
**Lasers et équipements associés
aux lasers — Détermination du seuil
d'endommagement provoqué par laser sur
les surfaces optiques —**

Partie 2:

Essai S sur 1

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Lasers and laser-related equipment — Determination of laser-induced
damage threshold of optical surfaces —*

Part 2: S-on-1 test

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5cf47e0058b7/iso-11254-2-2001>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11254-2:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5cf47e0058b7/iso-11254-2-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5cf47e0058b7/iso-11254-2-2001>

© ISO 2001

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

| | |
|---|----|
| Avant-propos..... | iv |
| Introduction..... | v |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Références normatives | 1 |
| 3 Termes, définitions et symboles | 1 |
| 3.1 Termes et définitions | 1 |
| 3.2 Symboles et unités de mesure | 4 |
| 4 Échantillonnage | 4 |
| 5 Méthode d'essai | 4 |
| 5.1 Généralités | 4 |
| 5.2 Principe | 4 |
| 5.3 Appareillage | 6 |
| 5.4 Préparation des échantillons pour essai | 10 |
| 5.5 Mode opératoire | 11 |
| 6 Évaluation | 11 |
| 6.1 Principe | 11 |
| 6.2 Courbe d'endommagement caractéristique | 12 |
| 6.3 Méthode d'extrapolation | 13 |
| 7 Exactitude | 15 |
| 8 Rapport d'essai | 16 |
| Annexe A (informative) Modèle de rapport d'essai | 18 |
| Annexe B (informative) Exemple de procédure de mesure | 21 |
| Annexe C (informative) Méthode d'extrapolation pour les essais S sur 1 | 25 |
| Annexe D (informative) Unités et échelles de seuil d'endommagement causé par laser | 26 |
| Bibliographie | 27 |

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11254-2:2001

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5c817e0058b7/iso-11254-2-2001)

[5c817e0058b7/iso-11254-2-2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5c817e0058b7/iso-11254-2-2001)

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 11254 peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale ISO 11254-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 9, *Systèmes électro-optiques*.

L'ISO 11254 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Lasers et équipements associés aux lasers — Détermination du seuil d'endommagement provoqué par laser sur les surfaces optiques*:

- *Partie 1: Essai 1 sur 1* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5cf47e0058b7/iso-11254-2-2001>
- *Partie 2: Essai S sur 1*

Les annexes A à D de la présente partie de l'ISO 11254 sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

Les rayonnements laser répétitifs peuvent détériorer et endommager des surfaces optiques à des niveaux d'irradiation inférieurs à ceux mesurés pour des endommagements de simple exposition (ISO 11254-1). En plus des mécanismes réversibles induits par les traitements thermiques et la distorsion, des mécanismes d'endommagement irréversibles dus au vieillissement, microdommages et apparition ou déplacement de défauts sont observés. La présente partie de l'ISO 11254 concerne la détermination de l'endommagement irréversible des surfaces optiques soumises à l'influence d'un faisceau laser pulsé répétitif.

Dans la présente partie de l'ISO 11254, deux méthodes d'évaluation sont décrites pour la réduction des données brutes de l'essai d'endommagement. La méthode de la courbe d'endommagement caractéristique est basée sur un grand nombre de sites d'essai S sur 1 sur la surface optique de l'échantillon. La courbe d'endommagement caractéristique comprend un jeu de trois graphiques indiquant les valeurs de densité d'énergie avec des valeurs de probabilité d'endommagement de 10 %, 50 % et 90 % pour un nombre donné d'impulsions. La courbe d'endommagement caractéristique représente le résultat d'un essai complet et étendu d'un essai d'endommagement dû au laser, et il est recommandé pour les investigations de base dans l'optique laser en cours de développement ou critique.

La seconde méthode, méthode d'extrapolation, est conçue pour un nombre considérablement petit de sites d'essai. Cette méthode engendre un diagramme de distribution des zones endommagées et non endommagées pour considérer le seuil d'endommagement comme une fonction du nombre d'impulsions par site. Ce diagramme a une traçabilité limitée et peut être utilisé pour un contrôle qualité de composants optiques pour laser, qui sont déjà qualifiés par un essai complet d'endommagement, ou pour la préparation d'un essai d'endommagement étendu.

L'avancement actuel de la recherche dans l'endommagement et le vieillissement dus aux laser n'est pas suffisant pour déterminer quantitativement une exactitude pour la durée de vie des composants optiques sous des conditions d'essai données. Des essais réalistes d'endommagement lasers adaptés aux applications industrielles dépendant d'un grand nombre d'impulsions (10^9 à 10^{11} impulsions) et requièrent un coût d'expérience disproportionné. La présente norme montre cependant aussi une procédure pour une extrapolation du seuil S sur 1 à partir de la courbe d'endommagement caractéristique pour estimer la durée de vie réelle d'un composant optique.

NOTE 1 La présente partie de l'ISO 11254 est provisoirement limitée aux dommages irréversibles sur les surface optiques. Les dommages dus au laser du cœur des composants optiques seront pris en compte lors de la révision de la norme.

NOTE 2 Il faut prendre conscience que le seuil d'endommagement dû au laser d'un composant optique soumis à un rayonnement répété peut être affecté par un ensemble de différents mécanismes de dégradation tels que la contamination, le traitement thermique, apparition ou déplacement de défauts et modifications de structure. Ces mécanismes sont influencés par les paramètres de fonctionnement du laser, l'environnement et les conditions de montage du composant soumis à l'essai. Pour ces raisons, il est nécessaire d'enregistrer tous les paramètres et de prendre conscience que le comportement de l'endommagement peut varier dans des systèmes avec des conditions de fonctionnement altérées.

Avertissement pour la sécurité: L'extrapolation des données d'endommagement peut conduire à des résultats de calcul erronés et à une surestimation du seuil d'endommagement. Cela peut, dans le cas des matériaux toxiques (par exemple: ZnSe, GaAs, CdTe, ThF₄, chalcogénides, Be, Cr, Ni), conduire à de sérieux risques pour la santé. Voir en annexe D pour des commentaires supplémentaires.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11254-2:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b006c32d-6ac9-4e5d-a9b3-5cf47e0058b7/iso-11254-2-2001>

Lasers et équipements associés aux lasers — Détermination du seuil d'endommagement provoqué par laser sur les surfaces optiques —

Partie 2: Essai S sur 1

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11254 spécifie une méthode d'essai pour déterminer le seuil d'endommagement causé par un rayonnement laser simple sur les surfaces optiques soumises à une succession d'impulsions laser.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 11254. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 11254 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 10110-7:1996, *Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 7: Tolérances d'imperfection de surface.*

ISO 11145:1994, *Optique et instruments d'optique — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles.*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 11254, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11145 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1.1

endommagement de surface

toute modification permanente des caractéristiques de surface d'un échantillon provoquée par un rayonnement laser quelconque et observable par une technique décrite dans la présente partie de l'ISO 11254

3.1.2

essai S sur 1

programme d'essai qui utilise une série d'impulsions avec une densité d'énergie constante sur chaque site non exposé, avec un intervalle de temps courts et constant entre deux impulsions successives

NOTE La valeur de l'intervalle de temps entre les impulsions d'une série est donnée par l'inverse du taux de répétition des impulsions de la source laser.

**3.1.3
impulsion typique**

impulsion de formes temporelle et spatiale, qui représente les propriétés moyennes des impulsions constituant les séries d'impulsions

**3.1.4
nombre minimal d'impulsions**

nombre d'impulsions incidentes causant un endommagement de surface détectable

**3.1.5
seuil**

plus grande valeur quantité de rayonnement laser incident sur une surface optique, pour laquelle la probabilité extrapolée d'endommagement est nulle. La quantité de rayonnement laser peut être exprimée en densité d'énergie H_{th} , en densité de puissance E_{th} , ou en densité de puissance linéaire F_{th} , dépendant de la durée d'impulsion

NOTE La densité de puissance maximale, E_{max} , d'une impulsion typique est donnée par:

$$E_{max} = \frac{H_{max}}{\tau_{eff}} \tag{1}$$

**3.1.6
plan cible**

plan tangentiel à la surface de l'échantillon, au point d'intersection de l'axe du faisceau laser avec la surface de l'échantillon

**3.1.7
surface effective**

rapport de l'énergie des impulsions à la densité d'énergie maximale de l'impulsion typique, dans le plan cible

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11254-2:2001

5c47e0058b7/iso-11254-2-2001

NOTE 1 Pour un profil spatial de faisceau perpendiculaire à la direction de propagation du faisceau et pour les angles d'incidence différents de 0 radian, le cosinus de l'angle d'incidence doit être inclus dans le calcul de la surface effective. Dans ce cas, la surface effective est donnée par la formule suivante:

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{H_{max} \cos(\alpha)} \tag{2}$$

NOTE 2 Dans le cas spécial des profils de faisceau aplati rectangulaire avec un rayon d_{100} , la surface effective est donnée par :

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{H_{max}} = \frac{H_{max} \pi d_{100}^2}{H_{max}} = \pi d_{100}^2 \tag{3}$$

Pour un faisceau gaussien avec un rayon $d_{86,5}$, la surface effective est donnée par:

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{H_{max}} = \frac{H_{max} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{8(x^2+y^2)}{d_{86,5}^2}} dx dy}{H_{max}} = 2\pi \int_0^{\infty} e^{-\frac{8r^2}{d_{86,5}^2}} r dr = \frac{1}{8} \pi d_{86,5}^2 \tag{4}$$

Avec la définition du second moment de la fonction de distribution de la densité d'énergie $H(x, y, z)$ situé en z :

$$\sigma^2(z) = \frac{\int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} r^2 H(r, \varphi) r dr d\varphi}{\int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} H(r, \varphi) r dr d\varphi} \quad (5)$$

et la définition du rayon de faisceau d_σ comme fonction du second moment

$$d_\sigma(z) = \sqrt{2\sigma(z)} \quad (6)$$

la surface effective peut être exprimée sous la forme suivante:

a) faisceau rectangulaire $A_{T,\text{eff}} = \frac{1}{4} \pi d_{100}^2 = \frac{1}{4} \pi d_\sigma^2 = 2\pi\sigma^2; \quad d_{100} = d_\sigma \quad (7)$

b) faisceau gaussien $A_{T,\text{eff}} = \frac{1}{8} \pi d_{86,5}^2 = \frac{1}{8} \pi d_\sigma^2 = \pi\sigma^2; \quad d_{86,5} = d_\sigma \quad (8)$

3.1.8

diamètre effectif du faisceau

deux fois la racine carrée de la surface effective divisée par π :

$$d_{T,\text{eff}} = 2\sqrt{\frac{A_{T,\text{eff}}}{\pi}} \quad (9)$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.1.9

durée effective d'impulsion

rapport de l'énergie totale des impulsions à la puissance maximale des impulsions

ISO 11254-2:2001

5cf47e0058b7/iso-11254-2-2001

3.1.10

courbe d'endommagement caractéristique

représentation du seuil d'endommagement dû au laser S sur 1 comme fonction d'un nombre d'impulsions par site, à un taux de répétition des impulsions donné

3.2 Symboles et unités de mesure

Tableau 1 — Symboles et unités de mesure

| Symbole | Unité | Dénomination |
|--------------|---------------------|---|
| λ | nm | longueur d'onde |
| α | rad | angle d'incidence |
| p | | degré de polarisation |
| N_{\min} | | nombre minimal d'impulsions provoquant un dommage |
| N_p | | nombre d'impulsions par site |
| N_{Ts} | | nombre total de sites pour l'essai |
| d_T | mm | diamètre du faisceau dans le plan cible |
| $d_{T,eff}$ | mm | diamètre effectif du faisceau dans le plan cible |
| $A_{T,eff}$ | cm ² | surface effective dans le plan cible |
| τ_H | ns, μ s, s | durée d'impulsion |
| τ_{eff} | ns, μ s, s | durée effective d'impulsion |
| f_p | Hz | taux de répétition des impulsions |
| Q | J | énergie des impulsions |
| P_{pk} | W | puissance de crête d'impulsion |
| E_{max} | W / cm ² | densité de puissance maximale |
| F_{max} | W / cm ² | densité de puissance linéaire maximale |
| H_{max} | J / cm ² | densité d'énergie maximale |
| E_{th} | W / cm ² | seuil de densité de puissance |
| F_{th} | W / cm | seuil de densité de puissance linéaire |
| H_{th} | J / cm ² | seuil de densité d'énergie |
| P_{av} | W | puissance moyenne |

4 Échantillonnage

On peut effectuer les essais soit sur un composant fonctionnel, soit sur un échantillon témoin. Dans ce dernier cas, le matériau du substrat et le fini de surface de l'échantillon doivent être les mêmes que ceux du composant et le traitement optique de l'échantillon doit être effectué par la même opération que celui du composant. Le numéro de l'opération de traitement et la date correspondante doivent être marqués sur le composant soumis à l'essai.

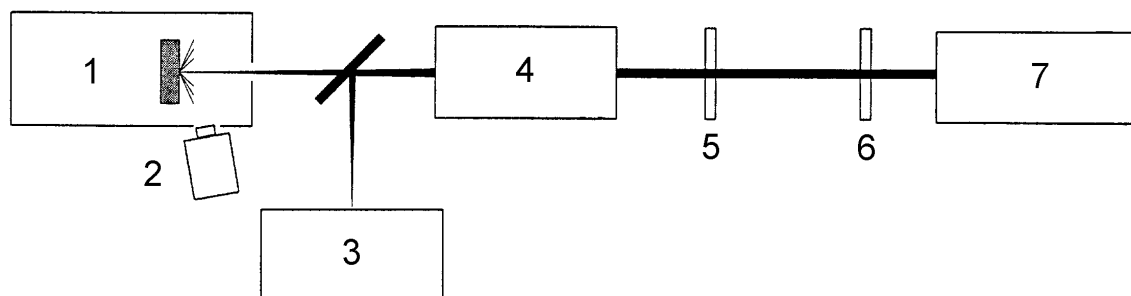
5 Méthode d'essai

5.1 Généralités

Pour déterminer le seuil d'endommagement S sur 1, des extensions de la mise en œuvre et de la procédure d'évaluation pour les mesures du seuil d'endommagement 1 sur 1 (voir ISO 11254-1) sont nécessaires. Cependant, la possibilité de mesure S sur 1 décrite dans la présente partie de l'ISO 11254 peut s'appliquer pour les mesures 1 sur 1 si le système de détection des dommages en ligne est combiné avec un microscope à contraste interférentiel différentiel du type Nomarski. Il est recommandé que le système de détection des dommages en ligne ait la possibilité d'interrompre les impulsions suivantes et de stopper le compteur d'impulsions.

5.2 Principe

Le principe d'un essai d'endommagement au laser S sur 1 est illustré à la Figure 1. L'émission d'un laser stable bien caractérisé est réglée sur la valeur souhaitée d'énergie ou de puissance à l'aide d'un atténuateur variable, puis dirigée sur un échantillon placé au foyer ou à proximité du foyer d'un système de focalisation.



Légende

- | | | | |
|---|------------------------------------|---|----------------------|
| 1 | Compartiment de l'échantillon | 5 | Lame d'onde |
| 2 | Détecteur d'endommagement en ligne | 6 | Atténuateur variable |
| 3 | Diagnostic du faisceau | 7 | Système laser |
| 4 | Système de focalisation | | |

Figure 1 — Schéma de principe de l'essai d'endommagement au laser S sur 1

L'échantillon est monté dans un manipulateur servant à positionner les différents sites d'essai dans le faisceau et à régler l'angle d'incidence. L'état de polarisation est réglé à l'aide d'une plaque d'onde appropriée. Le faisceau laser incident est échantillonné par un séparateur de faisceau qui envoie une partie de l'énergie vers une unité de diagnostic. Cette unité de diagnostic facilite le contrôle et la détermination de l'énergie, du profil spatial et de la forme temporelle de l'impulsion typique.

L'échantillon est placé dans une position définie par rapport au faisceau laser, à un angle d'incidence spécifié. Chaque site d'essai est exposé à des trains d'impulsions à densité d'énergie et taux de répétition constants. Chaque essai est conduit sans déplacer l'échantillon et les essais successifs sont effectués en déplaçant le point d'essai sur l'échantillon avec une distance connue entre chaque site d'essai. Il est recommandé que la distance entre chaque site d'essai soit plus grande que trois fois le diamètre du faisceau dans le plan cible d_T . Pendant les séries d'essai, un nombre suffisant de sites d'essai doivent être testés à des densités d'énergie différentes. La détermination du seuil d'endommagement est basée sur la totalité des données, et non sur l'état d'endommagement pour un site particulier.

Ce mode opératoire est applicable pour les essais de tous les types de systèmes laser indépendamment de la durée d'impulsion et de la longueur d'onde. Les durées d'impulsion largement utilisées dans les applications industrielles et scientifiques sont résumées et regroupées dans le Tableau 2.

Tableau 2 — Groupes de lasers

| Groupe | Durée d'impulsion |
|--------|-----------------------------|
| 1 | 1 ns à 3 ns |
| 2 | 10 ns à 30 ns |
| 3 | 1 μ s à 3 μ s |
| 4 | 200 μ s à 1 000 μ s |
| 5 | à déterminer |

Les classes de taux de répétition largement utilisées dans les applications scientifiques et industrielles sont données dans le Tableau 3. Les lasers de ces classes sont recommandés pour les essais S sur 1. D'autres taux de répétition d'impulsion que ceux spécifiés au Tableau 3 sont autorisés dans la présente partie de l'ISO 11254. Les classes de taux de répétition d'impulsion sont permises en conjonction avec chaque groupe de laser possible. La durée d'impulsion et le taux de répétition d'impulsion du laser d'essai doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Tableau 3 — Classes de taux de répétition

| Classes | Taux de répétition d'impulsion f_p |
|---------|--------------------------------------|
| | Hz |
| A | 1 |
| B | 10 |
| C | 30 |
| D | 100 |
| E | 300 |
| F | 1 000 |
| G | à déterminer |

Les valeurs du seuil d'endommagement dû au laser dépendent des paramètres de fonctionnement du système laser utilisé pour l'essai. Pour une comparaison des données de seuil sous des conditions de fonctionnement légèrement différentes, des règles d'échelonnement basées sur la modélisation des données expérimentales peuvent être utilisées. Les aspects de sécurité doivent être considérés pour l'application des règles d'échelonnement aux matériaux dangereux.

5.3 Appareillage

L'installation d'essai consiste en parties individuelles avec des fonctions spécifiques.

5.3.1 Laser

Un laser délivrant des impulsions avec un profil spatial reproductible quasi gaussien ou quasi rectangulaire est requis. Le profil temporel des impulsions est enregistré pendant la mesure. Des trains d'impulsions contenant des impulsions ayant une densité d'énergie maximale excédant les variations de E_{\max} du Tableau 4 doivent être éliminés pour la procédure d'évaluation. Pour les différents groupes de laser, les variations maximales admissibles des paramètres des impulsions sont résumés dans le tableau 4. Comme spécification minimale d'un système laser du groupe 5, la variation coup par coup de la densité de puissance maximale doit être inférieure à $\pm 20\%$. Les critères de stabilité pour les paramètres du faisceau doivent être déterminés et inscrits dans un bilan d'erreur.

Tableau 4 — Variation maximale des paramètres du laser et variation correspondante de densité de puissance pulsée maximale E_{\max}

Valeurs en pourcentage

| Groupe | Énergie d'impulsion Q | Durée d'impulsion τ_H | Surface effective $A_{T,eff}$ | Densité de puissance E_{\max} |
|--------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 | ± 5 | ± 10 | ± 10 | ± 15 |
| 2 | ± 5 | ± 5 | ± 6 | ± 10 |
| 3 | ± 5 | ± 5 | ± 6 | ± 10 |
| 4 | ± 5 | ± 5 | ± 6 | ± 10 |

5.3.2 Atténuateur variable et système d'apport du faisceau

L'émission laser doit être atténuée au niveau requis au moyen d'un atténuateur extérieur variable qui est sans altération dans la transmission et les propriétés d'imagerie.

Le système d'apport du faisceau et l'atténuateur ne doivent pas affecter les propriétés du faisceau laser de façon incohérente avec les tolérances données en 5.3.1. En particulier, l'état de polarisation du faisceau laser ne doit pas être altéré par le système d'apport du faisceau.