

7. La prévention des risques liés au faisceau

7.1. Les moyens organisationnels

Au CNRS, l'ensemble des aspects organisationnels est résumé sous forme d'un logigramme dans la **fiche 1**. Ce document renvoie à un ensemble de modèles et outils à la fois présentés dans ce cahier de prévention mais également regroupés dans un kit conçu par le CNRS, appelé « kit ROA ». Ce kit est accessible aux assistants de prévention (AP) et RSL via les IRPS.

7.1.1. Référent sécurité laser (RSL)

Le directeur d'unité doit nommer au sein de son unité au moins un référent sécurité laser dès lors que les personnels sont susceptibles d'être exposés à des rayonnements laser dépassant les valeurs limites d'exposition. Le RSL exerce sous son autorité les missions suivantes définies réglementairement :

- Participer aux évaluations des risques exposant les personnes intervenant à proximité d'appareils à laser et à la mise à jour du document unique d'évaluation des risques professionnels.
- Participer à la mise en œuvre de toutes les mesures propres à assurer la santé et

la sécurité des travailleurs intervenant à proximité d'appareils à laser, notamment le dimensionnement des équipements de protection collective et individuelle ainsi que lors de la conception ou la modification de postes de travail.

- Participer à l'amélioration continue de la prévention des risques à partir de l'analyse des situations de travail.

Dans la pratique, l'utilisation de lasers de classe supérieure ou égale à la 3R implique un dépassement des VLE en cas d'exposition et justifie la nomination d'un RSL dont les missions réglementaires se déclinent ainsi :

- Tenir à jour l'inventaire du parc lasers et tenir à disposition les informations sur leurs dangers.
- Proposer les mesures de prévention, dont les consignes de sécurité, en lien avec les responsables des manipulations.
- Former les nouveaux personnels et animer la sensibilisation sur la sécurité laser au moins une fois par an, en lien avec les assistants de prévention de la structure.
- Tenir à jour la liste des personnes habilitées.
- Calculer, si nécessaire, les valeurs d'exposition au poste de travail et les valeurs limites réglementaires, et les comparer entre elles.
- Calculer la distance nominale de danger oculaire si nécessaire.

- Déterminer les échelons des lunettes de protection et de réglage.
- Accompagner les personnels concernés pour la réalisation annuelle de leur fiche individuelle d'exposition aux rayonnements optiques artificiels.
- Procéder à l'analyse des accidents mettant en cause un appareil à laser, en lien avec l'assistant de prévention.
- Organiser la gestion des situations accidentelles, en lien avec l'assistant de prévention.

Pour assurer ces missions, le RSL doit être aguerri aux problématiques laser et présenter un profil scientifique compatible avec cette mission.

Une formation relative à la prévention du risque laser est proposée au RSL préalablement à sa prise de fonction (**Paragraphe 7.3.1.**).

Le directeur d'unité adresse une lettre de mission au RSL (**Annexe 2**) pour formaliser sa prise de fonction. Cette lettre précise ses missions et les moyens mis à sa disposition.

Les **fiches 2 et 3** proposent aux RSL respectivement un modèle d'inventaire du parc lasers avec leurs principales caractéristiques et une grille d'évaluation de la mise en œuvre de la sécurité laser dans l'unité. Elles sont également disponibles en format modifiable dans le « kit ROA » du CNRS. Leur réalisation constitue un préalable à l'organisation des unités en matière de prévention du risque laser.

7.1.2. Habilitation

Les personnes susceptibles d'être exposées à des rayonnements optiques artificiels pouvant dépasser les VLE doivent être identifiées, avoir bénéficié d'une formation aux risques et faire l'objet d'un suivi médical adapté.

À cette fin, le directeur d'unité doit mettre en place des habilitations au risque laser délivrées après que la formation mise en place en interne par le RSL ait été suivie, et précisant :

- le champ d'application géographique (liste des installations couvertes par l'habilitation) ;
- les types d'interventions autorisées ;
- la durée de validité (recommandée à 3 ans).

La **fiche 8** propose un modèle pour la tenue d'une liste des personnes habilitées.

7.1.3. Notice de poste

La notice de poste est un document simplifié regroupant les informations concernant le risque présent en fonction du type d'activité (réglage, alignement, exploitation...) ainsi que le détail des mesures de prévention prévues (**Fiche 11**).

Elle est mise en place pour chaque poste de travail et doit comporter au minimum :

- les caractéristiques du faisceau (classe, VLE, DNRO, énergie/puissance, cadence, durée d'impulsion...),
- les caractéristiques des EPI adaptés et leur lieu de stockage,
- les autres risques présents,

NOTICE DE POSTE
Indiquer le nom de l'installation - Salle XXX

Caractéristiques LASER					
Classe					
Longueur d'onde (nm)					
Mode (D / I / R / M)					
Puissance / VLE					

Risque laser au poste de travail

Indiquer précisément la nature du(s) risque(s) et préciser les mesures prises, lorsque s'y a exposition au risque.

Risques associés

Indiquer succinctement la nature du(s) danger(s) et la prise de précaution (sans être exhaustive) :

- Risque chimique (préciser le ou les produits chimiques)
- Risque électrique (préciser l'équipement, la source et l'intensité)
- Risque d'incendie (préciser la source possible)
- Risque de rayonnement ionisant (préciser le dosage)
- Risque lié au bruit (préciser la source)
- Risque d'asphyxie (préciser la source)
- Risque de brûlure chaud / froid (préciser la source)

Consignes de sécurité à respecter

Indiquer, en mode opératoire précis à suivre, les équipements de protection individuelle (en particulier le mode de rangement de sécurité (ASP)) ou collective, les paramètres à surveiller, des interventions à respecter, les matériels à utiliser (optiques ou type d'oculaire)...

Nom : Responsable sécurité laser / Responsable prévention / Responsable de l'installation / Directeur d'unité
(nom, signature) / (nom, signature) / (nom, signature) / (nom, signature)

- les coordonnées des personnes en charge de l'installation (DU, responsable de l'équipement, AP, RSL).

Ce document, réglementairement obligatoire, permet de synthétiser les informations de sécurité d'une installation et constitue un

support pratique lors des formations des nouveaux entrants.

Dans le cas d'une installation de recherche, il peut être difficile de disposer à chaque poste de travail d'une notice de poste. Il est cependant nécessaire, au minimum, de réaliser une fiche traitant du faisceau « primaire » sortant de la cavité. Cette fiche synthétique doit également prendre en compte des situations présentant un risque différent de celui du faisceau primaire (diminution de diamètre, refocalisation) ou à l'occasion d'un changement de longueur d'onde.

7.1.4. Notice de salle

Lorsqu'une salle comporte plusieurs installations, afin de simplifier la démarche, il est recommandé de regrouper dans une notice de salle (**Fiche 12**) l'ensemble des consignes communes à toutes ces installations, telles que :

- les tenues de travail (port de la blouse, absence de bijoux...),
- la signification de l'ensemble des signalétiques lumineuses,
- la liste des personnes habilitées à entrer,
- les coordonnées des personnes en charge du local.

Ce document peut également servir de support de formation pour les nouveaux entrants.

 Procédure de sécurité Référence : E-compléter
Mise à jour : E-compléter

NOTICE DE SALLE

Indiquer le nom du local - Salle XXX

Risques présents					
<small>Sélectionner les risques présents dans le local (Là où non encocher)</small>					
					
					

Accès réservé aux personnels habilités <small>(A compléter)</small>		
	Pierre DURAND	
	Marc DUPONT	
	Cécile BOUTIN	

Conduite à tenir (signalisation)*		
	Accès interdit	
	Accès limité : LASER en fonctionnement non protégé.	Enlever le modèle des boîtes de sécurité à porter
	Accès limité : LASER en fonctionnement protégé.	Enlever le modèle des boîtes de sécurité à porter
	Accès libre : LASER éteint.	

* Ces recommandations sont valables à l'usage et à l'usage de la situation "recommandée" pour la salle

Date: Référent sécurité laser (nom, signature) Assistant de prévention (nom, signature) Directeur d'unité (nom, signature)

7.1.5. Procédure de mise en marche

Avant d'activer l'émission du faisceau laser, l'opérateur doit successivement :

- 1 s'assurer de la présence des EPI dans le sas d'entrée,
- 2 porter les EPI adaptés,
- 3 vérifier l'absence de personnes non protégées dans le local,

- 4 prévenir les personnes présentes de l'activation imminente du faisceau,
- 5 signaler la présence du risque laser en actionnant le voyant lumineux (automatique en cas d'asservissement).

Si pour des raisons d'exploitation, le temps de chauffe d'un appareil à laser est important, sa mise sous tension peut être anticipée et dissociée de l'émission laser en utilisant un obturateur de sécurité empêchant ainsi l'émission du faisceau. Dans ces conditions, il n'y a pas de risque d'exposition. Le risque laser peut alors n'être signalé qu'au moment de l'ouverture de l'obturateur.

7.1.6. FIEROA

Chaque personne autorisée et susceptible d'être exposée à des rayonnements laser doit disposer d'une fiche individuelle d'exposition aux rayonnements optiques artificiels (FIEROA). Elle doit être mise à jour en cas de modification des installations et/ou de la nature de l'activité, et obligatoirement avant chaque visite médicale. Cette fiche intègre les situations d'exposition en conditions normales d'utilisation ainsi que les éventuelles expositions accidentelles.

La personne exposée complète ce document réglementaire en lien avec le référent sécurité laser, puis le transmet au directeur d'unité pour validation et signature. L'original est archivé dans son dossier administratif.

La **fiche 9** présente un modèle de FIEROA.

7.1.7. Prévention lors des opérations de maintenance

Les opérations de maintenance réalisées par des entreprises extérieures nécessitent la rédaction d'un plan de prévention dont l'objectif est de faire apparaître les risques liés à la co-activité (risques liés à l'environnement existant et spécifiques à la maintenance) et les moyens de prévention à mettre en œuvre (étendue de la zone laser, restriction d'accès, EPI adaptés...).

Sans être formalisée par le plan de prévention, la même démarche doit être menée lorsque les opérations de maintenance sont réalisées en interne.

Un point de vigilance est à apporter aux appareils à laser de classe 1, tels que : appareils à cytométrie de flux (FACS), spectromètres RAMAN... De par leur conception, ces équipements ne présentent aucun risque d'exposition au faisceau qu'ils renferment. Il est recommandé de faire appel à des sociétés extérieures pour réaliser la maintenance de ces équipements. Dans le cas d'une maintenance réalisée en interne, le recours à des compétences de type RSL est nécessaire.

Dans tous les cas, durant une opération de maintenance, des EPI adaptés doivent être disponibles et l'accès au local restreint.

En complément des différents moyens de prévention présentés dans ce chapitre, la **fiche 10** récapitule l'ensemble des bonnes pratiques de laboratoire relatives à la prévention du risque laser.

7.2. Les moyens techniques

La première étape de prévention est la délimitation d'une zone laser, dite ZNRO (**Sous-chapitre 4.3.**), à l'intérieur de laquelle l'opérateur est susceptible d'être exposé à un éclairement supérieur aux VLE pour l'œil.

Pour les appareils à laser de classe 3R, 3B et 4, la ZNRO peut être très étendue. Ils doivent donc être installés dans une zone dédiée appelée local laser, excepté les lasers utilisés spécifiquement en extérieur.

Pour les appareils à lasers de classe 1 et 1C intégrant un laser de classe supérieure, la sécurité est assurée par la conception de l'appareil en condition normale d'utilisation. Ces équipements peuvent être utilisés sans contrainte particulière.

7.2.1. Le local laser

Ce local peut consister en une pièce ou une aire délimitée par des cloisons, fixes ou mobiles (cabine, enceinte de protection...). Il est considéré comme une zone à accès réservé au personnel habilité par le directeur d'unité.



Figure 17 Appareil à laser émettant à 193 nm dans son enceinte de protection en plexiglas (filtrage des UV)

REMARQUES

- Une paroi ou une cloison mobile fait partie intégrante des moyens de prévention et ne doit être déplacée que pour des opérations prévues avec mise en place de mesures compensatoires si nécessaire.
- Un appareil à laser peut être installé dans une enceinte jouant le rôle d'équipement de protection collective. Lorsque cette enceinte comporte des parois transparentes, celles-ci doivent être conformes à la norme NF EN 12254*. L'enceinte de protection dispose également d'une signalétique lumineuse (voir photo ci-contre) pour son fonctionnement en condition normale d'utilisation. Une seconde signalétique lumineuse doit être installée à l'entrée du local où est installé l'appareil à laser. Elle permet d'étendre la signalisation du danger au local entier lors des étapes de maintenance et de réglage durant lesquelles l'enceinte est rendue inopérante par retrait d'un ou plusieurs protecteurs.

* L'application LISA du CNRS propose un calcul du niveau de protection des écrans selon la norme NF EN 12254.

Signalétique

Une signalétique adaptée doit être mise en place, indiquant la présence d'un laser et son niveau de risque.

À chaque accès du local, cette signalétique doit être clairement visible et lisible. Elle comprend :

- Le pictogramme « risque laser ».



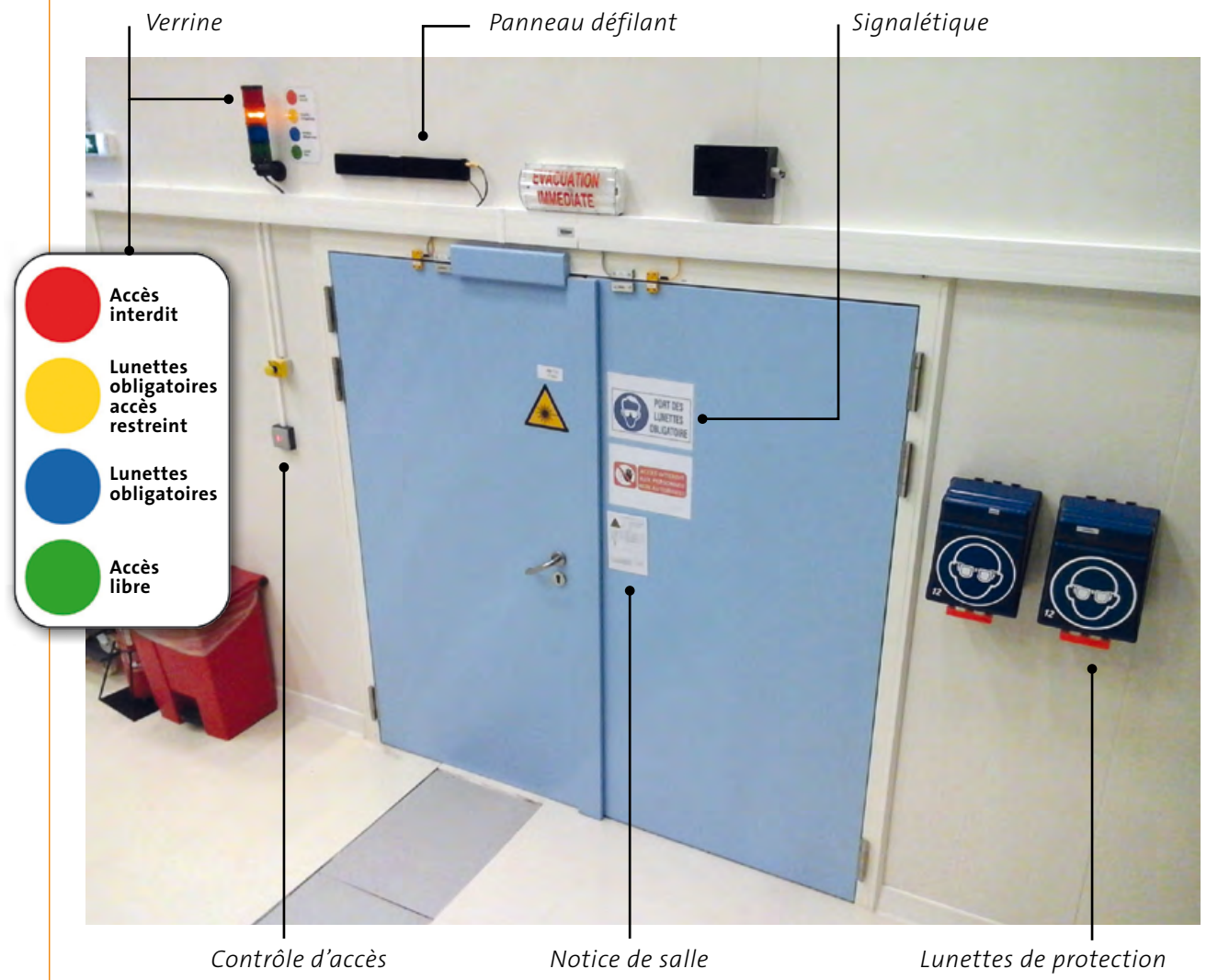
- Un voyant lumineux, clignotant ou non, apposé de manière visible, avertissant de la mise en route d'un laser dans le local. Il peut être complété par l'émission d'un signal sonore. Si une installation comporte plusieurs lasers de classe 3B ou 4, le voyant lumineux doit être activé dès qu'une des sources est sous tension (condensateur de l'alimentation électrique inclus). Quand cela est possible, il est recommandé d'asservir le voyant lumineux à l'alimentation du laser.

Ces voyants peuvent également être remplacés par des verrines lumineuses (ou colonnes lumineuses). Composées de plusieurs voyants, elles permettent d'informer plus précisément sur la nature du risque en fonction de l'utilisation du laser. La signification de chaque couleur de verrine doit être précisée* et il est conseillé de l'harmoniser pour l'ensemble de l'unité.

* S'assurer de la bonne compréhension des codes couleurs pour les personnes dyschromates.

► Exemple 1

Solution technique avec contrôle d'accès et voyants lumineux indiquant la conduite à tenir.



► Exemple 2

Solution organisationnelle (voyant simple, communication orale, sas d'accès aux lunettes de protection)

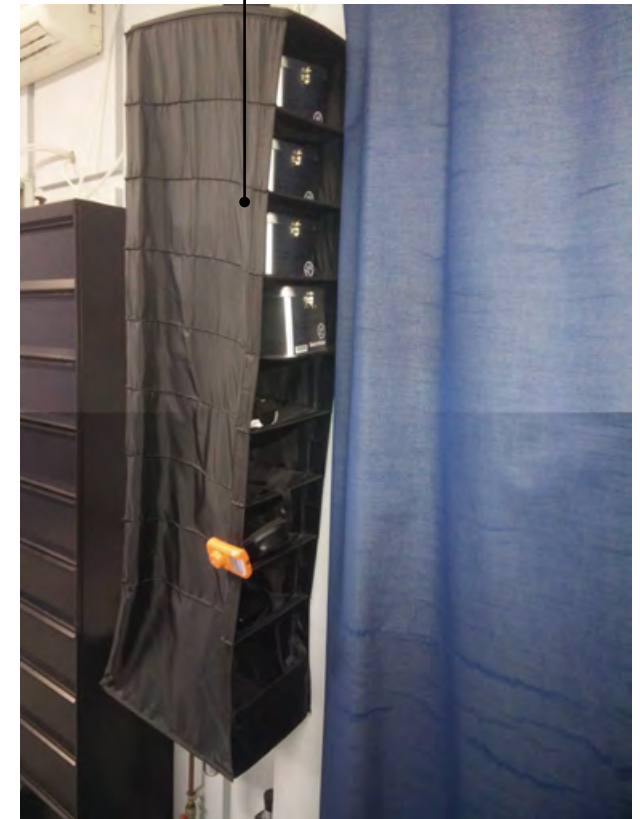
Voyant



Rideau occultant de résistance au feu de classe M1 délimitant le sas



Mise à disposition des lunettes de protection



Trois lasers femtoseconde dont un accordable (4 longueurs d'onde différentes) sont installés dans ce local laser. Lorsque le voyant lumineux est allumé, tout visiteur doit se signaler. Après autorisation d'entrer, le visiteur s'informe du modèle de lunettes de sécurité à porter. Elles sont accessibles dans le sas.

- Une instruction explicitant le fonctionnement de ce(s) voyant(s) et indiquant les règles d'accès et les EPI à utiliser, tels que définis dans la notice de poste (**Paragraphe 7.1.3.**).

À l'intérieur du local, la présence du risque peut être rappelée par une signalétique identique complétée par une notice de salle à l'entrée de la salle (**Paragraphe 7.1.4.**) et par des notices de poste (**Paragraphe 7.1.3.**) au poste de travail.

Accès au local

- La restriction d'accès peut se faire par badge, par serrure (à clé ou à code) ou par l'affichage de la liste des personnes habilitées.
- Il est recommandé de mettre en place des moyens de communication.
- Lorsqu'un laser est en marche, l'accès au local ne peut se faire qu'après autorisation des personnes présentes dans le local.
- En fonction de l'évaluation des risques, un sas d'entrée doit être intégré dès la conception du local. À défaut, il peut être constitué de panneaux ou de rideaux opaques, conformes à la norme NF EN 12254 et, pour les lasers de classe 4, non inflammables**. De plus, le sas présente l'avantage de pouvoir y entreposer les EPI adaptés.

Ce sas permet à toute personne souhaitant accéder au local, d'attendre une autorisation d'entrer, évitant ainsi tout risque d'exposition accidentelle.

Des dispositifs d'arrêts d'urgence peuvent y être installés.

Les différents types de sas et la signalétique associée

- Le sas est un rideau ou un panneau : il fait partie du local laser → signalétique à l'entrée du local laser.
- Le sas est un local (au sens immobilier) donnant accès à un local laser : le sas fait partie intégrante du local laser → signalétique à l'entrée du sas.
- Le sas est un local (au sens immobilier) donnant accès à plusieurs locaux laser : il dessert ces locaux laser sans toutefois en faire partie → signalétique sur chacune des portes d'accès aux locaux laser.

Organisation du local

- L'éclairage ambiant doit être le plus élevé possible (minimum 500 lux) :
 - pour réduire la taille de la pupille des personnels présents et donc réduire la probabilité de recueillir un faisceau ou partie de faisceau dans les yeux,
 - pour maintenir une vision suffisante à travers les lunettes de sécurité.

- Pour les situations nécessitant de travailler dans le noir, les utilisateurs doivent avoir à disposition des lampes torches ou frontales et des éclairages d'appoints.
- Les revêtements des murs et cloisons doivent être non réfléchissants, mats et, notamment pour les lasers de classe 4, non inflammables**. Les surfaces réfléchissantes (posters, tableaux blancs...) sont à proscrire.
- Le local choisi doit être, de préférence, dépourvu de fenêtre ; dans le cas contraire, elles doivent être occultées par des matériaux conformes à la norme NF EN 12254 et, pour les lasers de classe 4, non inflammables**.
- Les zones de circulation doivent être au minimum de 80 cm de large. Elles doivent rester dégagées afin d'éviter tout risque de chute. Le passage des câbles et des tuyaux doit être agencé de manière à ne pas entraver les circulations, à l'aide de faux-planchers, faux-plafonds, chemins de câbles...
- Le passage du faisceau dans les zones de circulation est proscrit.
- Cas du transport de faisceau par fibre optique : la fibre doit être protégée de toute dégradation accidentelle par une gaine métallique ou un tube rigide. Le cheminement ne doit pas générer d'autre risque (notamment chute). Chaque sortie de fibre est une nouvelle source laser qui doit faire l'objet d'une évaluation des risques. Lorsque la sortie est placée dans un autre local, ce dernier devient également un local laser.

** Résistance au feu de classe M1 selon la norme NF P92-507



7.2.2. Conception du dispositif expérimental

Choix de la source

Afin d'éviter une exposition inutile, les caractéristiques du laser retenu doivent être adaptées à l'expérience.

La détermination des moyens de protection

collective et/ou individuelle adaptés à la future installation s'impose dès le projet d'achat et de conception.

Implantation de l'installation

- Le trajet du faisceau doit être connu et anticipé.
- Il ne doit pas être dirigé directement vers une porte ou une fenêtre.

- Il est préférable de garder le faisceau dans un plan horizontal, en évitant les changements de hauteur (risque de fuite de faisceau laser vers le haut).
- Les dimensions de la table ainsi que l'espace de circulation autour de la table doivent permettre un accès facile aux composants optiques et instruments les plus éloignés.
- Le poste de travail (poste informatique, table de préparation, paillasse...) est de préférence abrité derrière un écran ou un rideau conformes à la norme NF EN 12254. Dans tous les cas, sa hauteur est choisie pour ne pas placer les yeux de l'opérateur à hauteur du faisceau (utilisation de siège haut, de table haute...)
- Les écrans de contrôle, lecteurs des instruments et oscilloscopes sont installés en hauteur, et non sur la table optique.
- Les parties susceptibles d'arrêter le faisceau doivent pouvoir résister à une exposition accidentelle sans fondre ni dégager de fumée.

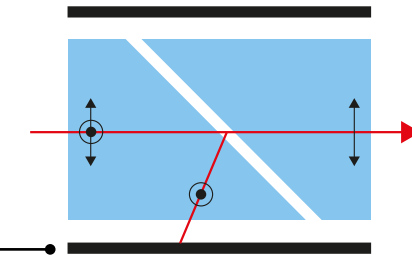
Parcours du faisceau

Il doit être parfaitement connu et si possible matérialisé. Pour cela :

- Les fuites résiduelles ainsi que les réflexions involontaires sont repérées et autant que possible bloquées par un absorbeur. La tenue au flux des composants optiques est adaptée à l'énergie ou la puissance utilisée.
- Les supports d'optiques sont, si possible, non-réfléchissants (noirs) et toujours fixés sur la table.

- Les éléments séparateurs de faisceau (polariseur, prisme biréfringent, composant diffractif...) font l'objet d'une attention particulière : en effet, le faisceau peut être transmis et/ou réfléchi dans des directions non souhaitées. Les différents trajets doivent être pris en compte.

Un même laser peut exposer à plusieurs longueurs d'onde simultanément. Dans ce cas, les équipements de protection doivent tenir compte du risque d'exposition à l'ensemble des sources.



Bague de blocage de la polarisation réfléchie

Figure 19 Polariseur Glan-Taylor



Figure 18 Séparation de faisceaux par polarisation

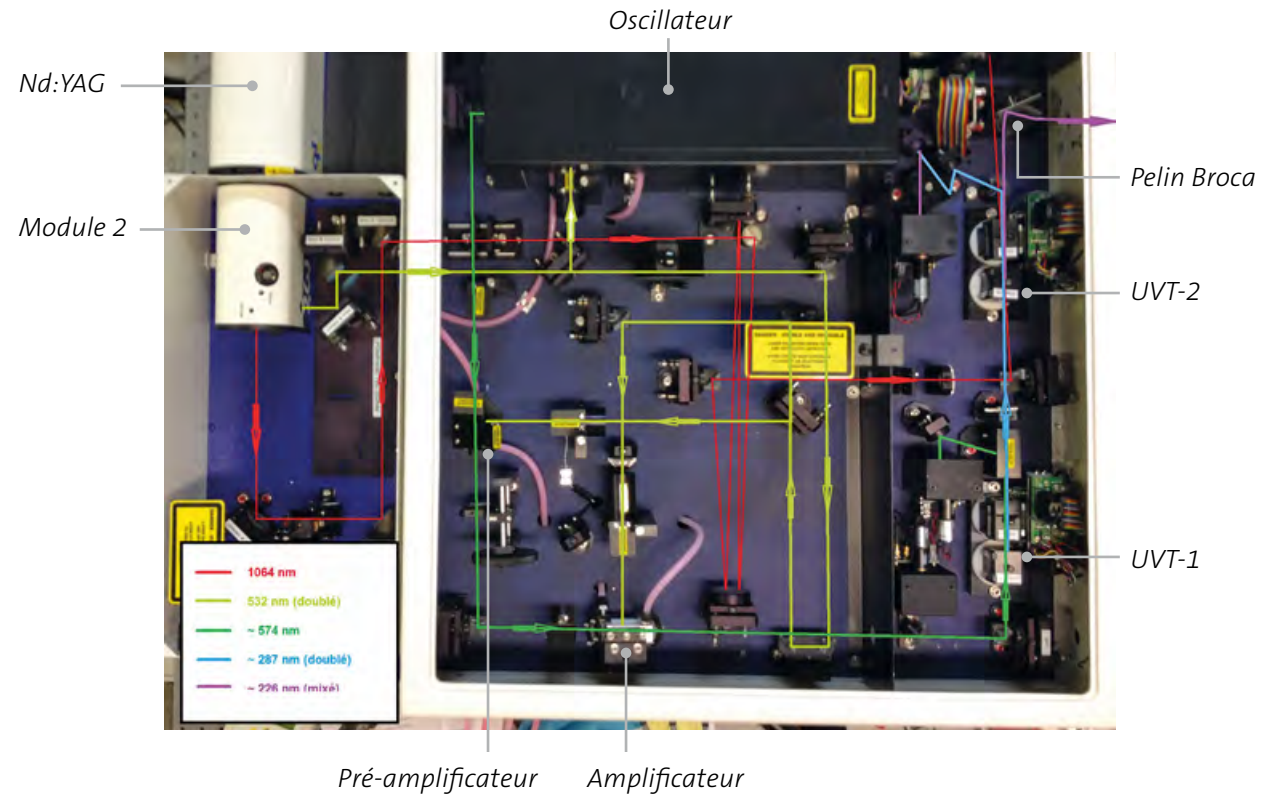


Figure 20 Intérieur d'un laser à colorant, faisant apparaître la multiplicité des longueurs d'onde mises en œuvre en vue d'obtenir un faisceau à 226 nm

Focus sur la visualisation des faisceaux

Les faisceaux infrarouges et ultraviolets ainsi que les faisceaux du domaine visible mais rendus invisibles par le port des lunettes, peuvent être visualisés par :

- UNE CARTE DE VISUALISATION



Figure 21 Cartes de visualisation

- UN VISEUR « INFRAROUGE »



Figure 22
Viseur « infrarouge »

Il permet de visualiser rapidement la position de l'impact du faisceau et est utile pour mettre en évidence les fuites et les réflexions involontaires mais ne doit pas être utilisé dans l'axe du faisceau.

- UNE CAMÉRA



Attention, elles peuvent réfléchir légèrement le faisceau et doivent donc toujours être orientées vers le bas.



Figure 23 Système de visualisation déporté

L'utilisation de caméras permet une visualisation précise du faisceau et garantit une sécurité optimale.

La superposition du faisceau d'un laser visible d'alignement de classe 2 à celui d'un laser de puissance invisible permet un alignement facile et sans protection, sans avoir à mettre en œuvre le laser de puissance.

Fixation des optiques et des supports

Les optiques doivent être fixés à leur support et ce dernier doit être stable et fixé à la table. Les supports inutilisés sont retirés du trajet du faisceau. Les tables optiques sont dégagées des outils de montage.

Lorsqu'un composant est mis en place, le premier alignement doit être effectué à énergie réduite. Une fois sa position bien définie, il est fixé correctement, puis peut être utilisé aux paramètres nominaux.

Gestion de la fin de faisceau

Le faisceau n'est pas nécessairement arrêté totalement par une cible. Il peut être partiellement filtré, dévié, réfléchi, transmis. Les faisceaux résiduels doivent être stoppés par un bloqueur qui résiste durablement au flux laser. Ce peut être une simple plaque métallique anodisée noire, un diffuseur, un système à réflexions multiples, un verre absorbant refroidi par circulation d'eau.

Les faisceaux résiduels ne doivent pas se propager librement à travers le local. En particulier, ni les murs ni les cloisons ne doivent être utilisés comme bloqueurs de faisceau.



Bloqueur refroidi à eau (cône)



Bloqueur de faisceau par réflexions multiples (piège)



Bloqueur refroidi à eau (verre absorbant)

Figure 24 Exemples de bloqueurs de faisceau

Alignement et maintenance

Dans les phases d'alignement ou lors des opérations de maintenance (**Paragraphe 7.1.7.**), le risque d'exposition est accru: capots de protection ouverts, plusieurs longueurs d'onde. S'ils existent, des EPI adaptés à ces situations de travail doivent être disponibles. Dans le cas contraire, des mesures compensatoires doivent être prises.

Dans les conditions normales d'exploitation, il est conseillé d'utiliser des réglages manuels déportés, des supports motorisés et des caméras. Tout en réduisant le risque d'exposition, cette disposition rend l'alignement plus confortable et les réglages plus précis.

Capotage et tubage

Le capotage du faisceau laser permet de limiter l'exposition à la source. Sa conception doit être concertée avec les utilisateurs pour prendre en compte l'accès aux éléments optiques, la fréquence des maintenances et les possibilités matérielles.

La solution retenue ne doit pas engendrer de nouveaux risques (choc, coupure, pincement...).

Si le faisceau se propage entre plusieurs tables, il doit être protégé dans son parcours libre par un tubage, fixe ou amovible.

Si le faisceau change de hauteur à l'aide d'un périscope (ascenseur de faisceau), il est également nécessaire de capoter ce dernier.



Figure 25 Exemple de capotage

Outre la fonction de sécurité, le capotage permet de limiter les désalignements accidentels, d'améliorer la propreté des optiques et de limiter les turbulences.

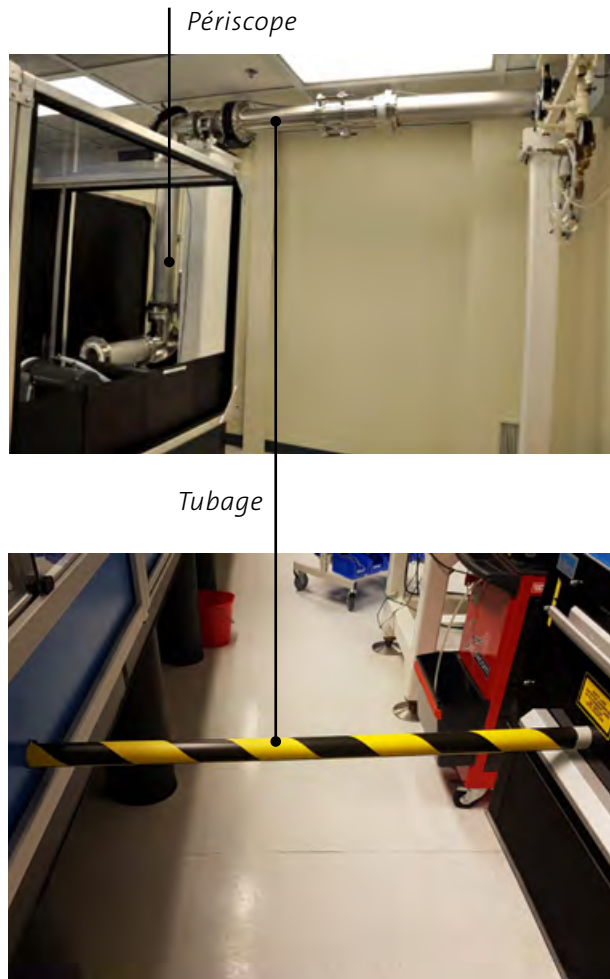


Figure 26 Exemples de tubage et de périscopes

Protecteurs pour lasers Normes NF EN 12254 et NF EN 60825-4 : différences et applicabilité ?

La norme NF EN 12254 (Écrans pour poste de travail au laser - Exigences et essais de sécurité) est une norme **à destination des utilisateurs** pour la conception des protecteurs passifs uniquement (écrans rigides et flexibles). Le niveau de protection repose sur des numéros d'échelon (de AB1 à AB10) correspondant à une densité optique. Cette norme s'applique pour les installations dont la puissance moyenne maximale est de 100 W ou dont l'énergie maximale d'impulsion est de 30 J dans le domaine spectral de 180 nm à 10^6 nm (1 mm). La certification NF EN 12254 est réalisée par un organisme agréé.

La norme NF EN 60825-4 (Sécurité des appareils à laser - Partie 4 : protecteurs pour lasers) est une norme **à destination des fabricants** pour la conception des protecteurs actifs (tout équipement qui repose sur le fonctionnement tel qu'un système de commande, un interlock...)

et des protecteurs passifs (panneau, capot, fenêtre d'observation...), tous les deux destinés à être intégrés dans les appareils à laser mais également à protéger le poste de travail au niveau du faisceau sortant. Le niveau de protection est présenté comme un temps maximal d'exposition correspondant à la limite d'exposition protégée (LEP ou PEL), fonction de l'énergie du flux et des caractéristiques de tenue aux flux du protecteur. Par exemple : PEL (T3) de 10 s pour 150 MW/m² sur une surface de 4 mm². Il n'existe pas de limite supérieure à la notion de résistance aux flux. Par exemple, un bloc de béton pourrait être certifié par le fabricant selon cette norme.

RECOMMANDATION POUR LES PROTECTEURS PASSIFS : au-delà de 100 W ou 30 J, la norme NF EN 12254 ne s'applique plus. L'alternative est de se tourner vers la norme NF EN 60825-4.

7.2.3. Équipements de protection individuelle : lunettes de sécurité laser

Les lunettes de sécurité laser se divisent en deux catégories, en fonction de l'objectif de filtration souhaité : les lunettes de protection et les lunettes de réglage.

Il n'existe pas de lunettes « universelles » pour se protéger de l'exposition à des émissions laser. Chaque appareil à laser nécessite des lunettes de sécurité appropriées (consulter la documentation de l'équipement qui peut comporter des informations utiles).

De plus, les lunettes de sécurité laser, qu'elles soient de protection ou de réglage, ne protègent en aucun cas d'une vision directe intentionnelle (le faisceau ne doit jamais être regardé directement).

Ces équipements de protection sont donc dimensionnés pour traiter des expositions accidentelles de courtes durées et doivent être portés durant toute la durée du risque d'exposition.

Le choix de ces lunettes est un point critique dans la prévention du risque laser. Les informations fournies par les utilisateurs doivent permettre au RSL de déterminer l'échelon de sécurité normatif à utiliser.

En outre, elles doivent être adaptées à la morphologie de la personne qui les porte. Les lunettes peuvent être utilisées tant que le marquage apposé dessus est lisible et que leur intégrité est conservée. En revanche, les lunettes impactées ou détériorées perdent de leur

efficacité et peuvent laisser passer une partie du rayonnement qu'elles sont censées atténuer : dans ces cas, elles doivent être remplacées.

Marquage des lunettes

Ces lunettes doivent porter le marquage CE, attestant de la conformité de l'ensemble de l'équipement (monture et verre) pour leur mise sur le marché européen.

Elles n'ont pas de date de péremption.

Les informations suivantes se retrouvent sur le verre et/ou la monture :

- type de rayonnement traité
- longueur d'onde traitée
- échelon d'atténuation

REMARQUE

En l'absence de lunettes de sécurité disponibles sur le marché et conformes à la norme française, des lunettes de sécurité répondant à la réglementation américaine peuvent être utilisées, en complément des mesures de protection collectives.

Le calcul des échelons de protection et la signification du marquage sont explicités dans la [fiche 6](#).



Figure 27 Exemples de marquage de lunette de sécurité avec double certification US et CE.

Lunettes de protection

Cette première catégorie de lunettes, la plus répandue, répond à la norme NF EN 207. Le domaine spectral couvert par ce référentiel va de 180 nm à 1 000 µm.

L'atténuation par le filtre ramène l'éclairement à une valeur inférieure à la VLE, c'est-à-dire à une valeur non dangereuse.



REMARQUES

- Pour certaines installations laser couvrant de larges gammes de longueurs d'onde, il n'existe pas de filtre adapté à toute la gamme. Dans ce cas, il faut choisir les lunettes les plus «approchantes» et adapter les protocoles.
- Lorsque la plage spectrale recouvre une large partie du domaine visible, il est difficile de trouver des lunettes de sécurité adaptées offrant une visibilité suffisante et confortable pour l'utilisateur. Lorsque la transmission dans le visible est inférieure à 20 %, une mention particulière est portée sur la notice d'information fournie par le fabricant recommandant d'augmenter en conséquence l'éclairage ambiant du local laser (**Paragraphe 7.2.1.**).

Lunettes de réglage

Les lunettes de réglage répondent à la norme NF EN 208. Elles ne peuvent être utilisées que dans le visible. Elles ramènent l'exposition à un niveau équivalent à celle de la classe 2.

L'application LISA du CNRS propose le calcul du numéro d'échelon des lunettes de protection (NF EN 207) et de réglage (NF EN 208).

7.2.4. Équipements de protection individuelle : gants et vêtements de protection laser

À ce jour, il n'existe pas de procédure certifiée permettant l'évaluation de gants et vêtements de protection laser. Dans le commerce, quelques fournisseurs proposent des gants qui ne reposent que sur de l'auto-certification. De plus, des modèles conçus pour l'utilisation de systèmes de soudage laser portatifs à haute performance sont disponibles dans le commerce, mais ils ne sont pas adaptés pour une utilisation en laboratoire de recherche.

7.3. Les moyens humains

7.3.1. La formation

Les personnels (préventeurs et utilisateurs) concernés par le risque laser (susceptibles d'être exposés à des éclaircements dépassant les VLE) doivent bénéficier d'une formation spécifique, théorique et pratique, et appropriée à leurs activités.

Le référent sécurité laser (**Paragraphe 7.1.1.**), lors de sa prise de fonction, doit bénéficier d'une formation abordant les items suivants :

- le laser (principe de fonctionnement) ;
- les risques liés à l'appareil et au faisceau ;

- la réglementation et les normes traitant de sécurité laser ;
- les définitions et modes de détermination des grandeurs de sécurité laser (principalement VLE, DNRO, échelon de lunettes) ;
- les aspects techniques et organisationnels de la prévention du risque laser en laboratoire de recherche. Une attention particulière doit être apportée à la détermination des EPI/EPC (calculs d'échelon de lunettes de protection) ;
- les conduites à tenir en cas d'accident laser.

L'assistant de prévention dispose d'un module spécifique à la prévention du risque laser lors de sa formation initiale et/ou continue.

Au CNRS, la formation des RSL est d'une durée de 2,5 jours. Le programme est adapté au contexte de la recherche et comprend notamment l'organisation à mettre en place au sein d'une unité de recherche, l'utilisation et l'interprétation des résultats issus de l'application LISA (**Fiche 4**) et la comparaison avec les calculs manuels ainsi qu'une visite d'installation en laboratoire de recherche. Elle est réalisée par 3 intervenants internes : un ingénieur en prévention des risques professionnels, un lasériste responsable d'exploitation d'une importante installation laser et un médecin de prévention.

Les utilisateurs, et notamment les nouveaux entrants, doivent recevoir une formation sur la prévention du risque laser propre à l'unité. Cette formation est mise en place par le RSL, ou à défaut par l'AP qui peut l'animer ou la faire dispenser par les encadrants. Elle doit aborder au minimum les mêmes thèmes que ceux traités à la formation du RSL mais dans de moindres proportions (format allant de 2 à 4 heures). Cette formation interne s'appuie sur les notices de postes mises en place dans l'unité et intègre une visite des installations.

Ces formations doivent faire l'objet d'une traçabilité (programme de formation et émargement).

Un support de formation modifiable est disponible dans le kit ROA du CNRS.

7.3.2. Le suivi médical

Visite médicale d'embauche

Les agents susceptibles de travailler avec des rayonnements laser doivent bénéficier d'une visite médicale avant l'affectation au poste de travail. Elle s'appuie sur la fiche individuelle d'exposition aux rayonnements optiques artificiels (FIEROA) établie sous la responsabilité du directeur d'unité (**Paragraphe 7.1.6.**).

Au CNRS, le médecin de prévention s'appuie également sur la fiche individuelle des risques et conditions de travail (FIRCT), autodéclarative, remplie par l'agent préalablement à la visite médicale pour adapter au mieux la surveillance médicale. Elle apporte cependant moins d'informations quant au niveau d'exposition que la FIEROA réglementaire.

Cette visite est notamment l'occasion de dépister des pathologies pré-existantes pouvant contre-indiquer l'exposition aux lasers, notamment dans le cas des personnes monophthalmes (un seul œil fonctionnel) ou amblyopes (perte d'aptitude visuelle d'un ou des deux yeux).

De même, une attention particulière doit être portée aux personnes atteintes d'opacités cristalliniennes évolutives (par exemple dans le cas d'un diabétique) ainsi qu'aux porteurs d'altérations graves du fond d'œil (anomalies vasculaires, décollement de rétine...).

Par ailleurs, certains éléments de « vulnérabilité » sont à prendre en compte par exemple chez les personnes présentant des migraines de façon chronique ou souffrant d'épilepsie (les lasers pulsés visibles sont susceptibles de déclencher des crises).

Certaines pathologies cutanées ou la prise de médicaments anticoagulants ou photosensibilisants sont également à prendre en compte.

L'examen médical peut être suivi de la réalisation d'examen complémentaires et notamment d'un examen ophtalmologique complet, présentant l'avantage d'avoir une valeur médico-légale.

L'examen ophtalmologique comprend : la détermination de l'acuité visuelle, l'étude du cristallin, l'étude du champ visuel et l'étude de la rétine par l'examen du fond d'œil avec photographie rétinienne.

À l'heure actuelle, les examens les plus pertinents semblent être le fond d'œil associé, selon l'avis de l'ophtalmologue, à une OCT* maculaire (Optical Coherence Tomography).

Surveillance médicale

La surveillance médicale des agents est réalisée régulièrement et sa périodicité ainsi que la réalisation des éventuels examens complémentaires sont définies par le médecin de prévention en se basant sur l'analyse du poste de travail.

Au CNRS, les agents exposés aux lasers de classes 3 et 4 bénéficient d'une surveillance médicale particulière (SMP) annuelle.

* L'OCT est une technique d'imagerie du fond d'œil, rapide, non invasive et non douloureuse qui permet de détecter des lésions dites infra cliniques (sans symptômes associés)

Tout changement des conditions de travail doit être signalé au médecin (par l'intermédiaire de la FIEROA par exemple) afin qu'il adapte son protocole de surveillance.

Le médecin de prévention effectue une surveillance clinique notamment à la recherche d'apparition de troubles visuels, dermatologiques, ou d'autres problèmes médicaux pouvant aggraver les risques liés au laser.

La périodicité des examens complémentaires est à adapter au niveau d'exposition (par exemple, tous les 5 ans en l'absence de symptômes particuliers).

Les visites médicales sont aussi l'occasion d'informer les agents sur les risques liés aux rayonnements optiques artificiels ainsi que sur les mesures de prévention collectives et individuelles à mettre en œuvre.

Par ailleurs, chez tout sujet présentant des troubles subjectifs oculaires et impérativement après toute exposition accidentelle, un examen ophtalmologique doit être assuré le plus rapidement possible.

