

FORMATION SÉCURITÉ LASER



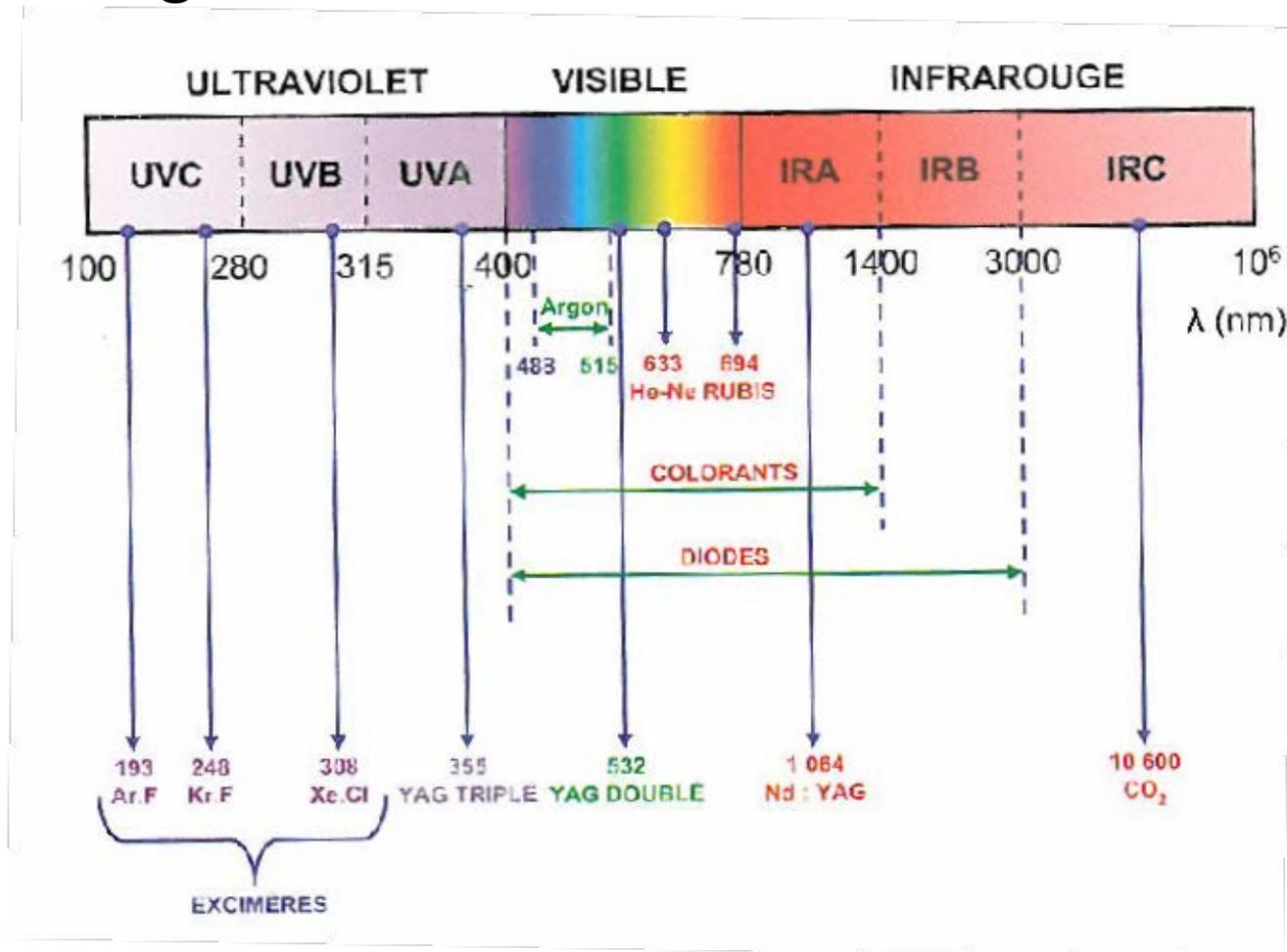
Travailler dans une zone laser en sécurité
Connaître les règles de sécurité pour manipuler
les lasers

1. Généralités
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

Caractérisation des lasers:

La longueur d'onde:

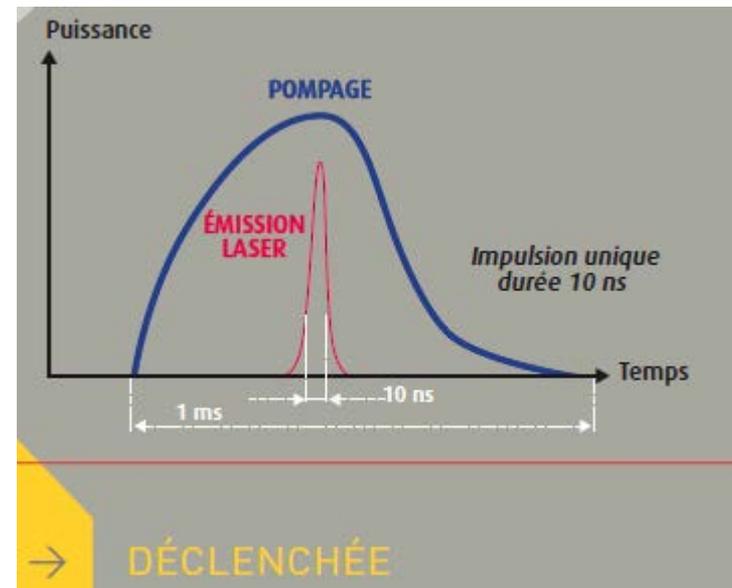
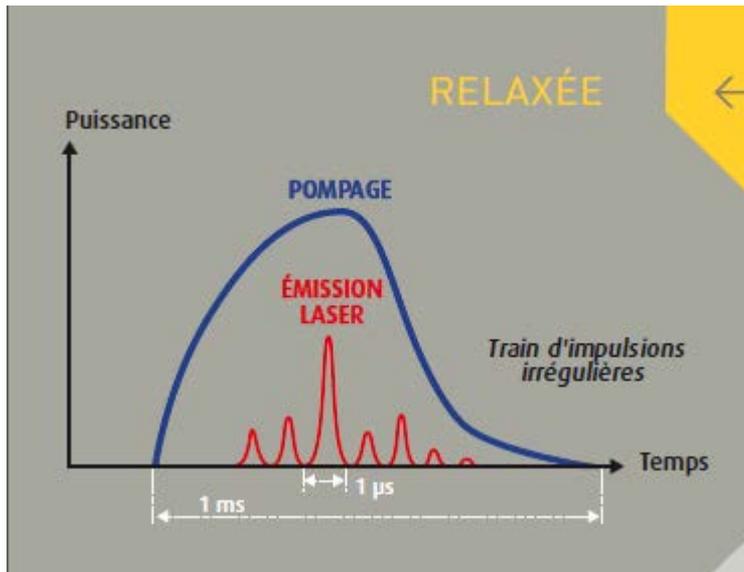


Caractérisation des lasers:

La nature de l'émission:

Continue: le faisceau lumineux est émis pendant une durée supérieure à **250ms**

Pulsée:



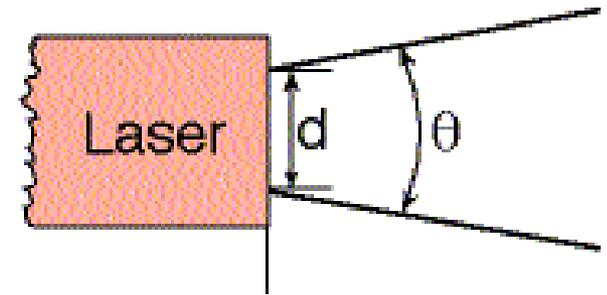
Caractérisation des lasers: La nature de l'émission:

Tableau 4 — Durées de l'essai pour les filtres et les lunettes de protection laser

| Conditions d'essai pour les types de laser | Dénomination du type de laser | Durée d'impulsion s | Nombre d'impulsions |
|--|------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| <i>D</i> | Laser continu | 5 | 1 |
| <i>I</i> | Laser impulsionnel | $> 10^{-6}$ à 0,25 | 50 |
| <i>R</i> | Laser déclenché | $> 10^{-9}$ à 10^{-6} | 50 |
| <i>M</i> | Laser impulsionnel à modes couplés | $< 10^{-9}$ | 50 |

Caractérisation des lasers: grandeurs et unités

- Fréquence en Hz
- La divergence du faisceau (angle) Φ en mrad
- Le diamètre du faisceau a (en m)
- Durée d'impulsion t en secondes



La divergence est relié au diamètre du faisceau par la longueur d'onde
Quand le diamètre augmente la divergence diminue

Caractérisation des lasers: grandeurs et unités

- Énergie du rayonnement (Quantité de lumière) Q en joule
- Puissance de rayonnement (ou densité de puissance) P en watt
- Éclairement Énergétique E en Watt/m²
- Exposition Énergétique H en Joule/m²

P et E en Watt pour les lasers continus
Q et H en Joules pour les lasers pulsés

- Permet de comparer l'Éclairement ou Exposition Énergétique aux Expositions Maximales Permissibles (exprimées en W/m² et J/m²)
- Permet de choisir le niveau de protection des lunettes

Dans la pratique l'éclairement ou l'exposition énergétique d'un laser (puissance par unité de surface) est extrêmement élevée, son ordre de grandeur est couramment de 10¹¹ à 10¹² W/m²

Exposition Maximale Permise (EMP)

Niveau de rayonnement laser auquel des personnes peuvent être exposées dans les conditions normales sans subir des effets nuisibles.

Les niveaux d'EMP représentent le niveau maximal auquel l'œil ou la peau peut être exposé sans subir un dommage consécutif immédiatement ou après une longue durée.

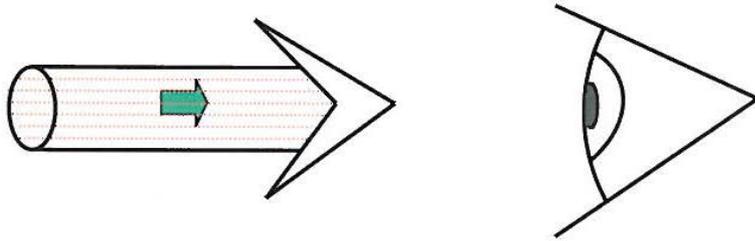
Distance Nominale de Risque Oculaire (DNRO)

Distance à partir de l'ouverture de sortie pour laquelle l'éclairement ou l'exposition énergétique est égale à l'exposition maximale permise (EMP) appropriée au niveau de la cornée.

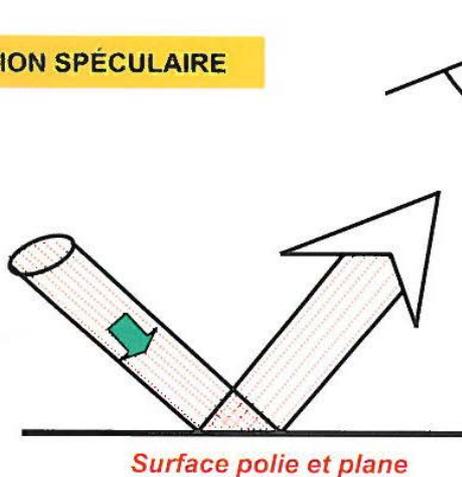
Pour un HeNe de 2mW la DNRO est de 4,25m
Pour un Nd:YAG 1064nm 650mJ 6ns 10Hz la DNRO est de 7.4 km

- Les différents types de réflexions :

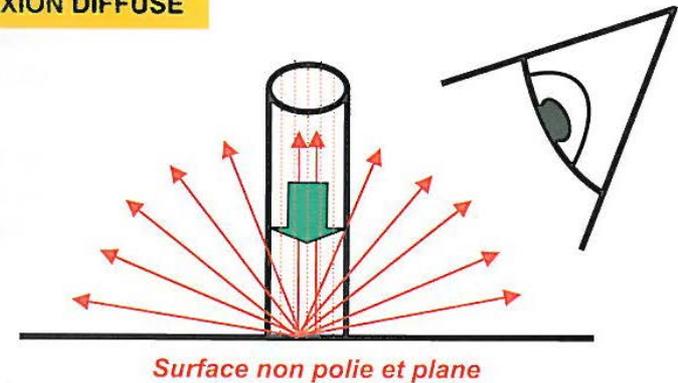
FAISCEAU DIRECT



RÉFLEXION SPÉCULAIRE



RÉFLEXION DIFFUSE



| Expérience / Service | Lieu d'utilisation | Marque | Modèle (YAG, diode, ...) | Longueur d'onde | Pulsé / Continu | Puissance Maximal | Diamètre faisceau | Clas | Fréquence de répétition | Durée d'impulsiv | Observations (niveau de protection minimal) | Lunettes adaptées |
|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------|-------------------------|------------------|---|---------------------------------------|
| CIRIL | BCI003 | Barr & Stroud Ltd | He/Ne | 632 nm? | Continu | 0,5mW | | 2 | 50 - 60 Hz | | Laser d'alignement utilisé sur les manip du GANIL | so |
| CIRIL | BCI015 | ALS | Diode | 634 nm | Pulsé | 1000 mW | 2,9*1,3 mm | 3R | 1MHz | 32 ps | EP-16-02 | Laser vision 630-660 DIRM LB6 |
| CIRIL | BCI015 | ALS | Diode | 373 nm | Pulsé | 1500mW | 2,9*0,77mm | 3R | 1MHz | 27ps | EP-16-02 Lunettes LB2M | UNIVET n°562H0000329 315-532 M LB7 |

| Expérience / Service | Lieu d'utilisation | Marque | Modèle (YAG, diode, ...) | Longueur d'onde | Pulsé / Continu | Puissance Maximal | Diamètre faisceau | Clas | Fréquence de répétition | Durée d'impulsiv | Observations (niveau de protection minimal) | Lunettes adaptées |
|----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------|-------------------------|------------------|---|--|
| LIOA | FCS004a | Axcel | Diode | 980 nm | Continu | 200mW | ? | 4 | - | - | | Laser Vision D 690-1320 L6 THORLABS DIR 950-1000 LB5 |
| LIOA | FCS004a | BWT | 2 Diodes | 980 nm | Continu | 30W | ? | 4 | | | développer en interne, à classer | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS004a | ? | ? | 1550 nm | Continu | <50mW | ? | 1M | | | | SO |
| LIOA | FCS004a | LASERLIGHT | | 630 - 670 nm | Continu | 1mW | | 2M | | | | SO |
| LIOA | FCS004a | Pointeur | | 532 nm | Continu | <1mW | 1 mm | 3 | | | Non utilisé | Laser Vision D 345-532 L6 |
| LIOA | FCS004a | Pointeur | | 405 nm | Continu | 5mW | 1 mm | 3 | | | Non utilisé | SO |
| LIOA | FCS004a | Diode sur fibre monomode | diode | 980 nm | Continu | 800 mW | 1mm | 3B | - | - | Lunettes LB5 D | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS004a | Diode sur fibre monomode | diode | 1610 nm | Continu | 20 mW | 1mm | 1 | - | - | Lunettes LB2D | THORLABS DIR 1400-1700 LB4 LaserConseil Honeywell 1400-1700 DIR LB3 |
| LIOA | FCS004b | Pirelli | Diode | 980 nm | Continu | 100mW | ? | 4 | - | - | | Laser Vision D 690-1320 L6 THORLABS DIR 950-1000 LB5 |
| LIOA | FCS004b | KOHERAS | Fibré | 1550 | Continu | <10mW | | 3B | | | | THORLABS DIR 1400-1700 LB4 Laser Vision DIR 1320-1550 L3 |
| LIOA | FCS005 | Limo | Diode | 808 nm | Continu | 60W | 4 mm | 4 | - | - | | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS006 | Axcel | Diode | 808 nm | Continu | 4W | ? | 4 | - | - | Fibré 100 µm LB6D | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS006 | | Diode | 808 nm | Continu | 4W | | 4 | | | Fibré 100 µm LB6D | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS006 | | Diode | 912 nm | Continu | 300 mW | 0,1mm | 3R | | | Fibré 100 µm LB5D | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS006 | | Diode | 810 nm | Continu | 40 W | 0,1mm | 3B | | | Fibré 100 µm LB7D | Protect Laserschutz GMBH 750-1200 DLB7 |
| LIOA | FCS005 | Alflight | Diode | 980 nm | Continu | 25W | ? | 4 | - | - | | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS005 | Limo | Diode | 808 nm | Continu | 35W | ? | 4 | | | | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS007 | Melles Griot | He/Ne | 633 nm | Continu | 30mW | 650µm | 3B | - | - | Lunettes RB3 D | Optoprim (RA3) 633 - 656 RB4 |
| LIOA | FCS007 | Lumics | Diode | 808 nm | Continu | 4W | ? | 4 | - | - | | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS007 | Axcel | Diode | 1064 nm | Continu | 100mW | ? | 4 | - | - | | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| LIOA | FCS006 | | ? | 266 à 1064 nm | Pulsé | 40mJ | ? | 4 | 50Hz | 15 ns | Utilisé par LIOA en FCS006 | Laser Vision Rouge IR 180-315 L5 Laser Vision Rouge IR 315-515 L8 Laser Vision Vert IR 690-1320 L7 |

| Expérience / Service | Lieu d'utilisation | Marque | Modèle (YAG, diode, ...) | Longueur d'onde | Pulsé / Continu | Puissance Maxima | Diamètre faisceau | Classe | Fréquence de répétition | Durée d'impulsion | Observations (niveau de protection minimal) | Lunettes adaptées |
|----------------------|--------------------|---------------------|--|--------------------|-----------------|--|-------------------|--------|-------------------------|-------------------|---|---|
| MIL | FCS035 | | | 532 nm | Continu | <1mW | | 2 | | | | D 512 - 670 RB1 |
| MIL | FCS010 | ALS | ? | 980 nm | Continu | 15W | ? | 4 | - | - | Lunette LB7D | Protect Laserschutz GMBH 750-1200 |
| MIL | FCS010 | | He/Ne | 633 nm | Continu | 2mW | 1mm | 3R | - | - | Lunettes RB2 D LB3D | UNIVET n°562H0000351 589-699 RB2 |
| MIL | FCS010 | MIRA900 | Ti/Sa | 200 - 1400 nm | Pulsé | 10mW | ? | 4 | | <1ps | Non utilisé | |
| MIL | FCS010 | SYNRAD | CO2 | 10510 - 10650 | Continu | 75W | 2 mm | 4 | | | Lunettes LB5 D | UNIVET n°559G000020 D 9000-11500 LB5 |
| MIL | FCS011 | Spectra Phisics | He/Ne | 633 nm | Continu | 2mW | 1 mm | 3A | | | Lunettes RB2 D LB3D | UNIVET n°562H0000351 589-699 RB2 |
| MIL | FCS011 | | Ti/Sa | 700 à 1000 nm | Continu | 5W | ? | 4 | - | - | 700 nm DLB6 1000 nm DLB6 | Laser Vision Vert D 690-1320 L6 |
| MIL | FCS011 | Verdi | Solide | 532 nm | Continu | 6,5W | 1 mm | 4 | - | - | Capoté Laser de pompage du Ti/Sa Lunettes LB6 D | UNIVET n°559G0000103 515-532 D LB8 |
| MIL | FCS011 | Brightlase | Diode | 980 nm | Continu | 20W | ? | 4 | - | - | Lunettes LB7D | Protect Laserschutz GMBH 750-1200 |
| MIL | FCS011 | | He/Ne | 633 nm | Continu | 2mW | 1 mm | 3R | - | - | Lunettes RB2 D LB3D | UNIVET n°562H0000351 589-699 RB2 |
| MIL | FCS011 | | He/Ne | 633 nm | Continu | 2mW | 1 mm | 3R | - | - | Lunettes RB2 D LB3D | UNIVET n°562H0000351 589-699 RB2 |
| MIL | FCS011 | QUANTEL | | 532 - 1064 | Pulsé | 330 mJ (1064) et 165mJ (532) | 4 mm | 4 | 10Hz | 5ns | Lunettes LB8 R | UNIVET n°559G0000103 IR 515-532 LB9 Laser Vision Vert IR 1050-1400 L8 |
| MIL | FCS012 | Brightlase | Diode | 800 nm | Continu | 20W | 5-6 mm | 4 | - | - | Lunettes LB6D | Laser Vision Vert D 690-1320 L6 Protect Laserschutz GMBH 750-1200 |
| MIL | FCS012 | GENESIS | Semi | 479 nm | Continu | 2W | ? | 4 | - | - | | Laser Vision Rouge D 315-515 L6 |
| MIL | FCS012 | SPECTRA Model 3900S | Ti/Sa | 700 à 1100 nm | Continu | Max 5W | ? | 4 | - | - | Lunettes LB6D | Laser Vision Vert D 690-1320 L6 Protect Laserschutz GMBH 750-1200 |
| MIL | FCS012 | SPECTRA | Solide | 532 nm | Continu | 15W | 1mm | 4 | - | - | Capoté Laser de pompage du Ti/Sa Model 3900S LB7 D | UNIVET n°559G0000103 515-532 D LB8 |
| MIL | FCS012 | KIMMON | He/Cd | 325 nm | Continu | 40 mW | ? | 3B | - | - | | Laser Vision Rouge D 315-515 L6 |
| MIL | FCS012 | OXUS | Diode | 445 nm | Continu | 2W | 2 mm | 4 | - | - | | Laser Vision Rouge D 315-515 L6 |
| MIL | FCS012 | | He/Ne | 633 nm | Continu | 5mW | 1 mm | 3B | - | - | Lunettes RB2 D LB3D | UNIVET n°562H0000351 589-699 RB2 |
| MIL | FCS012 | DLAS | Diode | 792 nm | Continu | 30W | 5-6mm | 4 | | | Lunettes LB6D | Laser Vision Vert D 690-1320 L6 Protect Laserschutz GMBH 750-1200 |
| MIL | FCS012 | CONTINIUM | YAG (doublé et triplé) | 1064 - 532 - 355nm | Pulsé | 200mJ (355) 400 mJ (532) 800 mJ (1064) | 2 mm | 4 | 10 Hz | 5ns | Lunettes LB8 R (355nm) LB9 R (532nm) | Laser Vision Vert IR 690-1320 L7 UNIVET n°559G0000103 315-515 IR LB7 et 515-532 IR LB9 Laser Vision Rouge IR315-515 LB8 |
| MIL | FCS013 | CONTINIUM | OPO | 250 à 3250 nm | Pulsé | 10 mJ | 5mm | 4 | 10Hz | 5ns | Capoté Laser de pompage du YAG continium | Laser Vision Rouge IR 180-315 L5 Laser Vision Rouge IR 315-515 LB8 Laser Vision Vert IR 690-1320 L7 Laser Vision Vert 1400-3000 L5 |
| MIL | FCS011 | ? | 10 Diodes lasers de classe indéterminées | 445 nm | Continu | 1 à 5 W | 2mm | 4 | | | RB5 ou LB6D | Laser Vision Rouge D 315-515 L6 UNIVET n°559G0000103 315-515 D LB6 |

| Expérience / Service | Lieu d'utilisation | Marque | Modèle (YAG, diode, ...) | Longueur d'onde | Pulsé / Continu | Puissance Maximal | Diamètre faisceau | Clas | Fréquence de répétition | Durée d'impulsie | Observations (niveau de protection minimal) | Lunettes adaptées |
|----------------------|--------------------|--------|--------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------|-------------------------|------------------|---|---|
| NIMPH | FCS015 | | | 266 nm | Continu | 30mW | 0,55 mm | 4 | - | - | | SPERIAN 190-315 DL7 ENCORE 190-315 DL7 LaserVision (Ar) 190-315 DL9 LaserVision (OPO) 190-315 DL9 |
| NIMPH | FCS015 | | Ar | 457,9 à 528,7 nm | Continu | 6,2W | Variable (mm) | 4 | - | - | | SPERIAN 315-532 DL6 ENCORE 315-532 DL6 LaserVision (Ar) 528DL5 LaserVision (OPO) 315-532 DL6 |
| NIMPH | FCS015 | | Nd/YAG | 1064 nm | Pulsé | 120mJ | qq mm | 4 | 10hz max | 5ns | | Laser Vision (OPO) DR 1030-1100 L7 |
| NIMPH | FCS016 | | He/Ne | 1,15 µm | Continu | 5mW | 1,09 mm | 3B | - | - | | HONEYWELL D LB3 804-1700 |
| NIMPH | FCS016 | | He/Ne | 1523 nm | Continu | 5mW | 1,36 mm | 3B | - | - | | HONEYWELL D LB3 804-1700 |
| NIMPH | FCS016 | | He/Ne | 632 nm | Continu | 1 mW | 0,8 mm | 1 | - | - | | SO |
| NIMPH | FCS015 | | Diode | 1536,5 | Continu | 3,518W | 5µm | 4 | | | Lunettes LB4 D | Pas de Lunette NIMPH Lunettes MIL: Laser Vision Vert DIR 1400-3000 L5 Lunettes LIOA: THORLABS DIR 1400-1700 LB4 |

| Expérience / Service | Lieu d'utilisation | Marque | Modèle (YAG, diode, ...) | Longueur d'onde | Pulsé / Continu | Puissance Maximal | Diamètre faisceau | Clas | Fréquence de répétition | Durée d'impulsie | Observations (niveau de protection minimal) | Lunettes adaptées |
|----------------------|--------------------|--------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------|-------------------------|------------------|---|-------------------|
| MADIR | BIS003 | | Diode | 670 | Continu | 1mW | | | 2 | | Incorporé à l'AFM | D 630 - 700 RB2 |
| MADIR | FC044 | | Diode | 670 | Continu | 1mW | | | 2 | | Incorporé à l'AFM | D 630 - 700 RB2 |

| Expérience / Service | Lieu d'utilisation | Marque | Modèle (YAG, diode, ...) | Longueur d'onde | Pulsé / Continu | Puissance Maximal | Diamètre faisceau | Clas | Fréquence de répétition | Durée d'impulsie | Observations (niveau de protection minimal) | Lunettes adaptées |
|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------|-------------------------|------------------|---|---|
| PM2E | FabLab Alençon | TROTEC Speedy 400 | CO2 | 10600 nm | Continu | 130W | ? | 4 | | | Sécurité intégrée à l'appareil Lunettes LB4D | SO sauf si travaux décapoté sous dérogation |
| PM2E | FabLab Alençon | TROTEC Speedy 400 | ? | 655 nm | Continu | <0,99 mW | ? | 2 | | | Laser d'alignement | SO |
| PM2E | P044 | | YAG doublé | 532 | Continu | 100mW | ? | 3B | | | Non utilisé | D532 L5 DIR1064 L5 |

1. Généralités (définition, types de laser, ...)
- 2. Effets biologiques**
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

Effets biologiques des lasers

- Effet Thermique :

Énergie rayonnante absorbée par le système biologique et restituée sous forme de chaleur → Brûlure

Visible et IR

Prédominant pour les durées d'exposition de 10^{-6} à 10s

- Effet Electromécanique :

Énergie rayonnante concentrée dans un très petit volume induit la génération d'un gaz ionisé ou plasma. La détente de ce plasma génère une onde de choc. → micro-explosion

UV/Visible/IR

Prédominant pour les durées d'exposition $<10^{-9}$ s (impulsions brèves)

Effets biologiques des lasers

- Effet Photochimique :

Énergie rayonnante absorbée par le système biologique provoque des réactions chimiques in situ → Réactions chimiques produisant des composés toxiques (radicaux)

UV/Visible

Prédominant pour durée d'exposition >10s

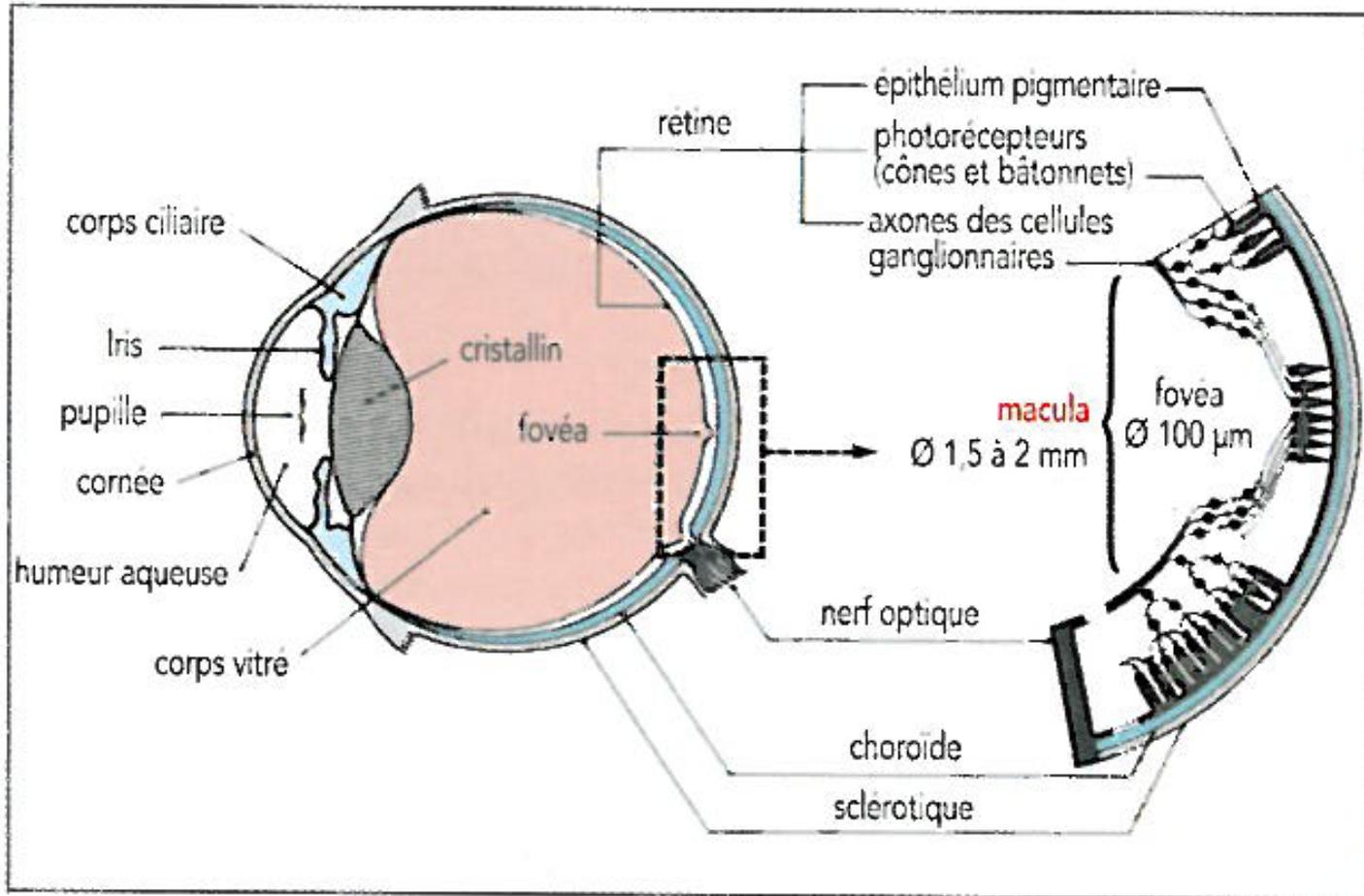
- Effet Photoablatif :

La haute énergie des photons UV provoque la rupture de liaisons moléculaires et éjection des fragments. → Rupture de liaisons moléculaires

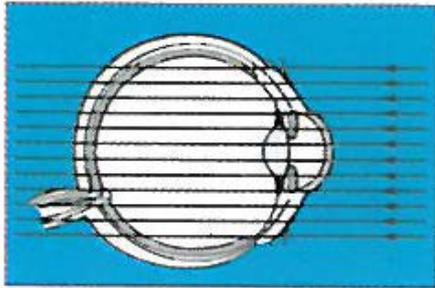
UV

Prédominant durée d'exposition <10⁻⁸s

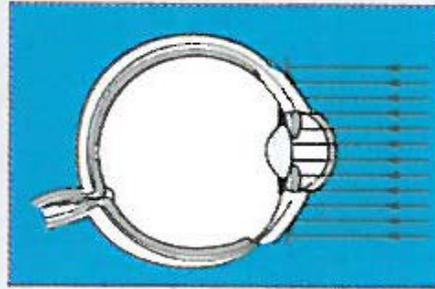
Structure de l'œil:



Absorption des rayons dans l'œil:

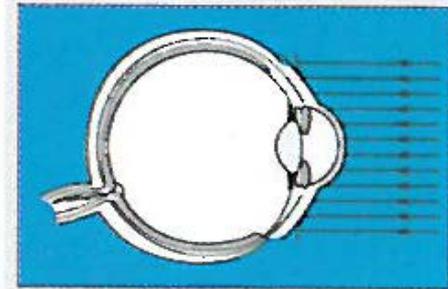


a. Micro ondes et rayonnement ionisant

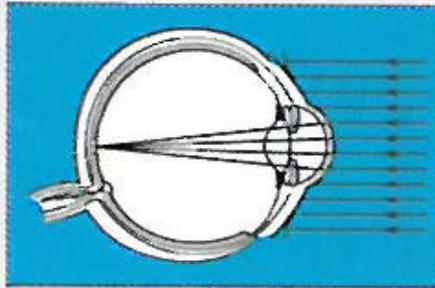


c. Proche ultraviolet

laser



b. Ultraviolet lointain et infrarouge lointain



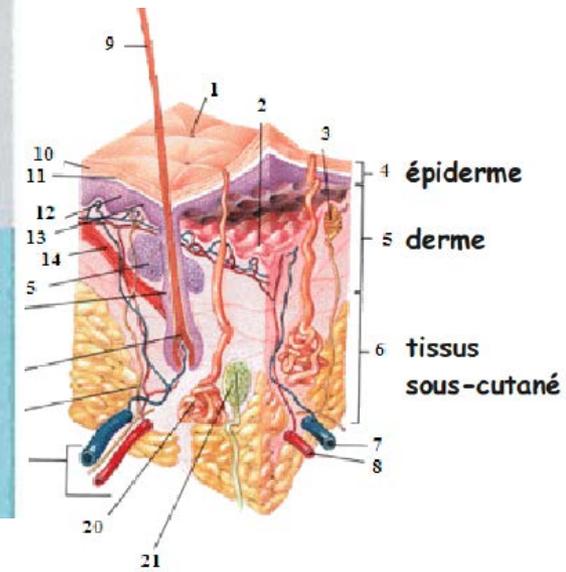
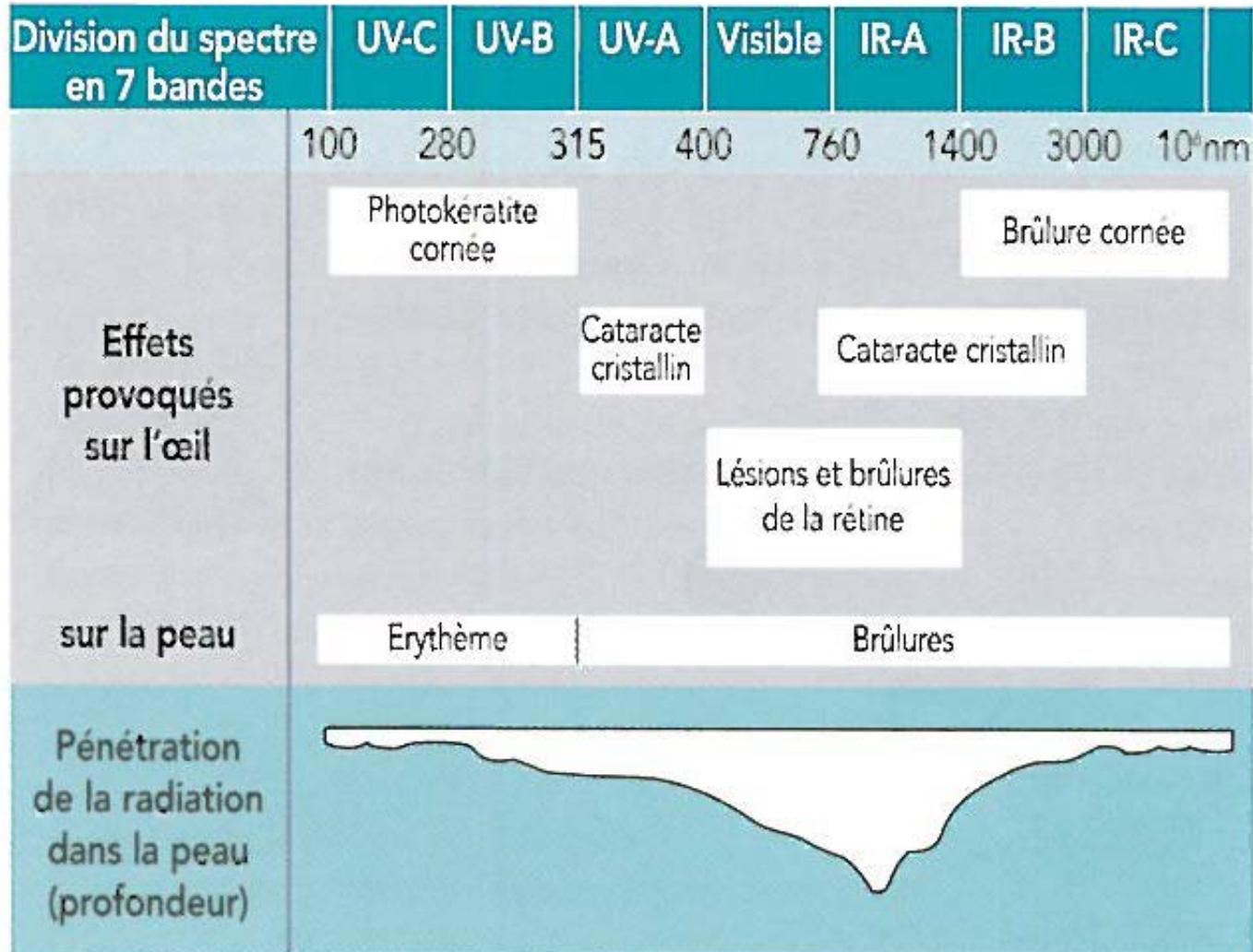
d. Visible et proche infrarouge

laser

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

Gain de l'œil jusqu'à $5 \cdot 10^5$
En se focalisant sur la rétine la densité de puissance peut être de 10^5 fois plus importante qu'en entrant sur la cornée

Nature des atteintes:



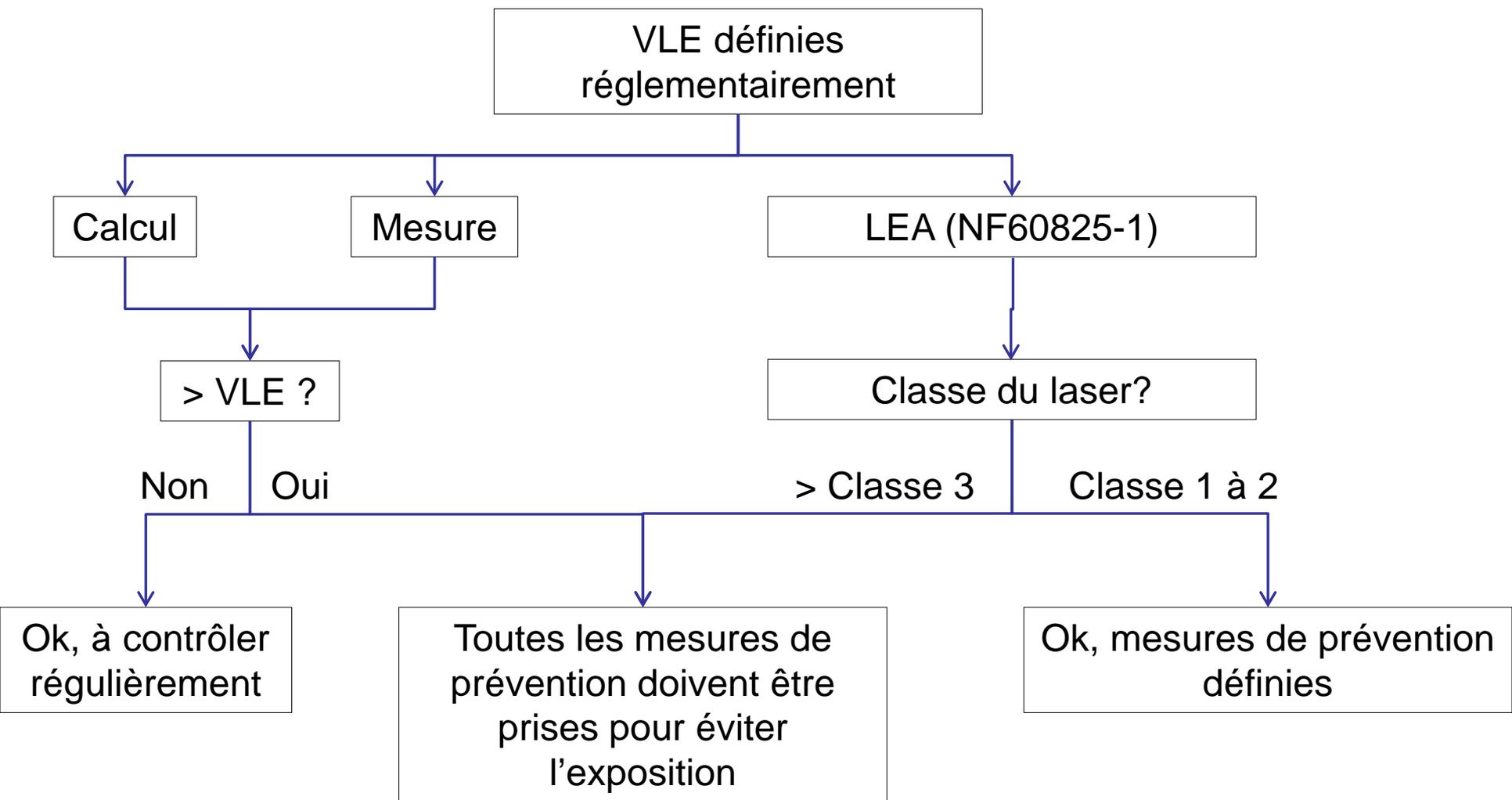
1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
- 3. Réglementation**
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

- Code du travail:

- Titre V chapitre II: Prévention des risques
d'exposition aux rayonnements optiques artificiels

- *Traite de l'ensemble des rayonnements optiques (UV, Visible, IR) cohérent (lasers) et incohérents*

- Mesures de prévention visant à supprimer ou, à défaut, réduire au minimum les risques
 - Information sur les risques
 - VLE définie (exposition interdite au-delà de ces limites)
 - Évaluation du risque:
 - Classement du laser selon norme NF60825-1 version 2008
 - Documentation devant être fournie par le fournisseur (caractéristiques, classe, prescription de sécurité)



- Si des agents sont susceptibles d'être exposé à un rayonnement dépassant les VLE:

- Justification
- Locaux circonscrits
- Accès aux locaux contrôlé
- Signalétique adaptée
- Formation
- Suivi médical adapté
- Mise en place de protections collectives (*capotage, écran, délimitation des zones, contacteurs sur capots, confinement par fibre optique...*)
- Si impossibilité de mettre en œuvre des protections collectives, mise en place protection individuelle (*Agent autorisé, travail à puissance réduite, port des lunette de protection ou de réglage, élimination des sources de réflexion spéculaire...*)
- Notice de poste (risque et disposition prise pour les éviter)
- Fiche individuelle d'exposition



1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
- 4. Classification**
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | | | | | | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | | | | | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | | |
| Peau | | | | | | | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | | | | | | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | | | | | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | | |
| Peau | | | | | | | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | | | | | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | | | | | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | | |
| Peau | | | | | | | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | * | | | | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | * | | | | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | | |
| Peau | | | | | | | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | * | X | | | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | * | * | | | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | | |
| Peau | | | | | | | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | * | X | XX | | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | * | * | X | | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | | |
| Peau | | | | | | | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux
X : peut-être dangereux
***** : sans danger si réflexe palpébrale
O : peut généré un incendie
+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | * | X | XX | XX | |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | * | * | X | XX | |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | + | |
| Peau | | | | | | X | |
| Incendie | | | | | | | |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

CLASSIFICATION

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|----|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | * | X | XX | XX | XX |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | * | * | X | XX | XX |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | + | XX |
| Peau | | | | | | X | XX |
| Incendie | | | | | | | O |

XX : est dangereux

X : peut-être dangereux

***** : sans danger si réflexe palpébrale

O : peut généré un incendie

+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

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

| Classes | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|----|
| Œil : vision à l'aide d'optique | | X | * | X | XX | XX | XX |
| Œil : rayons direct et réflexions spéculaires | | | * | * | X | XX | XX |
| Œil : réflexions diffuses | | | | | | + | XX |
| Peau | | | | | | X | XX |
| Incendie | | | | | | | O |

XX : est dangereux
X : peut-être dangereux
***** : sans danger si réflexe palpébrale
O : peut généré un incendie
+ : dangereux si $D < 13$ cm et $t > 10$ secondes

LEA classe 1: $0,39\mu\text{W}$

APPAREIL A
LASER
DE CLASSE 1

Classe 1 : Appareils **sans danger** dans toutes les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles

$180\text{ nm} < \lambda > 10^6\text{ nm}$.

exemples : imprimantes, lecteurs de CD-ROM et lecteurs de DVD

Classe 1M : Appareils sans danger dans toutes les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles.

$302,5\text{ nm} < \lambda > 4000\text{ nm}$ (UVA à IRB)

L'EMP peut être dépassée en cas d'utilisation d'instrument optique d'observation (lasers dont la vision directe du faisceau à l'aide d'instrument optique peut être dangereuse).

Classe 1C à venir cf. nouvelle version d'octobre 2014 de la NF 60825-1.

Classe 2 : 400-700nm

Sans danger pour des expositions momentanées (0.25s).

Laser qui émettent un **rayonnement visible**. La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le **réflexe palpébrale** (0,25 secondes)

Ne pas garder intentionnellement l'œil dans l'axe du faisceau

Exemples: lecteurs de code-barres

Classe 2M : 400-700nm

Sans danger pour des expositions momentanées (0.25s).

La vision directe dans le faisceau **à l'aide d'instrument d'optique peut être dangereuse**.

Ne pas garder intentionnellement l'œil dans l'axe du faisceau

Ne pas regarder dans le faisceau à l'aide d'instrument d'optique



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



LASER RADIATION
DO NOT STARE INTO THE BEAM
OR VIEW DIRECTLY WITH
OPTICAL INSTRUMENTS
CLASS 2M LASER PRODUCT

LEA classe 2 (continu 400-700nm): 1mW

LEA classe 3R (continu 400-700nm): 5mW

Classe 3R :

Laser dont l'**exposition directe dépasse l'EMP pour l'œil**, mais dont le niveau d'émission est limité à 5 fois la LEA des classes 1 et 2

La **vision directe du faisceau est potentiellement dangereuse**

$302,5 \text{ nm} < \lambda > 10^6 \text{ nm}$ (UVA à IRC)



Classe 3B :

Laser dont l'**exposition direct au faisceau est normalement dangereuse** (c'est-à-dire dans la DNRO). La vision des **réflexions diffuses est sans danger si la distance entre la cornée et l'écran est > 13 cm** et le temps d'exposition est inférieur à 10s

Risque de lésions cutanées

LEA classe 3B (continu >315nm): 500mW



Classe 4 :

Vision directe dangereuse

Exposition de la peau dangereuse

Réflexion diffuse dangereuse

Risque d'incendie



Pas de limite supérieure à la classe 4
Limite à la possibilité de filtrer le rayonnement.

1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
- 5. Risques associés**
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

Quels sont les risques autres que le risque laser?



1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
- 6. Mesures de prévention**
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

Les locaux

L'appareil laser

L'installation du laser

Les consignes de sécurité

Locaux:

| | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|--|---|----|---|----|----|----|---|
| Revêtement mat mur et plafond | | | | | | ● | ● |
| Utilisation de matériel peu ou pas inflammable | | | | | | | ● |
| Eclairage de 500 lux minimum | | | | | ● | ● | ● |
| Ecrans et rideaux devant les fenêtres | | | | | ● | ● | ● |
| Sas d'accès | | | | | | ● | ● |
| Interphone ou sonnette | | | | | | ● | ● |
| Affiche extérieur sur tous les accès | | | | | ● | ● | ● |
| Arrêt d'urgence électrique | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Accès contrôlé pendant la durée de l'émission | | | | | ● | ● | ● |

Appareil à laser:

| | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|--|---|----|---|----|----|----|---|
| Capots de protection | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Enceinte autour des condensateurs ou du tube flash | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Sécurité empêchant l'émission >3R si les capots sont déposés | | | | | ● | ● | ● |
| Pas d'exposition supérieure aux classes 1 et 2 pendant la période de maintenance | | | | | ● | ● | ● |
| Signalisation de la présence de tension (HT, condensateurs...) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Plaque d'identification du laser et symbole de danger | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| Etiquette de classe sur le laser | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Appareil à laser:

| | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|--|---|----|---|----|----|----|---|
| L'absence de clé rend le laser inopérant | | | | | | ● | ● |
| Instruction de sécurité - documentation | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Possibilité d'asservir le fonctionnement du laser par des systèmes de sécurité | | | | | | ● | ● |
| Mises à la terre et liaisons équipotentielles | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Obturateur de faisceau à sécurité positive | | | | | ● | ● | ● |
| Arrêt d'urgence | | | | | ● | ● | ● |

Installation:

| | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Une installation laser par pièce ou par zone délimitée par des écrans protecteurs | | | | | ● | ● | ● |
| Faisceau non dirigé vers les portes ou les fenêtres | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Hauteur de faisceau différente de celle de l'œil d'une personne assise ou debout | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Laser et composants fixés de façon à empêcher toute réflexion accidentelle | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Absorbeurs et fin de parcours | | ● | | ● | ● | ● | ● |
| Absorbeurs incombustibles (M0 ou M1) | | | | | | ● | ● |
| Trajet du faisceau enclos au maximum: panneaux, tubage, capotage... | | ● | | ● | ● | ● | ● |
| Elimination des surfaces réfléchissantes | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Traitement anti-reflet des lentilles | | | | | ● | ● | ● |

Consignes:

| | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|---|---|----|---|----|----|----|---|
| Contrôle périodique de l'alignement des composants sur le trajet du faisceau | | | | | ● | ● | ● |
| Etre informé des risques | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Formation | | ● | | ● | ● | ● | ● |
| Prévenir les réflexions incontrôlées | | ● | | ● | ● | ● | ● |
| Ne jamais garder l'œil volontairement dans l'axe du faisceau | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Observer les mesures de prévention électrique | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Protection individuelle quand il y a un risque accidentelle et EMP sont dépassées | | | | | ● | ● | ● |
| Atténuer au maximum le faisceau | | ● | | ● | ● | ● | ● |
| Déclencher le tir après s'être assuré que personne n'est exposé | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Consignes:

| | 1 | 1M | 2 | 2M | 3R | 3B | 4 |
|--|---|----|---|----|----|----|---|
| Réduire au strict nécessaire les personnes présentes | | | | | ● | ● | ● |
| Réserver l'accès au personnel expérimenté durant le fonctionnement | | | | | ● | ● | ● |
| Eviter de travailler seul pendant les phases à risques | | | | | ● | ● | ● |
| Prendre en charge les visiteurs | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Supprimer les objets réfléchissants: stylos, bagues, montres... | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Utiliser un laser de classe 1 ou 2 pour les alignements | | | | | ● | ● | ● |
| Eviter le fonctionnement simultanée dans un même local de plusieurs laser sans séparation physique | | | | | ● | ● | ● |
| Enlever la clé de contrôle si le laser ne fonctionne pas | | | | | | ● | ● |

1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
- 7. Lunettes de protection**
8. Signalisation laser
9. Accidents laser

Marquage des lunettes laser :

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

Le mode d'émission du laser

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

La ou les plages de longueurs d'onde λ

Les longueurs d'onde doivent correspondre à celles du Laser

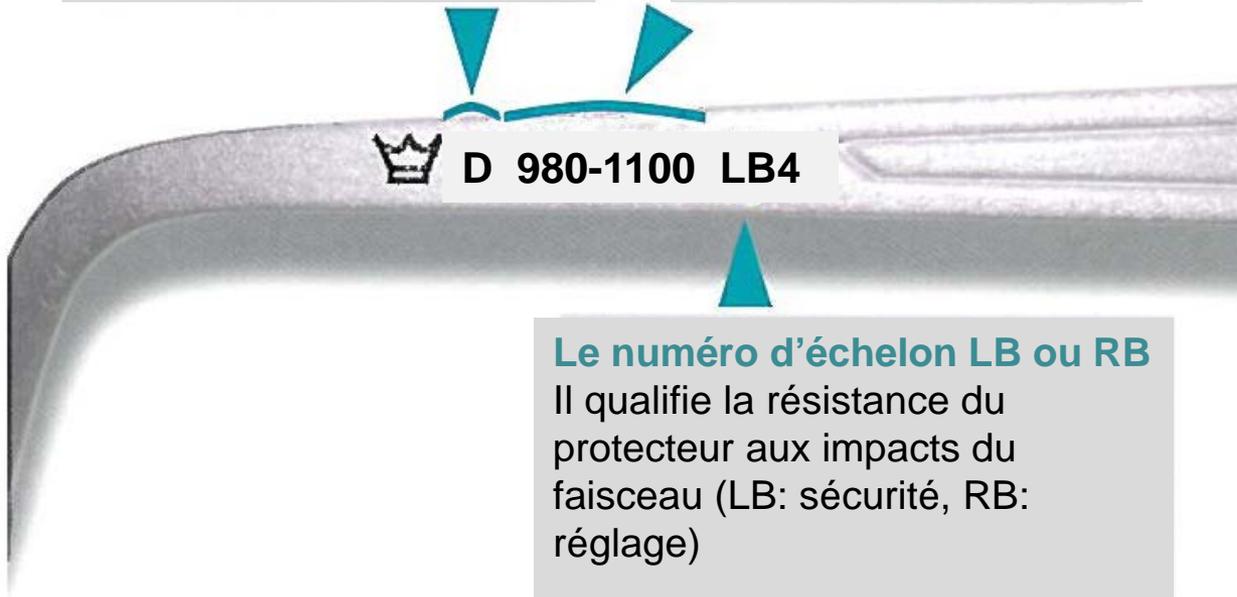
D: > 0,25 s
I: 10⁻⁶ à 0,25 s
R: 10⁻⁹ à 10⁻⁶ s
M: < 10⁻⁹ s

LB : de 1 à 10 (10 est l'indice de protection le plus élevé)

RB : de 1 à 5
uniquement pour les lasers visible (400 à 700 nm), sinon on utilise des lunettes de protection pour les réglage

Le numéro d'échelon LB ou RB

Il qualifie la résistance du protecteur aux impacts du faisceau (LB: sécurité, RB: réglage)



Mode d'émission du laser et marquage des lunettes

| Type | Mode | Durée d'émission |
|--------|---------------------------------|------------------|
| Type D | Continu | Émission > 0,25s |
| Type I | Pulsé - relaxé | ms - μ s |
| Type R | Pulsé - déclenché | μ s – ns |
| Type M | Pulsé – déclenché – mode bloqué | < ns |

- Port des lunettes obligatoire dès lors que la protection collective s'avère partielle ou impossible à mettre en place (phase de réglage...)
 - Port de lentilles de contact est à proscrire
 - Vérification régulière du bon état
 - Rangement dans les étuis
- Les lunettes doivent être conformes:
 - Norme **NF EN 207** pour les lunettes de sécurité (LB ou L)
 - Norme **NF EN 208** pour les lunettes de réglage (RB ou R)
 - Marquage spécifique sur la monture ou sur les verres
 - Marquage CE
 - Certains fabricant indique la Densité Optique (DO)
 - Les lunettes de réglage doivent restituer entre 10 et 20% du laser visible
- Niveau d'atténuation:
 - Ramener le niveau d'exposition de l'œil $<$ à la classe 2M
 - Calcul à faire pour vérifier le bon niveau d'atténuation
 - Le fournisseur peut faire se calcul

Tableau 1 — Numéros d'échelon (facteur maximal de transmission spectrale et résistance maximale au rayonnement laser) des filtres et/ou des protections oculaires contre le rayonnement laser

| Numéro d'échelon | Facteur maximal de transmission spectrale à la longueur d'onde laser $\tau(\lambda)$ | Éclairement (E) et exposition (H) énergétiques pour les essais relatifs à la protection contre le rayonnement laser et à la résistance au rayonnement laser pour les domaines spectraux | | | | | | | | |
|------------------|---|---|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | | 180 nm à 315 nm | | | > 315 nm à 1 400 nm | | | > 1 400 nm à 1 000 μm | | |
| | | Pour les conditions d'essai/durées d'impulsions en secondes (s) | | | | | | | | |
| | | D $\geq 3 \times 10^4$ | I, R 10^{-9} à 3×10^4 | M $< 10^{-9}$ | D $> 5 \times 10^4$ | I, R 10^{-9} à 5×10^4 | M $< 10^{-9}$ | D $> 0,1$ | I, R 10^{-9} à $0,1$ | M $< 10^{-9}$ |
| | | E_D W/m^2 | $H_{I, R}$ J/m^2 | E_M W/m^2 | E_D W/m^2 | $H_{I, R}$ J/m^2 | H_M J/m^2 | E_D W/m^2 | $H_{I, R}$ J/m^2 | E_M W/m^2 |
| LB1 | 10^{-1} | 0,01 | 3×10^2 | 3×10^{11} | 10^2 | 0,05 | $1,5 \times 10^{-3}$ | 10^4 | 10^3 | 10^{12} |
| LB2 | 10^{-2} | 0,1 | 3×10^3 | 3×10^{12} | 10^3 | 0,5 | $1,5 \times 10^{-2}$ | 10^5 | 10^4 | 10^{13} |
| LB3 | 10^{-3} | 1 | 3×10^4 | 3×10^{13} | 10^4 | 5 | 0,15 | 10^6 | 10^5 | 10^{14} |
| LB4 | 10^{-4} | 10 | 3×10^5 | 3×10^{14} | 10^5 | 50 | 1,5 | 10^7 | 10^6 | 10^{15} |
| LB5 | 10^{-5} | 10^2 | 3×10^6 | 3×10^{15} | 10^6 | 5×10^2 | 15 | 10^8 | 10^7 | 10^{16} |
| LB6 | 10^{-6} | 10^3 | 3×10^7 | 3×10^{16} | 10^7 | 5×10^3 | $1,5 \times 10^2$ | 10^9 | 10^8 | 10^{17} |
| LB7 | 10^{-7} | 10^4 | 3×10^8 | 3×10^{17} | 10^8 | 5×10^4 | $1,5 \times 10^3$ | 10^{10} | 10^9 | 10^{18} |
| LB8 | 10^{-8} | 10^5 | 3×10^9 | 3×10^{18} | 10^9 | 5×10^5 | $1,5 \times 10^4$ | 10^{11} | 10^{10} | 10^{19} |
| LB9 | 10^{-9} | 10^6 | 3×10^{10} | 3×10^{19} | 10^{10} | 5×10^6 | $1,5 \times 10^5$ | 10^{12} | 10^{11} | 10^{20} |
| LB10 | 10^{-10} | 10^7 | 3×10^{11} | 3×10^{20} | 10^{11} | 5×10^7 | $1,5 \times 10^6$ | 10^{13} | 10^{12} | 10^{21} |

Les symboles D, I, R et M, relatifs aux conditions d'essai, sont expliqués dans le Tableau 4.

Tableau 1 — Numéros d'échelon, facteur de transmission spectrale et puissance maximale du laser

| Numéro d'échelon | Facteur de transmission spectrale du filtre | Monture | Lasers continus et lasers impulsionnels avec une durée d'impulsion $\geq 2 \times 10^{-4}$ s | Lasers impulsionnels avec une durée d'impulsion comprise entre 10^{-9} s et 2×10^{-4} s |
|------------------|---|---------------------------|--|--|
| | | | Puissance maximale du laser W | Énergie maximale des impulsions J |
| RB 1 | $10^{-2} < \tau(\lambda) = 10^{-1}$ | $\tau(\lambda) = 10^{-1}$ | 0,01 | 2×10^{-6} |
| RB 2 | $10^{-3} < \tau(\lambda) = 10^{-2}$ | $\tau(\lambda) = 10^{-2}$ | 0,1 | 2×10^{-5} |
| RB 3 | $10^{-4} < \tau(\lambda) = 10^{-3}$ | $\tau(\lambda) = 10^{-3}$ | 1 | 2×10^{-4} |
| RB 4 | $10^{-5} < \tau(\lambda) = 10^{-4}$ | $\tau(\lambda) = 10^{-4}$ | 10 | 2×10^{-3} |
| RB 5 | $10^{-6} < \tau(\lambda) = 10^{-5}$ | $\tau(\lambda) = 10^{-5}$ | 100 | 2×10^{-2} |



Cellule QSE

INSTRUCTION

Issue du processus QSE

Réf. CIMAP-INS-QSE-027

Consignes de sécurité laser MIL Salle FCS010

Date de création

Fev 2017

Version 1.0

1) Domaine d'application

Ces consignes sont rédigées à l'attention des utilisateurs des lasers de la salle FCS010.



| Type / Marque | λ (nm) | Emission | Pmax | Classe | Lunettes |
|---|----------------|----------|------|--------|--|
| ALS | 980 | Continue | 15W | 4 | Laser Vision D 690-1320 L6 |
| HeNe | 633 | Continue | 2mW | 3R | UNIVET n°562H0000351 589-699 RB2 |
| CO2 / SYNRAD | 10510 - 10650 | Continue | 75W | 4 | UNIVET n°559G0000020 D 9000-11500 LB5 |
| Responsable de la salle : P. CAMY – Poste 25.89 | | | | | |

Art. No.: 017.T0027.00
 Ø 180-315 L9 LV CE S
 IR 180-315 L5 LV CE S
 D >315-532 L6 LV CE S
 I >315-532 L7 LV CE S
 R >315-532 L5 LV CE S
 M >315-532 L6 LV CE S
 DR 1030-1100 L7 LV CE S



1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
- 8. Signalisation laser**
9. Accidents laser

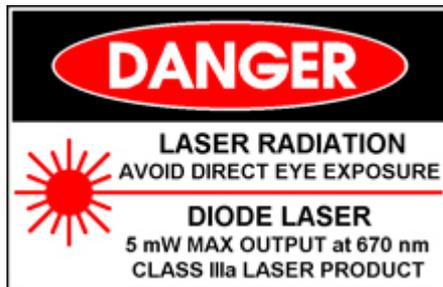
**APPAREIL A
LASER
DE CLASSE 1**

**RAYONNEMENT LASER
NE PAS REGARDER
DANS LE FAISCEAU
NI A L'ŒIL NU, NI A L'AIDE
D'UN INSTRUMENT
D'OPTIQUE
APPAREIL A LASER
DE CLASSE 3A**

**RAYONNEMENT LASER
EXPOSITION
DANGEREUSE
DE L'ŒIL OU DE LA PEAU
AU RAYONNEMENT
DIRECT OU DIFFUS
APPAREIL A LASER
DE CLASSE 4**

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

**RAYONNEMENT
LASER
EXPOSITION AU
FAISCEAU
DANGEREUSE
APPAREIL A LASER
DE CLASSE 3B**



Tout dispositif laser de classe > 1 doit porter :

- le symbole de danger → 

Tout local laser dans lequel un faisceau laser de classe > 3 (ou dépassant les EMP) doit avoir à son entrée:

- le symbole de danger →  

- Un panneau lumineux qui, lorsqu'il clignote, signale le fonctionnement effectif du laser. →



1. Généralités (définition, types de laser, ...)
2. Effets biologiques
3. Réglementation
4. Classification
5. Risques associés
6. Mesures de prévention
7. Lunettes de protection
8. Signalisation laser
- 9. Accidents laser**

Conduite à tenir en cas d'accident

Impact ou suspicion d'impact oculaire

Signes cliniques évoquant un impact oculaire par un laser : douleur oculaire, sensation de sable dans les yeux, trouble visuel

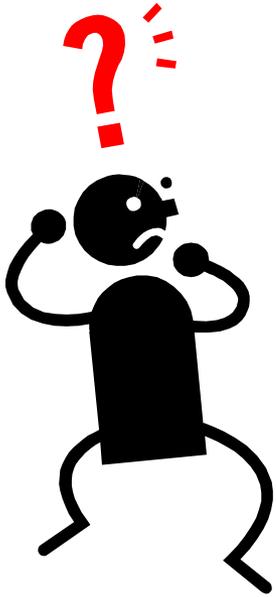
- **Arrêter l'installation** laser
- Mettre la personne en **position allongée** (pour éviter tout risque de saignement ou d'hémorragie rétinienne importante intra oculaire) - Protéger l'oeil par une compresse stérile.
- Prévenir les secours (15)
- Orienter immédiatement vers les **urgences ophtalmologiques** qui décideront de la réalisation d'examens complémentaires et mettront en place le suivi.
- Prévenir le **médecin de prévention**

Conduite à tenir en cas d'accident

En cas d'accident cutané il faudra :

- **Arrêter l'installation** laser
- **Rincer la brûlure** avec de l'eau tempérée pendant 10 minutes
- **Prévenir les secours** (15) qui jugeront de la nécessité d'un transport vers un service d'urgence
- Prévenir le **médecin de prévention**

Merci de votre attention



Sources:

- INSTN: Formation sécurité laser
- CNRS – Risque professionnels à l'attention des nouveaux entrants – le risque laser (D. Courant)
- CEA – Sécurité Laser – Memento à l'usage du personnel des laboratoires – Pôle maîtrise des risques
- Guide pratique de la sécurité laser – Laser conseil
- Norme NF EN 60825-1 – Juillet 1994, Janvier 2006
- INRS – Rayonnements lasers ED6071
- INRS – Les lasers ED5009
- PYLA: Formation personne compétente en sécurité laser