

6. Les risques liés au faisceau

Les risques résultent de l'interaction entre le faisceau et d'une part les tissus biologiques (œil et peau), d'autre part la matière (incendie...). Le danger peut provenir d'un faisceau direct ou réfléchi sur une surface polie ou diffusante.

Pour les tissus biologiques, les effets vont dépendre de plusieurs paramètres physiques :

- la longueur d'onde ;
- la puissance du faisceau ;
- la dimension de la source : ponctuelle ou étendue, diamètre apparent minimum ;
- la nature du faisceau : direct, indirect, non focalisé, focalisé, divergent, diffusé ;
- le temps d'exposition ;
- la distance par rapport au faisceau.

La **fiche 13** présente les conduites à tenir en cas d'exposition accidentelle avérée ou supposée au niveau de l'œil et de la peau.

6.1. Le risque oculaire

6.1.1. Structures de l'œil

L'œil est le siège de la vision, il capte les flux lumineux puis les envoie sous forme de signal électrique au cerveau via le nerf optique.

La cornée, paroi transparente de l'avant de l'œil, absorbe et dévie la lumière vers la rétine. Elle a

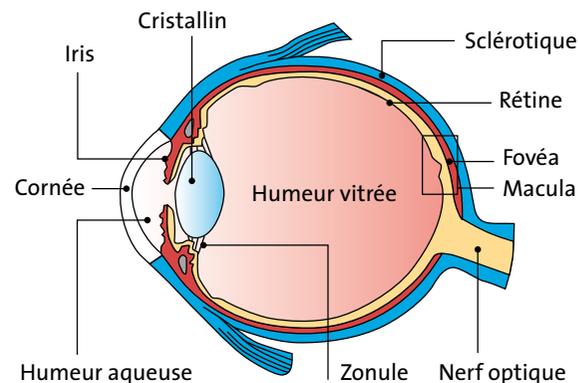


Figure 13 Les structures de l'œil

un rôle essentiel dans la réfraction des rayons lumineux.

Le cristallin est une lentille transparente, située juste derrière l'iris. Son rôle est de concentrer les rayons de lumière et de les projeter sur la rétine. C'est l'organe de l'accommodation, c'est-à-dire de la capacité de l'œil à ajuster sa vision et à focaliser l'image, que l'objet regardé soit lointain ou proche.

La rétine est une membrane transparente très fine qui recouvre la partie intérieure de l'œil, de l'iris jusqu'au nerf optique. C'est dans la rétine que se trouvent des cellules sensorielles :

- les cônes, sensibles aux détails des formes et aux couleurs,

- les bâtonnets, sensibles à la perception des contours et mouvements.

La macula, avec en son centre la fovéa, est la partie la plus sensible de la rétine, car elle comporte le plus de photorécepteurs. C'est elle qui permet la vision centrale et la vision des détails.

Ces cellules sensorielles vont transformer les stimuli lumineux en stimuli nerveux, qui seront transmis au cerveau via le nerf optique. Le cerveau va ensuite interpréter l'image.

6.1.2. Effets des rayonnements optiques sur l'œil

Ils dépendent des propriétés optiques des différents milieux oculaires et sont de plusieurs natures selon la longueur d'onde d'émission.

De façon générale, l'œil peut être assimilé à une lentille convergente. Lorsqu'un faisceau laser de forte puissance traverse l'œil, l'énergie déposée va se concentrer sur une tache focale de plus petit diamètre, localisée au niveau de la rétine, pouvant entraîner des dommages irréversibles.

Les rayons laser infrarouges (IR) pénètrent dans l'œil. Ils provoquent des lésions endommageant la conjonctive, la cornée, le cristallin et la rétine :

- la kératite est une inflammation de la cornée provoquant douleur, rougeur et photophobie, souvent associée à une conjonctivite ;

- la cataracte est une opacité du cristallin entraînant une baisse de vision ;
- l'atteinte rétinienne correspond à une lésion des cellules photoréceptrices : la brûlure sur la rétine peut être à l'origine d'une perte de la vue localisée et permanente, voire dans le pire des cas une cécité complète ;
- des brûlures de la cornée.

Ces lésions peuvent apparaître instantanément en l'absence de protection, si l'éclairement est important.

Les rayons laser UV pénètrent peu dans l'œil : les pathologies oculaires associées résultent de lésions dans sa partie antérieure, notamment, la conjonctive, la cornée et le cristallin.

Les effets aigus douloureux consécutifs à une exposition aux rayons laser UV peuvent apparaître très rapidement (photokératite et photoconjonctivite), mais sont réversibles.

Les effets chroniques du rayonnement laser UV peuvent favoriser la formation d'une cataracte

entraînant une déficience visuelle irréversible et invalidante (possibilité de traitement chirurgical).

La gravité des lésions augmente avec le temps d'exposition.

Les rayonnements visibles sont focalisés sur la rétine. Les risques d'une exposition sont donc des lésions et brûlures rétinienes. Néanmoins, la durée d'exposition est limitée par les réflexes naturels d'évitement et de fermeture des yeux (réflexe palpébral).

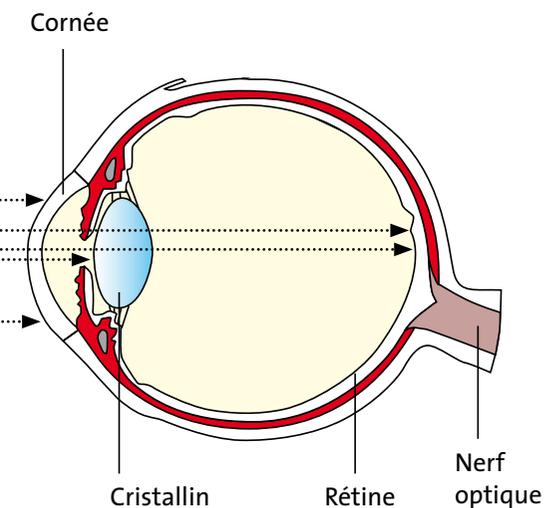
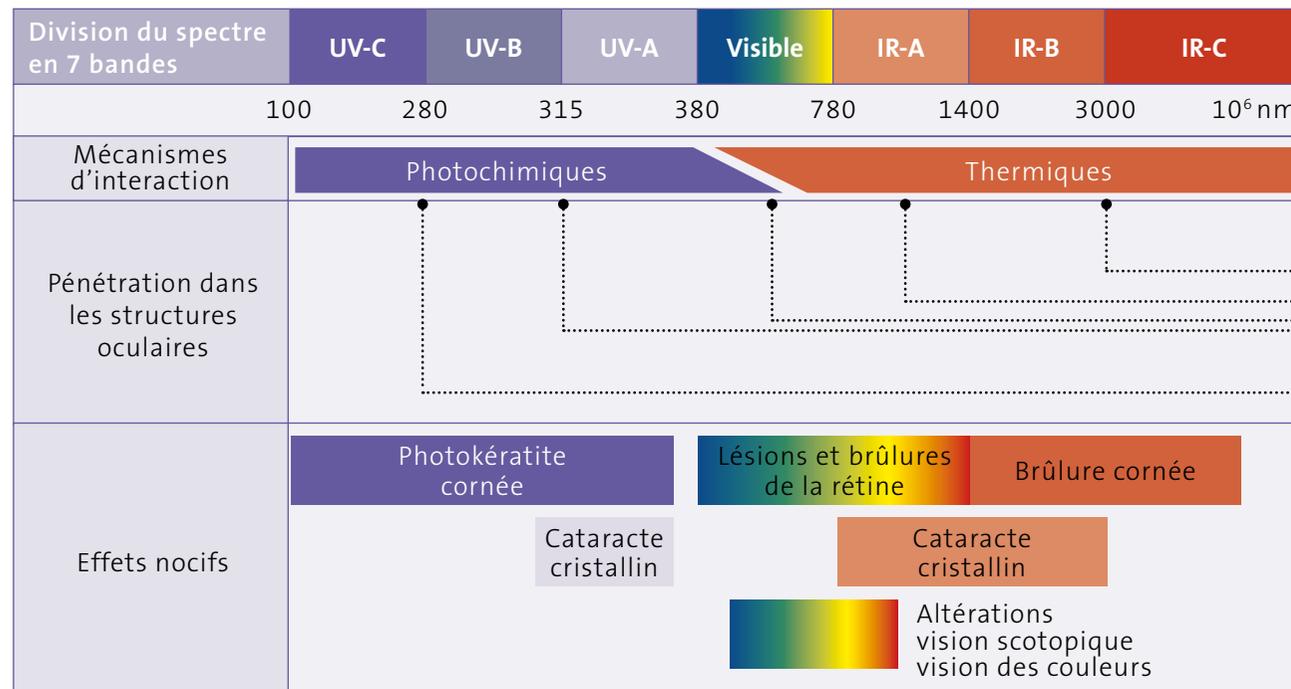


Figure 14 Pénétration et effets des rayonnements optiques dans l'œil en fonction de la longueur d'onde

6.2. Le risque cutané

6.2.1. Structures de la peau

La peau joue plusieurs rôles fondamentaux dont celui de protection vis-à-vis de l'extérieur, de régulation thermique, de synthèse hormonale et possède également une fonction immunitaire. Elle est constituée de trois couches superposées que sont l'épiderme en renouvellement permanent, le derme et l'hypoderme qui assurent la charpente fibreuse.

6.2.2. Effets des rayonnements optiques sur la peau

Les effets sont principalement thermiques et photochimiques et sont fonction de :

- la surface stimulée ;
- la région du corps exposée ;
- la vascularisation ;
- la pigmentation.

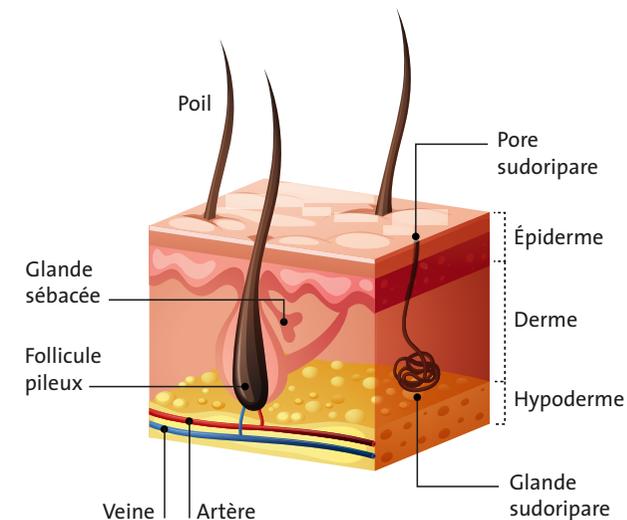


Figure 15 Les structures de la peau

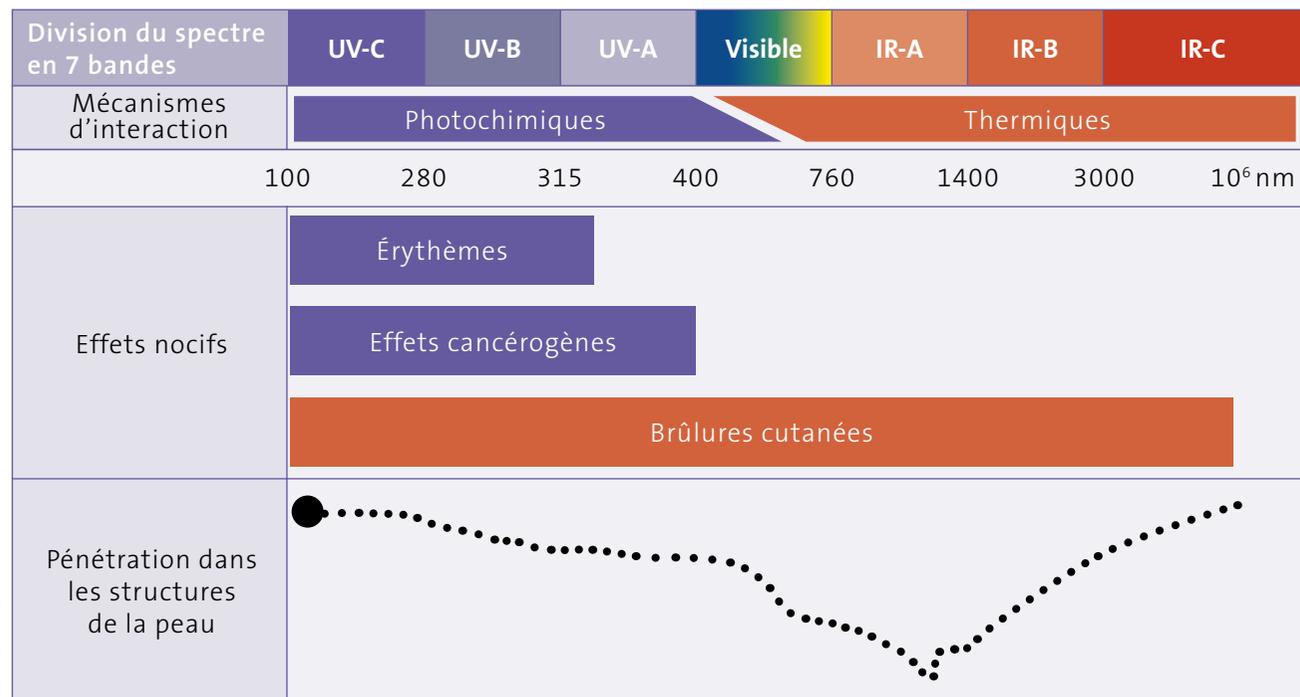
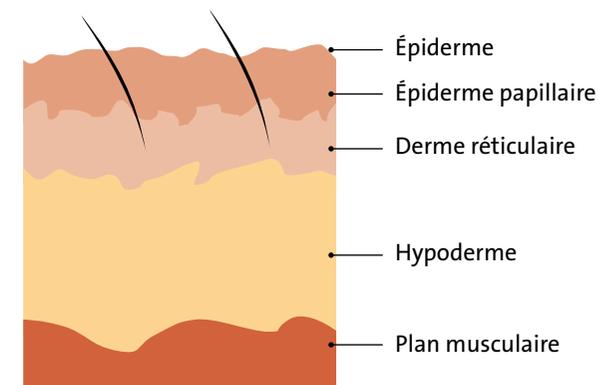


Figure 16 Effets des rayonnements optiques sur la peau



En cas d'exposition accidentelle, les effets induits varient d'un érythème bénin (rougeur de la peau) à la phlyctène (ampoule ou cloque) quelle que soit la longueur d'onde.

Les rayonnements IR et visibles sont moins dangereux pour la peau que les UV, car :

- ils sont ressentis par le corps humain sous forme d'échauffement lié à l'élévation de la température des tissus exposés, plus rapidement que ne sont ressentis les effets des UV ;
- leur longueur d'onde étant plus élevée, ils sont sans impact sur les structures cellulaires et ne provoquent donc pas de cancer.

Néanmoins, les rayonnements IR et visibles peuvent induire un fort effet thermique : ils pénètrent la peau plus en profondeur que les UV, créent une vasodilatation et transmettent leur énergie aux tissus du derme, entraînant des brûlures.

Une exposition prolongée aux UV entraîne des conséquences dermatologiques immédiates au niveau de l'épiderme (apparition d'érythèmes) ou chroniques (survenue possible de cancer de la peau).

6.3. Les risques liés aux interactions faisceau/cible

6.3.1. Incendie

Comme précisé dans leur définition, tout faisceau de laser de classes 3B et 4 présente un risque d'incendie. Pour les lasers de classe 4, ce risque persiste même en cas de réflexions diffuses.

Ce risque doit donc être pris en considération lors de la conception et de l'aménagement des locaux dans lesquels sont mis en œuvre des lasers (quelle que soit la classe) :

- mise en place de détection ;
- tenue au feu des matériaux ;
- dimensionnement des moyens de lutte contre l'incendie.

6.3.2. Rayonnements ionisants

L'utilisation de lasers scientifiques à impulsions courtes peut conduire, après focalisation, à des niveaux d'éclairement importants, de l'ordre de 10^{20} W/cm² et au-delà. L'interaction d'une telle impulsion laser avec une cible peut entraîner la production de rayonnements ionisants. Cette émission est d'autant plus forte que :

- la cible est constituée d'atomes lourds ;
- la durée de l'impulsion est courte ;
- l'énergie est élevée.

Le rayonnement ionisant produit doit être évalué pour dimensionner les protections à mettre en place : zonage, blindage autour de la cible, écrans de plomb ou de béton.

Les protections visent à abaisser l'exposition sous la dose limite d'exposition pour le public de 1 mSv/an. La salle devient alors une zone contrôlée intermittente, avec la signalétique appropriée, un contrôle d'accès et une dosimétrie d'ambiance.

Une autorisation d'exploiter l'installation doit être obtenue auprès de l'autorité de sûreté nucléaire (ASN).

Si nécessaire, se reporter au cahier de prévention du CNRS traitant de la **radioprotection**.

