

Troisième édition
2019-10

Version corrigée
2020-01

**Optique et photonique — Lasers et
équipements associés aux lasers
— Méthode d'essai du facteur
d'absorption des composants optiques
pour lasers**

*Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Test
method for absorptance of optical laser components*
(standards.iteh.ai)

[ISO 11551:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569b557-8adf-4f59-a2f6-dd954594247/iso-11551-2019)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569b557-8adf-4f59-a2f6-
dd954594247/iso-11551-2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569b557-8adf-4f59-a2f6-dd954594247/iso-11551-2019)



Numéro de référence
ISO 11551:2019(F)

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 11551:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569bf557-8adf-4f59-a2f6-ddf954594247/iso-11551-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et unités de mesure	1
5 Préparation de l'échantillon d'essai et du dispositif de mesurage	2
6 Éléments caractéristiques du faisceau laser	4
7 Mode opératoire	4
7.1 Généralités.....	4
7.2 Étalonnage.....	4
7.2.1 Étalonnage du signal de puissance.....	4
7.2.2 Étalonnage du signal de température.....	4
7.2.3 Étalonnage de la réponse thermique.....	4
7.2.4 Mesurage du bruit de fond.....	5
7.3 Détermination du facteur d'absorption.....	5
8 Évaluation	6
8.1 Généralités.....	6
8.2 Élimination de la dérive.....	6
8.3 Méthode exponentielle.....	6
8.4 Méthode de l'impulsion.....	7
9 Rapport d'essai	8
Annexe A (informative) Phénomènes modifiant le facteur d'absorption	10
Annexe B (informative) Influence des distorsions du signal	12
Annexe C (informative) Algorithme de paramétrisation des données de température	16
Bibliographie	17

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/patents).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/foreword.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, Sous-comité SC 9, *Lasers et systèmes électro-optiques*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition ISO 11551:2003, qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- a) Introduction: Les hypothèses ont été révisées dans le deuxième alinéa. Ajustement mineur de nature rédactionnelle et de l'exemple dans le troisième alinéa.
- b) [Article 4](#): Correction du Tableau des symboles et des unités.
- c) [Article 5](#): Des spécifications plus détaillées des conditions environnementales pour les applications UV et IR sont fournies dans le deuxième alinéa. La spécification ISO 7 a été supprimée.

Dans le quatrième alinéa, l'[Annexe A](#) est mentionnée explicitement pour la dépendance de l'absorption aux autres paramètres d'essai.

Dans le cinquième alinéa, l'[Annexe B](#) est mentionnée explicitement pour tenir compte du problème critique de la conductivité thermique finie.

- d) En [7.2.3](#): Dans le premier alinéa, le mode opératoire d'étalonnage est spécifié plus en détail en incluant la prise en compte du schéma de chauffage pour les échantillons épais.

La Note 1 est complétée par la restriction applicable aux échantillons minces.

La Note 2 est complétée par la prise en compte du schéma de chauffage pour la conduction thermique finie.

- e) En [7.3](#): Dans le premier alinéa, les spécifications de la dérive en température ambiante ont été clarifiées.

Les exigences relatives à la montée en température totale pendant le chauffage ont été généralisées.

Dans le troisième alinéa, le terme «préirradiation» a été remplacé par «enregistrement de la dérive». La description de la durée de la période de refroidissement a été complétée.

- f) En [8.1](#): Dans le premier alinéa, «capacité thermique» a été remplacée par «capacité thermique spécifique».
- g) En [A.1](#): «dose d'irradiation» a été ajoutée en tant que paramètre d'influence.
- h) En [A.3](#): Généralisation des dépendances à l'absorption non linéaire.
- i) En [B.3](#): Commentaires plus détaillés sur la convergence des courbes de température à la [Figure B.1](#). Correction des [Formules \(B.2\)](#) et [\(B.3\)](#). Un alinéa supplémentaire avec explications pour les échantillons d'essai épais, y compris deux références.

La présente version corrigée de l'ISO 11551:2019 inclut les corrections suivantes:

- En [7.2.3](#) et dans les [Formules \(B.1\)](#), [\(B.2\)](#) et [\(B.3\)](#), le symbole " α " a été remplacé par " a ";
- Deux signes ont été corrigés dans la [Formule \(C.4\)](#) pour lire " $-B_{exp}$ " et " $-t_k$ " au lieu de " B_{exp} " et " t_k ".

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11551:2019](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569bf557-8adf-4f59-a2f6-ddf954594247/iso-11551-2019>

Introduction

Pour caractériser un composant optique, il est important de connaître son facteur d'absorption. Lorsque le rayonnement atteint un composant optique, une partie de ce rayonnement est absorbée, ce qui augmente la température de ce composant. Dans le présent document, seule la partie de la puissance/énergie convertie en chaleur est mesurée. Si une quantité suffisante d'énergie est absorbée, les propriétés optiques du composant peuvent changer et ce dernier risque même d'être détruit. Le facteur d'absorption est le rapport du flux énergétique absorbé au flux énergétique du rayonnement incident.

Dans les modes opératoires décrits dans le présent document, le facteur d'absorption est déterminé par calorimétrie comme étant le rapport de la puissance ou de l'énergie absorbée par le composant à la puissance ou à l'énergie totale, respectivement, atteignant le composant en question. Il est supposé que le facteur d'absorption de l'échantillon d'essai reste constant dans la plage de variation de température à laquelle est soumis le composant au cours du mesurage.

Pour la majorité des matériaux optiques en vrac, le facteur d'absorption dépend de la position du faisceau irradiant sur la surface de l'échantillon. Plusieurs matériaux infrarouges manifestent une dépendance prononcée du facteur d'absorption vis-à-vis de la température, notamment aux températures élevées.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11551:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569b557-8adf-4f59-a2f6-ddf954594247/iso-11551-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569b557-8adf-4f59-a2f6-ddf954594247/iso-11551-2019>

Optique et photonique — Lasers et équipements associés aux lasers — Méthode d'essai du facteur d'absorption des composants optiques pour lasers

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les modes opératoires et les techniques utilisés pour obtenir des valeurs comparables du facteur d'absorption des composants optiques pour lasers.

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).

ISO 11145, *Optique et photonique — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles*

ISO 14644-1:2015, *Salles propres et environnements maîtrisés apparentés — Partie 1: Classification de la propreté particulière de l'air*

ISO 80000-7, *Grandeurs et unités — Partie 7: Lumière et rayonnements*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11145 et l'ISO 80000-7, 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:

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

3.1

facteur d'absorption

a

rapport du flux énergétique absorbé au flux énergétique du rayonnement incident

Note 1 à l'article: La définition du facteur d'absorption utilisée pour le présent document est limitée aux processus d'absorption qui convertissent l'énergie absorbée en chaleur. Pour certains types d'optiques et de rayonnements, des processus additionnels non thermiques peuvent conduire à des pertes d'absorption qui ne seront pas détectées par le mode opératoire décrit ici (voir l'[Annexe A](#)).

4 Symboles et unités de mesure

Symbole	Définition	Unité
C_{eff}	Capacité thermique de l'échantillon d'essai, du support, etc.	J/(K)
c_p	Capacité calorifique spécifique de l'échantillon d'essai	J/(kg·K)
$d_{\sigma_x}, d_{\sigma_y}$	Largeur du faisceau sur l'échantillon d'essai	mm
m_i	Masse de l'échantillon d'essai, du support, etc.	kg

Symbole	Définition	Unité
P	Puissance du laser continu	W
P_{av}	Puissance moyenne du laser en mode d'impulsions continu	W
P_{pk}	Puissance de crête typique du laser en mode d'impulsions à répétition	W
t_B	Durée d'irradiation	s
Δt	Intervalle de temps	s
T_{amb}	Température ambiante	K
ΔT	Différence de température	K
a	Facteur d'absorption	1
β	Angle d'incidence	Rad
γ	Coefficient de perte thermique	1/s
λ	Longueur d'onde	nm
κ	Conductivité thermique	W/(mK)
η	Densité massique	kg/m ³
Q	Source de chaleur	W/m ³

5 Préparation de l'échantillon d'essai et du dispositif de mesurage

L'entreposage, le nettoyage et la préparation des échantillons d'essai sont effectués conformément aux instructions données par le fabricant pour une utilisation normale.

L'environnement du lieu d'essai doit être adapté à l'application et à la longueur d'onde d'essai. Il convient qu'il soit constitué d'air filtré, exempt de poussières, dont l'humidité relative est inférieure à 50 %. La poussière résiduelle doit être réduite conformément à la classe 7 des salles propres telle que définie dans l'ISO 14644-1:2015. Certaines plages spectrales spécifiques peuvent toutefois exiger des environnements purgés à l'azote (UV profonds) ou humidité nulle (plusieurs longueurs d'onde dans les IR). Pour la plage des UV profonds, il convient que la qualité de l'azote soit égale ou supérieure à 99,999 %. Si ces conditions ne peuvent pas être réunies, l'absorption au sein de l'atmosphère environnante sera incluse dans le résultat de l'essai. Il est très important que l'atmosphère soit exempte de courants d'air pour que les perturbations thermiques et la perte de chaleur par convection soient aussi faibles que possible. Les mesurages dans l'atmosphère ambiante ou dans le vide peuvent avoir des influences différentes sur le facteur d'absorption mesuré.

Un laser doit être utilisé comme source de rayonnement. Pour réduire au minimum les causes d'erreurs, la puissance du laser choisie pour les mesurages doit être aussi élevée que possible, mais sans provoquer de détérioration du composant.

La longueur d'onde, l'angle d'incidence et l'état de polarisation du rayonnement laser utilisé pour le mesurage doivent correspondre aux valeurs spécifiées par le fabricant pour l'utilisation de l'échantillon. Si ces trois grandeurs sont également spécifiées sous forme de plages de valeurs, toute combinaison de longueur d'onde, d'angle d'incidence et d'état de polarisation peut être choisie dans les plages en question. L'absorption d'un composant optique peut dépendre de paramètres supplémentaires, par exemple la densité de puissance ou la dose d'irradiation. Dans ces cas, il convient de choisir la séquence de mesurage individuellement. Voir l'[Annexe A](#) pour plus d'informations.

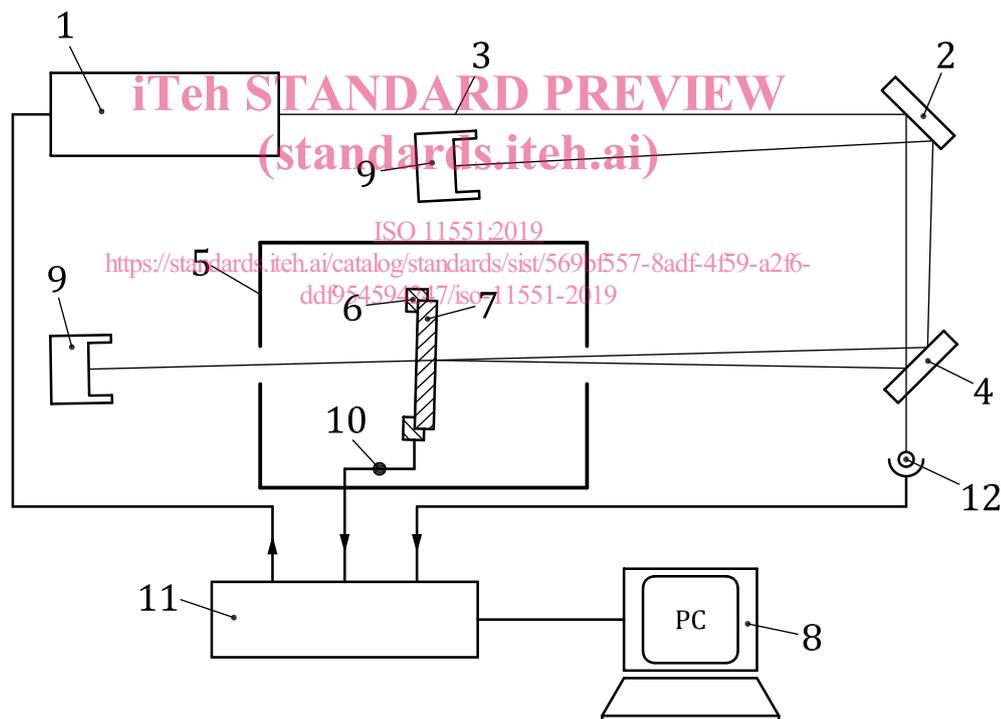
L'échantillon d'essai est monté sur un support adapté. Il est préférable de monter l'échantillon de manière à minimiser tout contact thermique entre l'échantillon et le support. Dans cette disposition, le capteur thermique est fixé directement sur la surface de l'échantillon. Le contact thermique reproductible entre le capteur thermique et la surface de l'échantillon est important. Il convient également de prendre des précautions pour maintenir une impédance thermique constante entre l'échantillon et le support. La précision de l'étalonnage dépend essentiellement de l'emplacement du capteur thermique, du matériau de l'échantillon et de la géométrie de l'échantillon. Voir l'[Annexe B](#) pour une analyse détaillée de ces considérations.

Il peut être difficile de fixer le capteur thermique à un petit échantillon d'essai ou à un échantillon de forme irrégulière. Un tel échantillon est monté sur le support de manière à maximiser le contact thermique entre l'échantillon et le support, tandis que le capteur thermique est fixé ou intégré au support. Le contact thermique reproductible entre le capteur thermique et le support est important. Il convient également de prendre des précautions pour maintenir une impédance thermique constante entre l'échantillon et le support.

Pour accroître la précision des mesurages, il convient de monter l'échantillon à l'intérieur d'une enceinte calorifugée, avec une ouverture pour le faisceau laser. Une attention particulière doit être apportée pour assurer que le mesurage de température n'entraîne aucune variation de la température de l'échantillon.

Il convient de disposer des diaphragmes appropriés dans le trajet du faisceau, devant et derrière l'échantillon, pour s'assurer que seul ce dernier est irradié par le faisceau d'essai et qu'aucun rayonnement réfléchi ou parasite ne risque d'atteindre le support ou les parois de l'enceinte. Il convient de réduire le plus possible le nombre d'optiques de transmission utilisées pour le guidage du faisceau afin de réduire les distorsions possibles par réflexions multiples ou rayonnement diffusé. Les faisceaux partiels transmis et réfléchis doivent être dirigés vers des pièges à faisceau avec une rétrodiffusion minimisée.

La [Figure 1](#) représente un dispositif de mesurage schématisé. L'utilisation du miroir concave M1 est recommandée pour former l'image de la fenêtre de sortie du laser sur l'échantillon, de façon à éviter un rayonnement diffracté pouvant avoir une influence sur le mesurage.



Légende

1 laser	7 échantillon d'essai
2 miroir M1	8 ordinateur personnel
3 axe optique	9 arrêt du faisceau
4 miroir M2	10 capteur thermique
5 enceinte d'essai	11 unité de commande
6 support d'échantillon	12 détecteur de puissance

Figure 1 — Dispositif typique de mesurage du facteur d'absorption

6 Éléments caractéristiques du faisceau laser

Les grandeurs physiques suivantes sont nécessaires pour caractériser le rayonnement laser utilisé pour l'essai:

- longueur d'onde, λ ;
- angle d'incidence, β ;
- état et degré de polarisation;
- largeur du faisceau sur l'échantillon d'essai, $d_{\sigma x}$, $d_{\sigma y}$;
- puissance moyenne, P_{av} , du laser en mode d'impulsions continu;
- puissance de crête typique, P_{pk} , et énergie pulsée Q du laser en mode d'impulsions à répétition;
- durée de l'irradiation, t_B .

7 Mode opératoire

7.1 Généralités

Les essais auxiliaires suivants doivent être menés régulièrement et à chaque fois que le dispositif de mesurage a été modifié.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

7.2 Étalonnage

7.2.1 Étalonnage du signal de puissance

ISO 11551:2019

Étalonner le signal de puissance en plaçant un détecteur de puissance laser étalonné à l'endroit des composants d'essai et comparer la puissance laser mesurée au signal du moniteur de puissance utilisé pendant les essais du facteur d'absorption, afin d'aboutir à un étalonnage correct.

7.2.2 Étalonnage du signal de température

Étalonner le signal de température en fixant un échantillon d'essai solidaire d'un capteur thermique étalonné au support d'échantillon. Comparer les signaux de température de ce capteur étalonné à ceux des capteurs utilisés pendant les essais du facteur d'absorption tout en faisant varier lentement la température ambiante sur la plage de linéarité des capteurs de température à la température d'essai type.

7.2.3 Étalonnage de la réponse thermique

Pour certains types de matériaux et de formes d'échantillon, l'augmentation de température induite par la chaleur absorbée peut différer de la réponse théorique prévisible pour les matériaux idéaux avec une conductivité thermique infinie. Dans ces cas, un facteur de correction f_c doit être déterminé, lequel compense l'influence d'un tel phénomène sur les résultats de l'essai du facteur d'absorption. Le facteur f_c est égal à un si l'influence de la conductivité thermique limitée peut être négligée. Pour dériver une valeur correcte de f_c , il est nécessaire que le schéma de chauffage de la routine d'étalonnage soit cohérent avec la caractéristique de chauffage des échantillons soumis à essai. Les absorbeurs en surface doivent être associés à un facteur de correction dérivé d'un étalonnage basé sur le chauffage de la surface. Et un absorbeur dans la masse doit être corrigé avec un échantillon d'étalonnage chauffé dans la masse.

Pour l'étalonnage, un échantillon de référence ayant un facteur d'absorption connu, identique aux échantillons à étudier pour ce qui concerne la géométrie du substrat et diffusion thermique, est soumis à l'essai de facteur d'absorption décrit ci-dessous. La durée d'irradiation et la méthode d'évaluation utilisée pour l'étalonnage doivent être les mêmes que pour l'échantillon à soumettre à essai.

Selon la méthode d'évaluation utilisée pour l'essai du facteur d'absorption, le facteur de correction peut être calculé en substituant la valeur du facteur d'absorption connu de l'échantillon d'étalonnage connu pour a dans la [Formule \(2\)](#) (voir [8.3](#)) ou la [Formule \(5\)](#) (voir [8.4](#)), et en les résolvant pour f_c .

Un facteur d'absorption connu peut être obtenu en appliquant un revêtement fin et hautement absorbant sur la surface de l'échantillon qui est irradiée. Des valeurs élevées du facteur d'absorption peuvent être déterminées avec une exactitude suffisante, c'est-à-dire en mesurant la proportion de rayonnement transmis, réfléchi et diffusé. Pour les essais de facteur d'absorption à valeurs élevées, il convient que la puissance du laser soit atténuée convenablement afin d'éviter des dommages aux échantillons et d'assurer que l'augmentation de température résultante est du même ordre de grandeur que la température obtenue pour des mesurages classiques. Ce mode opératoire s'applique uniquement aux échantillons ayant une absorption en surface élevée, où l'absorption dans la masse peut être négligée.

En alternative à l'irradiation d'un échantillon étalonné ayant un facteur d'absorption connu avec le faisceau laser, l'énergie thermique peut être déposée électriquement sur l'échantillon d'essai en fixant une résistance électrique à la surface soumise à l'essai. La puissance absorbée est donnée par RI^2 , où R désigne la résistance électrique et I le courant électrique pendant l'irradiation. Il convient de veiller à assurer un bon contact thermique entre la résistance et l'échantillon. Il convient en outre, particulièrement dans le cas des échantillons ayant une faible conductivité thermique, que la superficie de la résistance soit adaptée à la superficie irradiée par le laser dans les conditions d'essais normales. Ce mode opératoire peut en principe être appliqué à la fois aux échantillons avec absorption en surface et dans la masse. Il convient de veiller à s'assurer que le schéma de chauffage de l'échantillon d'étalonnage soit identique ou presque au schéma de chauffage attendu des échantillons d'essai.

7.2.4 Mesurage du bruit de fond

Pour une exactitude maximale et la suppression des éventuelles distorsions du signal, la formation d'images et l'alignement du faisceau laser doivent être optimisés. Un mesurage avec un support libre ou avec un composant sans absorption peut être effectué pour vérifier que le dispositif de mesurage n'est pas influencé par le rayonnement réfléchi ou diffusé. L'amplitude des variations de température pendant la durée de l'essai doit être au moins d'un ordre de grandeur inférieur à l'accroissement de température survenant pendant l'essai du facteur d'absorption

7.3 Détermination du facteur d'absorption

Le facteur d'absorption des composants optiques est déterminé de manière calorimétrique à l'aide d'un dispositif de mesurage tel que représenté à la [Figure 1](#). Avant de commencer le mesurage, l'équilibre thermique doit être établi, afin que la dérive de température soit approximativement linéaire et le bruit de température (écart-type) soit d'au moins d'un ordre de grandeur inférieur à l'accroissement maximal de température induit par l'irradiation. Il convient que l'accroissement maximal de température pendant l'essai soit en accord avec la linéarité des capteurs de température.

Si le facteur d'absorption dépend soit de la densité de puissance ou d'énergie du rayonnement incident, soit de la dose d'irradiation, cela doit être noté dans le rapport d'essai. L'essai doit être conduit dans les conditions d'utilisation prévues des composants.

L'essai est conduit sur trois intervalles successifs:

- l'intervalle d'enregistrement de la dérive $[t_0, t_1]$ (au moins 30 s);
- l'intervalle de chauffage $[t_1, t_2]$ ($t_B = t_2 - t_1 = 5$ s à 300 s) pendant lequel le faisceau laser est incident de la surface de l'échantillon d'essai;
- l'intervalle de refroidissement d'au moins 200 s.

Pour les échantillons d'essai dont les pertes thermiques sont élevées, il convient que l'irradiation prenne fin nettement avant que la montée en température ne sature en raison de l'équilibre entre la puissance absorbée et la perte thermique.