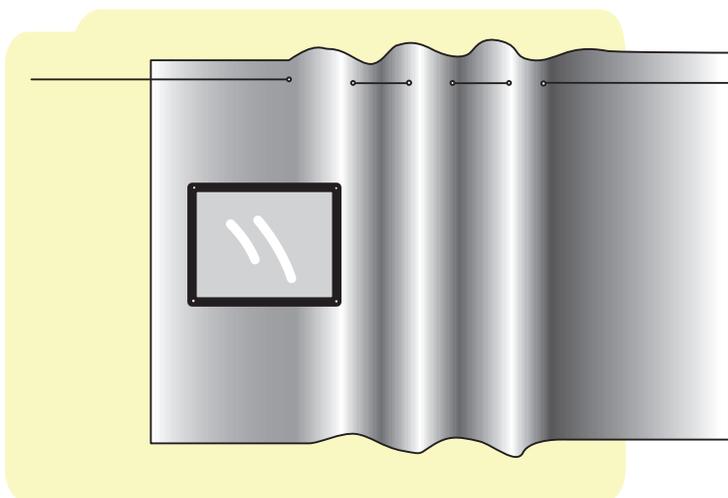


FIG. 4.3.2 RIDEAUX SERVANT D'ÉCRAN AU RAYONNEMENT LASER

À RETENIR

4

Se protéger du rayonnement laser

- Le but des mesures de sécurité est de protéger les personnes contre un rayonnement susceptible d'occasionner des blessures aux yeux ou à la peau.
- Un appareil à laser peut renfermer plusieurs lasers de classes différentes.
- Les mesures de sécurité varient selon la classe de l'appareil à laser ou du laser.
- Les moyens techniques doivent être privilégiés par rapport au port de protecteurs oculaires.
- Les dangers d'un appareil à laser doivent être bien identifiés (symbole, plaque d'avertissement, etc.)



LES AUTRES DANGERS ET COMMENT S'EN PROTÉGER

LES AUTRES DANGERS ET COMMENT S'EN PROTÉGER

5.1

- L'ÉLECTRICITÉ
- L'ÉBLOUISSEMENT ET LE RAYONNEMENT DURANT LE SOUDAGE
- LES CONTAMINANTS
- LA MANIPULATION DE FIBRES OPTIQUES
- LA MANUTENTION DES GAZ COMPRIMÉS
- L'UTILISATION DE LIQUIDES TOXIQUES
- LES INCENDIES

5.1

LES AUTRES DANGERS ET COMMENT S'EN PROTÉGER

LA CLASSIFICATION DES LASERS NE TIENT COMPTE QUE DU DANGER ASSOCIÉ AU RAYONNEMENT. POURTANT, IL EXISTE D'AUTRES FORMES DE DANGERS TELS QUE L'ÉLECTROCUTION OU L'INHALATION DE POUSSIÈRES TOXIQUES. CETTE SECTION PRÉSENTE CES AUTRES DANGERS AINSI QUE CERTAINS MOYENS DE PROTECTION S'Y RATTACHANT.

L'ÉLECTRICITÉ

Les risques

Les chocs électriques sont la deuxième cause de blessures dans le travail avec les lasers et touchent surtout les techniciens et le personnel d'entretien.

Les sources d'excitation optique, comme les lampes à arc, et les sources d'excitation électrique nécessitent souvent des tensions d'alimentation électrique élevées, de l'ordre de 600 V jusqu'à plusieurs kilovolts.

Il y a un danger de subir un choc électrique si l'on entre en contact avec ces sources d'alimentation électrique (power supply) ou avec des condensateurs, qui ont la caractéristique de conserver leur charge même lorsque le circuit électrique est débranché, ou encore avec d'autres composantes électriques. Les chocs électriques peuvent survenir durant des opérations d'installation, d'entretien ou d'ajustement des lasers, lorsque les couvercles et les panneaux de protection sont enlevés pour effectuer ces travaux.

Il est très difficile de prévoir les effets d'un choc électrique qui peuvent être aussi variés qu'un simple pincement, une tétanisation musculaire ou une fibrillation cardiaque qui sera mortelle. L'effet d'un choc électrique dépend de plusieurs facteurs comme la tension électrique, la position dans laquelle la personne se trouve, la partie du corps qui entre en contact avec un élément sous tension, etc.

Des cas de mortalité sont déjà survenus durant les opérations d'entretien et d'ajustement de lasers incorporant des sources d'alimentation à haut voltage. Les problèmes suivants ont été observés :

- Terminaux non couverts ou mal isolés;
- Panneaux d'avertissements cachés;

- Manquements dans les mesures de sécurité à suivre durant les tâches d'entretien, d'ajustements et de réparations;
- Manquements dans le déchargement et la mise à la terre des condensateurs;
- Mise à la terre des équipements laser absente ou déficiente;
- Déficiences dans la procédure de cadenassage.

Les mesures de sécurité

Le meilleur moyen de se prémunir contre les chocs électriques est de travailler hors tension dans tous les cas où il est possible de le faire. Si le travail doit se faire sous tension, il est alors recommandé d'établir des procédures de travail et d'utiliser des équipements de protection.

En somme, il faut :

- Effectuer la mise hors tension durant les travaux d'entretien;
- Appliquer une procédure de cadenassage;
- Munir les panneaux de protection des équipements électriques de dispositifs de sûreté (sectionneur, disjoncteurs, etc.) qui enlèvent la tension, court-circuitent les condensateurs ou relient automatiquement certaines composantes à la terre advenant l'ouverture de ces panneaux;
- Vérifier l'isolation des câbles d'alimentation électrique et l'état des câbles de mise à la terre;
- Identifier les équipements électriques et mettre en place des plaques d'avertissement;
- Porter des équipements de protection individuelle: chaussures à semelles isolantes approuvées CSA, lunettes de sécurité, gants isolants, etc.



FIG. 5.1.1 CADENAS ET ÉTIQUETTES

L'ÉBLouisSEMENT ET LE RAYONNEMENT DURANT LE SOUDAGE

Durant le soudage, un panache brillant, similaire en apparence à un arc électrique, est généré par l'interaction entre le faisceau laser et le matériel transformé. La dimension et l'intensité de ce panache dépendent du matériel, du niveau de puissance et du gaz de protection utilisé. Le rayonnement de ce panache, très brillant et difficile à regarder directement, s'étend de l'ultraviolet en passant par le visible jusqu'à l'infrarouge. Il peut être contrôlé par l'utilisation de fenêtres faites de matériaux absorbants tels que certains plastiques. Il peut être nécessaire de choisir des matériaux qui ont des composantes jaunes ou ambrées telles que des écrans de soudeur, afin de protéger les yeux. Cette lumière blanche et brillante est observée le plus fréquemment dans le cas de lasers puissants tels que le YAG : Nd et le CO₂.

LES CONTAMINANTS

Les risques

Les opérations de soudage, de coupage et de tout autre travail sur des matériaux à l'aide de lasers, produisent des contaminants sous forme gazeuse et sous forme de fines particules. Ils peuvent être inhalés profondément dans les poumons et entraîner des effets nocifs sur la santé : irritation des voies respiratoires, allergies, fibroses, cancer, intoxication, etc.

Voici quelques exemples qui illustrent la variabilité des contaminants et de leurs effets sur la santé :

- La coupe de fibre de verre à l'aide d'un laser peut générer des particules de verre de diamètres allant de 400 µm à 1 µm. Ces fines particules, si elles sont inhalées, se rendront jusqu'aux alvéoles des poumons et créeront à long terme des fibroses qui diminueront les capacités respiratoires de la personne exposée.
- La coupe des plastiques et des matériaux composites génère une panoplie de produits de décomposition tels que du benzène, du formaldéhyde, du chlorure de benzyle ou des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA). Tous ces produits sont toxiques pour la santé et leurs effets varient de la simple irritation des voies respiratoires au cancer.
- Le soudage et le coupage des métaux génèrent des fumées et des poussières dont la composition varie selon les alliages utilisés. Les effets sur la santé seront plus ou moins importants selon la nature des contaminants. Par exemple, l'inhalation de poussières d'un alliage contenant du béryllium pourra entraîner une béryllose qui est une affection grave et incurable des poumons.

Le choix du gaz de protection dans les procédés au laser peut également jouer un rôle dans la production de contaminants. Par exemple, l'utilisation d'argon comme gaz de protection dans la coupe du Kevlar™ intensifierait la formation de benzène.

Il est donc important dans un premier temps de se référer aux fiches signalétiques des matériaux utilisés pour tenter de connaître leur composition, leurs produits de décomposition et leurs effets sur la santé.

Les mesures de sécurité

Peu importe les contaminants émis, le captage à la source demeure sans contredit un excellent moyen de contrôler et d'évacuer les poussières, les gaz et les vapeurs générés par les procédés au laser. Par exemple, il est possible d'utiliser une table aspirante, une buse de captage ou encore une enceinte ventilée.

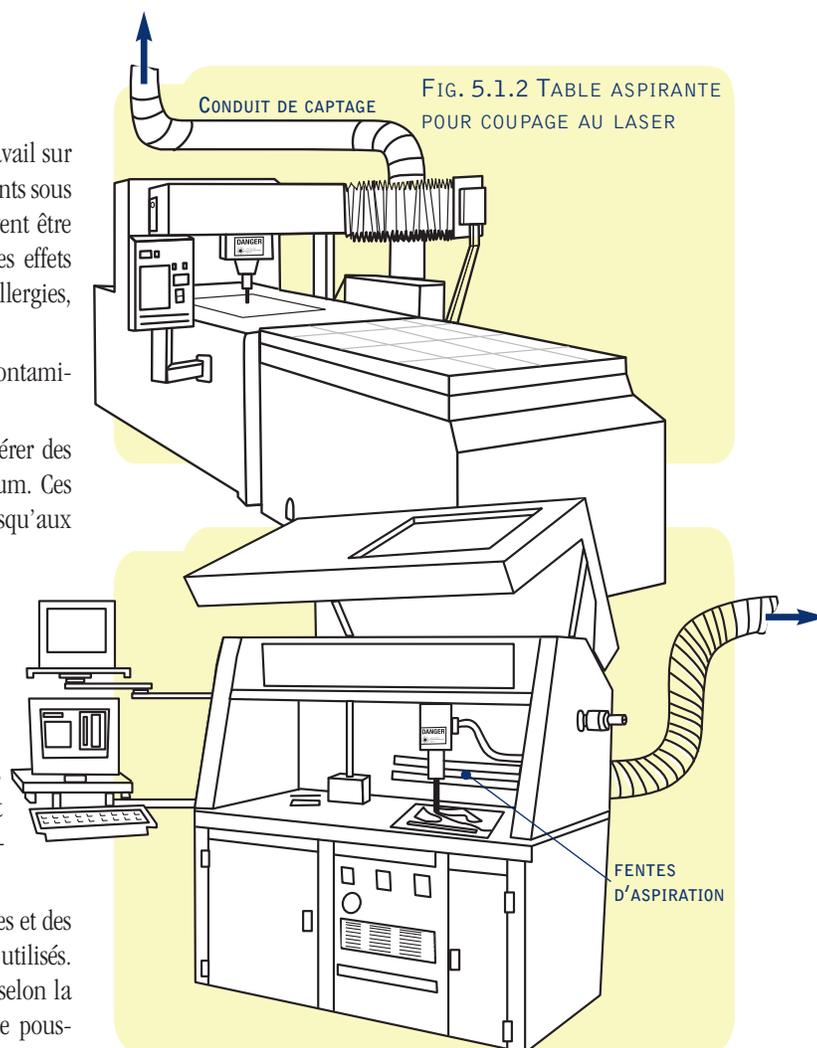


FIG. 5.1.3 ENCEINTE VENTILÉE

LA MANIPULATION DE FIBRES OPTIQUES

Les risques

La fibre optique est un média de transmission optique fait de verre ou de plastique, qui guide les ondes de lumière laser sur de longues distances et avec peu de pertes. Il existe un danger causé par la présence de fines particules de verre au moment de fendre ou d'épisser les câbles. Dans le secteur des télécommunications, le diamètre des fibres optiques est de 0,1 à 0,2 mm. Des précautions doivent être prises pour prévenir l'incrustation des fibres dans les vêtements ou dans la peau ainsi que pour prévenir l'ingestion de ces particules.

Des produits chimiques peuvent également être utilisés pour nettoyer et dénuder (stripping) les fibres.

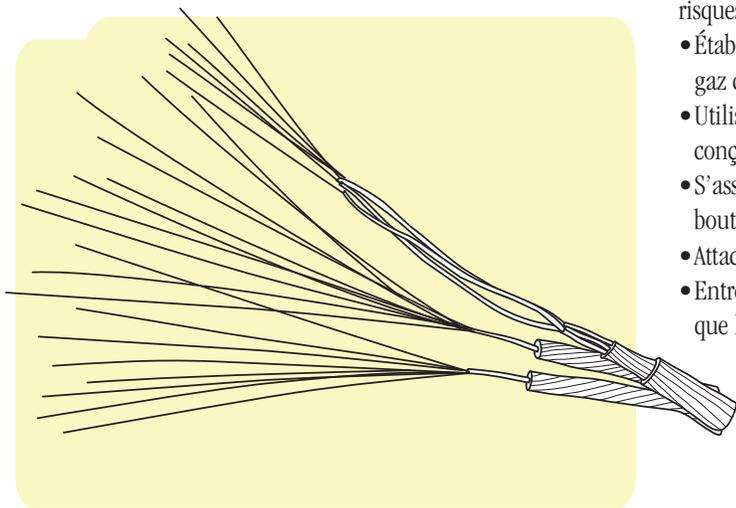


FIG. 5.1.4 FIBRES OPTIQUES

Les mesures de sécurité

Il est recommandé de prévoir un système de captage lorsque des produits chimiques et des solvants sont utilisés pour nettoyer et dénuder les fibres.

Des règles de sécurité doivent être mises en place lorsqu'il y a des manipulations de fibres optiques, par exemple :

- Garder toute nourriture ou breuvage hors des aires de travail;
- Éviter de se toucher les yeux;
- Se laver les mains une fois les manipulations terminées;
- Jeter les retailles dans des contenants appropriés;
- Ne jamais utiliser d'air comprimé pour nettoyer les surfaces de travail ou ses vêtements. Utiliser plutôt un aspirateur;
- Utiliser des gants et un appareil de protection respiratoire selon la nature du travail.

LA MANUTENTION DES GAZ COMPRIMÉS

Les risques

L'azote liquide est utilisé pour le refroidissement de certains lasers. L'azote liquide peut causer des brûlures par le froid en cas de contact cutané.

De manière générale, les gaz comprimés présentent des risques pour la sécurité :

- Renversement d'une bouteille qui peut causer un bris et provoquer une violente projection de la bouteille;
- Explosion ou réaction chimique en cas de fuite de gaz inflammables ou de gaz incompatibles.

Les mesures de sécurité

Différents moyens peuvent être mis en place pour réduire les risques d'accidents et de blessures :

- Établir des procédures pour la manutention et l'entreposage des gaz comprimés;
- Utiliser un chariot, une plate-forme ou tout autre équipement conçu pour transporter les bouteilles;
- S'assurer que le chapeau de protection est en place sur les bouteilles non utilisées;
- Attacher les bouteilles pour empêcher leur renversement;
- Entreposer les bouteilles en respectant leur compatibilité ainsi que les quantités et les distances réglementaires.

L'UTILISATION DE LIQUIDES TOXIQUES

Les risques

Les solvants et les colorants utilisés dans les lasers à liquide sont toxiques et parfois cancérigènes. Leur manipulation, comme le changement de colorant ou le changement de concentration nécessite des précautions.

Les mesures de sécurité

Il est primordial de consulter les fiches signalétiques des produits utilisés et d'adopter des moyens de contrôle pour protéger la santé des utilisateurs.

- Assurer le captage des vapeurs toxiques;
- Prévoir un contenant de rétention en cas de déversement accidentel;
- Offrir des équipements de protection individuelle adaptés aux produits manipulés tels qu'un appareil de protection respiratoire, des gants, un survêtement, une visière, etc.

LES INCENDIES

Les dangers

Les lasers classe 4 sont suffisamment puissants pour enflammer des matières combustibles ou inflammables qui se trouvent dans l'environnement de travail: produits usinés, papiers, vêtements de l'opérateur, etc.

Les mesures de sécurité

- Éloigner les matières combustibles ou inflammables;
- Installer des extincteurs près des postes de travail;
- S'assurer que les panneaux de protection et les verrouillages sont fonctionnels avant d'actionner le laser;
- Nettoyer l'accumulation de poussières résultant des opérations de transformation des matériaux.

DE MANIÈRE GÉNÉRALE

Les lasers offerts sur le marché canadien sont principalement fabriqués aux États-Unis. Ils doivent être construits de façon à répondre à certaines normes de conception et de sécurité. Ainsi, lorsqu'il s'agit de faire une évaluation des risques pour un laser donné, on dispose au départ de renseignements très utiles, ceux qui sont inscrits sur le boîtier du laser ou publiés dans le manuel d'opération et d'entretien obligatoirement fourni par le fabricant. La plupart du temps, ces renseignements suffisent pour porter un jugement de valeur sur le niveau de risque d'un laser donné, en se référant aux règles de sécurité applicables aux différentes classes de laser.

À RETENIR

5

Les autres dangers et comment s'en protéger

- Il existe d'autres dangers que ceux reliés au rayonnement : électrocution, éblouissement, intoxication, incendie, etc.
- Les chocs électriques sont le deuxième type de blessures, après celles causées par le rayonnement, chez le personnel affecté à l'entretien et à la réparation des appareils à laser.
- Les cahiers fournis par les fabricants contiennent de précieuses informations qui permettent d'évaluer le niveau de risque des appareils à laser et d'établir des mesures de sécurité.



LA FOIRE AUX QUESTIONS

Un laser classe 4 dont le faisceau est dirigé vers le bas est-il dangereux pour les yeux ?

L'orientation d'un faisceau laser vers le bas protège contre l'exposition au faisceau direct. Il faut se rappeler toutefois qu'un faisceau réfléchi peut présenter un danger et qu'un laser de classe 4 présente un danger pour l'œil, même en situation de réflexion diffuse. Par exemple, un laser CO₂ peut produire des réflexions diffuses significatives à l'intérieur d'une distance de 2 m à partir du point de coupage ou de soudage. Dans ce cas, le rayonnement laser est invisible (10 600 nm), il se situe dans l'infrarouge éloigné. Le travailleur exposé ressentira de la chaleur sur la peau. Ce rayonnement ne présente pas de danger pour la rétine, mais peut causer des brûlures au niveau de la cornée. C'est pourquoi il est recommandé de porter des lunettes de protection. De simples lunettes de sécurité en polycarbonate peuvent suffire à protéger les yeux contre le rayonnement diffus, dans l'infrarouge éloigné. Toutefois, d'autres types de rayonnements peuvent être générés durant le procédé ou durant les opérations d'alignement ou d'entretien. Le choix du bon protecteur oculaire passe toujours par la consultation d'un spécialiste ou d'un fournisseur compétent.

Est-ce que les fibres optiques présentent un danger pour les yeux ?

Les fibres peuvent transporter des faisceaux laser classe 3b et même classe 4. De manière générale, les fibres optiques ne présentent aucun risque lorsque tous les connecteurs sont branchés. Une fibre optique débranchée et non munie d'un embout peut présenter un risque de rayonnement pour les yeux. Des précautions doivent être prises dans les situations suivantes:

- Branchement ou débranchement des connecteurs ;
- Observation du faisceau lumineux dans la fibre et plus particulièrement à l'aide d'un instrument optique ;
- Opérations d'entretien, de vérification ou de réparation ;
- Sectionnement d'un câble de fibres.

Dès que la nature du travail le permet, l'observation des fibres devrait se faire lorsque le système est à l'arrêt, c'est-à-dire en absence de rayonnement laser.

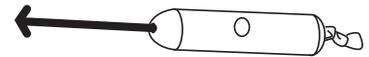
Est-ce que les niveaux d'alignement présentent un danger pour les yeux ?

Les niveaux d'alignement émettent évidemment un rayonnement visible. Ils sont généralement de classe 2 ou de classe 3a. Ils présentent un risque de blessure si l'on regarde intentionnellement dans le faisceau. Regarder la ligne qui sert à l'alignement ne présente aucun danger. Le danger existe si le faisceau entre dans l'œil durant quelques secondes. Étant donné qu'il s'agit d'un rayonnement visible, ce sera la rétine qui subira des dommages. Il est recommandé de privilégier l'utilisation de lasers d'alignement classe 1 ou 2.



Est-ce que les pointeurs lasers sont dangereux pour les yeux ?

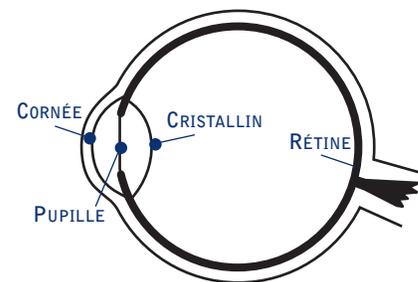
Les pointeurs lasers ne doivent pas être considérés comme des jouets et ne doivent jamais être pointés vers une personne. La puissance des pointeurs varie selon les modèles. Il est recommandé d'utiliser des pointeurs lasers classe 1 ou encore classe 2 dont la puissance est limitée à 1 mW. On trouve couramment sur le marché des pointeurs classe 3a. Ceux-ci devraient être utilisés uniquement lorsqu'un pointeur laser classe 1 ou 2 ne convient pas. Le faisceau d'un pointeur classe 2 ou 3a est assez puissant pour causer un éblouissement voire même des lésions permanentes à la rétine dans le cas où l'on regarderait intentionnellement dans le faisceau pendant plusieurs secondes. Il est aussi possible de trouver sur le marché des pointeurs lasers puissants (classe 3b). Ils ne doivent pas être utilisés parce qu'ils sont dangereux en cas de vision directe du faisceau, même pour une fraction de seconde. Regarder le point lumineux d'un pointeur classe 1, 2 ou 3a sur une surface mate ne représente aucun danger.



POINTEUR LASER

Est-ce qu'un laser de 1 milliwatt peut réellement représenter un danger pour les yeux ?

Oui, si l'on maintient volontairement l'œil dans le faisceau. Le cristallin agit comme une lentille qui concentre l'énergie du faisceau en un point sur la rétine. Si l'on regarde dans le faisceau d'un laser de 1 milliwatt, la rétine de l'œil est exposée à une intensité dix fois plus grande que si l'on regardait directement le soleil de midi. C'est pourquoi notre réflexe naturel en cas d'exposition à un rayonnement visible intense est de fermer la paupière (réflexe palpébral) et de détourner la tête.



SCHEMA DE L'ŒIL

Doit-on faire passer un examen des yeux au personnel qui travaille avec les appareils à lasers ?

Il est recommandé de faire passer un examen des yeux au personnel qui sera affecté à des appareils lasers qui renferment des lasers classe 3b et 4. L'examen des yeux pour les personnes qui travaillent de manière routinière avec des lasers devrait inclure :

- Un historique de la santé des yeux ;
- Un test d'acuité visuelle ;
- Un test pour vérifier les fonctions de la rétine (grille d'Amsler) ;
- Un test pour vérifier la vision des couleurs.

Des examens périodiques aux deux ans sont recommandés pour les utilisateurs de laser classe 4. Un examen doit être réalisé suite à l'exposition à un rayonnement susceptible d'avoir créé une blessure aux yeux.

Un simple examen de l'acuité visuelle est recommandé pour les personnes qui ont peu de risque d'être exposées à un rayonnement laser.



LA FOIRE AUX QUESTIONS

Est-ce qu'un laser à impulsion est plus dangereux qu'un laser à émission continue ?

L'un comme l'autre peut créer des blessures graves et irréversibles. Toutefois, les lasers à impulsion ont la propriété de développer une puissance très élevée. Même si cette puissance crête est de très courte durée, elle peut créer des dommages importants aux yeux. Voici un exemple de blessures causées par un laser à impulsion :

Laser YAG: Nd, 6 millijoules, impulsion de 10 nanosecondes, invisible à 1064 nm, classe 3b

L'impulsion a une puissance de crête de 600 kW (6 millijoules / 10 nanosecondes = 600 kW). Lorsque le faisceau a frappé son œil, le chercheur a entendu un « pop », causé par une forme de microexplosion dans le fond de l'œil. La vision s'est immédiatement obscurcie. Après quelques mois, les effets permanents sont la vision de particules « flottantes », une douleur suite à une période de lecture prolongée et une perte de la vision localisée.

Que ce soit un laser impulsif ou un laser à émission continue, les risques associés à l'utilisation de lasers ne doivent pas être pris à la légère. Il est toujours recommandé de considérer la classe du laser et de mettre en place toutes les mesures de sécurité qui s'y appliquent, de manière à minimiser le risque d'exposition à un rayonnement dangereux.

Que doit-on faire en cas d'une blessure à l'œil ?

Il est important d'adopter une procédure de premiers secours et de premiers soins qui doit être suivie en cas d'accident relié à l'utilisation d'un appareil à laser. Plus spécifiquement, en cas d'une blessure à l'œil, il est recommandé de :

- Faire asseoir la personne (ne pas la coucher pour ne pas créer un afflux de sang au niveau des yeux) ;
- Couvrir immédiatement les deux yeux de compresses de gaze stérile ;
- Mettre plusieurs compresses de façon à empêcher la lumière de filtrer et les fixer à l'aide d'une bande de gaze ;
- Prendre la fiche technique de l'appareil à laser ;
- Conduire rapidement la personne chez le médecin.

Quelle norme s'applique au Québec concernant la sécurité laser ?

Puisque la majorité des équipements laser que l'on trouve au Canada proviennent des États-Unis et compte tenu de l'absence d'une réglementation canadienne, on s'est longtemps référé à la norme américaine (ANSI Z136.1). Le contenu de ce guide reflète cet état de fait. Par contre, en 2003, l'Association canadienne de normalisation (CSA) a adopté intégralement la norme européenne CEI 60825-1. Cette norme, semblable dans ses grandes lignes à la norme ANSI, tout en étant plus précise ou plus sévère sur certains points, est donc dorénavant celle à laquelle il faudra se référer.



POUR EN SAVOIR PLUS

ON PEUT CONSULTER :

- Santé Canada, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs.
Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation : (613) 954-0303 ou 954-0311
- Laser Institute of America (Floride) : www.laserinstitute.org
- The National Radiological Protection Board (NRPB) (Angleterre) : www.nrpb.org
- Service de sécurité et de prévention de l'Université Laval (Québec) : www.ssp.ulaval.ca
- Consultants spécialisés en sécurité laser



BIBLIOGRAPHIE

- AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE, *American National Standard for Safe Use of Lasers*, ANSI Z136.1-2000.
- NORME INTERNATIONALE, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1 : Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*, CEI 60825-1, édition 1998.
- LE RÉSEAU FRANCOPHONE DU SOUDAGE, *Le soudage hybride arc-laser : un nouveau procédé prometteur*, Le journal de l'ISQ, vol.6 N.4, 2003.
- LASER INSTITUTE OF AMERICA, *Laser safety training course notes*, Montréal, oct. 2002, 252 p.
- NORTEL NETWORKS, *Sécurité optique – La sécurité... Mon œil!*, Centre de formation des employés, 2002, 45 p.
- NORTEL NETWORKS, *Laser & Fibre Safety for Optical Networks OP1350 – Participant Manual*, octobre 2001, 108 p.
- INRS, *Le point des connaissances sur... Les lasers*, Travail et sécurité, no 602, décembre 2000, 4p.
- INRS, *L'utilisation en sécurité du laser*, Travail et sécurité, no 601, novembre 2000, p.28-39.
- LASER INSTITUTE OF AMERICA, *Laser safety guide*, 10e éd., Wesley Marshall & David Sliney, 2000, 48 p.
- ROCKWELL LASER INDUSTRIES, *Laser safety, course overheads*, Cincinnati, 2000, 120 p.
- ROCKWELL LASER INDUSTRIES, *User's guide for laser safety*, version 2.7, Cincinnati, décembre 1999, 41 p.
- AMERICAN WELDING SOCIETY, *Recommended practices for laser beam welding, cutting, and drilling*, ANSI/AWS C7.2 :1998, Miami, novembre 1998, 108 p.
- SMEETS, M.J.M.C., Van Hastenberg C.H., *Identification of chemical exposure resulting from laser cutting of plastic material*, Inde, Overseas Publishers Association, 1998, p.223-229.
- INRS ND 2093-173-98, *Les lasers, Risques et prévention*, Paris, Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail – no 173, 4^e trimestre, 1998, p.445-463.
- FELSHMAN Jeffrey, *Look at laser safety in a new light*, Safety & Health, février 1996, p.58-61.
- TAYLOR, H.J. and Troughton M.J., *Products evolved during laser cutting of plastics*, Health and Safety Executive contract research report no 87/1995, 1995.
- CAISSE NATIONALE SUISSE D'ASSURANCE EN CAS D'ACCIDENTS, *Feuille d'information sur les lasers*, 1^{ère} éd., avril, 1992, 7 p.
- INRS, *Robots de soudage et de découpe, Évaluation et prévention des risques engendrés par les nouvelles technologies d'usinage (laser, jet d'eau hyperbare et plasma)*, Cahiers de notes documentaires no 159, 1^{er} trimestre, 1995, p.15-33.
- LASER INSTITUTE OF AMERICA, *Hazardous chemicals produced by laser materials processing*, Journal of laser applications (1994) 6, p.195-201.
- ROCKWELL LASER INDUSTRIES, *Basics of lasers & optics*, Cincinnati, 1994.
- OSHA instruction CPL2-2.20BCH-2, *Laser Hazards*, chapitre 17, avril 1993, p.17-7 à 17-29.
- BRITISH OCCUPATIONAL HYGIENE SOCIETY, *Pollutants from laser cutting and hot gas welding of plastics*, Annals of occupational Hygiene, Vol. 37, no 6, 1993, p.665-672.
- HYGIÈNE ET SÉCURITÉ, *Taux d'émission de fumées et de gaz en coupage au laser, Soudage et techniques connexes*, Vol. 46, no 5-6, 1992, p.51-55.
- INRS ND 1801-141-90, *Représentation des risques du laser*, Paris, Cahiers de notes documentaires, no 141, 4^e trimestre, 1990, p.787-798.
- ROCKWELL R. James et Moss C. Eugene, *Optical radiation hazards of laser welding processes part II: CO₂ laser*, American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 50, no 8, 1989, p.419-427.
- BALL, Roger D., Kulik Bogdan and Tan Steet L., *The assessment and control of hazardous by-products from materials processing with CO₂ lasers*, Annual review of laser processing – industrial laser handbook, 1987, p.15-25.
- HYGIÈNE DU TRAVAIL, *Rayonnements non ionisants – le laser*, section 8.5, Montréal, Le Griffon d'argile inc., 1985, p.328-346.
- SLINEY David et Wolbarsht Myron, *Safety with lasers and other optical sources, A Comprehensive Handbook*, New York, Plenum Press, 1980, 1035 p.