



Rapport d'essai No 2025-002402

Traduction

Objet

**Essai d'un poste à souder laser portatif chez
LWB WeldTech AG
IPG Laser
Système de soudage laser portatif LightWELD
N° de modèle: SYSHW000000001G
N° de série: LWHH42412111
Classe laser déclarée: 4
Puissance déclarée: 1500 W
Longueur d'onde: 1070 nm**

Mandat

Mesure du rayonnement optique réfléchi sur différents matériaux d'un poste à souder laser portatif et évaluation conformément à la norme IEC 60825-1:2014.

Requérant

Suva
Sécurité au travail et protection de la santé
Rösslimattstrasse 39
6005 Lucerne

Traçabilité

Les résultats de mesure indiqués sont rattachés aux étalons nationaux et ainsi à des réalisations reconnues au niveau international des unités SI.

Date de l'essai

5 mars 2025

3003 Berne-Wabern, le 15 juillet 2025

Pour l'essai

Fabio Rinderer, expert technique

Validé par

Dr. Florian Stuker, chef de laboratoire

1. Portée de l'essai

Un poste à souder laser portatif est utilisé par un spécialiste avec des paramètres réels pour effectuer différentes tâches de soudage sur les matériaux les plus divers. Le rayonnement optique réfléchi est mesuré selon différentes géométries.

2. Méthode d'essai

L'essai est réalisé avec un système de mesure (Metas n° 10600) composé d'une photodiode InGaAs présentant la sensibilité appropriée dans le domaine spectral infrarouge. Afin de pouvoir évaluer les dangers pour les yeux, on utilise une sphère intégrante avec un diaphragme d'ouverture de 7 mm. Pour l'amplification du signal, on utilise un amplificateur à transimpédance rapide. La saisie des données est effectuée à l'aide d'un transformateur de potentiel avec un taux de balayage de 2 Mhz. Les mesures sont réalisées par échantillonnage lors de différentes opérations de soudage. Suite à l'étalonnage, la tension mesurée peut être reliée à la puissance de rayonnement optique pénétrant dans le diaphragme de 7 mm.

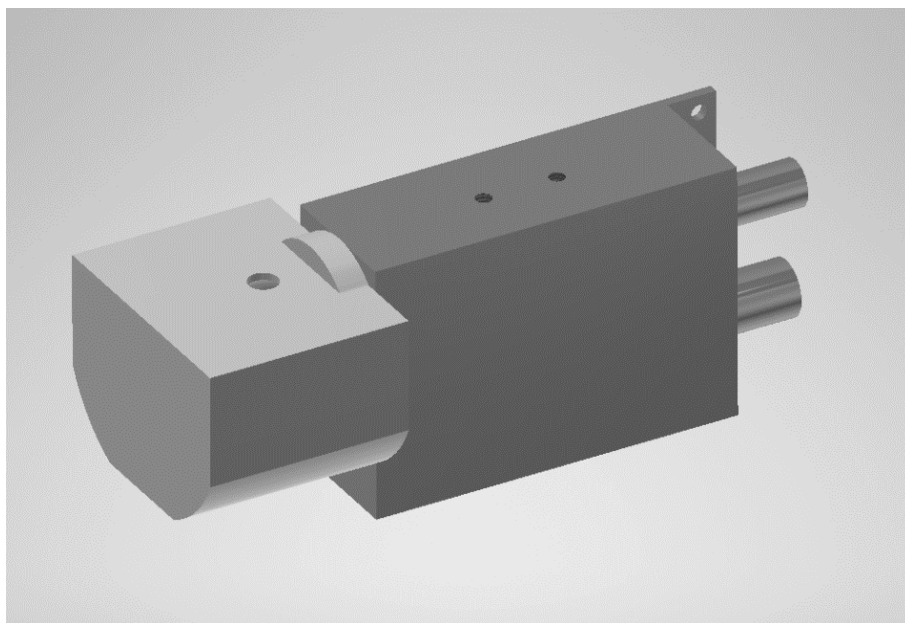
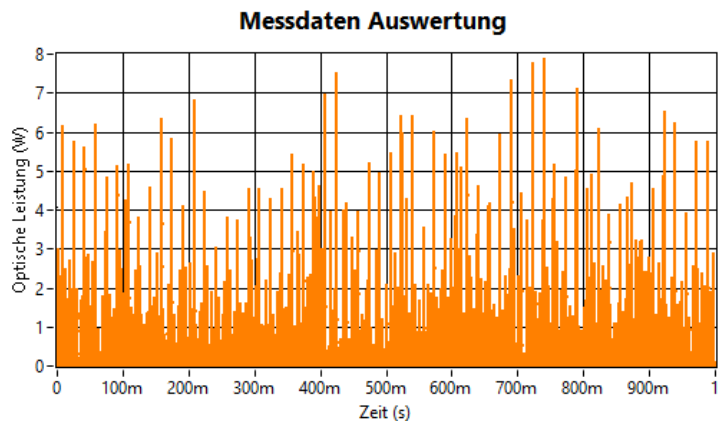


Fig. 1: schéma du système de mesure avec la sphère intégrante et l'ouverture de 7 mm (gris clair) et l'amplificateur à transimpédance avec photodiode InGaAs intégrée (gris foncé).

Les analyses d'un processus de travail sont représentées ci-dessous. En fonction de la grandeur mesurée recherchée, différents domaines d'analyse doivent être pris en compte.

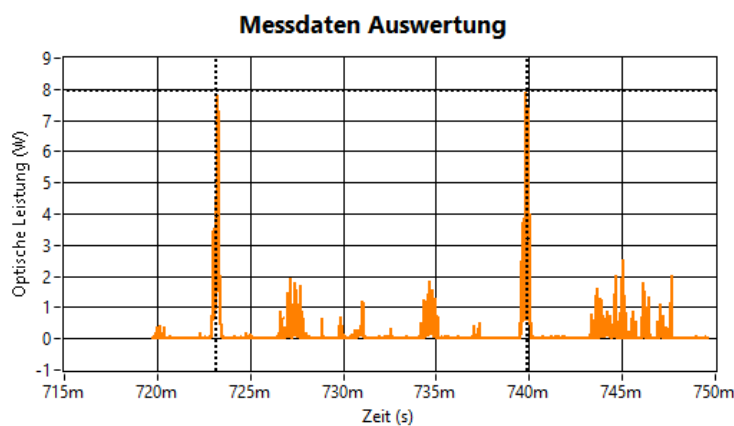


Représentation générale

Plage temporelle:

1 s

Le graphique montre des pics d'impulsion à répétition. Le processus présente des pics de puissance récurrents.

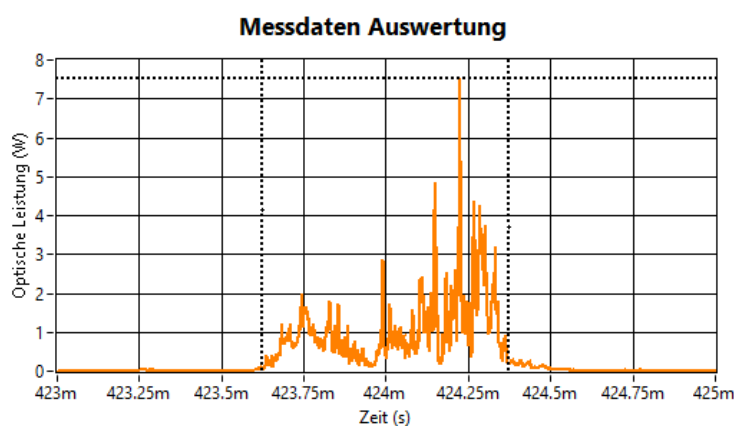


Période

Plage temporelle:

30 ms

Les pics d'impulsion sont visibles individuellement. La durée entre les impulsions est de 16,7 ms.

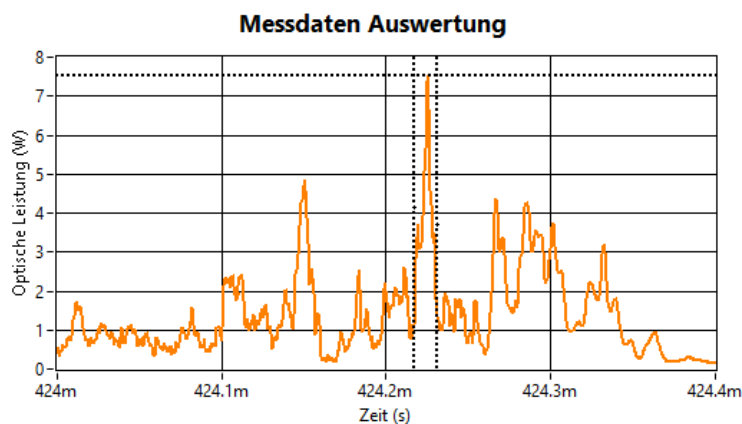


Séquence d'impulsion

Plage temporelle:

2 ms

Le graphique montre la forme d'une impulsion unique. La durée totale de l'impulsion est de 750 μ s.



Impulsion unique

Plage temporelle

400 μs

Le graphique montre une crête d'impulsion unique. Dans cette analyse, la largeur d'impulsion est de 14 μs .

Pour chaque configuration de mesure et chaque matériau, la séquence d'impulsion mesurée lors du processus de soudage est analysée à l'aide d'un logiciel. L'évaluation des résultats est réalisée selon la norme *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences IEC 60825-1:2014*.

Conformément à cette norme, le calcul des valeurs pour l'œil se réfère à la distance d'évaluation de 100 mm, et l'évaluation des risques oculaires à un diaphragme de 7 mm de diamètre.

De même, le calcul des valeurs pour la peau se base sur une distance d'évaluation de 100 mm et sur un diaphragme de 3,5 mm de diamètre. L'évaluation du risque pour la peau est basée sur un petit diamètre de faisceau, et elle prend en compte une durée d'impulsion de 10 s en raison du processus de travail. Les valeurs d'exposition mesurées pendant une durée de 1 s sont considérées comme équivalentes pendant 10 s.

Le facteur de correction C_5 (évaluation pour l'œil) est défini selon les règles de classification de la norme (point 4.3f): $T = 30\,000\text{ s}$ est utilisé comme base de temps (dans le cas du soudage laser manuel, le travail comporte une activité visuelle). Avec un intervalle régulier de 25 ms entre les impulsions, C_5 atteint le minimum de 0,4 après une durée d'environ 625 s (nombre d'impulsions = 25 000). Le facteur de correction utilisé pour les évaluations des risques oculaires est $C_5 = 0,4$.

Le facteur de correction $C_6 = 1$ est utilisé. On suppose que le processus de travail se déroule au point de focalisation du laser. Cela correspond à un angle d'observation réduit, qui est considéré dans ce cas comme le scénario le plus défavorable.

Toutes les mesures sont basées sur une mesure des réflexions et non sur celle du rayonnement optique direct. On part de l'hypothèse que les réflexions sont mixtes (combinant des composantes diffuses et spéculaires).

Lors de l'analyse des impulsions, le scénario le plus défavorable est systématiquement retenu pour l'évaluation. Par conséquent, l'impulsion présentant le plus haut potentiel de danger est toujours prise en compte dans l'analyse.

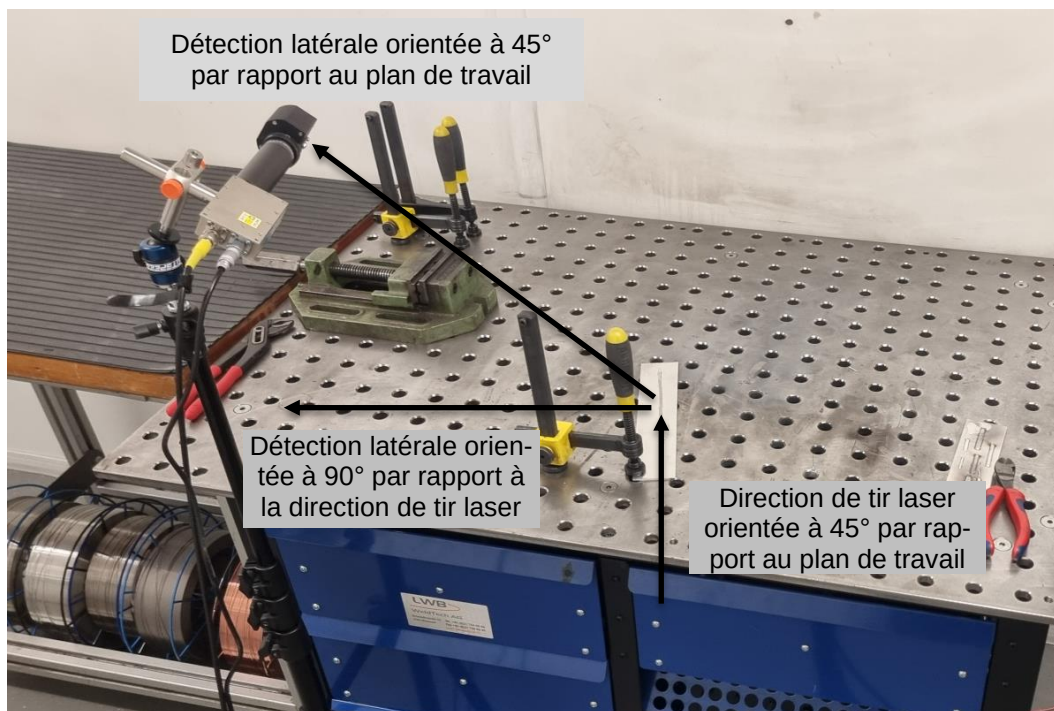


Fig. 2: dispositif d'essai 4.1.1, soudure bout à bout, 1000 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail

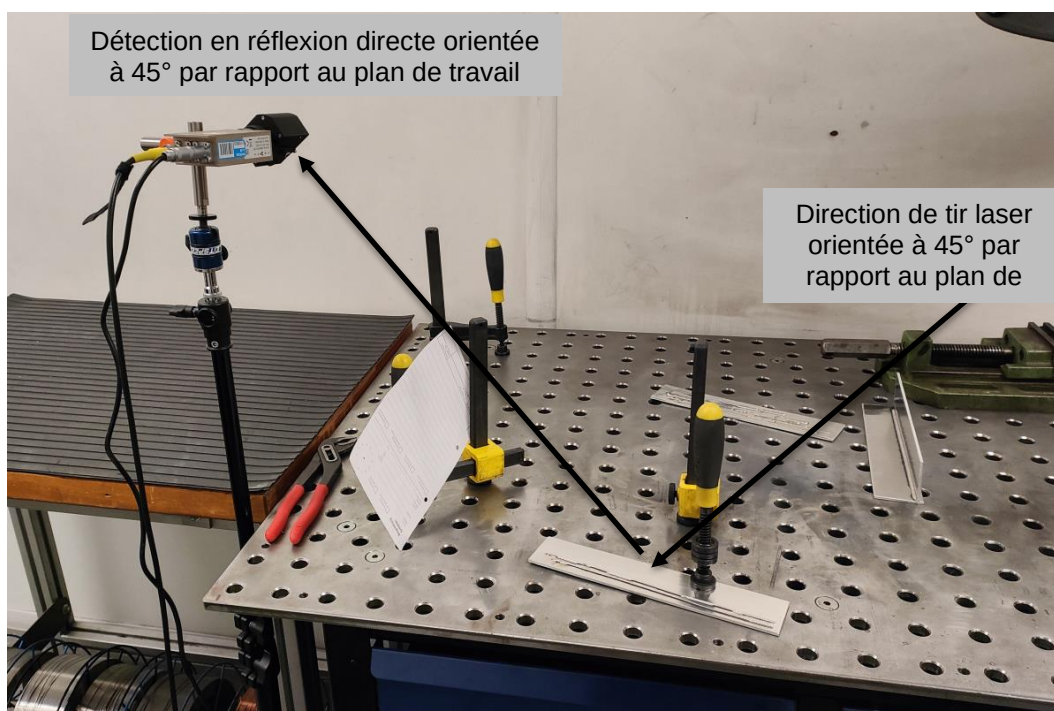


Fig. 3: dispositif d'essai 4.1.6, soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail

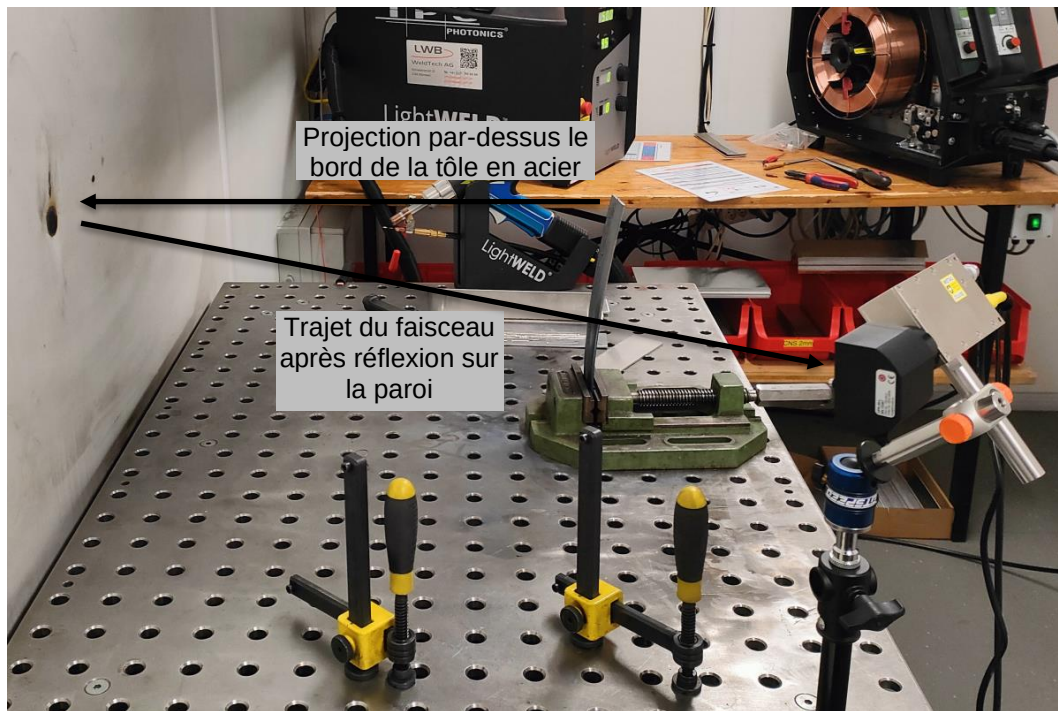


Fig. 4: dispositif d'essai 4.5.1, réflexion sur la paroi en plastique de la cabine de soudage, projection par-dessus le bord d'une tôle en acier de construction S355J2, 1500 W

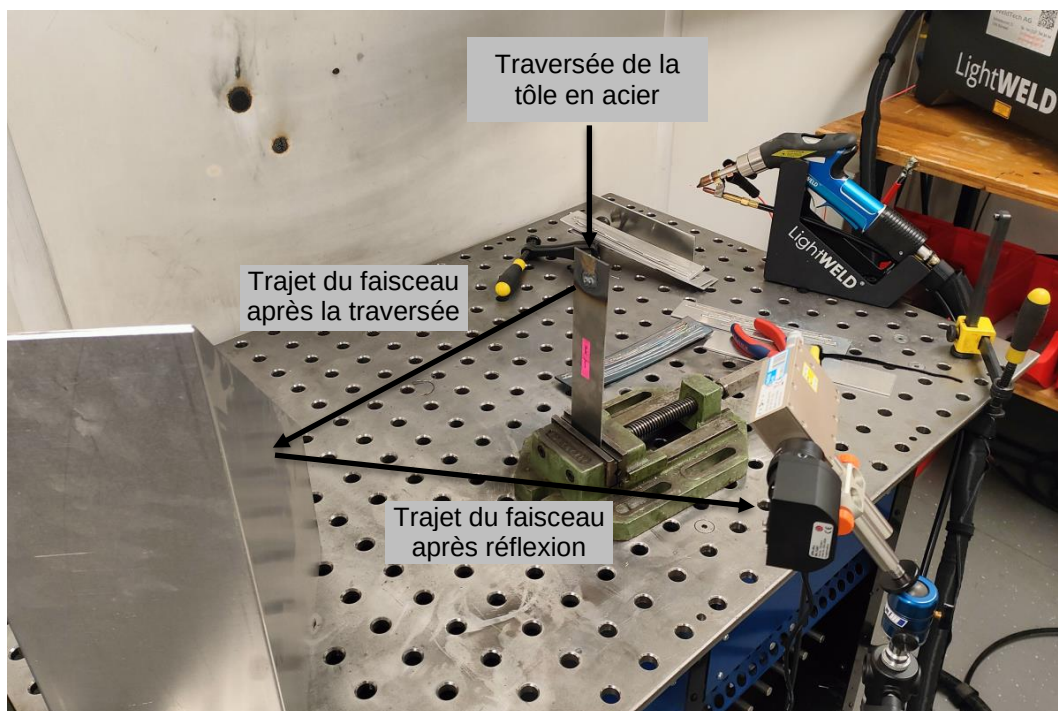


Fig. 5: dispositif d'essai 4.5.3, réflexion sur une tôle en acier de construction S355J2, traversée d'une tôle en acier de construction S355J2, 1500 W

3. Conditions de l'essai

Température ambiante de $(23,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$

4. Résultats de l'essai

Pour évaluer le potentiel de danger, on examine systématiquement le risque le plus important, lequel dépend du type d'évaluation effectué:

- Pour l'évaluation du danger pour les yeux, ce sont les pics de puissance qui sont pris en compte.
- Pour l'évaluation du danger pour la peau, ce sont les puissances moyennes qui sont pertinentes.

4.1 Tôle en aluminium AlMg5-3.3555 et fil d'apport de 1,2 mm de diamètre, gaz protecteur: argon

4.1.1 Soudure bout à bout, 1000 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M2)

Puissance max. $P_{\text{max}} / \text{W}$	Durée d'impulsion $t_P / \mu\text{s}$	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Densité optique requis, DO	DNDO $d_{\text{DNDO}} / \text{m}$
7,8	103,2	560	2,7	7,9

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne $P_{\text{peau}} / \text{W}$	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, $d_{\text{peau}} / \text{m}$
0,17	10	1,8	0,3

Évaluation des dangers pour la peau

4.1.2 Soudure bout à bout, 1500 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M3)

Puissance max. $P_{\text{max}} / \text{W}$	Durée d'impul- sion $t_P / \mu\text{s}$	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Densité optique requis, DO	DNDO $d_{\text{DNDO}} / \text{m}$
13,1	91,7	913	3,0	10,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne $P_{\text{peau}} / \text{W}$	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, $d_{\text{peau}} / \text{m}$
0,23	10	2,5	0,5

Évaluation des dangers pour la peau

4.1.3 Soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M5)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
30,0	27,8	1513	3,2	13,3

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteurEMP	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,07	10	0,7	< 0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.1.4 Soudure d'angle, 1200 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M7)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
11,2	160,6	900	3,0	10,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteurEMP	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,30	10	3,2	0,7

Évaluation des dangers pour la peau

4.1.5 Soudure bout à bout, 1000 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M9)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
11,7	110,1	860	2,9	9,9

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteurEMP	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,15	10	1,6	0,3

Évaluation des dangers pour la peau

4.1.6 Soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M10)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
176	660,8	20 175	4,3	49,4

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
2,09	10	22	2,7

Évaluation des dangers pour la peau

4.2 Tôle en acier au nickel-chrome 1.4301 et fil d'apport de 1 mm de diamètre, gaz protecteur: CO

4.2.1 Soudure bout à bout, 850 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M13)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
2,7	55,1	167	2,2	4,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,05	10	0,5	< 0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.2.2 Soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M14)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
9,5	110,1	698	2,8	8,9

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,07	10	0,7	< 0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.2.3 Soudure bout à bout, 1500 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M15)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
3,9	275,2	363	2,6	6,3

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,09	10	1,0	0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.3 Tôle en cuivre CW024A ou CW008A et fil d'apport de 1 mm de diamètre, gaz protecteur: argon

4.3.1 Soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M16)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
22,8	69,6	1490	3,2	13,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,10	10	1.1	0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.3.2 Soudure bout à bout, 1500 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M17)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
13,6	111,4	995	3,0	10,7

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,25	10	2,6	0,5

Évaluation des dangers pour la peau

4.4 Tôle en acier de construction S355J2 et fil d'apport de 1 mm de diamètre, gaz protecteur: CO

4.4.1 Soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M18)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
3,0	73,4	197	2,3	4,6

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteurEMP	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,06	10	0,6	< 0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.4.2 Soudure bout à bout, 1000 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M19)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
3,8	114,7	278	2,4	5,5

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteurEMP	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,09	10	0,9	0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.4.3 Soudure bout à bout, 1500 W, oscillation (0,0), détection latérale orientée à 90° par rapport à la direction de tir laser et à 45° par rapport au plan de travail (M20)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
2,3	91,7	162	2,2	4,1

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteurEMP	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,07	10	0,8	< 0,1

Évaluation des dangers pour la peau

4.4.4 Soudure bout à bout, 1500 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M21)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
4,7	114,7	345	2,5	6,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,14	10	1,5	0,2

Évaluation des dangers pour la peau

4.4.5 Soudure bout à bout, 1000 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M22)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
8,4	114,7	620	2,8	8,4

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,11	10	1,2	0,2

Évaluation des dangers pour la peau

4.4.6 Soudure bout à bout, 500 W, oscillation (0,0), détection en réflexion directe orientée à 45° par rapport au plan de travail (M24)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
6,7	91,7	468	2,7	7,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,12	10	1,3	0,2

Évaluation des dangers pour la peau

4.5 Paramètres spéciaux

4.5.1 Réflexion sur la paroi en plastique de la cabine de soudage, projection par-dessus le bord d'une tôle en acier de construction S355J2, 1500 W (M25)

Remarque: en raison de la configuration du dispositif d'essai, il est difficile de déterminer quelle puissance optique atteint la surface à tester pendant le traitement du matériau.

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impul- sion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, $r_{\text{facteu-}}^{\text{EMP}}$	Densité optique requis, DO	DNDO d_{DNDO} / m
4,9	137,3	378	2,6	6,5

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, $r_{\text{facteur}}^{\text{EMP}}$	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,25	10	2,7	0,5

Évaluation des dangers pour la peau

4.5.2 Réflexion sur une tôle en acier de construction S355J2, traversée d'une tôle en acier de construction S355J2, 1500 W (M26)

Remarque: en raison de la configuration du dispositif d'essai, il est difficile de déterminer quelle puissance optique atteint la surface à tester pendant le traitement du matériau.

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impul- sion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, $r_{\text{facteu-}}^{\text{EMP}}$	Densité optique requis, DO	DNDO d_{DNDO} / m
4,4	164,8	355	2,5	6,2

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, $r_{\text{facteur}}^{\text{EMP}}$	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
0,18	10	1,9	0,4

Évaluation des dangers pour la peau

4.5.3 Réflexion sur une tôle en acier de construction S355J2, projection libre 1500 W, oscillation (0,0) (M29)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
12,5	275	1150	3,1	11,5

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
1,28	10	14	2,0

Évaluation des dangers pour la peau

4.5.4 Réflexion sur l'arrière d'une plaque en céramique, pontée et soudée sur le fil, 1500 W, oscillation (0,0), fil d'apport de 1 mm (M32)

Puissance max. $P_{\max} / W$	Durée d'impulsion $t_P / \mu s$	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Densité optique requise, DO	DNDO d_{DNDO} / m
9,9	27,5	205	2,3	4,7

Évaluation des dangers oculaires

Puissance moyenne P_{peau} / W	Durée d'impulsion t_P / s	Dépassement des EMP, facteur- r_{EMP}	Distance de danger pour la peau, d_{peau} / m
1,11	10	11,8	1,7

Évaluation des dangers pour la peau

5. Évaluation des risques

Les appareils à laser de classe 4 sont des dispositifs dont le faisceau est normalement dangereux en cas de regard direct, y compris lors d'une exposition accidentelle. Selon la norme relative aux lasers, le rayonnement laser représente un danger pour un œil non protégé à l'intérieur de la distance de sécurité nominale pour l'œil (DNDO). La valeur limite d'exposition pour la peau est, quant à elle, dépassée dans ce que l'on appelle la « distance de danger pour la peau ».

En général, la peau peut tolérer une exposition à une énergie de faisceau laser bien plus élevée que celle supportable par l'œil.

Une zone de danger laser est définie comme une zone où l'exposition de l'œil ou de la peau dépasse les niveaux d'exposition maximale permise (EMP). Afin d'éliminer les ambiguïtés, il convient de préciser si l'évaluation de la zone repose sur les limites EMP pour l'œil ou la peau. Dans cette zone de danger laser, il est impératif de porter un équipement de protection individuelle adéquat pour éviter tout risque pour les yeux et/ou la peau.

6. Incertitude de mesure

Puissance optique	$U = 0,08 \cdot P_{\max}$
Durée d'impulsion	$U = 0,01 \cdot t_P$
EMP	$U = 0,10 \cdot \text{EMP}$
DO	$U = 0,2$
DNDO	$U = 0.25 \cdot d_{\text{DNDO}}$
Distance de danger pour la peau	$U = 0,25 \cdot d_{\text{peau}}$

La valeur mesurée (y) et l'incertitude (U) qui lui correspond définissent le domaine ($y \pm U$) dans lequel se situe la valeur de la grandeur mesurée avec une probabilité d'au moins 95 %.

L'incertitude de mesure contient les contributions de l'étalon utilisé, de la procédure d'étalonnage, des conditions d'environnement et de l'objet étalonné. Il n'a pas été tenu compte du comportement à long terme de l'objet étalonné.