INFORMATIONS
SUR LES RISQUES LASER

INDUSTRIE - MÉDICAL - SPECTACLE - SCIENTIFIQUE - MÉTROLOGIE

ÉDITION 2026/1

IREPA LASER
INSTITUT CARNOT MICA

SOMMAIRE

2 LES RAYONNEMENTS OPTIQUES
3 LES LASERS
4 CARACTÉRISTIQUES DES LASERS COURANTS
5 FAISCEAU DIRECT OU RÉFLÉCHI
6 LES EFFETS BIOLOGIQUES
10 VALEUR LIMITE D'EXPOSITION
11 LA CLASSIFICATION DES LASERS
12 RÉGLEMENTATIONS ET NORMES
14 NORMES APPLICABLES EN EUROPE
15 OBLIGATIONS DE L'EMPLOYEUR
18 SPÉCIFICITÉS DE L'USAGE DES LASERS MANUELS (SOUDAGE, DECAPAGE, DECOUPE)
20 PRÉVENTION
23 PROTECTION
25 CONDUITE À TENIR EN CAS D'ACCIDENT
26 SENSIBILISATION ET FORMATION
28 SIGNALISATION ET ÉTIQUETAGE
29 DOCUMENTATION ET BIBLIOGRAPHIE

L'objectif de ce recueil est de sensibiliser les personnes qui, dans le cadre de leur fonction, côtoient régulièrement ou ponctuellement une source laser de puissance (classes > 2M) ou un système sécurisé (classe 1) intégrant une source laser de classe supérieure à 2M.

Les réglementations en vigueur et notamment le décret 2010-750 du 2 juillet 2010 (transcription de la directive 2006/25/CE) ont permis de clarifier quelque peu les règles d'utilisation des systèmes laser aussi bien dans les domaines industriel, médical, scientifique que dans le cadre de la vie de tous les jours.

Le contenu de ce livret a pour but d'informer sur les risques liés à l'utilisation des lasers. Il doit permettre aux personnels exposés de déterminer les risques auxquels ils peuvent être exposés et mettre en œuvre les moyens de protection nécessaires à leur sécurité et à celle de leur environnement proche.

Nous l'avons rédigé dans le but d'apporter des éléments de réponses concrets face à des attitudes, des habitudes ou des négligences qui peuvent provoquer des accidents plus ou moins graves.

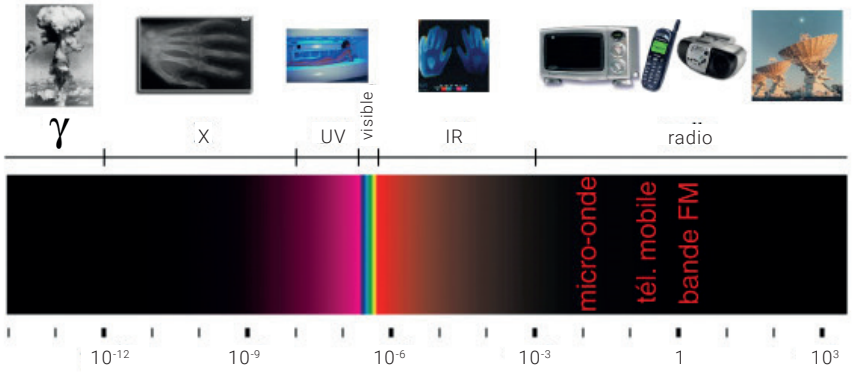
Ce guide a été réalisé par des spécialistes des applications et de la sécurité laser. Ils accompagnent les fabricants ou les utilisateurs dans l'intégration de la sécurité laser dans les appareils laser et participent à des actions de formation. Ils sont labellisés par la Commission Nationale de Sécurité Optique et Laser de la fédération Photonics France.

LES RAYONNEMENTS OPTIQUES

Le domaine spectral du rayonnement optique est compris entre 100 nm et 1 mm. Il est divisé en rayonnement ultraviolet (UV), visible et infrarouge (IR). Les longueurs d'onde de la lumière visible se situent entre 400 et 700 nm.
Alors que les rayonnements infrarouges chauffent les matières qu'ils irradient, les rayonnements UV ont un effet photo-chimique sur les matériaux.

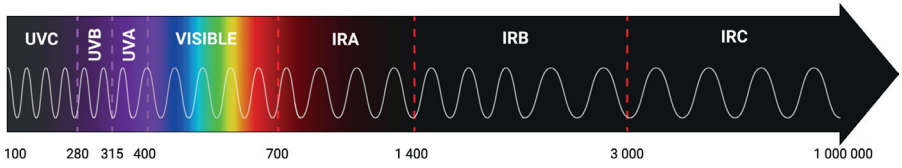
Les UV et les IR sont subdivisés en plusieurs catégories : voir schéma.

Spectre des rayonnements électromagnétiques



Longueur d'onde (en m)

Subdivision du spectre des rayonnements optiques



Longueur d'onde (en nm)

LES LASERS

La lumière émise par une ampoule à incandescence se compose de plusieurs longueurs d'onde superposées et se propage dans toutes les directions. Elle est dite **incohérente**.

Les lasers sont des sources de lumière artificielle monochromatique et directive : elle n'est composée que d'une seule longueur d'onde et n'éclaire que dans une direction. Elle est dite **cohérente**.

Le mot **LASER** est l'acronyme de : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiations (Amplification de lumière par émission stimulée de radiations).

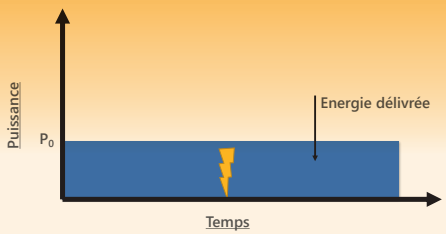
DURÉE D'ÉMISSION

Le rayonnement laser peut être émis :

En mode continu : émission supérieure à 0,25 secondes et dépassant généralement plusieurs secondes.
En mode impulsionnel : émission d'impulsions longues de quelques µs (10^{-6} s) à 0,25s.
En mode déclenché : émission d'impulsions courtes de quelques nanosecondes (10^{-9} s) à quelques dizaines de µs (10^{-6} s).
En mode couplé : inférieur à 10^{-9} s.

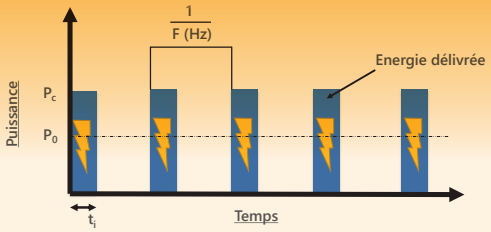
PUISSANCE

La quantité d'énergie transportée par le faisceau en un temps donné définit sa puissance. Pour les lasers continus, la puissance délivrée peut varier de quelques microwatts à plusieurs dizaines de kilowatts, alors que les lasers à impulsions peuvent procurer des puissances crêtes dépassant le gigawatt pendant la durée d'une impulsion.



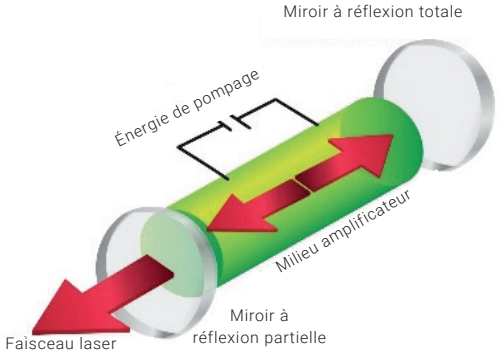
CONTINU

P_0 : Puissance moyenne
P_c : Puissance crête



IMPULSIONNEL

CARACTÉRISTIQUES DES LASERS COURANTS



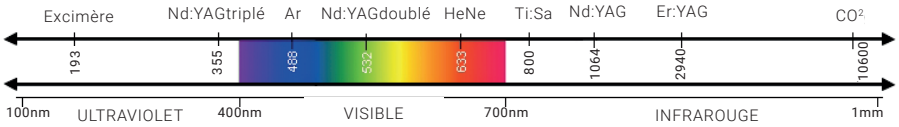
Principe de fonctionnement d'une cavité laser

MATÉRIAU ACTIF	LONGUEUR D'ONDE (nm)	DURÉE D'IMPULSION	ÉNERGIE OU PUISSANCE	EXEMPLES D'UTILISATION
CO_2	10600	Continu	1W à 50 kW	Découpe, marquage, soudage, chirurgie…
Nd :YAG Nd :YAG F x 2 Nd :YAG F x 3	1064 532 355	De la ns (10^{-9}s) à plusieurs dizaines de ms	0,1 J à 50 J 0,2 jusqu'à plusieurs kW	Soudage, découpe, marquage, gravure, dermatologie, spectacle…
Laser fibre	1070 532	Continu ou pulsé	Quelques mW à plusieurs kW	Soudage, découpe, traitement de surface, marquage, dermatologie,…
Laser Disque	1030	Continu	1000 W à plusieurs kW	Soudage, découpe…
Semi-conducteur (diodes)	Grande variété	Continu	mW à plusieurs dizaines de Watts	Métrologie, guidage, soudage des polymères…
Hélium-Néon	633	Continu	Plusieurs mW	Métrologie, télémétrie, alignement…

Liste des principaux lasers de puissance

Position des principaux lasers sur le spectre

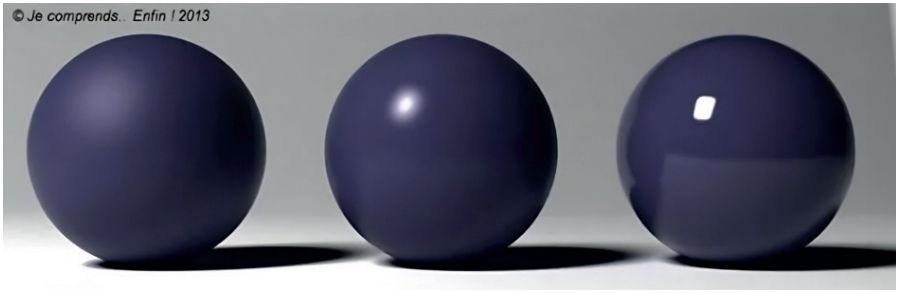
Le schéma ci-dessous situe les principaux lasers sur le spectre de lumière. Les lasers les plus couramment utilisés (laser fibre, laser CO_2 et laser Nd :YAG) se situent principalement dans l'infrarouge et procurent donc une énergie thermique dense.



FAISCEAU DIRECT OU RÉFLÉCHI

Réflexion des faisceaux sur les surfaces

Le rayonnement laser peut-être dangereux pour la peau et les yeux.
Le danger peut provenir d'un faisceau direct ou, comme dans la majorité des accidents recensés, d'un faisceau réfléchi sur une surface polie ou diffusante.





Réflexion diffuse totale, aucune lumière spéculaire visible.



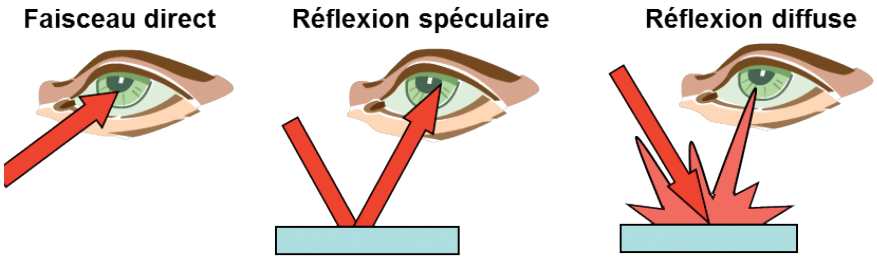
Réflexion diffuse orientée dans une direction précise. Une part importante de la diffusion est spéculaire.



Réflexion spéculaire totale. Aucune lumière diffuse.

Effet de la surface de contact sur la réflexion d'un faisceau

La qualité de la réflexion sur les différentes surfaces touchées par les faisceaux lasers, influence considérablement les effets sur les tissus de la peau ou de l'œil.
Moins le faisceau sera modifié par la réflexion, plus son effet sur les tissus sera important.

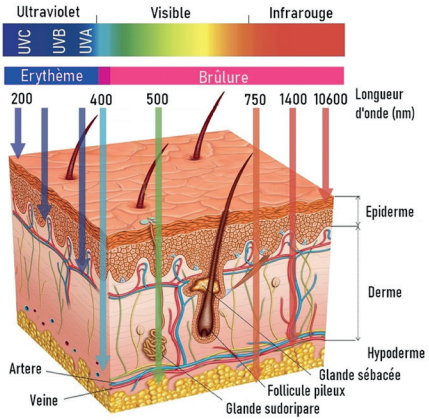


LES EFFETS BIOLOGIQUES

Les effets sur la peau

Le schéma ci-dessous montre la profondeur de pénétration des différentes longueurs d'onde des rayonnements. Les rayonnements lointains sont rapidement bloqués par l'eau qui compose 70% de notre peau, alors que les rayonnements visibles et infra-rouges proches pénètrent plus profondément. L'eau est transparente à ces longueurs d'onde.

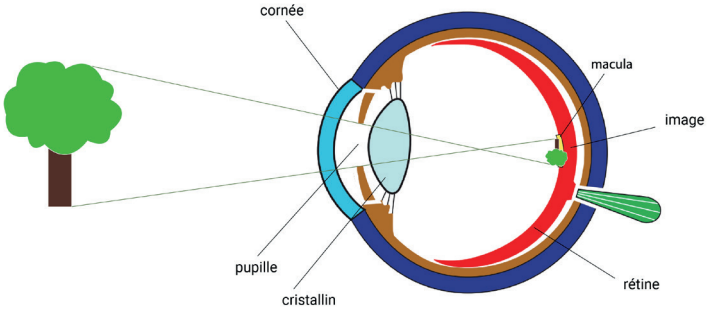
La peau est naturellement capable de résister à des expositions supérieures à celles de l'œil. Toutefois, les rayonnements optiques peuvent générer plusieurs effets sur la peau comme le fait le soleil. L'érythème est une inflammation de la peau occasionnée par une exposition aux UV de forte intensité. Il est caractérisé par des rougeurs prononcées et une congestion. Les UV agressent les cellules de la peau, provoquent des lésions de l'ADN des cellules exposées et peuvent favoriser la survenue de cancers de la peau.



La brûlure est une destruction partielle ou totale du derme et de l'épiderme par effet thermique. Sa gravité dépend de la profondeur de destruction des tissus. Les rayonnements responsables de brulure se situent dans le visible et l'infra-rouge.

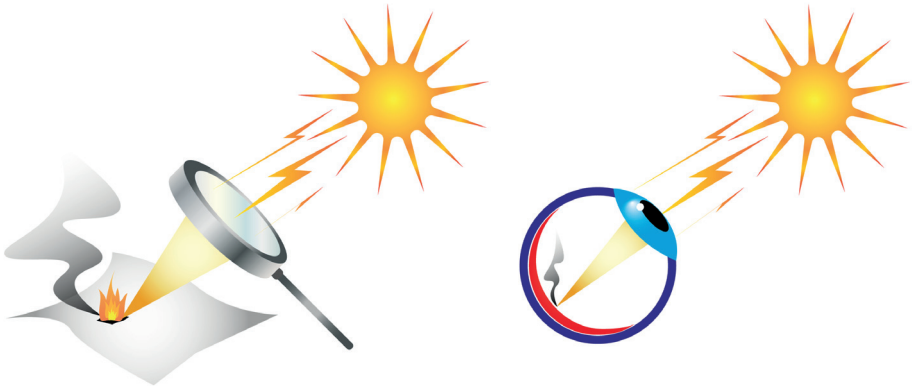
Les effets sur l'œil

La lumière entre dans l'œil par la cornée, traverse la pupille et est focalisée sur la rétine par le cristallin. La rétine contient des photorécepteurs sensibles à la lumière, qui transforment les signaux en impulsions envoyées au cerveau via le nerf optique.
La macula, zone centrale de la rétine, permet de voir les détails avec précision et distingue les couleurs. Sans elle, la vision centrale serait floue. La périphérie de la rétine sert à voir dans l'obscurité et percevoir les mouvements.



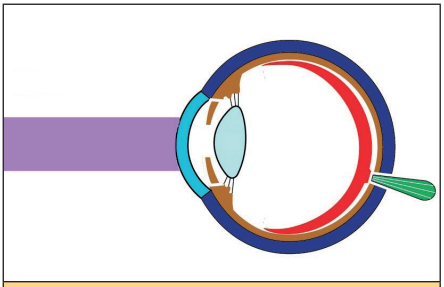
Le cristallin ajuste la focalisation pour diriger les rayons lumineux vers la rétine. Comme dans un objectif de caméra, les rayons se croisent, formant une image inversée sur les photorécepteurs. Le cerveau interprète ces signaux et redresse l'image pour nous permettre de percevoir notre environnement correctement. En vision normale chaque objet vu par l'œil produira une image sur la rétine dont la dimension est fonction de la taille de l'objet et de sa distance à l'œil.

Du fait de sa distance très lointaine, la focalisation du soleil par une loupe va concentrer les rayons sur une tâche minuscule, créant une densité d'énergie suffisante pour bruler et enflammer un objet. De la même manière, l'oeil va focaliser les rayonnements du soleil sur la rétine, pouvant créer des dégats irréversibles : exactement comme le ferait un laser.

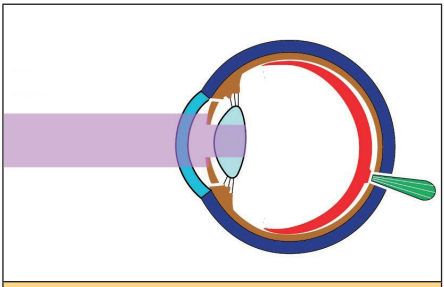


Intéractions des rayonnements avec l'œil

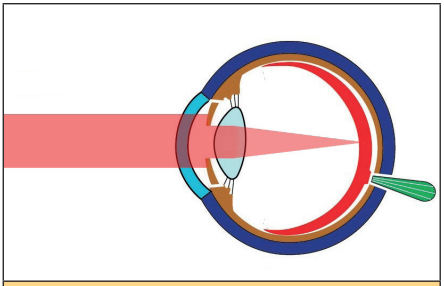
Les cas d'interaction de l'œil avec des rayonnements laser visibles et infrarouge A (400 à 1400nm = Zone de danger oculaire), sont les plus dangereux car le faisceau pénètre dans l'oeil puis est focalisé par le cristallin sur la rétine comme le fait une loupe avec les rayons du soleil. Dans ces cas, la densité d'énergie du rayonnement peut être amplifiée 500 000 fois par l'œil. Même une faible réflexion spéculaire ou diffuse peut provoquer un échauffement des tissus, une brûlure et une lésion de la rétine. Les fonctions visuelles à l'endroit de l'impact sont irrémédiablement perdues. Les impacts au centre de la vision (sur la Macula) sont les plus graves car ils entraînent une diminution sensible, voire une perte de l'acuité visuelle.



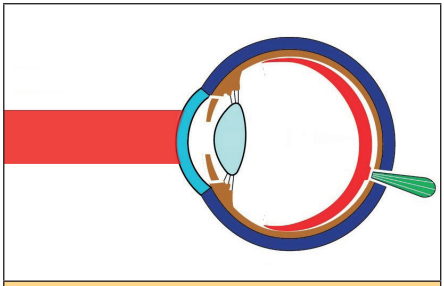
Ultraviolet lointain - UVC et UVB
Photokeratite
(ex : coup d'arc pour les soudeurs)



Proche Ultraviolet – UVA
Cataracte (Opacification du cristallin)



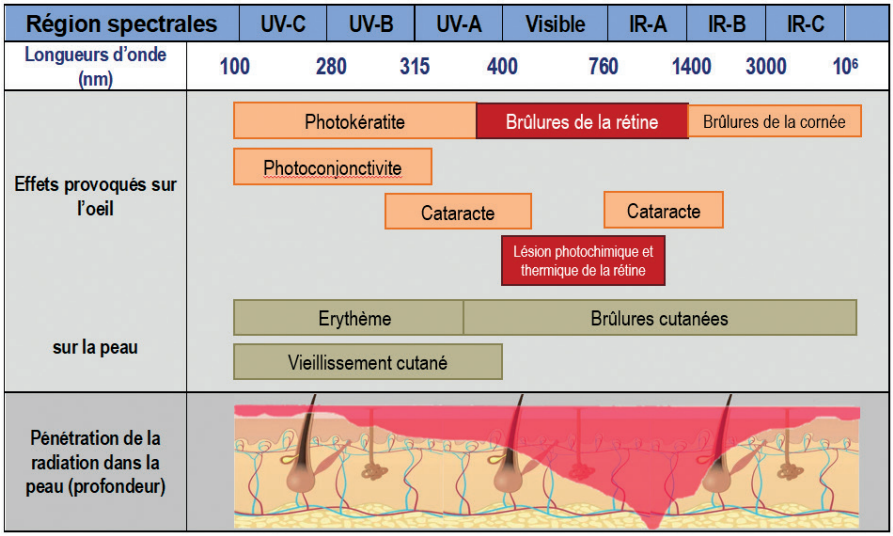
Visible et proche infrarouge - IRA
Le faisceau laser est focalisé sur la rétine. Brûlure ou lésion rétinienne souvent irrémédiable



Infrarouge lointain – IRB et IRC
Brûlure de la cornée

Une diode laser à 632nm (pointeur rouge) de 1mW (classe 2) produit un éclairement de 100W/cm² sur la rétine…Soit 100 fois plus que le soleil !!!

Résumé des effets biologiques des rayonnements laser



Comme on la vue précédemment, les effets sur la peau ou sur l'œil vont dépendre des paramètres spécifiques du rayonnement reçu :

- La longueur d'onde
- La puissance ou l'énergie du faisceau
- La durée de l'exposition
- La distance œil/source
- La nature du faisceau : vision directe ou réfléchie (réflexion spéculaire ou diffusante)
- La dimension de la source (diamètre apparent minimal)

VALEUR LIMITE D'EXPOSITION

Le décret 2010-750 définit la Valeur Limite d'Exposition (VLE) comme le niveau du rayonnement laser maximal auquel des personnes peuvent être exposées dans des conditions normales sans subir d'effets nuisibles immédiats ou à long terme.
Les VLE sont mesurées au niveau de la peau et de la cornée, et se déterminent en fonction de la longueur d'onde, de la durée et des conditions d'exposition.

Dans tous les cas d'utilisation possibles, l'employeur doit s'assurer que ses salariés ne seront jamais exposés à un rayonnement supérieur à cette VLE. En utilisation normale d'un système laser (production par exemple), les protections collectives doivent assurer la sécurité des salariés. Pour les travaux pouvant produire un dépassement de cette valeur (réglages, entretien, maintenance, interventions médicales,…), des mesures particulières de protection doivent être mises en place pouvant inclure l'utilisation d'équipement de protection individuel.

Exemples de valeurs limites d'exposition

LASER	IMPULSIONS	VLE	
		Œil	Peau
Diode, λ=633 nm	Continu	25 W/m²	2 000 W/m²
CO2, λ=10 600 nm	Continu	1 000W/m²	1 000 W/m²
Laser Solide 1050 ≤ λ ≤1400 nm	t= 10 ns t=10 µs t=1 ms	20 mJ/m² 20 mJ/m² 500 mJ/m²	1 000 J/m² 3 092 J/m² 9 780 J/m²
Laser Fibre, λ=1 070 nm	Continu	50 W/m²	10 000 W/m²

L'exposition des travailleurs ne peut dépasser les valeurs limites d'exposition pour les rayonnements lasers (Code du travail : Art. R. 4452-6)

LA CLASSIFICATION DES LASERS

En raison de la grande variété des types de lasers et de leurs effets sur les yeux ou la peau, un système simplifié d'identification a été établi. Les lasers sont ainsi classés en fonction de leur dangerosité (voir tableau ci-dessous).

Cette classification s'applique à la source, à l'appareil ou à la machine laser.
Un appareil laser peut être en classe 1 (sans danger) même s'il renferme un laser de classe 4 (très dangereux) à condition que ses sécurités intrinsèques garantissent la protection des utilisateurs (exemple : circuit de sécurité...).

L'indication de classe est obligatoire.
Attention en cas d'absence, le produit peut être non conforme.

CLASSE 1	Laser sans danger dans toutes les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles.	
CLASSE 1M	Laser sans danger dans toutes les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles quand il est vu à l'oeil nu. Dans certaines conditions, l'utilisation d'instruments optiques peut provoquer des lésions oculaires.	
CLASSE 1C	Laser sans danger pour une irradiation directe des tissus corporels autres que le contour des yeux pour des applications médicales et de soins de beauté.	
CLASSE 2	Laser émettant dans le visible. La protection de l'œil est assurée par le réflexe de défense palpébrale. Un danger subsiste pour une exposition de l'œil supérieure à 0,25s.	
CLASSE 2M	Laser émettant dans le visible. La protection de l'œil est assurée par le réflexe de défense palpébrale. Dans certaines conditions, l'utilisation d'instruments optiques peut provoquer des lésions oculaires.	
CLASSE 3R	L'exposition directe de l'oeil dans le faisceau peut être dangereuse.	
CLASSE 3B	L'exposition directe de l'oeil dans le faisceau est toujours dangereuse, ainsi que les réflexions spéculaires.	
CLASSE 4	L'exposition directe ou diffuse de l'œil ou de la peau est toujours dangereuse. Ces lasers peuvent provoquer un incendie.	

RÉGLEMENTATIONS ET NORMES

La liste des normes et textes réglementaires présentée ci-dessous n'est pas exhaustive. Ces dernières années, de nombreux textes ont permis de sécuriser l'utilisation des lasers, que ce soit au travail, dans les spectacles ou dans la rue.

Directives européennes

• **Directive européenne «EPI»**
n° 89/686/CEE du 21 décembre 1989, modifiée par les directives 93/68/CEE du 22 juillet 1993, 93/95/CEE du 29 octobre 1993 et 96/58/CE du 3 septembre 1996.

• **Directive européenne «Machines»**
n° 2006/42/CE du 17 mai 2006. Règlement machine 2023-1230.
Attention : nouveau «Règlement Machine» exigible à partir de janvier 2027.

• **Directive «Exposition des travailleurs aux rayonnements optiques artificiels»**
n°2006/25/CE du 2 juillet 2010.

Réglementation française

• **Décret 2010-750 modifiant le code du travail :**
livre IV, titre V, Chapitre II, Prévention des risques d'exposition aux rayonnements optiques artificiels. Art R 4452-1 à 4452-31 (Transcription de la directive 2006/25/CE « Rayonnements optiques artificiels »).

• **Décret n°2007-665**
du 2 mai 2007 relatif à la sécurité des appareils à laser sortant.

• **Décret n° 2012-1303**
du 26 novembre 2012 fixant la liste des usages spécifiques autorisés pour les appareils à laser sortant d'une classe supérieure à 2.

• **Loi n°2011-267 O.P.P.S.I**
« Le fait d'acheter, de détenir ou d'utiliser un appareil à laser non destiné à un usage spécifique autorisé d'une classe supérieure à 2 est puni de six mois d'emprisonnement et de 7 500 € d'amende »

• **Arrêté du 11 décembre 2009**
modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (lasers de spectacle).

• **Arrêté du 1er mars 2016**
relatif aux modalités de l'évaluation des risques résultant de l'exposition aux rayonnements optiques artificiels en milieu de travail.



Réglementation belge

• Code du bien-etre au travail

Livre v.- Facteurs d'environnement et agents physiques
Titre 6.- Rayonnements optiques artificiels

• Arrêté royal relatif à la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés aux rayonnements optiques artificiels sur le lieu de travail DU 22 AVRIL 2010.

• Arrêté royal portant interdiction de la mise sur le marche du pointeur a laser «modern laserpointer» du 1er mars 2000.

Réglementation suisse

• Loi fédérale sur l'assurance-accidents (en particulier l'art. 82) +
Directive MSST LASER = Danger Particulier

• Ordonnance relative à la loi fédérale sur la protection contre les dangers liés aux rayonnements non ionisants et au son.

• Protection contre les nuisances sonores et les rayons laser lors de manifestations.

• Loi fédérale sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques.

NORMES APPLICABLES EN EUROPE

EN 60825-1 (Octobre 2014) Sécurité des appareils à laser	Partie 1 : classification des matériels et exigences.
IEC-TR 60825-3 (Aout 2022) Sécurité des appareils à laser	Part 3: Guidance for laser displays and shows (Spectacle; en anglais).
IEC EN 60825-4 (Décembre 2024) - Sécurité des appareils à laser	Partie 4 : Protecteur pour lasers
CEI/TR 60825-8 (Septembre 2022) Sécurité des appareils à laser	Part 8 : Guidelines for the safe use of laser beams on humans (Medical; en anglais).
CEI/TR 60825-14 (Mars 2022) Sécurité des appareils à laser	Part 14 : A user's guide (guide de l'utilisateur; en anglais).
EN 207 (Mai 2017) Protection individuelle de l'œil	Filtres et protecteurs de l'oeil contre les rayonnements laser (lunettes de protection laser).
EN 208 (Février 2010) Protection individuelle de l'œil	Lunettes de protection pour les travaux de réglage sur les lasers et sur les systèmes laser (lunettes de réglage laser).
EN ISO 11553-1 (Avril 2020) Sécurité des machines - Machines à laser	Partie 1 : Prescriptions générales de sécurité.
EN ISO 11553-2 (Février 2009) Sécurité des machines - Machines à laser	Partie 2 : Exigences de sécurité pour dispositifs de traitement laser portatifs.
EN 50689 (Novembre 2021) Sécurité des appareils laser	Exigences particulières relatives aux appareils à laser grand public.

OBLIGATIONS DE L'EMPLOYEUR

• Évaluation du niveau de rayonnements

En premier lieu, en s'assurant qu'il en a les compétences dans son entreprise, l'employeur évalue ou mesure les niveaux de rayonnements optiques auxquels les employés seraient exposés en vue de s'assurer qu'ils ne dépassent pas les limites applicables.

• Réduction des risques

En deuxième lieu, l'employeur doit veiller à réduire à un minimum le niveau d'exposition aux rayonnements et, si l'évaluation des risques indique une possibilité que les valeurs limites puissent ou ont été dépassées, à ramener l'exposition à un niveau acceptable.

• Information et formation des travailleurs

Les travailleurs et leurs représentants doivent recevoir les informations appropriées et/ou la formation nécessaire (voir chapitre Formation p26).

• Consultation et participation des travailleurs

Les employeurs doivent consulter au préalable les travailleurs ou leurs représentants en matière de protection de la sécurité et de la santé des travailleurs. Ces derniers peuvent proposer des mesures pour améliorer cette protection et même faire appel aux autorités compétentes s'ils estiment que la protection de la santé offerte par l'employeur n'est pas suffisante (selon la directive-cadre 89/391/CEE).

• Surveillance de la santé des travailleurs

La santé des travailleurs est soumise à une surveillance effectuée par un spécialiste de la médecine du travail ou une autorité médicale responsable.

Un dossier de santé individuel, consultable par le travailleur, est ouvert et tenu à jour pour chaque travailleur dont la santé fait l'objet d'une mesure de surveillance en raison de son exposition aux rayonnements optiques artificiels.

Réglementation laser pour le public

La commercialisation ou la détention d'un appareil à laser sortant, de classe supérieure à 2, non destiné à un usage professionnel et autorisé, est puni de 6 mois d'emprisonnement et de 7500 € d'amende (article 68 de la loi n°2011-267 du 14 mars 2011).
De plus la norme européenne EN50689, qui complète la directive 2014/35/UE relative à la sécurité générale des produits, INTERDIT la vente des lasers de classe 1M, 2M, 3B et 4 au grand public. Cette même norme n'autorise que les lasers de classe 1 pour les appareils attirants pour les enfants (jouets, pointeurs,…)

Liste des usages spécifiques autorisés par des professionnels (décret n°2012-1303 du 26 novembre 2012) :

- Fabrication et maintenance des appareils à laser
- Traitement des matériaux
- Stockage et transmission des données
- Médical, esthétique
- Scientifique
- Défense, sécurité
- Aéronautique, spatial et aviation civile
- Instrumentation, mesurage et capteurs
- Spectacle et affichage

En Suisse, les articles 22 et 23 de l'Ordonnance relative à la loi fédérale sur la protection contre les dangers liés au rayonnement non ionisant et au son (O-LRNIS) interdisent tout pointeur laser des classes 1M, 2, 2M, 3R, 3B et 4 ainsi que les pointeurs lasers non classés ou incorrectement marqués.



Réglementation pour appareils à laser dans les établissements recevant du public -ERP (Exemple : salle de spectacle)

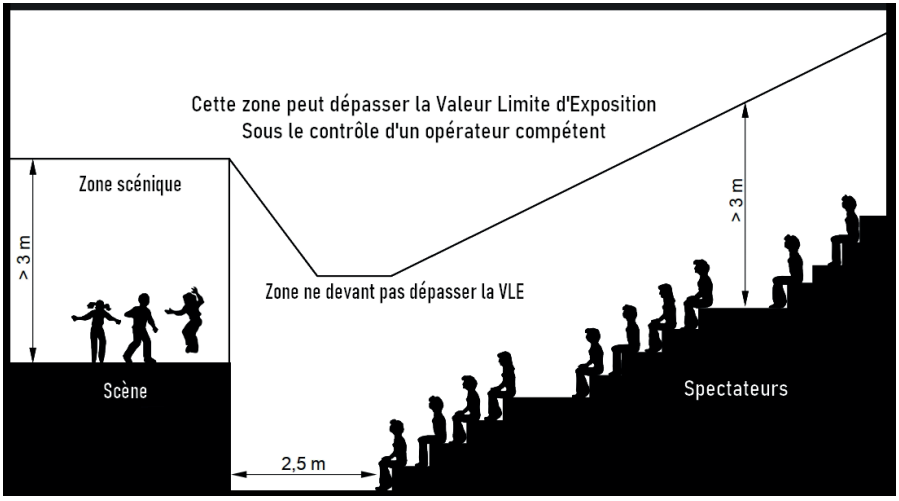
Les appareils à laser destinés au spectacle et à l'affichage sont autorisés sous réserve de porter les mentions d'avertissement et d'information prévues par la réglementation. Ils sont soumis aux exigences de sécurité de la norme NF EN 60825-1 et doivent porter le marquage CE.

Compte tenu des risques avérés, l'absence d'information ou de formation sur les mesures à prendre lors de l'utilisation de ce type d'appareils est susceptible de constituer un délit.

Les «zones réservées au public» doivent être marquées au sol et aucun «tir laser» n'est admis, quelle que soit la classe du laser.

Dans cette zone il peut toutefois être admis un rayonnement par balayage effectué dans les conditions fixées par le rapport technique international sur la sécurité des appareils à laser IEC /TR 60825-3 (août 2022).

La zone dite « zone réservée au public » est définie par l'espace situé jusqu'à 3 mètres au-dessus de la surface occupée par le public et sur une bande de 2,5 mètres autour de cette dernière.



Exemple de disposition pour l'installation d'un appareil à laser sous contrôle d'un opérateur dans un établissement recevant du public.

SPÉCIFICITÉS DE L'USAGE DES LASERS MANUELS (SOUDAGE, DECAPAGE, DECOUPE)

Les lasers à usage manuel utilisés notamment pour le soudage et le nettoyage, sont toujours de classe 4. Les longueurs d'onde de ces lasers sont essentiellement autour de 1070nm et présentent des risques majeurs pour les yeux et la peau. Leur dangerosité est accentuée par la proximité de l'opérateur avec le faisceau laser et le risque de réflexions non contrôlées. D'autre part, certains revendeurs de ces machines ne délivrent pas de certificat de conformité.

Sécurité des installations laser manuelles : principes essentiels

Afin d'assurer une utilisation sécurisée, plusieurs mesures doivent être mises en place :

1. Responsabilité et formation

• Une personne référente en sécurité laser doit être désignée et formée au niveau 3, PCSL, (Voir page 27)

• Elle doit élaborer les procédures de mise en sécurité de l'installation et faire une analyse de sécurité pour tous les usages de l'installation.

• Tout utilisateur de ces appareils doit être formé à la sécurité laser niveau 2 PERL (Voir page 26)

2. Zone de protection du laser

• Le laser ne doit être utilisé que dans une zone fermée et l'état de fonctionnement du laser doit être signalée.

• Les accès à la zone contrôlée doivent être surveillés et intégrés au circuit de sécurité de l'installation laser.

3. Systèmes de protection

• Le port d'un équipement de protection individuelle (EPI) est obligatoire (casque, gants, vêtements adaptés) pour toute personne présente à l'intérieur de la zone contrôlée. Attention aux EPI non conformes ! Comme pour les équipements, un EPI doit être accompagné d'un certificat de conformité européen.

• Le risque laser ne doit pas masquer les autres dangers. Un système d'aspiration efficace doit être installé pour éliminer les substances nocives produites par l'interaction laser/matière.

4. Utilisation mobile

• En cas d'usage extérieur ou hors site habituel, des barrières ou rideaux de protection laser doivent être mis en place et reliés au circuit de sécurité du laser.

5. Exigences techniques des appareils

• Un dispositif doit empêcher toute propagation involontaire du faisceau laser.
Par exemple, par détection de la présence d'une pièce face au faisceau (capteur tactile ou optique). Ce système ne doit pas pouvoir être neutralisé.

• L'installation doit inclure un interrupteur principal à clé.

• Le déclenchement du tir laser, ne doit pas pouvoir être actionné de manière involontaire.

• La notice d'instructions complète doit être claire et rédigée en français. Elle doit inclure toutes les caractéristiques de fonctionnement de la source laser (en mode continu et pulsé) et les indications de sécurité (VLE/EMP, DNDO),

Enfin, il est important, pour tout acquéreur d'un tel appareil, de réclamer auprès du revendeur, la déclaration de conformité attestant du respect des normes de sécurité.



PRÉVENTION

Identifier les risques

L'employeur doit prendre en compte l'ensemble des risques associés à l'utilisation du laser.

• Risques électriques

Tous les lasers fonctionnent sous haute tension. Toute action inappropriée, notamment lors d'intervention de maintenance ou d'entretien, constitue un danger de mort. Pour les tensions dépassant le kilovolt, ces circuits d'alimentation peuvent générer des champs électriques de forte intensité dangereux.

Les travaux sur les circuits basse et haute tension doivent être réalisés par des personnes habilitées.

• Les risques mécaniques

La mise en œuvre des lasers, notamment dans l'industrie, fait appel à des technologies de transport mécanique d'éléments mobiles. Les vitesses et les accélérations de ces systèmes peuvent être la cause de collisions.

La présence de câbles et de tuyaux de transport de fluide, à proximité ou dans la machine, peut provoquer la chute ou engendrer des comportements à risques.

• Incendies et explosions

Les lasers, même de faible puissance, peuvent causer des incendies ou des explosions, notamment lorsque le faisceau est fortement concentré dans un milieu inflammable comme des gaz ou de fortes concentrations de poussières. Il peut également enflammer les vêtements.

• Les risques chimiques

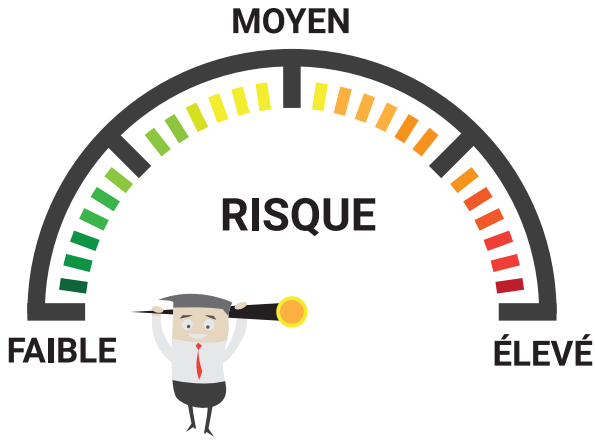
La dégradation thermique des matériaux à transformer entraîne bien souvent une pollution chimique. Elle peut se présenter sous la forme d'aérosols ou de gaz toxiques.

Les fumées des métaux lourds sont créées essentiellement lors de la découpe (et dans une moindre mesure le soudage) d'alliages pour l'aéronautique ou de métaux comme le Manganèse, le Cobalt, le Zinc, le Béryllium, le Nickel…

Pendant la découpe de polymères, une grande variété de substances dangereuses est émise.

La dégradation à haute température entraîne une augmentation des hydrocarbures aromatiques de type Benzène ou PAH (cancérigènes) et des hydrocarbures polynucléaires polyhalogénés (dioxines, furanes). Certains matériaux peuvent entraîner des émissions de cyanures, de chlorure d'hydrogène (PVC) qui sont toxiques, d'isocyanate (PU) et d'acrylates (PMMA) reconnus comme irritants.

Pour les lasers CO2, la lentille de focalisation est en Séléniure de Zinc (ZnSe).
Cette lentille, d'aspect jaune, peut également être la cause de danger chimique grave, notamment lors de la casse ou de la pyrolyse (décomposition) de cet élément sous l'effet du faisceau.
Dans tous les cas, il est recommandé de manipuler le ZnSe avec grande précaution, et si possible, muni de gants de protection.



Évaluer les risques

L'objectif du processus d'évaluation des risques consiste à examiner les dangers, puis à éliminer ces dangers ou à réduire le degré de risque en ajoutant des mesures de maîtrise des risques.

L'évaluation des risques doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- Que peut-il arriver et dans quelles circonstances ?
- Quelles sont les conséquences possibles ?
- Quelle est la probabilité que les conséquences possibles se produisent ?
- Est-ce que le risque est maîtrisé efficacement, ou faut-il prendre d'autres mesures ?



Processus d'évaluation des risques

Consignes aux utilisateurs d'appareils laser

- ✓ Ne pas diriger volontairement le faisceau vers une personne.
- ✓ Ne jamais garder volontairement l'œil dans le faisceau (même avec des lunettes de protection).
- ✓ Utiliser un laser de classe 1 ou 2 pour les alignements.
- ✓ Choisir et porter des lunettes de protection appropriées.
- ✓ Porter les lunettes quand il y a un risque de réflexion.
- ✓ Atténuer au maximum le faisceau (par filtres et diaphragme) chaque fois que l'émission maximale n'est pas nécessaire.
- ✓ Déclencher un tir seulement après s'être assuré que personne n'est en danger.
- ✓ Réduire au minimum le nombre de personnes.
- ✓ Réserver l'accès au personnel autorisé.
- ✓ Prendre en charge les visiteurs.
- ✓ Supprimer tout objet réfléchissant apparent (montre, stylo, bijoux, outils …).
- ✓ Consulter les services médicaux rapidement en cas d'accident.

PROTECTION

Les protections collectives

Les protections collectives doivent être privilégiées face aux protections individuelles.

- ✓ Pour les lasers de classe égale ou supérieure à 3B, un local spécifique doit être conçu avec balisage et signal lumineux indiquant l'état de marche du laser.
- ✓ Ce local ne doit être accessible qu'aux personnes autorisées et équipées de lunettes de protection adaptées.
- ✓ Pour les machines laser, le faisceau doit être protégé au maximum. Le faisceau ne doit pas être accessible.
- ✓ Le faisceau doit être arrêté dès l'ouverture d'un capot ou d'une porte qui rendrait le faisceau laser accessible.
- ✓ Pour les cas où le faisceau laser peut être rendu accessible (maintenance), une zone de danger laser doit être matérialisée et protégée par des écrans opaques au faisceau, et l'accès limité aux personnes autorisées et équipées de lunettes de protection adaptées.
- ✓ Une fibre optique transmettant un faisceau laser doit être considérée comme une source laser.
- ✓ Les causes de réflexion et de diffusion accidentelles de faisceau laser doivent être supprimées (petits objets réfléchissants, cloisons, revêtements de sol …).
- ✓ Les réflexions spéculaires ou diffuses sur les pièces à travailler ou leurs supports doivent être interceptées.
- ✓ Éviter les matériaux inflammables dans la zone laser.
- ✓ Le sol doit être libre d'obstacles.
- ✓ Éclairage suffisant (500 lux minimum).

Personnel autorisé : Un personnel autorisé est une personne qui a suivi une formation en adéquation avec ses prérogatives (Niv. 2 ou 3) et être déclarée auprès des services de la médecine du travail.

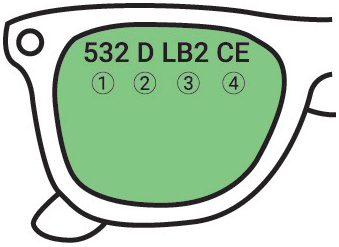
Les protections individuelles

La mise à disposition de protections individuelles, telles que lunettes et gants, et leur utilisation a pour but de pallier une protection collective qui s'avère impossible à mettre en place ou d'intervenir ponctuellement et brièvement.

Les lunettes de protection

Les lunettes vendues en Europe doivent porter le marquage CE, attestant qu'elles sont conformes aux exigences essentielles de sécurité de la directive européenne n°89/686/CEE relative aux équipements de protection individuelle.
Les normes EN 207 et EN 208 définissent des spécifications et des méthodes d'essais. Elles imposent également un marquage d'identification sur la monture ou sur le verre de la paire de lunettes.





Exemple de marquage sur une paire de lunette de protection.

① Longueur d'onde ou gamme de longueurs d'ondes.

② Résistance testée du filtre :

D : 5s en tir continu
I : laser impulsionnel : 50 impulsions.
R : laser déclenché : 50 impulsions.
M : laser à modes couplés : 50 impulsions.

③ Niveau de protection selon norme EN207 : LB de 1 (faible) à 10 (fort)

④ Conformité CE.

Les lunettes de protection protègent des expositions accidentelles pendant 5s en continu ou 50 impulsions en mode impulsionnel. Il est formellement interdit de regarder volontairement dans l'axe du faisceau.

CONDUITE À TENIR EN CAS D'ACCIDENT

Impact aux yeux

- ✓ Mettre en sécurité la machine laser (arrêt d'urgence).
- ✓ Prendre en charge la personne accidentée et l'allonger en maintenant la tête plus haute que le reste du corps.
- ✓ Prévenir les secours.
- ✓ Préciser la partie du corps atteinte.
- ✓ Identifier le laser (classe, longueur d'onde, énergie, rayon direct ou réflexion).
- ✓ En cas d'atteinte aux yeux, mettre plusieurs compresses sur chacun des 2 yeux pour empêcher la lumière de pénétrer. Les fixer avec une bande de gaze.
- ✓ Faire subir un examen ophtalmologique immédiatement et renouveler après 15 jours.

Impact sur la peau

- ✓ Brûlure :

Prévenir ou faire prévenir un Sauveteur Secouriste au Travail.
Refroidir la plaie.
Consulter un médecin.

- ✓ Rayonnement UV :

Consulter un médecin.

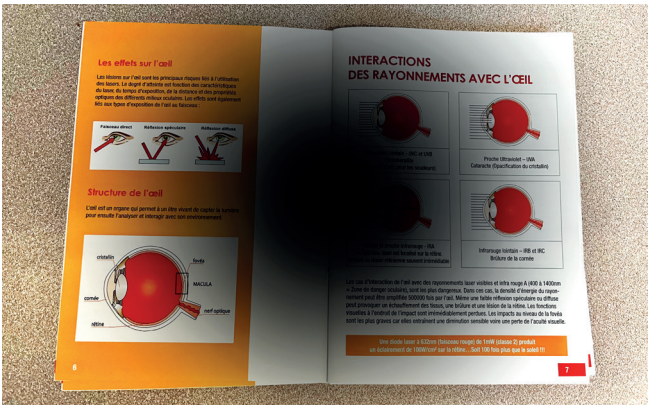


Illustration de la vision avec scotome central faisant suite à un impact laser dans la macula

SENSIBILISATION ET FORMATION

IREPA LASER propose 3 niveaux de formation adaptés aux prérogatives des personnels intervenant sur des appareils à laser. IREPA LASER a également construit une formation adaptée aux concepteurs de machines laser.

Les formations labellisées CoNSOL

La Commission Nationale de Sécurité Optique et Laser a défini un référentiel de formations destinées à répondre à la réglementation relative à la sécurité laser.
Les différents niveaux de formation répondent à une dénomination et un contenu précis, garantis par les formateurs et organismes formateurs labellisés par la CoNSOL:

Niv.1 PISL

Personne Informée en Sécurité Laser (formation par E-Learning disponible)

Personnes intervenant à proximité des appareils à laser et n'ayant pas accès à des niveaux de rayonnement supérieurs à la valeur limite d'exposition (VLE).
Classes autorisées : Classe 1 ; Classe 1M ; Classe2 ; Classe 2M.

Exemples : opérateur machine automatisée, personnel d'entretien des locaux ...

Niv.2 PERL

Personne Exposée aux Risques laser
Formation labellisée CoNSOL

Formation labellisée Sécurité Optique & Laser

Personnes intervenant à proximité des appareils à laser et ayant accès à des niveaux de rayonnement supérieurs à la valeur limite d'exposition (VLE).

Personnes évoluant en zone à risque laser contrôlé, sous couvert d'une procédure validée par une personne compétente.

Classes autorisées : Toutes les classes.
Cette personne est responsable de sa propre sécurité.

Exemples : technicien maintenance, régleur, personnel de bloc opératoire, technicien lumière ...

Niv.3 PCSL

Personne Compétente en Sécurité Laser
Formation labellisée CoNSOL

Personnes intervenant sur des appareils à laser et ayant accès à des niveaux de rayonnement supérieurs à l'exposition maximale permise avec manipulation du faisceau. Personne évoluant en zone à risque laser contrôlé et qui participe :

- aux évaluations des risques encourus par les travailleurs intervenant à proximité de machines ou d'appareils à laser ;
- à la mise en œuvre sur le site de toutes les mesures propres à assurer la santé et la sécurité des travailleurs intervenant à proximité de machines, systèmes ou appareils à laser ;
- à l'amélioration continue de la prévention des risques à partir de l'analyse des situations de travail.

La PCSL désignée par le chef d'établissement peut assurer la formation/ l'information des Personnes Informées en Sécurité Laser (PISL).

Classes autorisées : Toutes les classes.
Personne responsable de sa propre sécurité et de celle des autres.

Exemples : Responsable HSE, préventeur, technicien/ingénieur de fabrication de lasers, technicien/ingénieur de maintenance de lasers, médecin/infirmier ...

SE.4 FORMATION CONCEPTION MACHINE LASER

Conception et fabrication d'une machine à laser en conformité avec la directive machine

À destination des concepteurs, des personnels de maintenance, des techniciens de laboratoire ...

Cette formation propose de répondre aux problématiques liées à l'intégration d'un système laser, quelle que soit sa classe, dans une machine.
Le nouveau règlement machine 2023-1230 inclut le risque laser dans ses exigences essentielles de santé et sécurité.
En conséquence, en cas d'intégration d'équipements laser, il y a lieu de tenir compte des dispositions préconisées par le règlement et les normes harmonisées de référence :

- Préconisations sur les circuits de commandes
- Préconisations sur les protecteurs
- Préconisations sur les émissions dangereuses

Pour toute question sur ces formations, n'hésitez pas à contacter un de nos experts au 03.88.65.54.00

SIGNALISATION ET ÉTIQUETAGE

Indication minimale



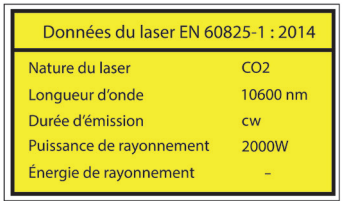
Une plaque d'avertissement de danger (à partir de la classe 1M).



Une plaque indicatrice d'ouverture (à partir de la classe 3R) tout près de chaque ouverture à travers laquelle est émis un rayonnement laser supérieur aux limites de la classe 2.



Une plaque indicatrice de la classe (à partir de la classe 1M).
voir la signalétique complète page 10.



Une plaque signalétique d'identification du laser.



Une plaque signalétique d'identification du fabricant.

DOCUMENTATION ET BIBLIOGRAPHIE

- Le Laser
  Fabien Bretenaker – Nicolas Treps – EDP Sciences - 2010
- Rayonnements lasers
  Principe, application, risque et maîtrise du risque d'exposition INRS – 2018
- Évaluation et prévention des risques optiques induits par le nettoyage laser des bâtiments.
  Risques et Prévention - Cahier de notes documentaires
  INRS – 2004
- La pratique de la sécurité des rayonnements optiques artificiels : José Garcia et Daniel Courant
- Attention : rayonnement laser !
  SUVAPRO – 2016 - (Suisse)
- Rayonnements optiques artificiels
  Steven Van Cauwenberghe – 2010 – Editions Kluwer - (Belgique)
- Nombreuses informations sur https://www.photonics-france.org/

Réalisation et contact : Franck RIGOLET fr@irepa-laser.com

IREPA LASER est le spécialiste de la gestion et de la prévention des risques liés à l'utilisation des lasers en milieux industriel, médical, scientifique ou autres.

Notre accompagnement :

- Formation de vos personnels (formations labellisées CoNSOL)
- Sensibilisation à la sécurité laser
- Formation et habilitation de vos techniciens
- Formation de vos responsables sécurité laser
- Recyclage de tous les niveaux (tous les 5 ans)
- MOOC sensibilisation à la sécurité laser (ou Module E-learning)
- Analyse et audit d'installations ou de machines laser
- Conseil et assistance pour la sécurisation de vos installations dès leur conception

IREPA LASER propose également plus de 30 formations spécifiquement dédiées aux applications industrielles du laser (soudage, fabrication additive, fonctionnalisation des surfaces, érosion…).
Vous pouvez consulter l'ensemble de nos formations sur www.irepa-laser.com.

IREPA LASER
INSTITUT CARNOT MICA

PARC D'INNOVATION
F-67400 ILLKIRCH

T : +33 (0)3 88 65 54 00
F : +33 (0)3 88 65 54 01
FR@IREPA-LASER.COM

WWW.IREPA-LASER.COM

Qualiopi processus certifié
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'actions suivantes : ACTIONS DE FORMATION

PHOTONICS FRANCE CoNSOL
Formation labellisée Sécurité Optique & Laser

MINISTÈRE DU TRAVAIL, DU PLEIN EMPLOI ET DE L'INSERTION
Liberté Égalité Fraternité

UNION EUROPÉENNE

La Région Grand Est

Strasbourg.eu eurométropole