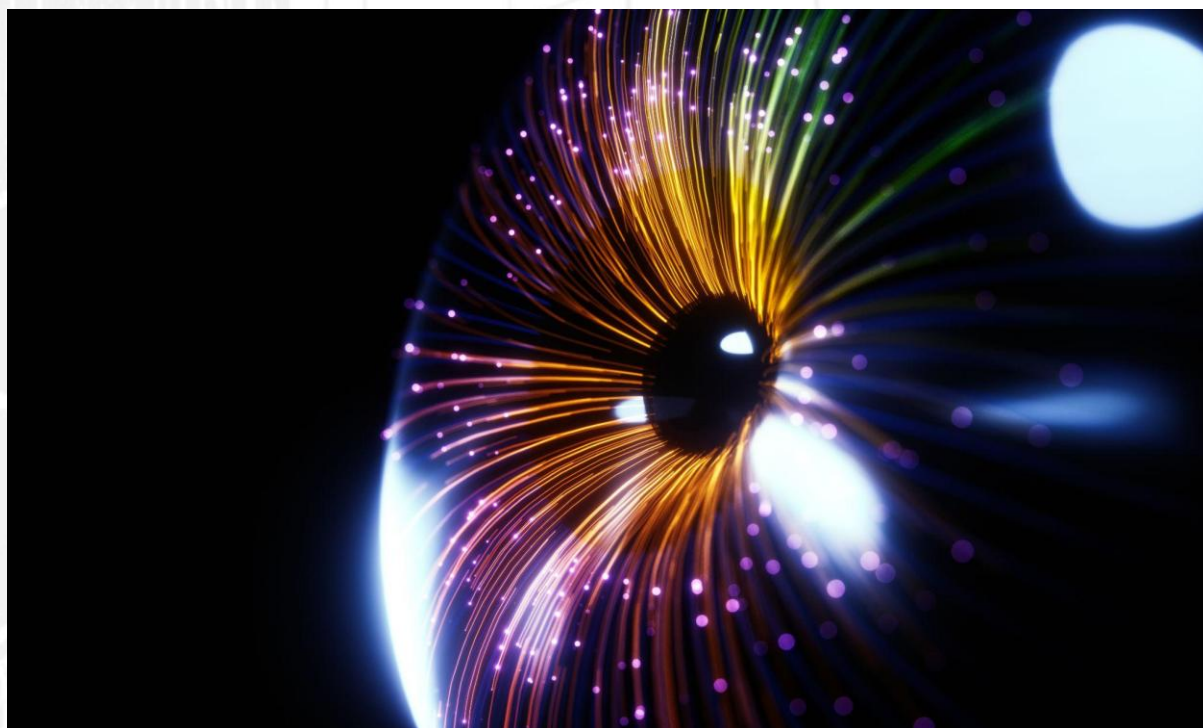


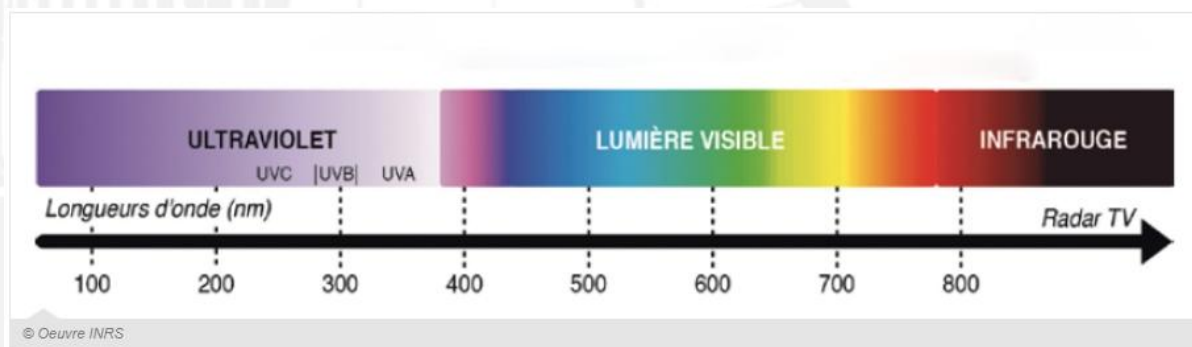
RAYONNEMENTS OPTIQUES



Ce qu'il faut retenir

Les rayonnements optiques auxquels peuvent être exposés les travailleurs sont parfois nocifs pour les yeux et pour la peau. Une démarche de prévention adaptée permet de réduire les risques pour la santé et la sécurité.

Les rayonnements optiques sont classés selon leurs longueurs d'onde et comprennent l'ultraviolet, le visible, seul domaine perceptible par l'œil humain et l'infrarouge.



On distingue les rayonnements cohérents concentrés sur une seule longueur d'onde (rayonnement monochromatique), il s'agit des **lasers** et les rayonnements incohérents couvrant plusieurs longueurs d'ondes qui sont émis par toutes les autres sources naturelles ou artificielles.

Les rayonnements optiques : où sont-ils présents ?

Le **soleil** constitue la principale source de rayonnement optique naturelle.

Les sources artificielles sont quant à elles très nombreuses et se présentent sous des formes très diverses dans notre environnement quotidien et sur les lieux de travail. Les plus connues sont les **sources d'éclairage** : les lampes pour l'éclairage général des locaux mais aussi, à des niveaux plus intenses, les projecteurs de scène, les scialytiques des salles d'opération...

On utilise les propriétés du **rayonnement ultraviolet** dans l'industrie pour le **séchage des encres**, la **polymérisation des colles**, la **détection de défauts**, la **stérilisation** (traitement des eaux, traitement bactérien en agroalimentaire),... et dans le domaine médical pour la **photothérapie** et la **désinfection bactérienne**. Par ailleurs, certains procédés industriels comme la **fusion de l'acier ou du verre**, le **soudage à l'arc** sont à l'origine d'émissions indésirables de rayonnements ultraviolet, visible ou infrarouge.

Leurs effets

Si l'exposition de courte durée à des rayonnements optiques de faible intensité a des effets bénéfiques pour l'organisme (synthèse de la vitamine D pour l'ultraviolet par exemple), l'exposition prolongée à des rayonnements optiques de forte intensité peut présenter des dangers. Les rayonnements optiques sont susceptibles d'affecter **la peau et les yeux** ; les effets sont d'ordres aigus ou chroniques et sont liés à la longueur d'onde, à l'intensité du rayonnement et à la durée d'exposition.

Les atteintes de la peau peuvent se manifester sous forme d'**érythème (coup de soleil)**, de **vieillessement de la peau** et de **cancer**. Pour l'œil, les effets directs immédiats se traduisent par des **lésions de la cornée, de la conjonctive, voire de la rétine**. A long terme l'exposition chronique peut entraîner une opacification du cristallin (**cataracte**).

La réglementation

La réglementation française relative à la prévention des expositions aux rayonnements optiques artificiels figure dans le Code du travail (articles R. 4452-1 à R. 4452-31). Elle concerne les sources de rayonnement incohérentes ainsi que les lasers. Issues de la transposition en droit français de la directive européenne 2006/25/CE, ces dispositions portent notamment sur :

- les valeurs limites d'exposition professionnelle,
- l'évaluation des risques,
- les mesures et moyens de prévention,
- l'information, la formation
- le suivi individuel de l'état de santé des salariés exposés.

L'exposition au rayonnement solaire n'est pas prise en compte dans les textes réglementaires cités

Comment évaluer les risques et comment se protéger ?

On distingue le cas des rayonnements optiques incohérents et celui des lasers. La démarche relative aux lasers est traitée dans le chapitre **Rayonnement laser**.

Les **valeurs limites d'exposition professionnelles** relatives aux rayonnements optiques incohérents sont déclinées selon les effets physiologiques, les longueurs d'ondes et les durées d'exposition au cours d'une journée de travail de 8 heures ; elles sont de ce fait relativement complexes à mettre en œuvre. C'est pourquoi l'INRS a conçu le logiciel **CatRayon** pour évaluer l'exposition aux rayonnements optiques dans les locaux de travail, déterminer les risques et proposer des moyens de prévention.

Rayonnement Laser

À chaque laser ses dangers

Les lasers sont utilisés dans de nombreux secteurs d'activités. Les yeux sont les organes les plus vulnérables. Les équipements de travail utilisant des lasers sont classés selon leur dangerosité. Les mesures de prévention à respecter, permettant une utilisation en toute sécurité, sont fonction de cette classification. Le port de lunettes de protection et de gants ininflammables est indispensable lors de l'emploi d'un laser de classe élevée.

Le laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) produit et amplifie une **onde lumineuse**. La lumière qu'il produit est **monochromatique**, c'est-à-dire d'une couleur correspondant à une seule longueur d'onde définie, qui peut être dans l'**infrarouge**, le **visible** ou l'**ultraviolet**.

Les lasers sont utilisés dans des secteurs d'activité aussi variés que l'industrie, le BTP, les arts du spectacle, le domaine médical et hospitalier, la recherche, l'enseignement ou la défense nationale.

Caractéristiques générales essentielles de lasers industriels et de laboratoires (avec valeurs indicatives)

Effets des lasers sur la santé

Risques pour les yeux

Ces effets constituent les risques essentiels et sont fonction principalement des caractéristiques physiques du laser et de facteurs dépendant des propriétés optiques des différents milieux oculaires :

Transmission des rayonnements par les milieux oculaires

Ces milieux transparents transmettent bien les rayonnements visibles, moins bien ceux du proche infrarouge et absorbent considérablement les rayonnements ultraviolets (surtout UVB, C) ainsi que les rayonnements infrarouges moyens et lointains IRB,C. L'épithélium pigmentaire de la rétine ainsi que la choroïde, qui tapissent le fond de l'œil, absorbent fortement les rayonnements incidents de lumière visible, plus particulièrement ceux dont les longueurs d'onde sont courtes et, à un degré moindre, les infrarouges proches IRA. La remarque précédente concerne surtout les lasers YAG-Néodyme.

Les rayonnements ultraviolets moyens et lointains UVB,C, absorbés par les parties antérieures de l'œil, peuvent provoquer une kératoconjonctivite (inflammation de la cornée et de la conjonctive). Ce risque n'est guère encouru que pour les lasers UV, dont les excimères. Les UVB sont susceptibles de provoquer une lésion du cristallin à la suite d'une seule exposition, contrairement aux UVA dont l'action cataractogène n'apparaît qu'après des expositions chroniques.

Les rayonnements infrarouges moyens et lointains IRB, C sont susceptibles d'occasionner des brûlures de la cornée. Pour des longueurs d'onde comprises entre 0,8 et 2,0 μm , ils peuvent également entraîner l'apparition d'une cataracte dans le cas d'exposition prolongée avec des éclairements énergétiques importants.

Risques pour la peau

Le risque de dommages à la **peau** dépend du type de laser, de la puissance du faisceau laser et de la durée de l'exposition. Ils peuvent aller de la brûlure localisée à la lésion profonde.

Le danger du rayonnement laser pour la peau résulte essentiellement de ses effets thermiques qui sont fonction, tant de la surface stimulée que de la région du corps exposée, de sa vascularisation et de la pigmentation. Outre la longueur d'onde du rayonnement, d'autres facteurs de nature physique interviennent : essentiellement l'énergie (dans le cas d'impulsions) et la puissance (dans le cas des lasers continus). Encore faut-il noter que l'énergie absorbée peut être en partie évacuée par rayonnement calorifique ou par l'intermédiaire de la circulation sanguine.

En cas d'exposition accidentelle, les effets induits varient d'un érythème bénin (faible rougeur de la peau) à la phlyctène (ampoule ou cloque) pour toutes les longueurs d'onde du spectre. Les rayonnements ultraviolets UVB,C ainsi que les infrarouges IRB,C sont les plus agressifs car ils sont fortement absorbés à la surface de la peau, voire plus profondément dans le cas du laser YAG.

Une exposition à ces rayonnements sous forme d'impulsions courtes et de grande puissance de crête peut engendrer une carbonisation superficielle de couleur grise de la couche cornée de l'épiderme. Toutefois, l'exposition à des éclairements énergétiques particulièrement intenses, comme ceux émis dans l'IRC par certains lasers CO₂, peut induire une lésion profonde susceptible, dans certains cas, d'atteindre l'os.

Autres risques

L'utilisation de lasers peut également entraîner des **risques électriques, électromagnétiques et chimiques**.

Classes de dangerosité

Chaque laser a une classe, indiquée par le constructeur, qui donne une idée de sa dangerosité. Une norme précise les mentions à apposer sur les appareils pour chaque classe de laser.

Classes de sécurité laser selon la norme EN 60825-1

Des informations et des conditions complémentaires sont rattachées aux définitions ci-dessous (voir la norme)

- **Classe 1** : Laser sans danger pendant leur utilisation, même en cas de vision directe dans le faisceau sur une longue période, même lorsqu'une exposition se produit lors de l'utilisation de dispositifs télescopiques. La classe 1 comprend également les lasers de forte puissance qui sont totalement enfermés de sorte qu'aucun rayonnement potentiellement dangereux ne soit accessible pendant l'utilisation (appareil avec laser incorporé). La vision dans le faisceau des appareils à laser de classe 1 qui émettent une énergie rayonnante visible peut encore produire des effets visuels d'éblouissement, en particulier à de faibles niveaux de lumière ambiante.

- **Classe 1M** : Appareils à laser émettant dans la gamme 302,5 à 4000 nm, qui sont sans danger, y compris la vision directe dans le faisceau sur une longue période pour l'œil nu. L'EMP1 peut être dépassée et des lésions oculaires peuvent apparaître après une exposition avec un dispositif optique comme des jumelles pour un faisceau collimaté avec un diamètre tel que spécifié par la norme. La vision dans le faisceau des appareils à laser de classe 1M qui émettent une énergie rayonnante visible peut encore produire des effets visuels d'éblouissement, en particulier à de faibles niveaux de lumière ambiante.
- **Classe 1C** : Appareils à laser destinés à une application directe du rayonnement laser sur la peau ou les tissus corporels internes dans le cadre de procédures médicales, de diagnostic, thérapeutiques ou cosmétiques comme l'épilation, la réduction des rides ou de l'acné. Bien que le rayonnement laser puisse être aux niveaux des classes 3R, 3B ou 4, les expositions oculaires sont empêchées grâce à un ou plusieurs moyens techniques. Le niveau d'exposition de la peau dépend de l'application.
- **Classe 2** : Appareils à laser émettant un rayonnement visible dans la gamme de 400 à 700 nm, qui sont sans danger pour les expositions momentanées, mais qui peuvent être dangereux pour une exposition délibérée dans le faisceau. Le risque de lésions est très faible pour des expositions momentanées un peu plus longues que la base de temps liée au réflexe palpébral, soit 0,25s.
L'utilisation d'instruments optiques n'augmente pas le risque de lésions oculaires. Les éblouissements et aveuglements peuvent être provoqués par un faisceau de laser classe 2, en particulier dans des conditions de faibles niveaux de lumière ambiante. Ces troubles peuvent être à l'origine d'un risque pour la sécurité lorsqu'ils sont associés à des activités critiques du point de vue de la sécurité telles que le travail avec des machines ou en hauteur, en présence de haute tension, ou pendant la conduite. Les utilisateurs sont avertis par étiquetage de ne pas regarder dans le faisceau en continu et de manière intentionnelle.
- **Classe 2M** : Appareils à laser qui émettent des faisceaux visibles et qui sont sans danger pour une exposition de courte durée uniquement, à l'œil nu. L'EMP peut être dépassée et des lésions oculaires peuvent apparaître après une exposition avec un dispositif optique.
Les recommandations liées aux conséquences d'éblouissement, d'aveuglement... sont identiques à celles de la classe 2.
De plus, l'étiquetage des appareils de classe 2M met aussi en garde contre une exposition des utilisateurs d'instruments optiques télescopiques.
- **Classe 3R** : Appareils à laser qui émettent des rayonnements pouvant dépasser l'EMP pour une vision directe dans le faisceau, mais le risque de lésion dans la plupart des cas est relativement faible. Le risque de lésion augmente avec la durée d'exposition et l'exposition peut être dangereuse pour une exposition oculaire dans les conditions les plus défavorables ou une vision directe dans le faisceau de manière intentionnelle. Il convient de n'utiliser les lasers de classe 3R que lorsque la vision directe dans le faisceau est peu probable.
- **Classe 3B** : Appareils à laser qui sont normalement dangereux lorsque l'exposition oculaire dans le faisceau se produit (à l'intérieur de la DNDO), y compris une exposition de courte durée accidentelle. La vision de réflexions diffuses est normalement sans danger. Les lasers de classe 3B qui s'approchent de la LEA3 de la classe 3B peuvent produire des lésions mineures de la peau, voire présenter un risque d'inflammation de matériaux inflammables. Cependant cela ne peut se produire que si le faisceau a un petit diamètre ou s'il est focalisé.

- **Classe 4** : Appareils à laser pour lesquels la vision dans le faisceau et l'exposition de la peau sont dangereuses, et pour lesquels la vision de réflexions diffuses peut être dangereuse. Ces lasers représentent aussi souvent un danger d'incendie.

Note (1) : EMP = Exposition maximale permise – niveau du rayonnement laser auquel des personnes peuvent être exposées dans les conditions normales sans subir les effets nuisibles.

Note (2) : DNDO = Zone nominale de danger oculaire ou zone à l'intérieure de laquelle l'EMP pour la cornée est dépassée

Note (3) : LEA = Limite d'émission accessible – émission maximale permise dans une classe particulière.

Moyens de protection

Chaque appareil laser comprend des mécanismes techniques intégrés, par exemple un **capot de protection associé à un organe de coupure du faisceau**, visant à prévenir l'exposition accidentelle. Cependant, il faut porter des **lunettes de protection adaptées à la longueur d'onde émise** lorsqu'on utilise un laser d'une classe élevée et si le faisceau n'est pas confiné.

S'il y a un risque d'approcher les mains de zones non protégées du parcours d'un faisceau laser puissant, il faut porter des gants de protection ininflammables.

Mesures générales de prévention

L'employeur doit respecter les principes généraux de prévention du Code du travail, ainsi que les dispositions spécifiques à la prévention des risques d'exposition aux **rayonnements optiques artificiels** (articles R. 4452-1 à R. 4452-31 du Code du Travail).

Pour procéder à l'**évaluation des risques** et mettre en place des mesures de prévention adaptées, l'employeur peut se baser sur les **règles de prévention établies pour les rayonnements lasers** et présentées dans la **brochure ED 6071** ainsi que sur la **documentation** fournie par le (ou les) fabricant(s) des équipements lasers.

Règles spécifiques à une utilisation en sécurité de rayonnements lasers

- Choix justifié d'une source laser pour les besoins d'une application et pour la classe de dangerosité de la source
- **Étiquetage** associé à la classe du laser utilisé, visible, lisible et rédigé en français : c'est le 1er niveau de consignes que les opérateurs doivent respecter.
- **Confinement** du rayonnement : chaque fois que l'application le permet, le rayonnement laser ne doit pas avoir lieu vers l'extérieur.
- Définition de **zones d'exclusion** : lorsque l'application nécessite que le rayonnement soit émis vers l'extérieur, les directions des émissions du rayonnement primaire peuvent servir à définir une direction ou une zone d'espace dans laquelle aucune personne ne doit se trouver lors de l'émission. Les accès à cette zone sont interdits et condamnés, balisés. Une **signalétique** visible et rédigée en français est mise en place.
- Maîtrise de la **commande** : seule une personne autorisée doit pouvoir commander l'émission du rayonnement.
- Limitation des accès à un local dans lequel a lieu un tir laser : seules des personnes autorisées peuvent y avoir accès ou y être présentes, à condition que cet accès soit justifié pendant l'émission du faisceau.
-

- Confinement du **trajet du faisceau** : si des opérateurs doivent être présents dans le local pendant l'émission du faisceau, le chemin optique doit être capoté.
- Évitement des **réflexions du faisceau** primaire vers l'opérateur. La présence d'objets réfléchissants dans le local et le port de bijoux sont à éviter. Le plan dans lequel le faisceau circule doit être plus bas que la hauteur des yeux en position assise.
- **Protection individuelle** des yeux : si l'opérateur doit accéder au local dans lequel a lieu l'émission laser, il doit porter des **lunettes de protection** ou de réglage laser adaptées.
- Protection individuelle des mains ou du corps
- **Information** des opérateurs des risques encourus lorsqu'ils travaillent sur des équipements laser dont le rayonnement accessible est supérieur à celui de la classe 1
- **Formation** des opérateurs à l'utilisation d'équipements lasers

Rayonnement solaire

Limiter l'exposition aux niveaux les plus bas

L'exposition aux rayonnements solaires des salariés travaillant à l'extérieur peut avoir des effets néfastes : coups de soleil ou érythèmes, éruptions cutanées, voire à long terme cancers de la peau. La présence de certaines substances présentes sur les lieux de travail peut également provoquer des cas de photosensibilisation.

L'exposition aux rayonnements ultraviolets (UV) émis par le soleil peut avoir des effets sur la santé à court terme : érythème, éruption cutanée, pigmentation... Les expositions prolongées augmentent le risque de vieillissement cutané et de cancer de la peau. Les professions exerçant en plein air telles que les agriculteurs, les jardiniers, les éleveurs, les travailleurs du BTP, les personnels de stations balnéaires ou de sports sont particulièrement concernés.

Rayonnements solaires : UV-A, UV-B, UV-C, quels effets ?

L'exposition solaire d'un individu est liée aux rayonnements directs du soleil mais aussi aux rayonnements diffusés par le ciel (nuages) et aux rayonnements diffusés par le sol. Plus la longueur d'onde des ultraviolets est courte, plus leur énergie est importante mais moins ils sont pénétrants.

- Les **rayonnements UV-A**, dont les longueurs d'onde sont les plus longues, sont les plus nombreux à atteindre la terre. Ce sont eux qui ont le plus grand pouvoir de pénétration dans la peau, une partie atteignant le derme. Ils ont une toxicité indirecte et peuvent avoir des effets cancérogènes. Ils traversent le verre d'une vitre ou d'une baie vitrée.
- Les **rayonnements UV-B**, de longueurs d'onde moyennes, plus puissants que les UV-A, peuvent être la source de brûlures, d'érythèmes. Ils pénètrent plus profondément l'épiderme et le derme et ont une action directe sur l'ADN. Leur quantité varie selon les saisons, l'heure (quantité maximale de 11 heures à 14 heures en heure solaire) et l'altitude. Ils sont arrêtés par une vitre.
- Les **rayonnements solaires UV-C**, dont les longueurs d'onde sont les plus courtes, sont donc les plus énergétiques. Ils sont pour l'essentiel arrêtés par la couche d'ozone.

Pour information : Outre le soleil, les principales autres sources d'émission d'ultraviolets dans le cadre professionnel sont le soudage à l'arc, les lampes germicides (émettant des UV-C) utilisées dans le cadre médical, dans le secteur

pharmaceutique ou agroalimentaire, les tubes à lumière noire pour le contrôle de qualité, les appareils de photothérapie ou les lampes à bronzer... Leur utilisation implique des précautions particulières.

Sources de photosensibilisation dans le cadre professionnel

Sous l'influence des UV (solaires ou autres), certaines substances peuvent provoquer des réactions de photosensibilisation. Il peut s'agir de réaction phototoxique (réaction inflammatoire proche du coup de soleil) ou photoallergique (par exemple de l'eczéma).

Ainsi, des sujets exposés dans le cadre du travail aux rayonnements solaires ou à d'autres ultraviolets peuvent développer une photosensibilisation après la prise d'un médicament.

Exemples d'agents susceptibles de provoquer des réactions toxiques au contact des UV

- Végétaux (céleri, persil, fenouil, aneth, carotte, coriandre, citron, figes...) : les maraîchers, jardiniers, épiciers, ramasseurs, fleuristes, fermiers travaillant en plein air ou près de fenêtres peuvent être concernés.
- Goudrons et dérivés : les couvreurs, les ouvriers des travaux publics en charge de l'asphaltage, du goudronnage ou du créosotage peuvent y être exposés.
- De nombreux médicaments (antibiotiques, psychotropes...) : outre les consommateurs de médicaments, le personnel de santé et les employés de l'industrie pharmaceutique peuvent être concernés.

Quelques produits susceptibles de provoquer des réactions allergiques au contact des UV

- Écrans solaires
- Produits antibactériens (savons, produits et détergents vétérinaires...)
- Parfums
- Médicaments
- Pesticides et insecticides
- Métaux

Prévention des risques liés au rayonnement solaire

L'évaluation des risques qu'est tenu de réaliser l'employeur doit intégrer les risques liés aux rayonnements solaires.

- Les mesures à adopter viseront, en priorité, à limiter l'exposition solaire pour les travailleurs à l'extérieur par des mesures d'organisation du travail : report des activités en cas de risque d'exposition élevée, limitation du temps passé au soleil par une rotation des postes, travail en extérieur hors des heures d'exposition les plus fortes.
- Des mesures techniques peuvent également être adoptées pour les conducteurs d'engins et les salariés travaillant à proximité de baies vitrées : adjonction de filtres sur les vitres de la voiture, utilisation d'écrans de stores sur les baies vitrées...
- Dans le cas où des salariés auraient été l'objet d'une réaction de photosensibilisation, les substances en cause doivent être recherchées dans le cadre de travail. Lorsque cela est possible, il conviendra de remplacer les produits photosensibilisants par d'autres produits moins dangereux, ou à défaut d'éloigner les salariés concernés (automatisation des opérations, isolement des postes émettant des poussières, dépoussiérage...).

Dans tous les cas, le personnel concerné doit être informé des dangers du soleil, des UV et des substances photosensibilisantes au travail.

Parmi les mesures de **protection individuelle**, citons notamment le port de vêtements protecteurs (vêtements à manche longue, à mailles serrées, secs), ainsi que le port de lunettes filtrantes et de chapeau à larges bords. L'utilisation d'écrans solaires se révèle moins efficace que le port de vêtements protecteurs.

Éclairage à LED

Conseils de prévention

Depuis quelques années, l'éclairage à diodes électroluminescentes (LED) est devenu très courant dans les environnements de travail. Il suscite cependant certaines interrogations et parfois des inquiétudes. Voici quelques informations et quelques conseils pour une utilisation judicieuse de la technologie LED.

Quels avantages ? Quels risques ?

Les avantages des éclairages LED

Les LED (light emitting diodes ou diodes électroluminescentes) présentent de multiples avantages sur les autres dispositifs d'éclairage notamment les lampes à décharge (lampes à vapeur de sodium, lampe à vapeur de mercure, lampes aux halogénures métalliques) et les tubes fluorescents :

- pas de risque d'explosions
- pas de risque de bris de verre
- peu de risque de brûlure au contact
- pas d'émission de rayonnements ultraviolets ou infrarouges
- forte résistance aux chocs et aux secousses
- possibilité de gradation et d'intermittence de l'éclairage
- taille réduite qui permet de les intégrer dans de très petits espaces.

Ces qualités spécifiques expliquent le développement rapide de l'utilisation des LED. On les rencontre aujourd'hui dans l'éclairage domestique, professionnel et urbain. On les retrouve également dans l'éclairage scénographique, dans certains types d'écrans d'ordinateurs, de téléviseurs, tablettes et téléphones, certains phares automobiles, dans les éclairages « scialytiques » des blocs opératoires, les projecteurs, les lampes de luminothérapie...

Risques liés à l'utilisation des LED

En 2010, l'ANSES a considéré que deux risques devenaient préoccupants avec l'emploi généralisé des LED : l'effet toxique de la lumière bleue sur la rétine et le risque d'éblouissement (**Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED)**, ANSES ; 2010)

Les effets de la lumière bleue

Les effets toxiques

Les LED émettent une lumière enrichie en bleu qui correspond à l'émission d'une proportion plus importante de rayonnements à des longueurs d'ondes courtes (de 350 à 500 nanomètres environ). Chez l'homme, la lumière bleue a des effets physiologiques qui, à des niveaux de luminance élevés, peuvent entraîner des atteintes de la rétine. L'exposition à la lumière bleue pourrait être un des facteurs à l'origine de certaines pathologies telles que la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA).

La norme NF62471 définit quatre groupes de dangerosité pour les sources de rayonnements optiques. Ces classement portent sur le temps d'exposition à la source, nécessaire pour dépasser une valeur limite d'exposition. En ce qui concerne le risque lumière bleue, le classement est le suivant :

- GR0 - groupe sans risque : l'exposition directe à la lampe ne dépasse pas la limite d'exposition en 10.000 secondes
- GR1 - groupe de risque 1 (faible risque) : la lampe ne présente pas un risque en condition d'utilisation normale. L'exposition directe dépassera la limite d'exposition en 100 à 10.000 secondes
- GR2 - groupe de risque 2 (risque modéré) : le risque est évité grâce à un mouvement d'aversion face à une source très brillante. L'exposition directe dépassera la limite d'exposition en 0,25 à 100 secondes
- GR3 - groupe de risque 3 (risque élevé) : la lampe présente un risque même si l'exposition est brève. L'exposition directe dépassera la limite d'exposition en moins de 0,25 seconde

Obligatoire à la vente, le marquage CE des lampes et luminaires impose d'afficher leur classement en termes de risques photobiologiques s'il dépasse GR1.

Pour les dispositifs d'éclairage général des locaux appartenant aux groupes GR0 et GR1, il n'y a pas, a priori, de risque pour les yeux en conditions d'utilisation normale : pas de vision directe des lampes ou des LED, grâce notamment à l'utilisation de luminaires équipés de diffuseurs ou de grilles de défilement.

Des **risques visuels semblent présents lors de l'utilisation de LED de groupe de risque supérieur à 1**, dans certaines conditions d'utilisation, notamment en cas de vision directe. Cela peut être le cas, pour des opérateurs, lors de la fabrication des lampes à LED, de leur contrôle qualité ou des opérations de maintenance. De même, par exemple, dans le milieu du spectacle des expositions importantes peuvent survenir lors des opérations de mise en place et de réglage des spots par les éclairagistes, ainsi que pendant le spectacle, pour les artistes.

Les personnes aphakes (absence de cristallin), pseudophakes (cristallin artificiel), atteintes de DMLA et les consommateurs de substances photosensibilisantes (médicaments, cosmétiques...) peuvent montrer une sensibilité accrue à cette lumière bleue. Des études sont en cours pour évaluer précisément ces cas, ainsi que l'effet d'une exposition chronique à des doses plus faibles de lumière bleue.

Le risque « Lumière bleue » est évalué vis-à-vis d'une valeur limite d'exposition journalière admissible (VLE). Lorsqu'il n'y a pas de gêne visuelle (moins de 10.000 cd/m² perçus, équivalents à un tube fluorescent T8 à nu), la proportion de lumière bleue émise par une LED blanche ne suffit pas à dépasser cette VLE (CEI/TR 62778, AFNOR 2014)

Effets sur l'horloge biologique

La lumière bleue émise par les LED peut avoir un effet important sur l'**horloge biologique** qui régule de nombreuses fonctions de l'organisme telles que l'appétit, la vigilance ou la température corporelle.

L'horloge biologique est particulièrement sensible aux niveaux d'éclairement lumineux faibles (entre 30 et 100 lux) et de luminance faible tels ceux émis par un écran d'ordinateur ou une tablette (moins de 150 cd/m²). Une exposition pendant 2-3 heures inhibe partiellement la sécrétion de mélatonine. Les effets et les risques dépendent de l'heure à laquelle la lumière est perçue.

En fin de journée, une exposition aux sources de lumière enrichies en bleu peut entraîner un décalage de l'horloge biologique et retarder l'endormissement. En revanche, une exposition en début de journée à ce type de lumière ne posera pas de problème et pourra même être bénéfique en facilitant l'éveil.

Les risques d'éblouissement

En termes de confort visuel, la luminance d'un tube fluorescent (10.000 à 15.000 cd/m²) est couramment admise en éclairage comme suffisante pour éblouir. Or, les LED peuvent présenter des luminances 1 000 fois plus élevées. Implantées dans le champ visuel des travailleurs, les LED peuvent être à l'origine d'éblouissements qui diminuent le confort de travail et peuvent favoriser la survenue d'accidents.

Les risques liés au papillotement

Des risques d'accidents du travail peuvent être liés au papillotement (flicker) des LED. Très variable d'un produit à l'autre, le papillotement peut donner l'illusion, par effet stroboscopique, qu'un objet en mouvement rapide (exemple : machine-outil) est lent ou immobile. La mauvaise perception de l'environnement peut alors devenir source de danger. Il n'y a actuellement aucune norme ni réglementation à ce sujet en Europe.

Mesures de prévention

Choisir des dispositifs adaptés

Quelle que soit la technologie d'éclairage, les normes NF EN 12464 et NF X 35-103 font office de bonnes pratiques qu'il convient de respecter. Celles-ci s'appliquent également aux éclairages LED.

Afin de limiter les risques de lésions de l'œil, **il est recommandé d'utiliser des LED ou des luminaires à LED classés GR0 ou GR1 selon la norme EN 62471.**

Un rapport complémentaire (CEI/TR 62778, AFNOR 2014) distingue des cas où l'éclairage à LED ne dépasse pas le classement GR1. Ils sont fonction de la température de couleur de l'éclairage (blanc chaud, neutre ou froid) et de l'éclairement

Mettre en place des mesures de protection

De façon générale, en cas d'utilisation de LED de groupe supérieur à 1, s'il est impossible de les remplacer par des LED appartenant à un groupe de risque plus faible, il est souhaitable de prendre des mesures de prévention et de disposer de moyens de protection pour les yeux.

La protection collective est à privilégier. Il est recommandé d'intégrer la mise en place de moyens de protection collective dès la conception des lieux et des situations de travail, en fonction des expositions au niveau du poste de travail.

Dans les ateliers de fabrications de LED, cela peut consister par exemple en la mise en place d'**écrans filtrants** devant les rampes de LED lors du contrôle qualité.

Si les mesures de prévention collective se révèlent insuffisantes pour réduire le risque, le recours à des équipements de protection individuelle, comme des **lunettes filtrantes**, peut s'avérer nécessaire.

La brochure ED 6113 de l'INRS « **Sensibilisation à l'exposition aux rayonnements optiques artificiels (ROA) sur les lieux de travail** » permet de caractériser le type de risque en fonction de l'exposition en milieu professionnel.

Éviter les mauvaises conditions d'utilisation

Pour prévenir les risques d'éblouissement, il faut veiller à ce que les dispositifs susceptibles d'éblouir les opérateurs (LED nues directement visibles, plots lumineux en contremarches, LED dans le champ visuel lors du stockage en hauteur...) ne soient pas situés dans les zones de position habituelle du regard.

Il faut également être attentif aux risques d'éblouissement par réflexion sur des surfaces lisses (métal, verre, miroir...) Les LED doivent donc être implantées et orientées **de façon à éviter des niveaux de luminances importants dans le champ visuel**.

Pour prévenir les risques liés à l'effet de papillotement des LED, il convient de réaliser des essais *in situ*.

Veiller à la qualité de l'éclairage à LED

La qualité d'un système d'éclairage dépend de plusieurs critères.

- **La température de couleur et le niveau d'éclairement** : il est nécessaire d'adapter la température de couleur de l'éclairage au niveau d'éclairement. Le diagramme de Kruithof (cf. ci-dessous) définit les zones de meilleur confort visuel. On peut aussi se référer aux normes NF EN 12464 et NF X 35-103 pour identifier les éclairages les mieux adaptés aux activités de l'entreprise. En général, il convient de favoriser des températures de couleur inférieures à 4000 K (blanc chaud à blanc neutre).

Réglementation

La réglementation française relative à la prévention des expositions aux rayonnements optiques artificiels figure dans le Code du travail (articles R. 4452-1 à R. 4452-31).

Sont concernées toutes les situations de travail exposant à des rayonnements optiques artificiels cohérents (Laser) et incohérents.

Ces articles portent notamment sur :

- les valeurs limites d'exposition (VLE),
- l'évaluation des risques,
- les mesures et moyens de prévention,
- l'information, la formation
- le suivi individuel de l'état de santé des salariés exposés.

L'exposition au rayonnement solaire n'est pas prise en compte dans les textes réglementaires cités.

Principes de prévention

(Articles R. 4452-2 à R. 4452-4 du Code du travail)

L'employeur, par des mesures de prévention à la source et en tenant compte du progrès technique, doit prendre toute disposition pour supprimer ou, à défaut, réduire au minimum les risques liés aux rayonnements optiques artificiels (ROA), en se fondant sur les principes généraux de prévention.

Valeurs limites d'exposition

(Articles R. 4452-5 et R. 4452-6 du Code du travail)

On distingue le cas des rayonnements optiques incohérents et celui des lasers. La démarche relative aux lasers est traitée dans le chapitre **Rayonnement Laser**.

Les valeurs limites d'exposition relatives aux rayonnements optiques incohérents sont déclinées selon les effets physiologiques, les longueurs d'ondes et les durées d'exposition au cours d'une journée de travail de 8 heures. Elles sont détaillées dans le document **Valeurs Limites d'Exposition (VLE) (pdf)**.

Evaluation des risques

(Articles R. 4452-7 à R. 4452-12 du Code du travail)

L'employeur procède à l'**évaluation des risques** selon les étapes suivantes :

1. Évaluation a priori des risques à partir de données documentaires techniques disponibles (notices fabricants, normes...)
2. Si l'absence de risque ne peut être démontrée, calculs et/ ou mesures des niveaux d'exposition aux rayonnements optiques.

Dans le cadre de l'évaluation, l'employeur doit prendre en considération toutes les dispositions décrites à l'article R. 4452-8 du code du travail, à savoir : le niveau et le domaine des longueurs d'onde, la durée de l'exposition à des sources artificielles de rayonnement optique, les valeurs limites d'exposition, l'incidence éventuelle sur la santé et la sécurité des travailleurs résultant d'interactions, sur le lieu de travail, entre des ROA et des substances chimiques photosensibilisantes, etc..

Mesures et moyens de prévention

(Articles R. 4452-13 à R. 4452-18 du Code du travail)

La réduction des expositions à un niveau admissible se fonde notamment sur :

- La mise en œuvre d'autres procédés de travail ou d'autres sources émettant moins de rayonnements,
- Le choix d'équipements de travail appropriés émettant, compte tenu du travail à effectuer, le moins de rayonnements optiques artificiels possible,
- La limitation de la durée et de l'intensité des expositions,
- La conception, l'agencement des lieux et postes de travail,
- Des moyens techniques pour réduire les rayonnements optiques à la source en diminuant par exemple la puissance des sources,
- Des programmes appropriés de maintenance des équipements de travail et du lieu de travail,
- L'Information et la formation adéquates des travailleurs,
- Des mesures de prévention adaptées aux travailleurs appartenant à des groupes de risque sensibles (personnes photosensibles ou prenant des médicaments photosensibilisants ou ayant subi une ablation du cristallin, etc.),
- L'utilisation d'équipements de protection collective tels qu'écrans, capotages...
- L'utilisation d'équipements de protections individuelle, lorsqu'il n'est pas possible de réduire les risques par d'autres moyens

Les lieux où d'après l'évaluation des risques les VLEP sont dépassées :

- Doivent être circonscrits,
- Avoir un accès limité,
- Faire l'objet d'une signalisation.

Information et formation des travailleurs

(Articles R. 4452-19 à R. 4452-21 du Code du travail)

Contenu de la formation

Les mesures de formation doivent notamment porter sur :

- Les sources de ROA se trouvant sur le lieu de travail ;
- Les risques pour la santé et la sécurité pouvant résulter d'une exposition excessive aux ROA, ainsi que les valeurs limites d'exposition applicables ;
- Les résultats de l'évaluation des risques, ainsi que les mesures prises en vue de supprimer ou de réduire les risques résultant des ROA ;
- Les précautions à prendre par les travailleurs pour assurer leur protection et celle des autres travailleurs présents sur le lieu de travail ;
- L'utilisation correcte des équipements de travail et des équipements de protection individuelle ;
- La conduite à tenir en cas d'accident ;
- La manière de repérer les effets nocifs d'une exposition sur la santé et de les signaler ;
- Les conditions dans lesquelles les travailleurs sont soumis à un suivi individuel de leur état de santé.

Notice de poste

Afin d'informer les travailleurs des risques auxquels leur travail peut les exposer et des dispositions prises pour les éviter, l'employeur doit établir une notice de poste pour chaque poste de travail ou situation de travail où, d'après les résultats de l'évaluation des risques, les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des ROA dépassant les VLEP.

La notice rappelle en particulier les règles de sécurité applicables et les consignes relatives à l'emploi des équipements de protection collective ou individuelle.

Démarche de prévention

Les rayonnements optiques auxquels peuvent être exposés les travailleurs sont parfois nocifs pour les yeux et pour la peau. Une démarche de prévention adaptée permet de réduire les risques pour la santé et la sécurité.

Une approche progressive dans l'évaluation des risques permet de faciliter et d'optimiser la démarche. Le mesurage étant mis en œuvre lorsque toutes les autres solutions n'ont pas permis de valider l'absence de risque.

1 - Évaluation a priori des risques à partir de données documentaires techniques disponibles

- Notices fabricants des appareils ou des sources,
- Guides pratiques : « **Guide à caractère non contraignant pour la mise en œuvre de la directive 2006/25/CE sur les rayonnements optiques artificiels** » de la Commission européenne, guide « **Rayonnements optiques artificiels** » du ministère de l'emploi belge,
- Rapports d'expertise, études sectorielles,
- Normes : NF EN 62 471, EN 16237, NF EN 1298-1+ A12008

Si l'évaluation ne permet pas de démontrer l'absence de risque, il est nécessaire d'évaluer l'exposition des salariés (étape 2).

2 - Utilisation d'outils de calcul des niveaux d'exposition aux rayonnements optiques

Le calcul des niveaux d'exposition peut être effectué grâce au **logiciel CatRayon 4** développé par l'INRS.

3- Evaluation des risques par le mesurage

- Mesure globale ou spectrale
- Calcul des niveaux d'exposition : Le logiciel CatRayon 4 dispose d'un module (MesSourcesCatRayon) permettant d'importer des résultats de mesures globales ou spectrales puis de calculer les niveaux d'exposition correspondants

Un guide méthodologique "**Mesurer et évaluer l'exposition professionnelle aux rayonnements optiques artificiels (hors laser)**" est disponible pour guider les personnes chargées d'effectuer des mesures au poste de travail

A l'issue de cette évaluation, si les risques sont avérés, il faut agir pour éliminer ou réduire les risques (étape 4)

4- Elimination ou réduction des risques

Pour prévenir les risques, il est possible d'agir sur :

- Les postes de travail afin de soustraire les travailleurs aux rayonnements dangereux, ou de les éloigner des sources
- L'organisation du travail : mise en place d'une organisation permettant de réduire la durée d'exposition
- Les sources de rayonnement : remplacement des sources dangereuses par d'autres moins ou non dangereuses

Si ces mesures ne suffisent à éliminer les risques, des moyens de protection doivent être utilisés pour prévenir les risques résiduels (Etape 5)

5- Mise en œuvre de moyens de protection

- La mise en place de moyens de **protection collective** doit être envisagée en priorité : écrans équipant les machines (écrans contre les lasers selon EN 12254, ...) ou les postes de travail (rideaux de soudage selon EN 1598 ou ISO 25980, ...)
- En complément, il peut être nécessaire d'avoir recours à des **équipements de protection individuelle** pour la peau (vêtements de protection, gants, ...) et / ou pour les yeux (écrans faciaux ou lunettes de protection équipés d'un filtre adapté au risque – cf. ED 798).

Suivi médical

Comme tout salarié, les salariés exposés à des rayonnements optiques artificiels doivent faire l'objet d'un suivi individuel de leur état de santé dont l'objectif est de les informer sur les risques éventuels auxquels les expose leur poste de travail. Le suivi comprend notamment une visite d'information et de prévention réalisée par un professionnel de santé, renouvelée régulièrement. Le médecin du travail a également un rôle de conseil auprès de l'employeur, afin d'encourager la mise en place d'actions de prévention et de s'assurer de leur efficacité à long terme.

Comme tout salarié, les salariés exposés à des rayonnements optiques artificiels doivent faire l'objet d'un suivi individuel de leur état de santé dont l'objectif est de les informer sur les risques éventuels auxquels les expose leur poste de travail. Le suivi comprend notamment une visite d'information et de prévention réalisée par un professionnel de santé, renouvelée régulièrement. Le médecin du travail a également un rôle de conseil auprès de l'employeur, afin d'encourager la mise en place d'actions de prévention et de s'assurer de leur efficacité à long terme.

Visite d'information et de prévention

Les salariés exposés à des ROA, font l'objet d'une visite d'information et de prévention (VIP) réalisée par un professionnel de santé, c'est-à-dire, le médecin du travail ou bien, sous son autorité, le collaborateur médecin, l'interne en médecine du travail ou l'infirmier.

La VIP doit être réalisée dans un délai qui n'excède pas 3 mois à compter de la prise effective du poste de travail, sauf pour certains salariés pour lesquels des dispositions spécifiques sont prévues (apprentis et jeunes travailleurs).

La VIP a notamment pour objet d'interroger le salarié sur son état de santé, de l'informer sur les risques éventuels auxquels l'expose son poste de travail, de le sensibiliser sur les moyens de prévention à mettre en œuvre et d'identifier si son état de santé ou les risques auxquels il est exposé nécessitent une orientation vers le médecin du travail.

A l'issue de cette visite, le professionnel de santé délivre une attestation de suivi au travailleur et à l'employeur. Les femmes enceintes, allaitantes ou venant d'accoucher sont orientées sans délai, et, à tout moment si elles le souhaitent, vers le médecin du travail.

La VIP est ensuite renouvelée selon une périodicité fixée par le médecin du travail, en prenant en compte les conditions de travail, l'âge et l'état de santé du salarié, ainsi que les risques auxquels il est exposé, sans que le délai entre deux visites, ne puisse toutefois excéder 5 ans.

Pour plus d'information voir dossier « **prévention médicale** ».

Travailleurs susceptibles d'être exposés à des ROA au-delà des VLE

(Articles R. 4452-22 à R. 4452-26 du Code du travail)

L'employeur doit tenir une liste actualisée des travailleurs susceptibles d'être exposés à des ROA, au-delà des valeurs limites d'exposition (VLE). Cette liste précise la nature de l'exposition, sa durée ainsi que son niveau, tel qu'il est connu, le cas échéant, par les résultats du calcul ou du mesurage.

Pour ces travailleurs, il doit par ailleurs établir une **fiche d'exposition** mentionnant :

- La nature du travail accompli ;
- Les caractéristiques des sources émettrices auxquelles le travailleur est exposé ;
- La nature des rayonnements ;
- Le cas échéant, les résultats des mesurages des niveaux de ROA ;
- Les périodes d'exposition.

En cas d'exposition anormale, l'employeur porte sur la fiche d'exposition la durée et la nature de cette dernière.

Une copie de la fiche d'exposition est remise au médecin du travail et reste à disposition, sur sa demande, de l'inspection du travail. Chaque travailleur a accès aux informations y figurant le concernant.

Exposition au-delà des VLE

(Articles R. 4452-26 à R. 4452-31 du Code du travail)

Lorsqu'une exposition au-delà des VLE est détectée ou lorsque le suivi individuel fait apparaître qu'un travailleur est atteint d'une maladie ou d'une anomalie susceptible de résulter d'une exposition à des ROA, les professionnels de santé (médecin du travail, infirmier en santé au travail, collaborateur médecin, interne) doivent informer sans délai le médecin du travail, qui informe le travailleur des résultats le concernant et lui indique les suites médicales nécessaires.

Le médecin doit alors déterminer la pertinence et la nature des examens éventuellement nécessaires pour les travailleurs ayant subi une exposition comparable.

Le professionnel de santé verse au dossier médical en santé au travail, qu'il ouvre le cas échéant, pour chaque travailleur susceptible d'être exposé à des ROA dépassant les VLE une copie de la fiche d'exposition et indique les dates et les résultats du suivi réalisé.

