

EXTRAIT**POUR INFORMATION**

→ G. Hée (1), I. Balty (1),
A. Mayer (2)
avec le concours de D. Courant (3)
et M. Lièvre (4)

(1) INRS Paris
(2) INRS Nancy
(3) CEA Fontenay-aux-Roses
(4) Laboratoire National d'Essais, Trappes

Les lasers

Risques et prévention

Annule et remplace la version précédente (ND 1607) publiée en 1986.

LASERS

RISKS AND PREVENTIVE MEASURES

After characterising and describing the different types of laser emission, the authors examine the risks related to high voltage and radiant heat, with special emphasis on the dangers of radiation to the eyes. Reference is made to the occupational exposure limits recommended by the ACGIH and the standard classification of laser apparatuses is given. The collective and personal protection measures recommended essentially concern protection from the thermal effects of radiation. A list of the protective goggles available in France is given, together with the requirements they must satisfy. Finally, apparatuses for measuring laser energy and power are presented in table form.

- laser ● radiation
- occupational exposure limit
- classification

Après avoir donné les caractéristiques de l'émission laser et en avoir décrit les différents types, les auteurs examinent les risques dus à la mise en œuvre de courants électriques de haute tension, à la propagation de rayonnements électromagnétiques optiques et l'éventualité d'une nuisance chimique.

La norme européenne NF EN 60825-1 «Sécurité des appareils à laser - Partie 1 : classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur» de juillet 1994 sert de référence pour la détermination de la classification normalisée des appareils et pour l'évaluation des valeurs limites d'exposition (VLE) recommandées.

Les mesures de protection collectives et individuelles préconisées s'attachent principalement à garantir les personnes contre les nuisances liées à l'émission de faisceaux de rayonnements optiques cohérents et, plus particulièrement, aux effets thermiques. Une liste de lunettes de protection disponibles sur le marché est proposée.

- laser ● rayonnement ● VLE ● classification

Le laser (de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiations c'est-à-dire Lumière Amplifiée par Stimulation d'Émission de Rayonnements) est une source de rayonnements optiques cohérents, c'est-à-dire que les ondes présentent certaines relations de phase entre elles sur une assez longue distance.

Le phénomène de base qui permet la réalisation d'émetteurs optiques à ondes cohérentes a été pressenti sur le plan théorique par Einstein en 1917.

L'émission lumineuse d'un corps est due à une diminution de l'énergie d'atomes, d'ions, de molécules lors d'un passage d'électrons d'orbitales externes vers des orbitales internes.

Cette émission peut être spontanée et correspond alors à un rayonnement incohérent (la lumière du jour, par exemple). Mais si un photon est projeté sur un atome, un ion ou une molécule convenablement excité, il peut, sous certaines conditions, provoquer l'émission d'un second photon en phase avec le photon incident et à la même fréquence.

Pour provoquer l'émission laser, il faut exciter correctement un milieu actif afin de placer ses atomes, ses ions ou ses molécules dans des conditions telles qu'ils puissent libérer de l'énergie par émission stimulée.

Cette excitation, appelée «pompage», peut se faire sous des formes différentes :

- *pompage électrique* : décharge électrique dans un gaz avec excitation électronique, par exemple ;

- *pompage optique* : éclairs de tube flash, par exemple ;

- *pompage chimique* : réaction chimique entre deux substances.

Ce milieu actif est placé dans une cavité de résonance limitée par au moins deux surfaces réfléchissantes. L'une des faces, moins réfléchissante, permet le passage d'un faisceau de lumière cohérente à l'extérieur de la cavité.

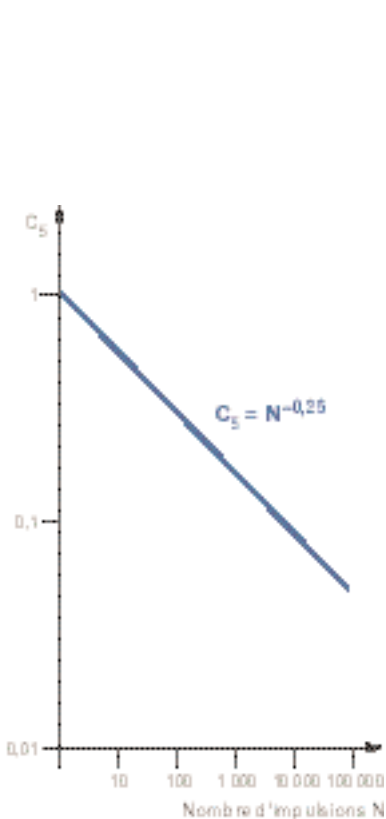


Fig. 11. Facteur de correction C_5 pour N (nbre d'impulsions) compris entre 1 et 100000

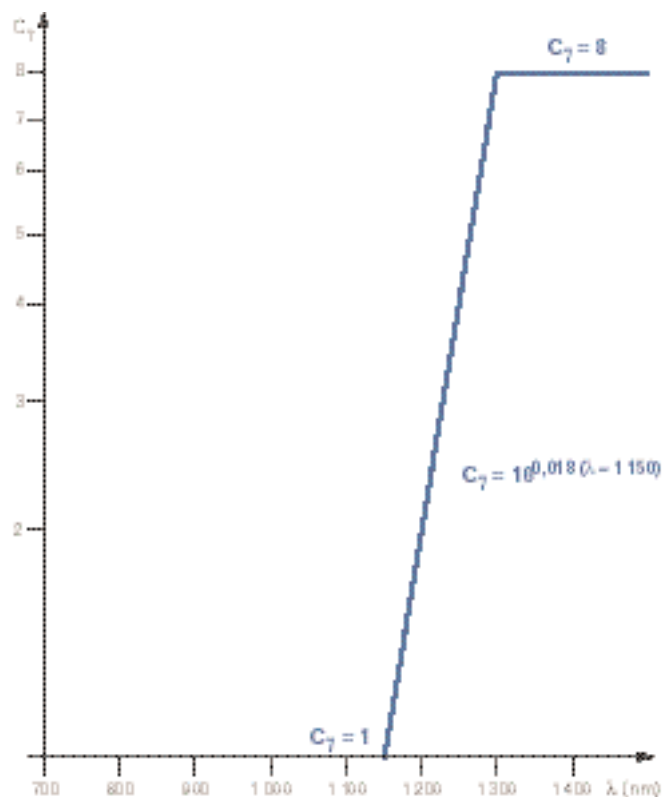


Fig. 12. Facteur de correction C_7 pour $\lambda = 1050$ à 1400 nm

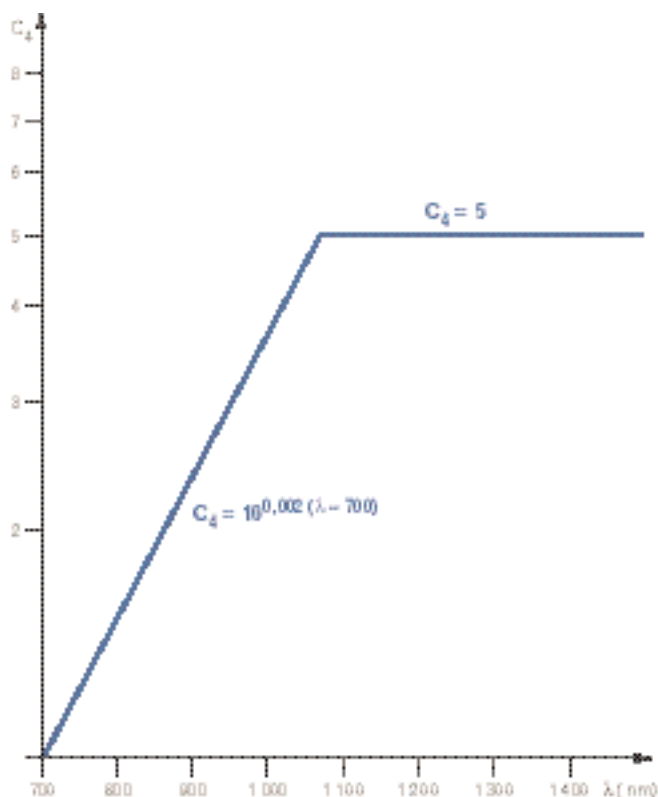


Fig. 10. Facteur de correction C_4 pour $\lambda = 700$ à 1400 nm

3. Classification des appareils à laser

Elle est normalisée et spécifiée dans la norme NF EN 60825-1 de juillet 1994. Cette classification, du ressort du fabricant, est associée à la prescription de mesures de sécurité. La norme range les lasers en cinq classes de risques.

Pour connaître en détail les critères d'affectation d'un laser à une classe particulière, consulter la norme NF EN 60825-1, tableaux I à IV (limites d'émission accessibles).

Classe 1 - Lasers considérés comme sans danger dans toutes les conditions d'utilisation prévisibles.

Classe 2 - Lasers émettant un rayonnement visible dans la gamme de longueurs d'onde comprises entre 0,4 μm et 0,7 μm .

La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral censé intervenir dans un délai de 0,25 s.

Pour ces appareils, la puissance maxi-

male des lasers à émission continue est généralement de 1 mW. Cependant, une exposition oculaire prolongée peut entraîner un dépassement des VLE. Il est donc recommandé de ne pas garder intentionnellement l'œil dans le faisceau pour des durées d'exposition allant jusqu'à 0,25 s.

Classe 3A - Lasers sans danger pour la vision à l'œil nu.

Pour les lasers émettant dans la gamme de longueurs d'onde comprises entre 0,4 µm et 0,7 µm, la protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral. Pour les autres longueurs d'onde, le risque pour la vision à l'œil nu ne doit pas être supérieur à celui de la classe 1. La vision directe dans le faisceau de lasers de la classe 3A à l'aide d'instruments optiques (jumelles, télescopes, microscopes par exemple) peut être dangereuse.

Ces lasers ont généralement une puissance de sortie pouvant atteindre 5 mW pour les émissions continues ou cinq fois la limite d'émission accessible de la classe 2 pour les émissions à impulsions répétitives ou à balayage en lumière visible. Toutefois en un point quelconque du faisceau, l'éclairement énergétique ne doit pas être supérieur à 25 W.m⁻².

Classe 3B - Lasers dont la vision directe du faisceau est toujours dangereuse.

La vision de réflexions diffuses est normalement sans danger et, dans la gamme de longueurs d'onde correspondant à l'émission de lumière visible, il y a lieu de respecter une distance minimale écran-cornée de 13 cm et une durée maximale de vision de 10 s. D'autres conditions de vision imposent une comparaison de l'exposition à la réflexion diffuse avec la valeur limite d'exposition VLE.

A titre indicatif, cette classe correspond aux lasers dont la puissance d'émission continue est inférieure à 0,5 W.

Classe 4 - Lasers de puissance supérieure à celle des lasers de classe 3B et qui sont capables de produire des réflexions diffuses dangereuses.

Ils peuvent causer des dommages sur la peau et constituer un danger d'incendie. Leur utilisation requiert des précautions significatives.

4. Protection contre le rayonnement

Elle s'attache principalement à garantir les personnes des effets thermiques ou photochimiques du rayonnement, notamment sur l'œil.

4.1. Évaluation de l'ordre de grandeur et calcul du risque

On peut se faire une idée approximative du niveau de risque que présente l'utilisation d'un laser par la classe à laquelle il appartient. Cette classe doit être déterminée et communiquée par le constructeur, l'ensemblier ou le fournisseur.

On considère a priori que certains lasers, sans être inoffensifs, ne peuvent occasionner des lésions graves aux personnes et n'appellent pas de mesures de protection importantes. Ce sont les lasers de classe 2 et à la limite, de classe 3A. En revanche, pour les lasers de classes 3B et 4, le calcul ou la mesure des densités d'énergie apportées et, en conséquence, la prise de mesures de protection élaborées sont indispensables.

~~Le CEN TC 123 (comité technique 123 du comité européen de normalisation) a été chargé d'étudier les modalités d'application de ces règles de sécurité au cas des machines utilisant des sources laser. La norme expérimentale NF E 60-601 «Machine à laser pour le travail des matériaux - Sécurité» de décembre 1991 constitue la contribution française en vue d'une normalisation européenne.~~

4.2. Dispositions de construction

~~Lors de la conception et de la fabrication des appareils à lasers, les spécifications techniques de la norme NF EN 60825-1 doivent être respectées, notamment :~~

- ~~mise en place de dispositifs de sécurité adéquats (capots de protection, atténuateur, verrouillage à sécurité positive, commande à clef, avertisseur d'émission...);~~
- ~~étiquetage des appareils;~~
- ~~fourniture d'une notice détaillée (instructions pour le montage, l'entretien et l'utilisation sans danger...);~~

~~Des logiciels sont actuellement disponibles pour apporter une aide au diagnostic des risques qui peut également être établi par des sociétés spécialisées de services (cf. chapitre 6).~~

4.3. Mesures de protection collectives

~~Ces mesures portent sur les locaux ou les lieux où sont mis en œuvre des lasers, plus particulièrement les zones de parcours des rayonnements directs et réfléchis, de manière à empêcher des propagations dangereuses pour les personnes et éventuellement, les matériels. Ces mesures s'attachent aussi à organiser, dans le même sens, l'exploitation des appareils.~~

4.3.1. Locaux d'exploitation

~~■ Autant que possible, l'exploitation d'un laser doit se faire dans un local ou dans un lieu réservé à cet usage, clos ou délimité. Il peut en être ainsi pour des machines à laser destinées à des travaux d'usinage et surtout à des travaux de recherche. Il n'en va pas de même pour des lasers de faible puissance utilisés sur des chantiers (de l'ordre de quelques mW), des lasers de faible puissance destinés à des réglages dans des installations industrielles (alignement d'éléments de machines, interféromètres, barrages immatériels...), des lasers destinés à des opérations de topographie, de communications, des lidars (lasers pour la détection à distance ou affectés à la télémétrie).~~

~~■ Il est conseillé de prévoir un bon éclairage des locaux où sont exploités les lasers afin de réduire l'ouverture de la pupille.~~

~~■ Les accès des locaux et leurs ouvertures vers l'extérieur ne doivent pas être situés dans l'axe d'un faisceau direct.~~

~~■ Le sol doit être libre d'obstacles.~~

~~■ Les causes de réflexion et de diffusion accidentelles de faisceaux laser doivent être supprimées (vitres mal placées, meubles ou objets présentant des faces polies). Les peintures (murs, cloisons, plafonds...) et les revêtements de sol doivent de préférence être mats. A cet égard, les réflexions diffuses de lasers de la classe 4, des faisceaux focalisés de lasers de la classe 3 à lumière visible ou infrarouge proche doivent être considérées comme dangereuses et traitées comme telles.~~

~~■ Lors de l'utilisation de lasers puissants (des classes 3 à faisceau focalisé ou 4), il faut éliminer les possibilités d'impact du faisceau sur des matériaux inflammables (bois, papier, tissus ou matières plastiques) qui peuvent être à l'origine d'incendies sous des densités de puissance de~~