



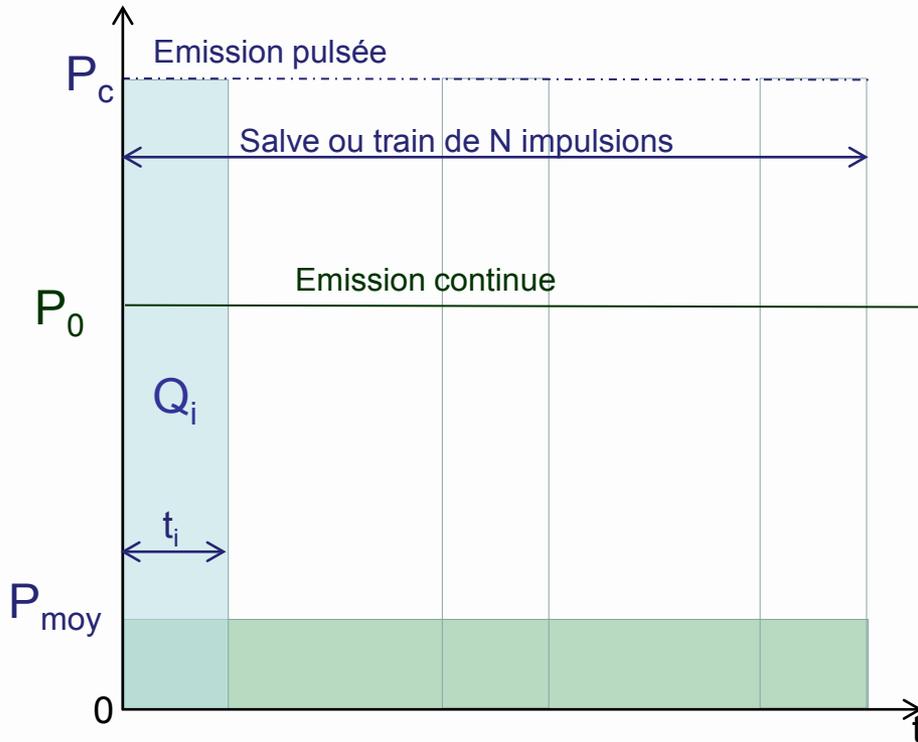
Sensibilisation à la Sécurité LASER

Aspet, le 26/06/2013



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Modes d'émission LASER



$$Q_i = P_c \times t_i$$
$$P_{moy} = Q_i \times F$$
$$P_{moy} = P_p \times t_i \times F$$

Longueur d'onde

- λ

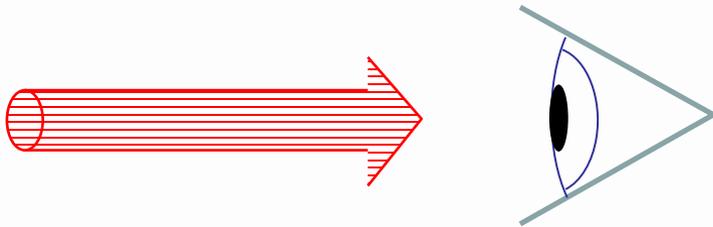
Emission continue

- P₀ : puissance nominale (W)

Emission pulsée

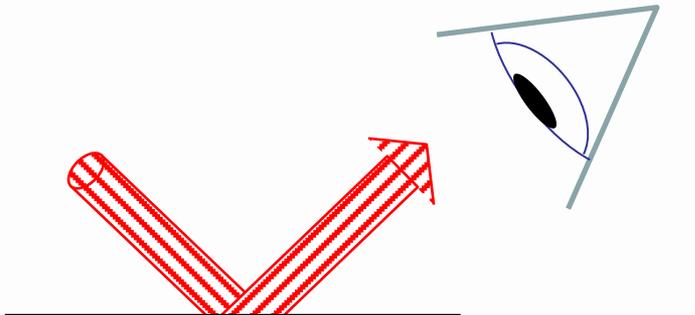
- Q_i : Energie d'impulsion (J)
- P_c : Puissance crête (W)
- P_{moy} : Puissance moyenne (W)
- t_i : Durée d'impulsion (s)
- T : Période du signal
- T_{train} : Période du signal
- F : Fréquence des impulsions (Hz)
- N : Nombre d'impulsions

Types d'expositions



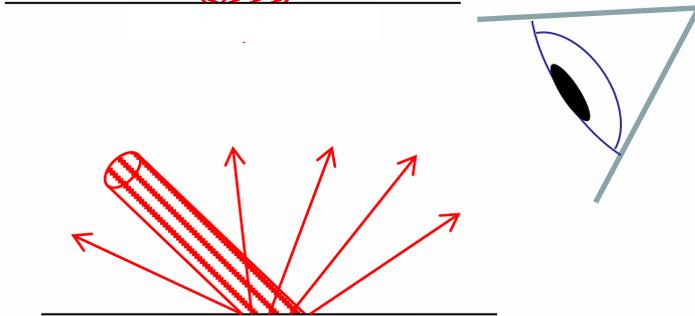
Exposition directe

- Faisceau direct non focalisé, focalisé, divergent



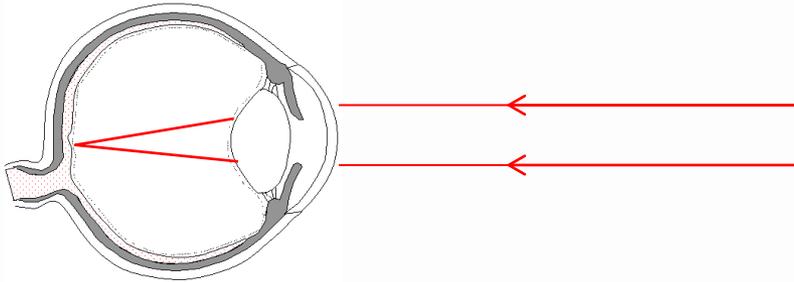
Réflexion spéculaire

- Faisceau spéculaire simple, divergent, focalisé

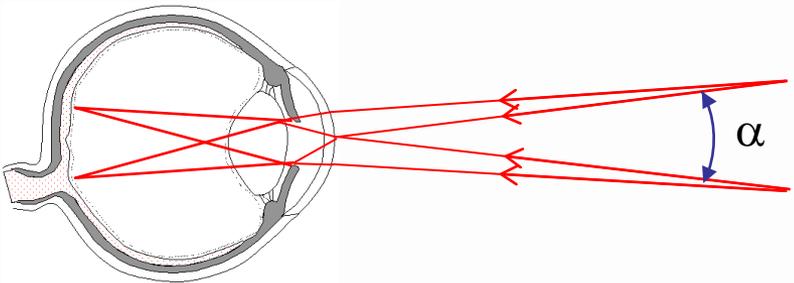


Réflexion diffuse

- Diffusion uniforme, divergent ou focalisé

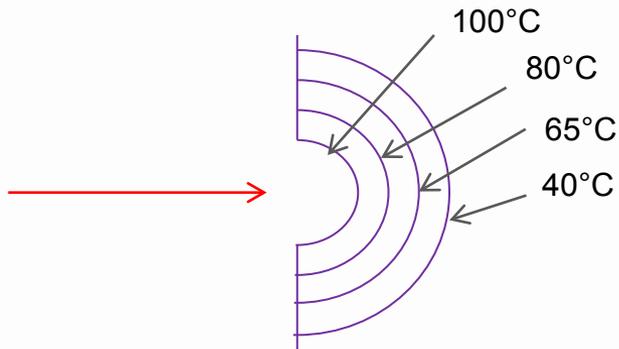


Source ponctuelle



Source étendue

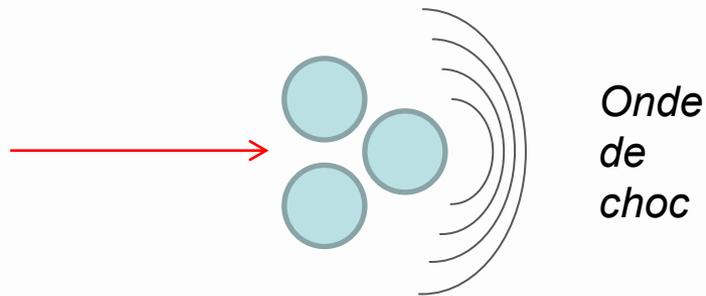
à une distance sup. à 100 mm,
angle supérieur à α_{\min}
(en général, 1 ou 1,5 mrad)



Absorption des photons par les tissus

- Infra-rouge et visible
- Dépend du niveau d'énergie
- Durée d'exposition : 1 ms à 10 s
- Hyperthermie, coagulation, carbonisation, volatilisation

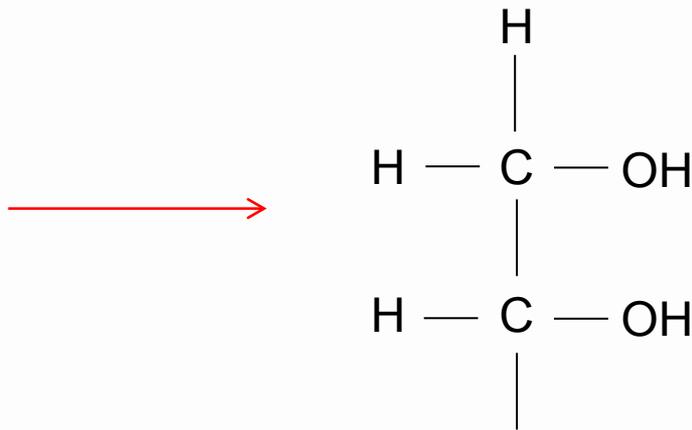
*(traitement du
détachement de la rétine)*



Absorption des photons par les tissus

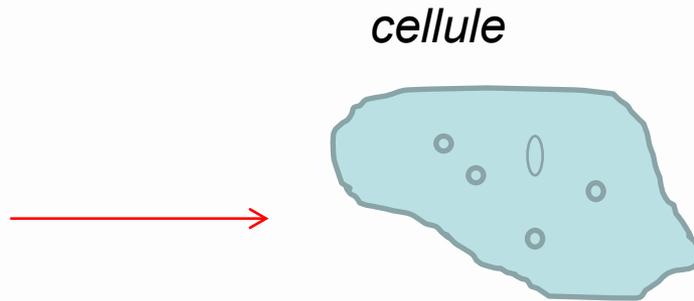
- Détente du plasma
- Création d'onde de choc
- Effet mécanique
- Impulsions qqes ns
(Nd-YAG)
(chirurgie de l'œil)

Absorption des photons par les tissus



- Liaisons moléculaires brisées
- Fragments éjectés
- Effet mécanique
- Ultra-violet, haute énergie

(chirurgie de la myopie)

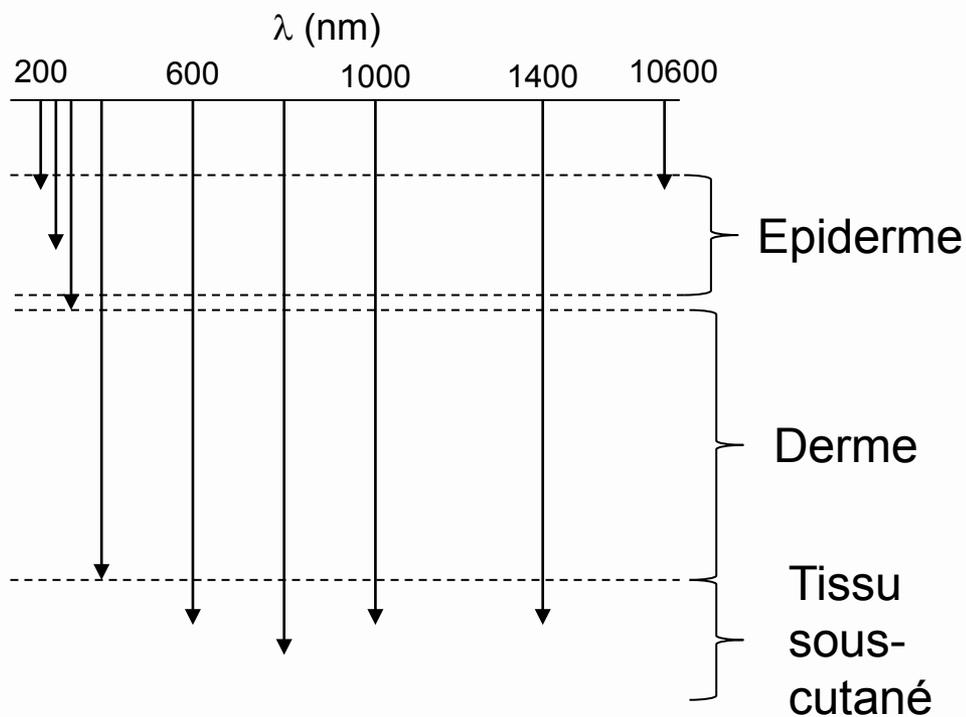


Réaction chimique in-situ

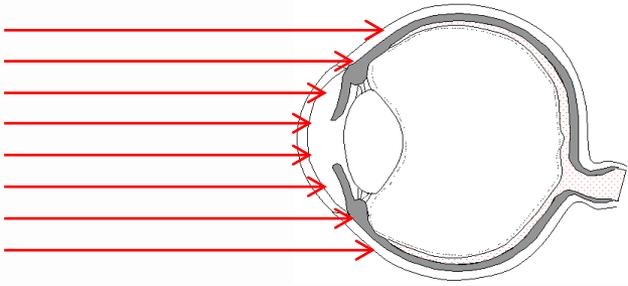
- Action photochimique
- Production de composés toxiques
- Changement de métabolismes
- Ultra-violet, exposition > 10s

(Photosensibilisation, imagerie médicale)

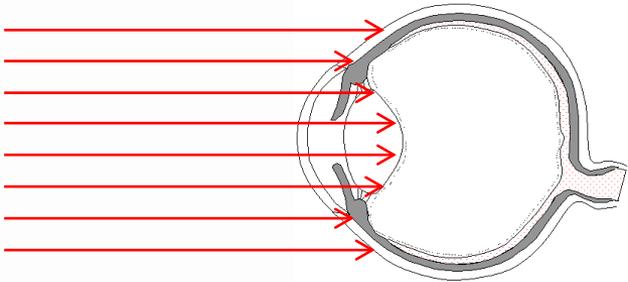
Absorption des rayonnements par la peau



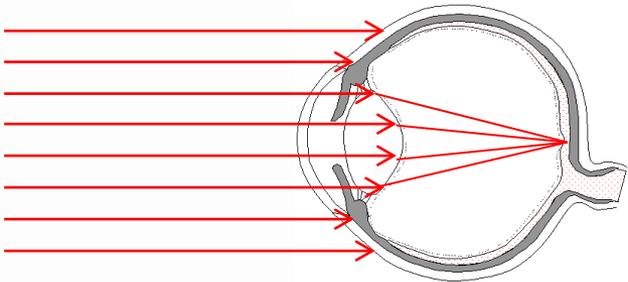
Absorption des rayonnements par l'œil



Ultra-violet (UVC, UVB)
Infra-rouge (IRB, IRC)



Ultra-violet proche (UVA)



Visible et proche Infra-rouge (IRA)

Eblouissement

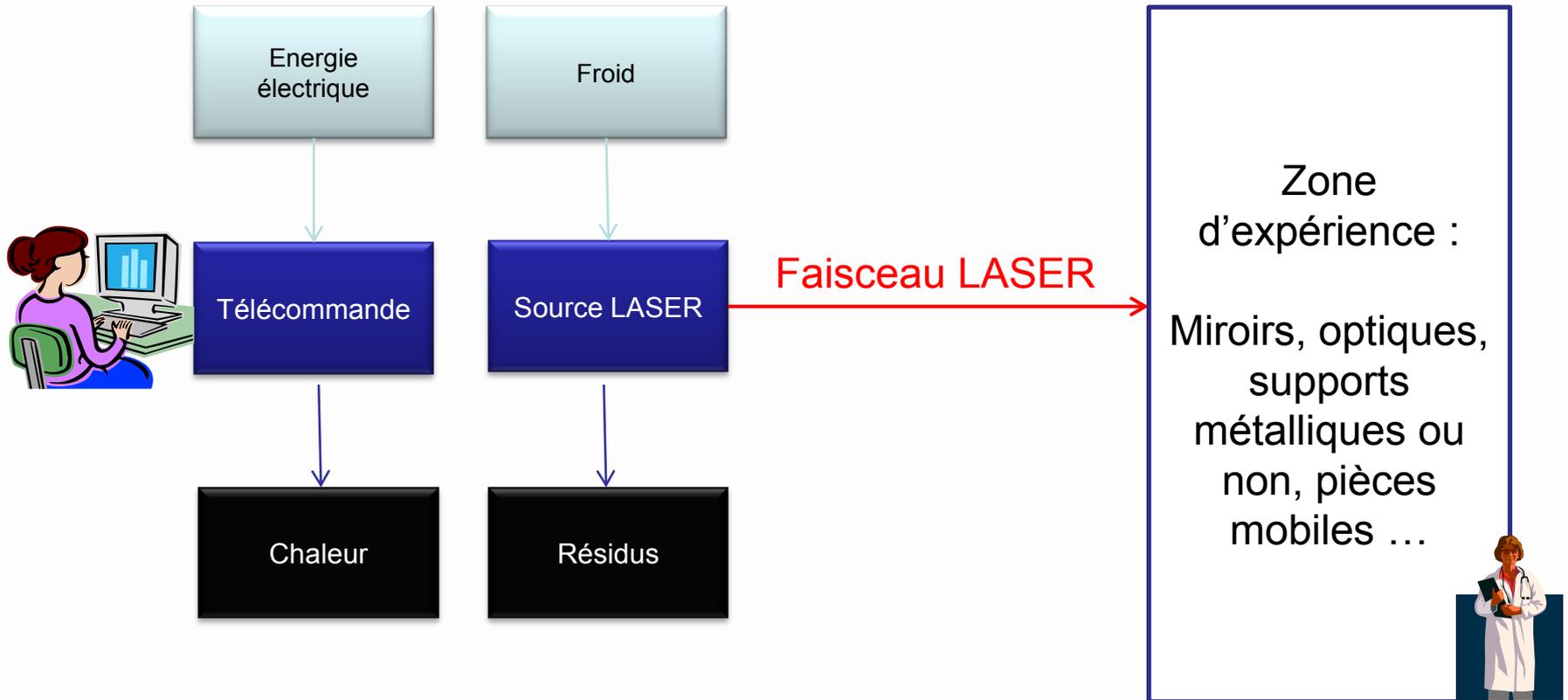
- Réflexe de fermeture des paupières

Réflexe palpébral

0,25 s

- Laser à émission continue
- Laser à émission impulsionnelle : cumul des énergies

Exemple d'installation laser



Risques d'une installation laser

- Mécaniques
- Electriques
- Incendie
- Thermique
- Bruit
- Chocs, vibrations
- Physico-chimiques
- Ergonomie
- RAYONNEMENTS

1. Intrinsic au dispositif
(Capotages, coupe-circuits, verres filtrants ...)
2. Collective
(Barrières, Ecrans, Interdictions de zones...)
3. Individuelle
(Lunettes, gants, vêtements ...)

Ordre impératif !

Maîtrise des risques

Union européenne

- Traité de Rome
- Acte Unique

Loi 91-1414 du 31/12/91
Code du travail

Décret 93-41 du 11/01/93
Règles utilisation
équipements de travail, EPI

Décret 2010-750 du 02/07/2010

Directive sécurité au travail
89/391/CEE 12/06/89

Directive cadre « risques chimiques
physiques biologiques »
80/1107/CEE du 17/11/80
88/842/CEE du 16/12/88

Directive « utilisation des équipements
de travail »
89/655/CEE du 30/11/89
95/63/CE du 05/12/89

Directive « risques optiques »
2006/25/CE du 05/04/06

Responsabilité de
l'employeur ou du chef
d'Etablissement

Elaboration d'instructions
adéquates sur les
risques pour la santé
et la sécurité (code du
travail L.230-3)

Règlement intérieur :
Consignes particulières
Hygiène et Sécurité
des Conditions de
Travail

Information des travailleurs

- Utilisation des équipements de travail
- Situations anormales prévisibles
- Conclusions de l'expérience acquise

Formation des travailleurs

Vérification des équipements de travail

- Initiale
- Si déplacement
- ... Après accident

Qualification et désignation des travailleurs : exploitation, maintenance

Appréciation et mesurage

- Evaluation des risques optiques, par l'employeur, renouvelée
- Moyens documentaires ou calcul ou mesure
- Mesurages tous les 5 ans
- Données dans le Document uniques d'évaluation des risques
- Communication aux travailleurs exposés

Personne responsable

Signalisation

Choix des surfaces

Protection des yeux

Sécurité optique

- NF EN 60825-1
appareils laser
- NF EN 60825-4
Protecteurs pour laser
- NF TR 60825-5
Contrôles en réf. NF EN 60825-1

Protecteur oculaire

- NF EN 207
lunettes laser
- NF EN 208
Lunettes laser pour
réglages

Directive risques optiques (2)

- Réduction du risque
- Protection individuelle
- Information des travailleurs
- Accès aux zones à risque
- Formation des travailleurs
- Surveillance de la santé
- Contrôle sur mise en demeure
- Mise en application au 5/07/2010

Classe 1

- Sans danger dans des conditions raisonnablement prévisibles, même en employant des instruments optiques pour regarder le faisceau

Classe 1M

- Idem classe 1 mais danger si instruments optiques

Classe 2

- Laser 400 à 700 nm (visibles), protection correcte par réflexe palpébral (0,25s max) instruments optiques OK

Classe 2M

- Idem classe 2 sans instruments optiques

Classe 3R

- (pour mémoire, de 302,5 à 10^6 nm)

Classe 3B

- Dangereux pour vision directe du faisceau, mais sans danger en réflexion diffuse

Classe 4

- Laser pouvant produire des réflexions diffuses dangereuses pour l'œil, la peau ou provoquer un danger d'incendie

Décret n°2010-750 du 2 juillet 2010 - art. Annexe II (V)

Tableau 2.1 : Risques associés aux rayonnements

Longueur d'onde [nm] λ	Région du spectre	Organe atteint	Risque	Tableaux dans lesquels figurent les valeurs limites d'exposition
180 à 400	UV	œil	lésion photochimique et lésion thermique	2.2, 2.3
180 à 400	UV	peau	érythème	2.4
400 à 700	visible	œil	lésion de la rétine	2.2
400 à 600	visible	œil	lésion photochimique	2.3
400 à 700	visible	peau	lésion thermique	2.4
700 à 1 400	IRA	œil	lésion thermique	2.2, 2.3
700 à 1 400	IRA	peau	lésion thermique	2.4
1 400 à 2 600	IRB	œil	lésion thermique	2.2
2 600 à 10 ⁶	IRC	œil	lésion thermique	2.2
1 400 à 10 ⁶	IRB, IRC	œil	lésion thermique	2.3
1 400 à 10 ⁶	IRB, IRC	peau	lésion thermique	2.4

Extrait du tableau 2.2 : valeurs limites d'exposition de l'œil au laser Exposition de courte durée < 10 s (visible et IRA)

Longueur d'onde ^a [nm]		Diaphragme	Durée [s]						
			10 ⁻¹³ - 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 1,8.10 ⁻⁵	1,8.10 ⁻⁵ .10 ⁻⁵	5.10 ⁻⁵ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 10 ¹
Visibles et IRA	400 - 700	7 mm	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E J m^{-2}$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E J m^{-2}$	$H = 5 \cdot 10^{-3} CE J m^{-2}$		$H = 18 \cdot t^{0,75} C_E J m^{-2}$		
	700 - 1 050		$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E J m^{-2}$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E J m^{-2}$	$H = 5 \cdot 10^{-3} CA CE J m^{-2}$		$H = 18 \cdot t^{0,75} C_A C_E J m^{-2}$		
	1 050- 1 400		$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E J m^{-2}$	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E J m^{-2}$	$H = 5 \cdot 10^{-2} CC CE J m^{-2}$			$H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E J m^{-2}$	

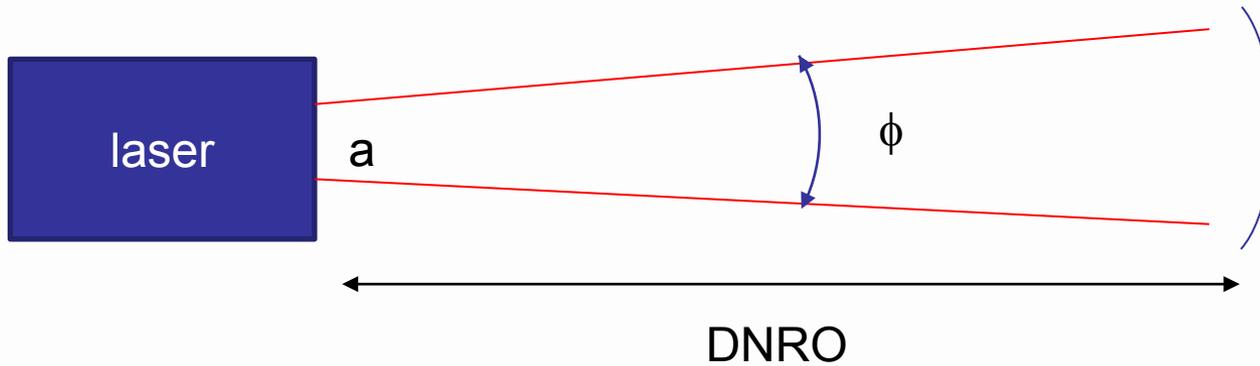
EMP : exposition maximale permise

- Sources étendues ou non
- Longueur d'onde
- Source continue, impulsionnelle
- Peau
- Cornée
- Œil ...
- 532 nm, 0,25s :
EMP = 25 W.m⁻²

DNRO : Distance nominale de risque oculaire

- Distance à laquelle l'EMP est respectée
- 4 calculs sortie source non focalisée, sortie source focalisée, sortie source fibre multimode, sortie source fibre monomode
- 532 nm, $Q_i = 200$ mJ, $t_i = 15$ ns, $a = 4$ mm, $\Phi = 5$ mrad, $F = 15$ Hz non focalisé
DNRO = 1681 m

Calcul d'EMP faisceau non focalisé



$$DNRO = \frac{1}{\phi} \left[\sqrt{\frac{4 \cdot \phi}{\pi \cdot EMP}} - a \right]$$

Φ : angle de divergence

rad

a : diamètre du faisceau

m

ϕ : flux en puissance ou énergie

W ou J

EMP : Exposition maximale permise

W/m² ou J/m²

Lunettes de protection



- Opérateur
Ou
Régleur ?
- Marquage : CE xx
- Longueur d'onde : λ
- Type d'émission
D continu,
I impulsionnel
R déclenché
M modes couplés
- Type d'émission
- Lunettes = EPI pas forcément individuel
- Faisceau invisible ou atténué
- C'est le filtre qui absorbe l'énergie
- En cas de rayure ou brûlure, lunettes à changer
- Equipement cher = en prendre soin

- **Un laser est dangereux**
- LIDAR = 4
- Code du travail applicable à la recherche mais fait avant tout pour les machines de production
- Un chercheur est un travailleur, un stagiaire aussi
- Capoter au maximum
- Les lunettes ne sont pas la panacée
- **Les risques non oculaires sont aussi à prendre en compte**

Chacun a sa responsabilité dans
sa propre sécurité et celle des autres
moral, civil, pénal

Références

IREPA Laser

67400 ILLKIRCH

<http://www.irepa-laser.com>

Laser Conseil

22300 LANNION

<http://www.laserconseil.fr>

+ tous organismes de
formation à la sécurité

Site Légifrance

(Code du travail)

<http://www.legifrance.gouv.fr>

CNSO

Comité National de Sécurité Optique

<http://cnso.fr/>