

# **DANGER**

## **Guide de prévention**



**UTILISATION DES LASERS  
EN TOUTE SÉCURITÉ**

**DANS LES LABORATOIRES  
DE L'UNIVERSITÉ LAVAL**

**Santé et sécurité 2005**



**UNIVERSITÉ  
LAVAL**



## Qu'est-ce qu'un LASER ?

**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**  
**Amplification de la lumière par émission stimulée de radiation**

Les sources lumineuses rayonnent généralement dans toutes les directions. Plus un objet est éloigné d'une source lumineuse, plus l'énergie rayonnée reçue est faible. Par contre, la lumière générée dans le laser est concentrée et dirigée en un faisceau collimaté dès son origine. Lorsqu'un rayon laser touche un objet, toute l'énergie rayonnante du laser se concentre en un minuscule point d'impact.

- La lumière laser peut être visible ou invisible;
- Un laser est caractérisé par sa longueur d'onde, sa puissance et son type d'émission, son diamètre et la divergence du faisceau;
- Les principaux types de laser sont à gaz, à solide, à liquide ou à semi-conducteur (à diode);
- Les rayonnements laser peuvent être émis en impulsions déclenchées (Q-switch), relaxées (long pulse) et en émission continue (>0.25 sec.);
- Les fibres optiques servent à transporter la lumière laser et peuvent être assimilées à une source laser.

Les longueurs d'onde du rayonnement laser sont généralement exprimées en nanomètre (nm). Un nanomètre équivaut à un millionième de millimètre soit  $10^{-9}$  mètres ou encore 0.000000001 mètres. Les longueurs d'onde de la lumière émise par les différents lasers s'échelonnent entre 190nm et 10 600nm.



## Quelles sont les différentes classes de laser et leurs dangers ?

### SELON ANSI Z136.1-2000

CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3A	CLASSE 3B	CLASSE 4
Sans danger (conception technique : système clos)	Sans danger (réflexe de clignement de paupières)  Ne pas regarder le faisceau laser	Danger en vision directe Sans danger en réflexion diffuse  Ne pas regarder le faisceau laser surtout à travers d'un instrument optique	Danger en vision directe Danger sous certaines conditions en réflexion diffuse ( $<10s$ , $>13cm$ ) Ne pas regarder le faisceau laser surtout à travers d'un instrument optique Pour la peau : une sensation de picotement ou d'échauffement survient et prévient l'apparition des lésions pour les émissions continues	Danger Très important

### SELON CEI 60825-1 + A2 : 2001

CLASSE 1	CLASSE 1M	CLASSE 2	CLASSE 2M	CLASSE 3R	CLASSE 3B	CLASSE 4
Sans danger dans toutes les conditions raisonnablement prévisibles	Semblable à la classe 1. La vision directe dans le faisceau avec des aides optiques peut être dangereuse	Sans danger (réflexe de clignement de paupières)	Semblable à la classe 2. La vision directe dans le faisceau avec des aides optiques peut être dangereuse	La vision directe dans le faisceau peut être dangereuse	La vision directe dans le faisceau est normalement dangereuse	Grande puissance  La réflexion diffuse peut être dangereuse



## Un peu de statistiques

Selon le Rockwell Laser Industrie ([www.rli.com/ressources/stat\\_data.asp](http://www.rli.com/ressources/stat_data.asp)), les accidents de travail causés par un laser touchent :

- 21.3% Techniciens
- 17.6% Scientifiques
- 8.4% Étudiants
- 3.3% Personnel de l'entretien et équipements

Cela signifie donc que les chercheurs, le personnel et les étudiants de l'Université sont les groupes les plus à risque.

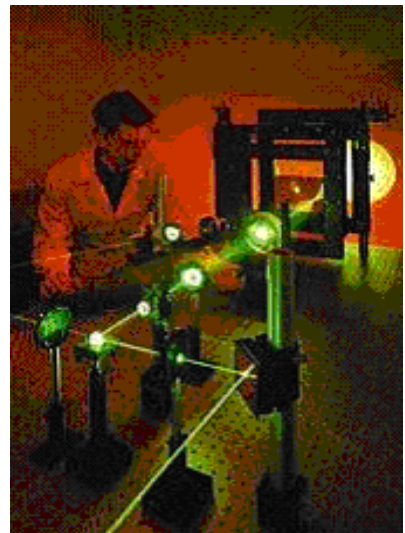
De plus, selon cette même étude, 50% des accidents impliquent les lasers : Nd : Yag & Argon. Ces types de lasers sont utilisés dans plusieurs laboratoires de l'Université.

Sur le campus de l'Université :

- 200 lasers sont utilisés toutes classes confondues;
- Ces accidents sont causés par un faisceau direct ou réflexion.

Quelles sont les principales causes d'accidents ?

- Exposition de l'œil lors de l'alignement du faisceau;
- Protection oculaire peu utilisée;
- Protection inadéquate du faisceau;
- Choix erroné des lunettes;
- Utilisation de lunettes défectueuses;
- Non respect des règles de sécurité.





## Les risques à la santé : L'OEIL et LA PEAU

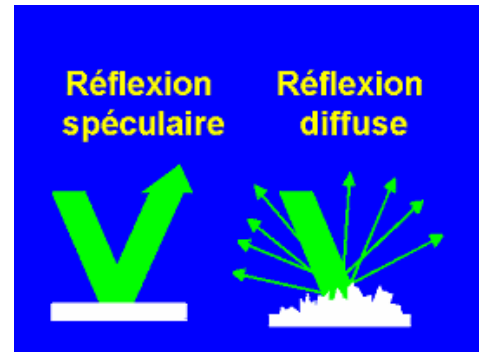
### EFFETS PATHOLOGIQUES ASSOCIÉS À UNE EXPOSITION EXCESSIVE DU RAYONNEMENT D'UN LASER

	EFFET SUR L'OEIL	EFFET SUR LA PEAU
Ultraviolet C (200nm à 280nm)	Photo-Kératite	Érythème (coup de soleil)
Ultraviolet B (280nm à 315nm)	Cataracte	Accélération du processus de vieillissement de la peau Augmentation de la pigmentation
Ultraviolet A (315nm à 400nm)	Cataracte photochimique	Brunissement du pigment
Visible (400nm à 780nm)	Lésions photochimiques et thermiques de la rétine	Réactions photo-sensitives
Infrarouge A (780nm - 1400nm)	Cataracte, brûlure de la rétine	Brûlure de la peau
Infrarouge B (1400nm - 3000nm)	Inflammation aqueuse, cataracte, brûlure de la cornée	
Infrarouge C	Brûlure de la cornée seulement	
<p>Coupe transversale →</p>		

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 :

- Vision directe dans le faisceau;
- Réflexion spéculaire;
- Réflexion diffuse.

Il faut faire attention à la réflexion des lasers !



Les réflexions dues aux objets réfléchissants présentent un risque identique aux rayonnements directs car, non seulement elles sont insidieuses mais elles peuvent contenir jusqu'à 90% de l'énergie initiale.

**ATTENTION** : Toute zone où se trouve une arrivée de fibres optiques véhiculant un faisceau laser doit être considérée comme une zone laser, même si le laser lui-même ne se trouve pas dans la zone considérée.



## **Les autres risques liés à l'utilisation des lasers**

- Risques chimiques : utilisation de colorants, solvants, azote liquide, gaz asphyxiant ou toxique et production d'ozone.
- Risques d'incendie et d'explosion : papiers, tissus, matières plastiques, bois. Les gaz et les solvants utilisés sont parfois inflammables et le risque d'explosion s'ajoute à celui d'incendie.
- Risques électriques : les alimentations des lasers délivrent presque toujours de la haute tension et il y a risque que les batteries de condensateurs de grande capacité restent chargées même lorsque l'appareil n'est plus sous tension. *Voir annexe 1 pour la procédure de l'Université lors d'une électrification.*
- Risque dû aux cylindres de gaz : les cylindres doivent être placés à la verticale, fixés au mur pour prévenir le renversement.



## **Afin d'assurer la sécurité du rayonnement laser, il faut toujours tenir compte de :**

### 1) Exposition maximale permise EMP :

*« Le niveau de rayonnement laser auquel des personnes peuvent être exposées dans les conditions normales sans subir d'effet nuisible »*

Il est recommandé d'être toujours en situation où le niveau de radiation est inférieur à cette limite.

### 2) Distance nominale de risque oculaire « DNRO » :

*« La distance à laquelle, dans des conditions idéales, l'éclairement énergétique ou l'exposition énergétique tombe en dessous des EMP appropriées »*

Il est recommandé de ne pas entrer dans cette zone. Il est cependant rare de pouvoir respecter la DNRO dans les laboratoires de l'Université. Il est donc primordial de porter les protections individuelles prescrites (lunettes, gants, sarraus, etc.) et suivre les procédures établies.



## **Conseil pour un aménagement sécuritaire**

- Peindre les murs avec de la peinture mate ou très peu de brillance (-15%);
- Utiliser des matériaux peu ou pas inflammables;
- Garantir un éclairage minimal;
- Écrans devant les fenêtres donnant sur l'extérieur du laboratoire afin d'abaisser le niveau d'énergie en dessous du seuil dommageable pour le voisinage;
- Être équipé de Sas ou de rideaux coupant le volume de la pièce;
- Présence d'un téléphone ou interphone;
- Signal lumineux clignotant à l'extérieur de la zone laser;
- Pancartes « Attention Laser » et « Personnel autorisé seulement »;
- Enceintes autour des condensateurs ou des tubes flash;
- Capots autour des éléments qui sont sources de rayons X;

- Contact coupant l'alimentation électrique quand le capot ou une partie du capot est enlevée ou soulevée;
- Mise à la terre de l'équipement;
- S'équiper d'obturateur de faisceaux;
- Signalisation de la présence de haute tension (ex : danger 600volts);
- Signal lumineux et/ou sonore de prédéclenchement de tir asservi (laser à cadence de tir inférieure à 0,1 Hz);
- Présence d'affiches sur le laser ou à proximité et d'étiquettes aux ouvertures lasers;
- Limiter le nombre de lasers par pièce;
- S'assurer que les faisceaux ne sont jamais dirigés vers les portes ou fenêtres;
- S'assurer que la hauteur du faisceau soit différente d'où se trouve l'œil humain. Les postes informatiques et écrans doivent être à une hauteur supérieure au faisceau (1,54m);
- Support du laser et du matériel d'expérimentation très stable;
- S'équiper d'absorbeurs non réfléchissants et incombustibles;
- Trajet du faisceau enclos au maximum;
- Éliminer toutes les surfaces réfléchissantes;
- Tableaux de commande, appareils de mesure et oscilloscopes placés de façon à ce que le regard de l'opérateur soit détourné du faisceau;
- Aspiration et aération si risque toxique;
- Traitement antireflet des lentilles;
- Caméra permettant de visualiser le faisceau dans le capotage;
- Éliminer tous les câbles et fiches électriques au niveau du sol.



## **Consignes de sécurité pour les utilisateurs de lasers**

- Tout le personnel doit être informé des risques et des mesures préventives;
- Les utilisateurs doivent avoir suivi une formation de sécurité laser;
- Ne jamais diriger volontairement le faisceau vers une personne ou l'œil de quelqu'un;
- Ne garder jamais volontairement l'œil dans l'axe du faisceau;
- Observer les mesures de prévention électrique;
- Porter des vêtements de protection;
- Atténuer au maximum le faisceau (filtres, diaphragmes, etc.) chaque fois que l'émission maximale n'est pas nécessaire (en particulier pour le réglage);
- Déclencher le tir seulement après s'être assuré que personne n'est en position dangereuse;
- À chaque fois qu'un optique doit être déplacée, s'assurer que le faisceau est bloqué avant et que l'élément permettant de bloquer le faisceau est fixé correctement;
- Réduire le nombre de personnes au minimum lors de l'utilisation du laser;
- Réserver l'accès au personnel expérimenté durant le fonctionnement;



- Prendre en charge les visiteurs;
- Supprimer les objets réfléchissants apparents : montre, bijou, stylo, bague, boucle de ceinture, vêtements avec fermeture éclair métalliques, etc.). Si les bagues ne peuvent être enlevées, mettre un ruban adhésif non-réfléchissant autour;
- Ne pas porter de vêtements à manches amples pouvant accrocher des optiques;
- Utiliser un laser de classe 1 ou 2 pour les alignements;
- Manipuler les colorants et solvants selon les règles de sécurité;
- Consulter le Service Médical en cas d'atteinte oculaire, blessure à la peau, électrocution, etc.;
- Se faire examiner les yeux à tous les deux ans pour les utilisateurs de laser de classe 4.

## Quelles sont les étapes pour mettre en place un montage laser Titane-Saphir en femtoseconde de manière sécuritaire ?

### - Bien connaître chaque optique utilisée

- Les **miroirs** ne réfléchissent pas à 100% : Il y a de la fuite (transmission);
- Sur une **lentille**, une partie du faisceau est réfléchi;
- Un **réseau** diffracte plusieurs ordres. Toujours s'assurer de la position des différents ordres;
- Certains **obturateurs mécaniques** comportent une surface réfléchissante;
- Apprendre à aligner un **périscope** avec deux cartes d'alignement afin de toujours bloquer le faisceau.

*Tout nouvel étudiant dans le laboratoire doit connaître ces propriétés avant de débiter la mise en place de leur montage.*

### - Apprendre les techniques d'alignement

- Utilisation de cartes infrarouges : **Attention** ... ne pas utiliser ces cartes avec des surfaces de hautes énergies car leurs surfaces sont en plastique, donc réfléchissantes...Faire attention aussi à l'angle utilisé;
- Alignement d'un périscope avec deux cartes blanches;
- Alignement d'un faisceau au travers de deux iris en utilisant une carte blanche (et non pas en regardant le faisceau sur l'iris);
- Utilisation de viseurs infrarouges : être conscient qu'il ne protège pas les yeux;
- Essayer au maximum d'aligner les optiques avec le laser Helium-Neon ou avec des diodes lasers émettant à 800nm car ces lasers sont beaucoup moins dangereux. Ceci est valable pour l'alignement grossier.

*Tout nouvel étudiant doit être à l'aise avec ces techniques de base avant de s'aventurer dans des alignements plus complexes.*

- Une fois que les optiques sont mises en place au sein du montage :
  - Identifier parfaitement le trajet du faisceau laser : si celui-ci traverse une salle, mettre des bandes de plastiques pour signaler la présence du faisceau;
  - Sécuriser le montage en bloquant **toutes** les fuites ou rétro-réflexions provenant de chacune des optiques grâce à des **cartons noirs** mis à la disposition des étudiants dans les laboratoires. Il est possible de mettre un papier derrière les miroirs pour bloquer la transmission;
  - S'assurer que **toutes** les optiques sont **fixées solidement** : ne pas fixer d'optique avec du ruban adhésif car cela risque de tomber. Utiliser des montures fixées sur la table optique avec des vis;
  - Éviter de mettre des instruments en dessous de la table;
  - Confiner la zone de montage pour sécuriser les autres personnes travaillant dans le laboratoire (rideau noir, paravent, et.).

*\* Étapes pour autres montage : à venir*

*Référence : Étudiants des laboratoires du COPL et secteur santé sécurité du travail*



## Protection oculaire

Le port de lunettes de protection est obligatoire dans deux cas :

- 1) lorsqu'il s'avère impossible de canaliser entièrement le faisceau laser et ses réflexions éventuelles par des écrans de protection ou des atténuateurs (pour les lasers de classes 3B et 4);
- 2) pendant les opérations de maintenance préventive ou corrective.

Les lunettes constituent une protection individuelle qui doit intervenir en plus des mesures élémentaires de sécurité. Même avec des lunettes, il ne faut en aucun cas regarder volontairement le faisceau laser direct ou une de ses réflexions.

### Consignes d'utilisation des lunettes de sécurité

- Choisir les lunettes offrant la protection en fonction de la longueur d'onde, de la puissance et du type de laser;
- Porter les lunettes de protection quand il y a un risque de réflexion;



- Utiliser exclusivement des lunettes conformes aux exigences des normes EN 207 – 208, adaptées au laser mis en œuvre et en bon état;
- Lire la notice d'utilisation fournie par le fabricant;
- Ne jamais regarder volontairement le faisceau laser direct ou une de ses réflexions, même avec un protecteur oculaire;
- Nettoyer régulièrement les lunettes;
- Remettre après utilisation les lunettes de protection laser dans leur étui ou dans les boîtes de rangement des lunettes à l'entrée des laboratoires;
- Ranger les étuis hors de la zone laser;
- Éliminer toute paire de lunettes défectueuses (filtres rayés ou endommagés);
- Prévoir des lunettes supplémentaires pour les visiteurs.

Ne prenez pas de risque si vous n'êtes pas certain de posséder la bonne lunette de sécurité pour le laser utilisé car vous aurez une fausse impression de sécurité. **INFORMEZ-VOUS** auprès du service de santé et sécurité du travail au 656-2110.



## Protection de la peau

Lors de l'utilisation de laser de classe supérieure à 3A, il convient de porter un sarrau ininflammable (surtout pas de vêtements en fibres synthétiques) ainsi que des gants de protection.



## Accident laser Que faire sur les lieux de l'accident ?

### ÉVALUATION DE LA SITUATION

D'abord, que se passe-t-il ? Examinez la situation : la victime a-t-elle été atteinte au corps ou à l'œil?

**ATTENTION    Le laser est-il en fonction ? Ne vous exposez pas au faisceau.**

- **Couper le contact du laser ou confiner le faisceau.**

➤ **Dégager la victime en éloignant celle-ci de la zone laser.**

➤ **Premiers soins – premiers secours**

APPELER **911**

Contacter les secouristes

Fournir les premiers soins

Attendre les secours spécialisés

Toutes les blessures à l'œil causées par un laser sont graves et il y a obligation d'un suivi médical.

➤ **Durant les heures ouvrables (8h00 à 16h30) :** communiquer avec le service de Santé et sécurité du travail au 656-2110. Une personne de ce service communiquera avec l'Institut de microchirurgie oculaire et prendra un rendez-vous pour un examen oculaire.

*En dehors de heures de bureau : référer la personne à l'urgence du CHUL et préciser à l'arrivée qu'il s'agit d'un accident laser.*

➤ **Cueillir l'information**

Que s'est-il passé exactement ?

Qu'est-ce que les témoins ont vu ?

Quel est le comportement de la victime après l'accident ?

➤ **Transport du travailleur blessé**

Transport en ambulance selon l'évaluation de l'état de santé du travailleur ou transport en taxi accompagné d'un secouriste ou d'une personne du secteur.

## ANNEXE 1



### Choc électrique

### Que faire sur les lieux de l'accident ?

Les blessures causées par l'électricité peuvent être très graves, même si les signes extérieurs ne semblent pas présenter de gravité. Ce genre de blessure a parfois l'apparence de simples points aux endroits où le courant électrique est entré dans le corps et en est sorti. Il pourrait y avoir lésion cardiaque même s'il n'y a pas de blessures apparentes. Le pouls peut s'arrêter n'importe quand au cours des 24 heures qui suivent.

Les blessures peuvent aussi être indolores, les fibres nerveuses ayant été détruites par le passage de l'électricité. Ce qu'il faut retenir dans ce cas, c'est que les dommages sont internes et risquent d'être beaucoup plus étendus et profonds que ce qu'on peut observer sur la couche superficielle de la peau.

**Toutes les blessures causées par l'électricité sont graves et nécessitent un suivi médical**

### **QUE FAIRE ?**

#### **Évaluation de la situation**

D'abord, que se passe-t-il ? Examinez la situation : la victime est-elle brûlée ?

S'il y a contact avec une source d'électricité :

#### ➤ **ATTENTION : Couper le contact**

Si la victime semble prise ou toujours en contact avec le courant : n'y touchez surtout pas, vous risquez d'être électrisé vous aussi !

**Dégager la victime** : En coupant le courant à la source ou en séparant la victime de son contact avec le courant, en ne la touchant pas directement. Un objet isolant (ex : morceau de bois) servira à dégager la victime de l’emprise du courant.

➤ **Premiers soins – premiers secours**

**APPELER 911**

Contacter les secouristes

Fournir les premiers soins

Attendre les secours spécialisés

➤ **Cueillir l’information**

Que s’est-il passé exactement ?

Qu’est-ce que les témoins ont vu ?

Y a-t-il une perte de conscience, excès de spasmes musculaires, arrêt respiratoire, arrêt cardiaque, brûlures, blessures, etc. ?

Quel est le comportement de la victime après le choc ?

➤ **Transport du travailleur blessé**

Transport en ambulance selon l’évaluation de l’état de santé du travailleur ou transport en taxi accompagné d’un secouriste ou d’une personne du secteur



## **RÈGLEMENTS ET CONSIGNES DE SÉCURITÉ LASERS**

Il est de la responsabilité de tous d'observer en tout temps les règles et consignes de sécurité, que ce soit lors de l'utilisation de laser ou tout simplement lors de l'entrée dans une pièce comportant un laser.

Ces règles et consignes permettent de travailler le plus sécuritairement possible, afin d'assurer votre propre sécurité et celle des personnes autour de vous. Celles-ci doivent être respectées par les chercheurs, les employés de l'Université, les étudiants ainsi que par les visiteurs.

### **Règles de sécurité :**

- Il est obligatoire de porter des lunettes de sécurité et de s'assurer qu'elles soient adéquates au type de laser utilisé (voir fiche technique du laser). Cette règle s'applique également pendant les opérations de maintenance préventive ou corrective;
- Il est obligatoire d'enlever toute surface réfléchissante avant d'entrer dans une zone laser : bijou, montre, ceinture, stylo, vêtement avec fermeture éclair métallique, etc. ;
- Lors de l'utilisation de laser de classe supérieur à 3A, portez un sarrau ininflammable (surtout pas de vêtements en fibres synthétiques) ainsi que des gants de protection;
- Prenez connaissance de la fiche technique murale du ou des lasers en place avant d'entrer dans le local : la classe de laser, la puissance, les risques, les mesures d'urgence, le type de lunettes de sécurité laser à porter, etc.;
- Prenez connaissance et respectez la signalisation à l'extérieur et à l'intérieur du local :
  - Signal lumineux clignotant à l'extérieur de la zone laser
  - Étiquette identificatrice du laser
  - Pancartes diverses indiquant « Danger »
- Respectez les zones nominales de danger.

### **Consignes de sécurité :**

- Nettoyez votre lunette protectrice et assurez-vous qu'elle soit en bon ordre;
- Ne regardez pas dans le faisceau ni à l'œil nu ni à l'aide d'instrument optique;
- Ne jamais diriger volontairement le faisceau vers une personne ou l'œil de quelqu'un;
- Assurez-vous que la hauteur du faisceau soit différente d'où se trouve l'œil humain;
- Assurez-vous que les faisceaux ne soient jamais dirigés vers les portes ou fenêtres;
- Déclenchez le tir seulement après s'être assuré que personne n'est en position dangereuse;
- Ne débranchez jamais l'appareil laser : *risque d'électrocution*;

- Seul le personnel qualifié peut ouvrir les appareils lasers : *risque d'électrocution*;
- Éliminez tous les câbles et fiches électriques au niveau du sol;
- Lors de risques toxiques, assurez-vous d'une bonne aspiration et aération;
- Manipulez les colorants et solvants selon les règles de sécurité;
- Soyez prudent avec le papier, les tissus, les matières plastiques, le bois, les gaz et les solvants : *risque d'incendie et d'explosion*;
- Placez toujours à la verticale et fixés au mur les cylindres de gaz : *risque de déversement*;
- Considérez toute zone où se trouve une arrivée de fibres optiques véhiculant un faisceau laser comme une zone laser;
- Déclarez tout équipement défectueux à votre responsable de département (voir fiche technique laser pour le nom du responsable);
- Réduire le nombre de personnes au minimum lors de l'utilisation du laser;
- Réserver l'accès au personnel expérimenté durant le fonctionnement;
- Prenez en charge les visiteurs, informez-les sur les règles et consignes de sécurité laser et assurez-vous qu'ils ont les lunettes de sécurité laser appropriées.

### **Consignes supplémentaires pour les VISITEURS**

- Tout visiteur doit avoir une autorisation spéciale pour entrer dans un local où il y a présence de laser;
- Tout visiteur doit être accompagné par une personne responsable, autorisée à faire visiter les lieux;
- Assurez-vous d'avoir pris en compte l'ensemble des consignes de sécurité avant d'entrer dans le local;
- Mettre les lunettes de sécurité disponibles à l'entrée, en fonction du ou des types de laser présents à l'intérieur du local. Il est important de faire valider votre choix de lunettes par la personne responsable. Remettre les lunettes en sortant.



## Références bibliographiques

- J. MÜLLER, Bruno, *Danger : rayonnement laser*, feuillet d'information sur les lasers N.66049f, SUVA PRO, 2000, 11p.;
- ROSS, Marie-Josée, *La sécurité reliée aux lasers*, ASPME, 2004, 38 p.;
- *Les lasers dans les laboratoires de recherche, Guide de sécurité*, Commissariat à l'énergie atomique, Groupe d'études de prévention CEQ, 1995, 109p.;
- BALTY, I. HÉE. G, INRS, ND 2093-173-98, *Les lasers, risques et prévention, Cahier de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail*, 4<sup>ième</sup> trimestre, 1998, p.445-463;
- AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE, *American national standard for safe use of lasers*, ANSI Z 36.1 – 2000;
- ROCKWELL LASER INDUSTRIE : [http://www.rli.com/ressources/stat\\_data.asp](http://www.rli.com/ressources/stat_data.asp);
- *Le contrôle des risques laser, schéma de l'œil* : <http://www.irepa-laser.com/francais/sli/slil.html>
- *Secourisme en milieu de travail*, publié par la CSST en 1996;
- *Le choc électrique – Sur les lieux de l'accident : quoi faire ?* Édition 1991, Hydro Québec, 98G520-1;