

Figure F.6 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 3 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 138

Figure F.7 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en aluminium d’une épaisseur de 2 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 139

Figure F.8 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en aluminium d’une épaisseur de 2 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 139

Figure F.9 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier inoxydable d’une épaisseur de 1 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 139

Figure F.10 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier inoxydable d’une épaisseur de 1 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 140

Figure F.11 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en polycarbonate d’une épaisseur de 6 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 140

Figure F.12 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en polycarbonate d’une épaisseur de 6 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW au CO₂ 140

Figure F.13 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 1 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 141

Figure F.14 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 1 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 141

Figure F.15 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 2 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 142

Figure F.16 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 2 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 142

Figure F.17 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 3 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 143

Figure F.18 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier à revêtement en zinc d’une épaisseur de 3 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 143

Figure F.19 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en aluminium d’une épaisseur de 2 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 144

Figure F.20 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en aluminium d’une épaisseur de 2 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 144

Figure F.21 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier inoxydable d’une épaisseur de 1 mm provenant d’une exposition de 10 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 145

Figure F.22 – Résistance aux dommages d’une tôle mince en acier inoxydable d’une épaisseur de 1 mm provenant d’une exposition de 100 s à un faisceau défocalisé au cours d’expériences utilisant un laser CW Nd:YAG 145

Tableau D.1 – Classification d’essai des protecteurs pour laser	106
Tableau F.1 – Application de l’ALARP	122
Tableau G.1 – Systèmes de transmission du faisceau utilisant des systèmes de transmission du faisceau en espace libre	150
Tableau G.2 – Systèmes de transmission du faisceau utilisant des câbles de fibre optique	153

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 4: Protecteurs pour laser

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.

Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.

- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60825-4 a été établie par le comité d'études 76 de l'IEC: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006, l'Amendement 1:2008 et l'Amendement 2:2011. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Des modifications significatives ont été apportées et la présente édition a été établie pour le confort de l'utilisateur.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
76/704/FDIS	76/711/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

À de faibles niveaux d'éclairement ou d'exposition énergétique, la sélection du matériau et de l'épaisseur de la protection contre le rayonnement laser est déterminée essentiellement par le besoin de fournir une atténuation optique suffisante. Cependant, à des niveaux plus élevés, une considération supplémentaire est la capacité du rayonnement laser à enlever le matériau du protecteur – généralement par fusion, oxydation ou ablation, procédés qui peuvent conduire à un rayonnement laser pénétrant un matériau normalement opaque.

L'IEC 60825-1 traite de questions fondamentales concernant les protecteurs pour laser, y compris l'accès humain, les dispositifs d'interverrouillage et l'étiquetage, et fournit des recommandations générales relatives à la conception de capots et d'enceintes de protection pour les lasers de forte puissance.

Les protecteurs pour laser peuvent également être conformes aux normes pour les protecteurs oculaires contre le rayonnement laser, mais une telle conformité n'est pas nécessairement suffisante pour satisfaire aux exigences du présent document.

Lorsque le terme "éclairement énergétique" est utilisé, l'expression implique "éclairement ou exposition énergétique, selon le cas".

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 4: Protectors pour laser

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60825 spécifie les exigences relatives aux protecteurs pour laser, permanents et temporaires (par exemple, pour l'entretien), qui protègent la zone de traitement d'une machine à laser, ainsi que les spécifications pour les protecteurs d'origine pour laser.

Le présent document s'applique à tous les composants d'un protecteur, y compris les écrans clairs (visiblement transmetteurs) et les fenêtres d'observation, les panneaux, les rideaux pour laser et les parois.

De plus, le présent document indique

- a) comment évaluer et spécifier les propriétés de protection d'un protecteur pour laser, et
- b) comment sélectionner un protecteur pour laser.

NOTE Les exigences pour les composants du trajet du faisceau, les dispositifs d'arrêt du faisceau et les autres parties d'un capot de protection d'un appareil à laser qui ne protègent pas la zone de traitement sont contenues dans l'IEC 60825-1.

Le présent document traite de la protection contre le rayonnement laser uniquement. Les dangers en provenance du rayonnement secondaire qui peuvent se produire au cours du traitement des matériaux ne sont pas étudiés.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60825-1:2014, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

ISO 11553-1, *Sécurité des machines – Machines à laser – Partie 1: Exigences de sécurité laser*

ISO 12100, *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque*

ISO 13849-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60825 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

panneau d'accès

panneau qui, lorsqu'il est retiré ou déplacé, fournit un accès humain au rayonnement laser

Note 1 à l'article: Le gainage autour d'une fibre, les tubes utilisés comme composants de l'enveloppe ou tout dispositif qui sert de panneau amovible ou déplaçable, peuvent également être désignés comme "panneau d'accès" selon les termes de cette définition.

3.2

temps de protection du protecteur actif

temps minimal pour une exposition donnée à des rayonnements laser de la surface frontale (incidente) d'un protecteur actif pour laser, mesuré à partir de l'émission d'un signal d'interruption du protecteur actif, pendant lequel le protecteur actif pour laser peut empêcher de façon sûre au niveau de sa surface arrière le rayonnement laser accessible de dépasser la LEA (limite d'émission accessible) de la classe 1

3.3

signal d'interruption du protecteur actif

signal émis par un protecteur actif en réponse à une exposition excessive de sa surface frontale au rayonnement laser, et qui est destiné à entraîner une interruption automatique du rayonnement laser

Note 1 à l'article: L'action d'un interverrouillage de sécurité qui crée un circuit ouvert est considérée comme un "signal" dans ce contexte.

3.4

protecteur actif pour laser

protecteur pour laser qui fait partie d'un système de commande lié à la sécurité dans lequel toute défaillance de la surface frontale du protecteur pour laser déclenche un signal d'interruption

3.5

système de transmission du faisceau

système qui comprend tous les composants, y compris tous les composants du faisceau optique et les trajets du faisceau potentiels et leurs enveloppes, qui lorsqu'ils sont combinés, transfèrent le rayonnement laser émis par le générateur de rayonnement laser (le laser) vers la pièce à traiter

Note 1 à l'article: Ces composants peuvent comprendre tous les éléments pour le guidage, la conformation et la commutation du faisceau laser ainsi que l'enveloppe et le support pour les composants du trajet du faisceau. Voir l'Annexe G pour des informations détaillées sur les systèmes de transmission du faisceau guidé.

3.6

diamètre du faisceau

d_{86}

plus petit diamètre d'une ouverture circulaire dans un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau qui contient 86 % de la puissance (ou énergie) totale du laser

Note 1 à l'article: Dans le cas d'un faisceau gaussien (TEM_{00}), d_{86} est le point auquel l'éclairement énergétique (exposition énergétique) baisse à $1/e^2$ de sa valeur de crête centrale et des moments au second ordre de la distribution de densité de puissance (ISO 11146-1:2005, 3.2).

3.7

composant du trajet du faisceau

composant optique qui contribue à définir le trajet de faisceau

Note 1 à l'article: Des exemples de composant de trajet du faisceau comprennent un miroir d'orientation du faisceau, une lentille de focalisation ou un connecteur à fibre optique.

[SOURCE: IEC 60825-1:2014, 3.16, modifiée— Exemple supprimé et Note 1 à l'article ajoutée]

3.8

composant de conformation du faisceau

composant optique introduit dans le trajet du faisceau pour transformer le profil ou la section droite du faisceau laser au moyen d'ouvertures ou de composants optiques réfléchissants, réfringents ou diffractifs

3.9

composant de commutation du faisceau

composant optique ou ensemble de composants introduits dans le trajet du faisceau pour diriger ou détourner, d'après une commande extérieure, le trajet du faisceau selon des direction(s) prédéterminée(s), la commande extérieure permettant au trajet du faisceau d'être commuté d'une direction prédéterminée à un autre

3.10

câble de fibre optique

composant de guidage du faisceau optique qui permet la transmission du rayonnement laser le long d'un support transparent

Note 1 à l'article: Un câble de fibre optique peut avoir un cœur en verre ou tout autre cœur qui transporte le rayonnement laser et peut être entouré d'une gaine. L'extérieur de la fibre est protégé par une gaine et peut être, en plus, protégé par des couches supplémentaires d'un autre matériau, tel qu'un polymère ou un métal en vue de protéger la fibre contre les déformations mécaniques, la pénétration d'eau, etc. Ce terme inclut d'autres formes de dispositifs de transmission, telles que des guides d'ondes.

3.11

limite prévisible d'exposition

LPE

exposition maximale à des rayonnements laser de la surface frontale du protecteur pour laser, dans l'espacement des contrôles d'entretien, évaluée dans des conditions normales et dans des conditions de défaut raisonnablement prévisible

Note 1 à l'article: La spécification complète d'une LPE comprend divers éléments dont l'éclairement énergétique et la durée d'exposition. De plus amples informations sont données à l'Annexe B.

3.12

surface frontale

face du protecteur pour laser prévue pour être exposée aux rayonnements lasers

3.13

protecteur pour laser

écran physique qui limite l'étendue d'une zone de risque en empêchant le rayonnement laser accessible au niveau de sa surface arrière de dépasser la LEA de la classe 1

3.14

machine à laser

machine qui utilise un laser pour traiter les matériaux et qui relève du domaine d'application de l'ISO 11553-1

3.15

temps d'interruption du laser

temps maximal pris, à partir de la production d'un signal d'interruption du protecteur actif, pour que le rayonnement laser soit interrompu

Note 1 à l'article: Le temps d'interruption du laser ne se rapporte pas à la réponse d'un protecteur actif pour laser, mais à la réponse de la machine à laser, en particulier de l'obturateur de sécurité du laser.

3.16

espacement des contrôles d'entretien

temps qui s'écoule entre les contrôles d'entretien de sécurité successifs d'un protecteur pour laser

3.17

temps de protection du protecteur passif

temps minimal déterminé pour une exposition à des rayonnements laser égale à une limite d'exposition protégée (LEP) donnée de la surface frontale (incidente) d'un protecteur passif pour laser, pendant lequel le protecteur passif pour laser peut empêcher de façon sûre au niveau de sa surface arrière le rayonnement laser accessible de dépasser la LEA de la classe 1

3.18

protecteur passif pour laser

protecteur pour laser qui ne repose pour son fonctionnement que sur ses propriétés physiques

3.19

zone de traitement

zone dans laquelle le faisceau laser interagit avec le matériau à traiter

3.20

protecteur d'origine pour laser

protecteur passif ou actif pour laser, proposé par un fabricant de protecteurs pour laser au marché comme un produit indépendant avec une limite d'exposition protégée spécifiée

3.21

limite d'exposition protégée

LEP

exposition maximale à des rayonnements lasers de la surface frontale d'un protecteur pour laser qui empêche le rayonnement laser accessible au niveau de sa surface arrière de dépasser la LEA de la classe 1 pour le temps de détection du protecteur passif ou actif déterminé

Note 1 à l'article: En pratique, il peut y avoir plusieurs expositions maximales à des rayonnements lasers.

Note 2 à l'article: Différentes LEP peuvent être attribuées à différents emplacements d'un protecteur pour laser, si ces emplacements sont clairement identifiables (par exemple, une fenêtre d'observation qui fait partie intégrante d'un protecteur pour laser).

Note 3 à l'article: Voir 5.3 pour les exigences de performance et voir 5.4 pour la spécification complète. La spécification complète d'une LEP comprend divers éléments dont l'éclairage énergétique et la durée d'exposition.

3.22

surface arrière

surface d'un protecteur pour laser qui est éloignée du rayonnement laser associé et généralement accessible à l'utilisateur

3.23

raisonnablement prévisible

<événement ou condition> crédible et dont la probabilité d'apparition (ou d'existence) ne peut pas être négligée

3.24

contrôle d'entretien de sécurité

contrôle documenté réalisé conformément aux instructions du fabricant

3.25

protecteur temporaire pour laser

protecteur de substitution pour laser ou protecteur supplémentaire actif ou passif, destiné à limiter l'étendue de la zone de risque au cours de certaines opérations d'entretien de la machine à laser

4 Exigences relatives aux protecteurs pour laser

4.1 Exigences

L'Article 4 spécifie les exigences applicables aux protecteurs pour laser qui protègent la zone de traitement et sont fournis par le fabricant de la machine à laser.

4.2 Exigences de conception

4.2.1 Exigence relative au protecteur

Un protecteur pour laser doit satisfaire à l'ISO 12100 en ce qui concerne les exigences générales pour les protecteurs et également les exigences plus spécifiques concernant leur emplacement et leur méthode de fixation. De plus, les exigences spécifiques suivantes concernant les lasers doivent être satisfaites par un protecteur pour laser.

4.2.2 Exigences générales

Un protecteur pour laser, à son emplacement prévu, ne doit donner lieu à aucun danger associé au niveau ou au-delà de sa surface arrière lorsqu'il est exposé à un rayonnement laser primaire ou un rayonnement optique secondaire jusqu'à la limite d'exposition prévisible. L'Annexe F fournit des recommandations pour l'évaluation de l'aptitude des protecteurs pour laser.

NOTE 1 Parmi les dangers associés figurent les températures élevées, le plasma, le rayonnement ultraviolet excessif, le dégagement de matières toxiques, les incendies, les explosions et l'électricité.

NOTE 2 Voir l'Annexe B pour l'évaluation de la limite d'exposition prévisible.

4.2.3 Consommables des protecteurs pour laser

Des dispositions doivent être prises pour le remplacement des parties d'un protecteur pour laser susceptibles d'être endommagées par le rayonnement laser.

NOTE Un écran sacrificiel ou interchangeable constitue un exemple d'une telle partie.

4.3 Exigences de performance

4.3.1 Généralités

Lorsque la surface frontale (incidente) d'un protecteur pour laser est exposée à un rayonnement laser à la limite d'exposition prévisible, le protecteur pour laser doit empêcher le rayonnement laser accessible au niveau de sa surface arrière de dépasser la LEA de la classe 1 à tout moment dans l'espace des contrôles d'entretien. Pour les machines à laser automatiques destinées aux fonctionnements sans surveillance et/ou encadrement, la valeur minimale de l'espace des contrôles d'entretien doit être de 8 h.

Cette exigence doit être satisfaite pendant la durée de vie prévue du protecteur pour laser dans les conditions envisagées de fonctionnement.

NOTE 1 Cette exigence implique à la fois une faible transmission du rayonnement laser et la résistance aux dommages qui résultent du rayonnement laser.

NOTE 2 Certains matériaux peuvent perdre leurs propriétés de protection en raison du vieillissement, de l'exposition aux rayonnements ultraviolets, de certains gaz, de la température, de l'humidité et d'autres conditions d'environnement. De plus, certains matériaux transmettent un rayonnement laser sous une exposition à des