

Proposition de progression				
Fichier	type d'activité + titre	horaire indicatif	Notions et contenus	Compétences attendues
B- élève	<p>Documents d'approche thématique :</p> <p><u>Doc 1</u> : Frayeur dans l'hélico... (article de presse)</p> <p><u>Doc 2</u> : Qu'est-ce qu'un laser ? (2 vidéos)</p> <p>→ Questionnement à faire émerger : quelles caractéristiques du laser permettent d'expliquer la scène de l'hélicoptère ?</p>	1H		
C- élève C-prof	<p><u>Doc 3</u> : Les dangers du laser pour l'œil (analyse d'une banque de données). Cette analyse permet de comprendre la scène de l'hélico (doc1) et commence à structurer quelques propriétés du laser.</p>	1H		
D- élève D-prof	<p><u>TP</u> : Caractéristiques du laser On vérifie la monochromaticité et la directivité du laser, puis la mesure de la puissance surfacique permet, en simulant la pupille par la diode, de rebondir sur la notion d'EMP et de calculer la PMP pour rebondir sur l'article « frayeur dans l'hélico ».</p>	2H	<p>- Le rayonnement laser</p> <p>- Protection contre les risques du rayonnement laser</p>	<p>- Extraire d'une documentation les principales caractéristiques d'un laser et les différents types de soins effectués à l'aide des lasers.</p> <p>- Évaluer la puissance du faisceau laser par unité de surface.</p> <p>- Mettre en évidence expérimentalement les propriétés d'un faisceau laser en respectant les consignes de sécurité.</p>
E - élève E-prof	<p>Réinvestissement : Le laser en médecine Questionnaire élève de réinvestissement des notions vues en TP. il s'agit d'approfondir la notion de laser continu et de laser pulsé. recherche à la maison sur d'autres applications du laser ⇒ tableau de synthèse</p>	1 H + maison		

Auteurs : C. Berthier, S. Bigorre, B. Lafond et L. Pistre.

STI2D STL	Thème Santé
	<i>prévention et soin</i>

Doc 1	Frayeur dans l'hélico...
-------	---------------------------------

Un hélicoptère de la gendarmerie a été, vendredi soir, la cible d'un pointeur laser

Depuis le début de l'année, une vingtaine d'appareils ont été victimes de ces lasers à proximité de l'aéroport de Mérignac. Les trois personnes, dont les deux pilotes, qui se trouvaient dans l'hélicoptère de la compagnie de transports aériens de la gendarmerie de Mérignac ont été violemment gênées par un rayon laser pointé depuis le sol, vendredi soir, alors qu'elles se trouvaient aux abords de Saint-Médard-en-Jalles.

Le pilote est néanmoins parvenu à conserver la maîtrise de son appareil et à regagner la base de Mérignac, où il a pu se poser sans encombre. Mais lui-même et les deux autres passagers devront subir rapidement des examens ophtalmologiques afin de déterminer si leurs yeux ont été affectés par le rayon.

Cet hélicoptère revenait d'une mission de repérage au-dessus de Lesparre, en Médoc, dans le cadre d'une recherche de personne disparue. Au retour, il était décidé d'effectuer un contrôle dans la zone où les avions amorcent leur atterrissage sur les pistes de l'aéroport de Mérignac. Depuis le début de l'année, en effet, une vingtaine de cas de pointage de laser en direction des postes de pilotage d'avions ont été constatés dans ce secteur.

Le suspect prend la fuite

Vendredi soir, l'hélicoptère de la gendarmerie en a fait la douloureuse expérience. L'alerte, aussitôt donnée par le pilote, a permis d'envoyer rapidement sur les lieux, au sol, trois patrouilles de la compagnie des transports aériens, du CRNA (Centre en route de navigation aérienne) et de la compagnie de gendarmerie de Bordeaux.

Un individu susceptible d'être l'auteur du pointage laser a été repéré, mais il est parvenu à prendre la fuite. La compagnie de gendarmerie du transport aérien de Bordeaux-Mérignac entend toutefois poursuivre ses investigations, avec si nécessaire le soutien des autres entités de la gendarmerie et des policiers de la Sûreté départementale, pour mettre rapidement un terme à ce jeu très dangereux.

Sanctions aggravées

La multiplication de ces actes autour des aéroports français depuis l'an dernier avait conduit le Sénat, sur proposition de la sénatrice de Paris Catherine Dumas, à inclure un amendement spécifique dans la loi Loppsi 2 (loi d'orientation et de programmation pour la performance de la sécurité intérieure) afin de durcir les sanctions contre ceux qui se livrent à ces actes dangereux.

Flagrant délit facultatif

Cet amendement a notamment supprimé l'obligation du flagrant délit pour l'engagement de poursuites. Il prévoit en outre des peines de six mois de prison et 7 500 euros d'amende. Deux types de poursuites peuvent être engagées : d'une part pour entrave à la circulation aérienne, d'autre part pour mise en danger de la vie d'autrui. La puissance de ces lasers les rend effectivement dangereux pour les yeux et peut entraîner une cécité temporaire.

Par Jean Tamisier - **Sud-Ouest** du 8 novembre 2010

Auteurs : C. Berthier, S. Bigorre, B. Lafond et L. Pistre.

STI2D STL	Thème Santé
	<i>prévention et soin</i>

Doc 2	Qu'est-ce qu'un LASER ?
-------	--------------------------------

Visionner les vidéos : « Ondes et vibrations : laser » collection in situ ➔ [lesite.tv](http://www.lesite.tv)
<http://www.lesite.tv/videotheque/0435.0068.00-ondes-et-vibrations-laser>

« Les 50 ans du laser » CNRS Images. Réalisateur : Hervé Colombani
<http://www.cnrs.fr/50anslaser/>

STI2D STL	Thème Santé	Activité expérimentale	Les dangers du laser pour les yeux
----------------------	--------------------	-----------------------------------	---

THÈME du programme : SANTÉ

Sous thème : prévention et soin.

Type d'activité : Activité documentaire (1,5h)

Les dangers du LASER pour l'œil

NOTIONS ET CONTENUS

- Le rayonnement laser.
- Protection contre les risques du rayonnement laser .

COMPÉTENCES ATTENDUES :

- Extraire d'une documentation les principales caractéristiques d'un laser.

Pré-requis de la classe de seconde:

- Longueur d'onde dans le vide d'une radiation colorée
- spectres d'absorption
- Réflexion de la lumière

Déroulement pédagogique :

- Les élèves lisent individuellement les documents fournis pour s'approprier les informations.
- En groupe, ils essaient de répondre au questionnement proposé.
- Mise en commun orale des réponses et rédaction de la trace écrite.

Cette activité a pour objectif de mettre en évidence quelques propriétés du laser qui pourront être vérifiées ou étudiées en TP.

Compétences transversales :

- Savoir rechercher, traiter et organiser l'information.
- Mobiliser ses connaissances.
- Savoir communiquer à l'oral.

Matériel nécessaire :

- aucun

Document élève : _Les dangers du laser pour l'œil et l'article de presse «frayeur dans l'hélico ».

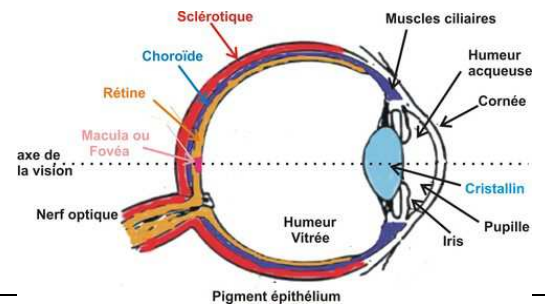
Auteurs : C. Berthier, S. Bigorre, B. Lafond et L. Pistre.

L'objectif de ce travail est d'aider les élèves à mieux comprendre certains éléments qui expliquent la scène observée dans l'article de presse « Frayeur dans l'hélico... ». En s'aidant de la banque de données, ils peuvent répondre à différentes questions.

BANQUE DE DONNÉES

Doc 1 : Schéma en coupe de l'œil

Lors de la propagation d'un rayon laser dans l'œil, ce dernier va rencontrer différents milieux d'indice de réfraction et de transparence différents.

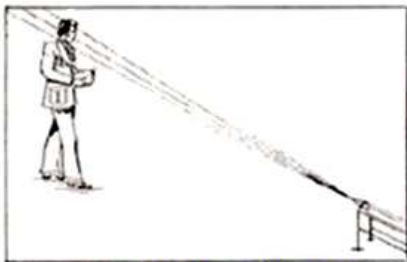


Doc2 : Modélisation du trajet du laser dans l'œil

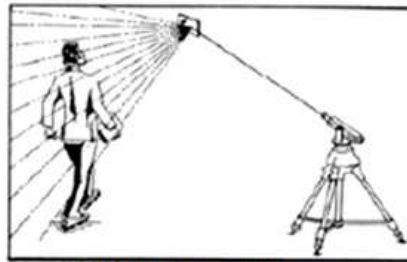
Le rayonnement issu d'une source laser est constitué de rayons lumineux qui peuvent être considérés comme quasi parallèles entre eux. L'œil de par sa fonction peut être assimilé en première approximation, à un système lentille convergente (le cristallin)/écran (la rétine) dont la distance focale correspond à la distance cristallin-rétine. Lorsque ce faisceau laser transportant une puissance forte traverse l'œil, cette puissance va se retrouver concentrée sur une tâche focale de plus petit diamètre, qui se localise au niveau de la rétine. Ce concentré d'énergie réparti sur une tache de petit diamètre va créer des dommages irréversibles de l'œil.

Cependant, la puissance n'est pas le seul danger pour l'œil. En effet, la longueur d'onde, la durée d'exposition ainsi que la répartition de cette exposition dans le temps (exposition continue ou pulsée) sont aussi dangereuses et sont complémentaires de la puissance laser pour endommager l'œil.

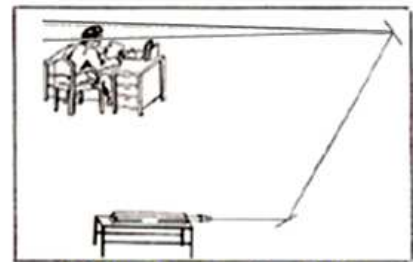
Doc 3 : Les types d'exposition au laser



Exposition directe



Réflexion diffuse



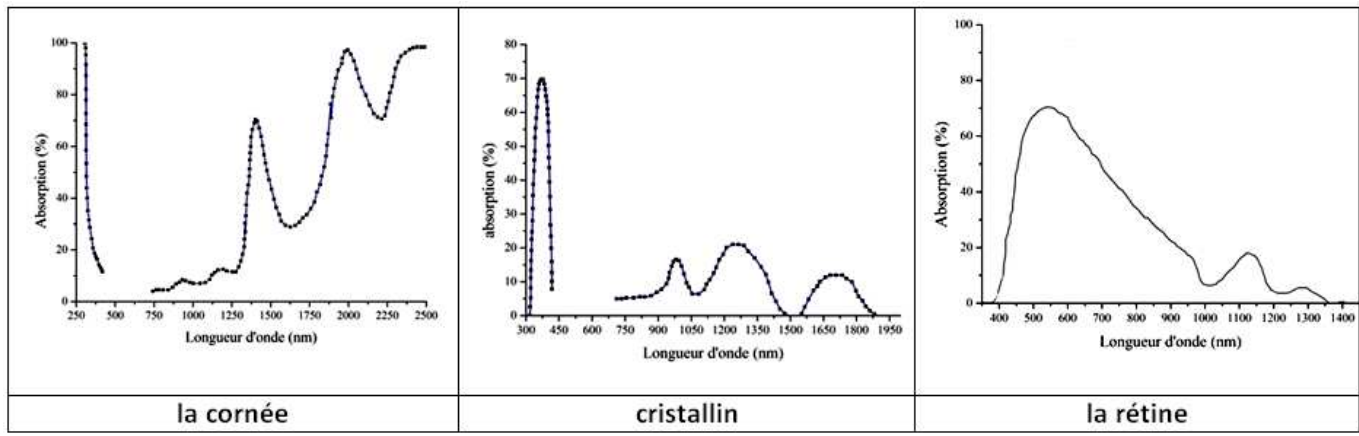
Réflexion spéculaire

La différence entre réflexion diffuse et réflexion spéculaire s'explique par la rugosité de la surface réfléchissante (elle présente un certain nombre d'aspérités). Dans le cas de la réflexion spéculaire, cette surface est totalement lisse (de manière générale, une surface n'est jamais totalement lisse, mais la réflexion spéculaire prédomine si la longueur d'onde de la lumière incidente est supérieure à la profondeur des aspérités).

Doc 4 : Longueurs d'onde des domaines électromagnétiques UV-Visible IR

UV - C	UV - B	UV - A	Visible	IR - A	IR - B	IR - C
100 nm-280 nm	280 nm-320nm	320 nm-400nm	400 nm-800nm	800 nm-1400nm	1400 nm-3000 nm	3000 nm-1000 μ m

Doc 5 : Absorption d'un rayonnement laser en fonction de sa longueur d'onde pour les différents milieux de l'œil



Doc 6 : Classification des risques dus aux lasers :

Les lasers et les machines dans lesquels ils sont insérés sont répartis selon 4 classes pour lesquelles des règles de sécurité ont été établies. Ces classes de laser ont été définies en fonction des longueurs d'ondes émises, des modes d'émission (continue ou pulsée), des puissances émises, des dimensions transversales du faisceau et de sa divergence.

Les professionnels de la sécurité laser parlent des **Expositions Maximales Permissibles (EMP)** qui représentent le niveau maximal de rayonnement laser auquel les personnes peuvent s'exposer sans subir de dommage immédiat ou à long terme. Ces valeurs sont évaluées au niveau de la peau et de la cornée, en fonction de la longueur d'onde, de la durée de l'exposition et de la fréquence de répétition des impulsions dans le cas de lasers pulsés.

Elles sont données dans la norme 825 de la Commission Electronique Internationale (CEI). L'EMP est exprimée en W/m^2 (puissance par de surface) pour un laser qui émet en continu ou en J/m^2 (énergie unité de surface) pour un laser qui émet de manière non continue pulsé aussi appelé laser à impulsions)

LASERS	E.M.P oeil	E.M.P peau
Excimères	30 J/m ²	30J/m ²
He-Ne	25 W/m ²	3.10 ⁴ W/m ²
Diodes laser (λ=980 nm)	20W /m ²	7260 W/m ²
Diodes laser (λ=1300 nm)	230 W/m ²	10000W/m ²
Diodes laser (λ=1480 nm)	1000W/m ²	1000W/m ²
Diodes laser (λ=1550 nm)	1000W/m ²	1000W/m ²
Nd : YAG	0.5 J/m ²	9780 J/m ²
CO ₂	1000W/m ²	1000W/m ²

On parle également de **Limites d'Émission Accessibles (LEA)** qui définissent les niveaux de rayonnement laser admissibles au cours du fonctionnement, de l'entretien, et du réglage de l'appareil. Les LEA permettent de classer les appareils d'après leur danger oculaire.

• **Extrait du tableau de la norme 825 de la (CEI) pour le calcul de l'EMP au niveau de la cornée :**

Durée d'exposition t(s)	< 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ à 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à 1,8.10 ⁻⁵	1,8.10 ⁻⁵ à 5.10 ⁻⁵	5.10 ⁻⁵ à 10	10 à 10 ³	10 ³ à 10 ⁴	10 ⁴ à 3.10 ⁴		
Longueur d'onde (nm)											
180 à 302,5	30 J.m⁻²										
302,5 à 315	3.10¹⁰ W.m⁻²	C1 J.m⁻² si t<T1			C2 J.m⁻² si t>T1		C2 J.m⁻²				
315 à 400		C1 J.m⁻²					10⁴ J.m⁻²	10 W.m⁻²			
400 à 550	10¹¹ W.m⁻².sr⁻¹	5.10⁻³ J.m⁻²			18 t^{0.75} J.m⁻²		100 J.m⁻²		10⁻² W.m⁻²		
550 à 700							18 t^{0.75} J.m⁻² si t<T2	C3.10² J.m⁻² si t>T2		C3.10⁻² J.m⁻²	
700 à 1050	10¹¹.C4 W.m⁻².sr⁻¹	5.C4.10⁻³ J.m⁻²			18 t^{0.75}.C4 J.m⁻²		3,2.C4 W.m⁻²				
1050 à 1400	5.10¹¹ W.m⁻².sr⁻¹	5.10⁻² J.m⁻²			90.t^{0.75} J.m⁻²		16.W.m⁻²				
1400 à 1530	10¹¹ W.m⁻²	100 J.m⁻²	5600.t^{0.25} J.m⁻²				1000 W.m⁻²				
1530 à 1550		1.10⁴ J.m⁻²	5600.t^{0.25} J.m⁻²								
1550 à 10 ⁶		100 J.m⁻²	5600.t^{0.25} J.m⁻²								
		C1=5,6.10³.t^{0.25}	C2=10^{0.2(λ-295)}		C3=10^{0.015.(λ-550)}		C4=10^{(λ-700)/500}		T2=10.10^{0.02.(λ-550)} s	T1=10^{0.8.(λ-295)}.10⁻¹⁵ s	

unité par (laser)

• Classification des lasers

Classe	Puissance
Classe 1 : $180\text{nm} \leq \lambda \leq 106\text{nm}$ Lasers sans danger dans les conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles, l'EMP n'est jamais atteinte.	jusqu'à $0.39\mu\text{W}$
Classe 1M : $302,5\text{ nm} \leq \lambda \leq 4\ 000\text{ nm}$ Lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à travers des instruments d'optique peut être dangereuse.	
Classe 2 : $400\text{ nm} \leq \lambda \leq 700\text{ nm}$ (visible) Lasers qui émettent un rayonnement dans le domaine du visible. La protection de l'œil est normalement assurée par le réflexe palpébral (clignement de la paupière).	de $0.39\mu\text{W}$ à 1mW
Classe 2M : $400\text{ nm} \leq \lambda \leq 700\text{ nm}$ (visible) Lasers qui émettent un rayonnement dans le domaine du visible, dont la vision directe dans le faisceau, notamment à travers des instruments d'optique peut être dangereuse.	
Classe 3R : $302,5\text{ nm} \leq \lambda \leq 400\text{ nm} / 400\text{nm} \leq \lambda \leq 700\text{nm} / 700\text{nm} \leq \lambda \leq 106\text{ nm}$. Lasers dont l'exposition dépasse l'EMP pour l'œil, mais dont le niveau d'émission est limité à 5 fois la LEA des classes 1 et 2.	de 1 à 5mW
Classe 3B : $400\text{nm} \leq \lambda \leq 106\text{nm}$ Lasers dont la vision directe du faisceau est toujours dangereuse avec des risques de lésions cutanées. La vision des réflexions diffuses est normalement sans danger si la distance entre la cornée et l'écran (D) > 13 cm et si le temps d'exposition (t) < 10 s.	de 5 à 500mW
Classe 4 : Lasers pour lesquels les réflexions diffuses sont également dangereuses et peuvent causer des dommages importants tant pour l'œil que la peau. Ils peuvent également provoquer des incendies. Leur utilisation nécessite des précautions importantes.	au-delà de 500mW

Classes	1	1M	2	2M	3R	3B	4	
Œil : vision avec l'aide d'instrument d'optique		X	*	X	XX	XX	XX	XX : est dangereux X : peut être dangereux * : sans danger si réflexe palpébral O : peut générer un incendie : dangereux si D < 13 cm et t ≥ 10 secondes
Œil : rayon direct et réflexions spéculaires			*	*	*,X	XX	XX	
Œil : réflexions diffuses							XX	
Peau						X	XX	
Incendie							O	

Doc 7 : Protection

La protection collective :

La signalétique intervient à plusieurs niveaux :

- aux accès du local
- sur le laser lui-même
- sur l'installation laser



La protection individuelle :

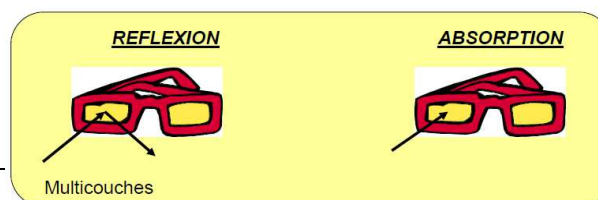
Les équipements de protection individuelle doivent être adaptés au poste de travail en sachant qu'ils ne sont faits d'une part que pour résister à des expositions accidentelles et que d'autre part les valeurs limites ainsi que les essais de résistance ont pour base maximale de :

- 10 secondes dans le cas de laser continu.
- 100 impulsions dans le cas de laser à impulsions.



Quelles que soient les performances ou la qualité des lunettes de protection laser, il est interdit de regarder dans l'axe du faisceau. Les lunettes de protection disponibles sur le marché utilisent deux phénomènes :

- la réflexion : avec des dépôts multicouches.
- l'absorption : avec filtres en polycarbonate.

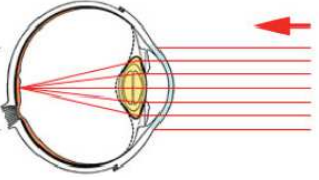
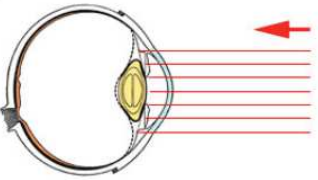
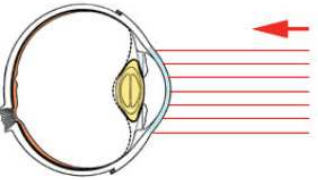


Bibliographie :

cours de Mr Mickaël LELEK - l'Institut Pasteur
 sécurité laser E.ABRAHAM – CNRS
 cours de Florence WEIL Optique moderne, ellipse
http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_safety

EXEMPLES DE QUESTIONS

- a) Quelle partie de l'article de journal montre que la déstabilisation du pilote est due au laser ? Schématiser la scène en précisant le trajet de la lumière laser. Quelle caractéristique du faisceau laser est ici mise en évidence ?
- b) Expliquer pourquoi l'accident laser peut aussi concerner une personne qui ne manipule pas le laser ou qui n'est pas spécifiquement visée. Justifier alors la consigne de sécurité affichée dans un espace contenant un laser : « Pas de bijoux, montres, bracelets... » .
- c) En analysant les documents, compléter le tableau ci-dessous :

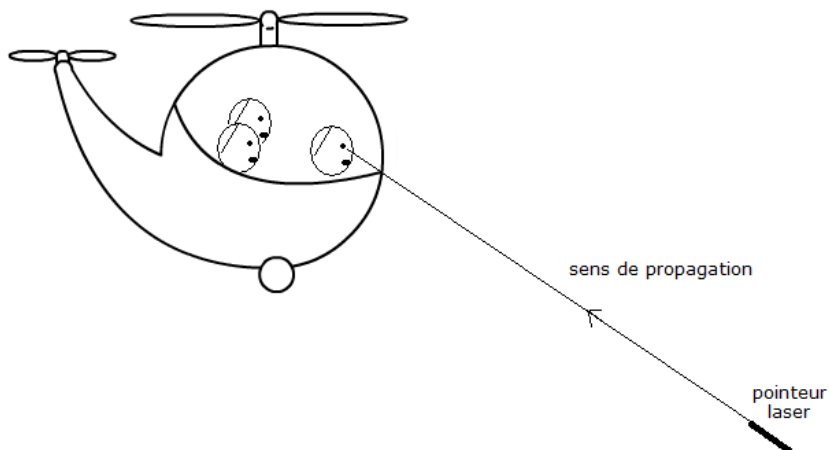
localisation de la lésion au niveau de l'œil :			
nature du rayonnement laser :			

- d) Les pointeurs lasers que l'on rencontre dans le commerce émettent une lumière de couleur rouge ou verte et sont de classe 2.
- Les examens ophtalmologiques évoqués dans l'article sont-ils justifiés ? Si oui, quelle partie de l'œil du pilote pourrait être atteinte ? Sinon, expliquer pourquoi.
 - Comment expliquer que le pilote aurait pu éventuellement perdre la maîtrise de l'hélicoptère ?
- e) Pourquoi un laser situé en dehors du domaine visible par l'œil humain augmente-t-il la probabilité d'une lésion oculaire ?
- f) Les personnes travaillant en contact avec les lasers voient dans les lunettes de protection disponibles sur le marché plusieurs inconvénients. Commenter les deux affirmations suivantes :
- « Je me protège, mais pas mon entourage ! »*
- « C'est très gênant pour les réglages, le faisceau n'est plus visible ! »*
- g) On considère une source laser rubis à impulsions émettant à 694 nm. Sachant que la durée d'exposition est de 10ms, calculer la valeur de l'EMP pour l'œil au niveau de la cornée.
- h) Au vu des ces documents, quelles propriétés caractéristiques des lasers pourrions-nous retenir ?

ÉLÉMENTS DE RÉPONSE AUX QUESTIONS

- a) Quelle partie de l'article de journal montre que la déstabilisation du pilote est due au laser ? Schématiser la scène en précisant le trajet de la lumière laser. Quelle caractéristique du faisceau laser est ici mise en évidence ?

Dans la première partie de l'article, on y mentionne explicitement le pointage du laser depuis le sol et en direction de l'hélicoptère « Les trois personnes... ont été violemment gênées par un rayon laser pointé depuis le sol... » et les éventuelles incidences sur leurs yeux « lui-même et les deux autres passagers devront subir rapidement des examens ophtalmologiques afin de déterminer si leurs yeux ont été affectés par le rayon ». La déstabilisation dont il est question se comprend dans l'extrait « Le pilote est néanmoins parvenu à conserver la maîtrise de son appareil... »

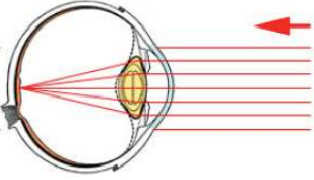
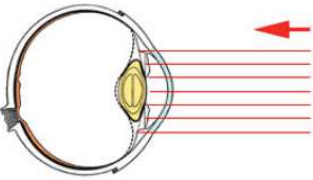
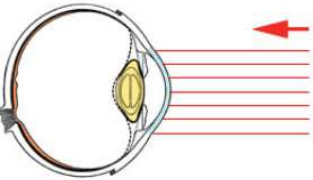


- b) Expliquer pourquoi l'accident laser peut aussi concerner une personne qui ne manipule pas le laser ou qui n'est pas spécifiquement visée. Justifier alors la consigne de sécurité affichée dans un espace contenant un laser : « Pas de bijoux, montres, bracelets... » .

Le document 3 permet de comprendre que l'on peut être exposé au risque laser dans le cadre de réflexions diffuse ou spéculaire. On comprend alors la consigne donnée puisque les objets dont il est question (montre, bijoux...) pourraient réfléchir le laser qu'ils recevraient.

- c) En analysant les documents, compléter le tableau ci-dessous :

Pour compléter le tableau, il faut croiser les informations des documents 1,4 et 5.

Localisation de la lésion au niveau de l'œil :	Rétine	Cristallin	Cornée
			
Nature du rayonnement laser :	Visible Infrarouges : A	Ultraviolets : A et B Infrarouges : A et B	Ultraviolets : A, B et C Infrarouges : B et C

- d) Les pointeurs lasers que l'on rencontre dans le commerce émettent une lumière de couleur rouge ou verte et sont de classe 2.
- Les examens ophtalmologiques évoqués dans l'article sont-ils justifiés ? Si oui, quelle partie de l'œil du pilote pourrait être atteinte ? Sinon, expliquez pourquoi.
 - Comment expliquer que le pilote aurait pu éventuellement perdre la maîtrise de l'hélicoptère ?

La lumière de ces pointeurs étant visible, c'est la rétine qui pourrait être atteinte, ce qui justifie les examens ophtalmologiques évoqués dans l'article. Toutefois, d'après le document 6 relatif à la classification des lasers, pour un laser de classe 2, la protection de l'œil est normalement assurée par le réflexe palpébral. Ces clignements d'yeux répétitifs auraient pu entraîner la perte de la maîtrise de l'hélicoptère par le pilote.

- e) Pourquoi un laser situé en dehors du domaine visible par l'œil humain augmente-t-il la probabilité d'une lésion oculaire ? Dans le tableau récapitulatif ci-dessus, on voit par exemple que les infrarouges A, affectent la cornée, le cristallin et la rétine. Les zones de l'œil susceptibles d'être atteintes sont donc plus nombreuses que pour un rayonnement visible.
- f) Les personnes travaillant en contact avec les lasers voient dans les lunettes de protection disponibles sur le marché plusieurs inconvénients. Commenter les deux affirmations suivantes :
- « Je me protège, mais pas mon entourage ! »
- « C'est très gênant pour les réglages, le faisceau n'est plus visible ! »

L'affirmation « Je me protège, mais pas mon entourage ! » se justifie par le fait que les lunettes de protection réfléchissent le rayon incident exposant les autres à des réflexions spéculaires. Le fait que les lunettes absorbent également le rayon incident justifie la deuxième affirmation.

- g) On considère une source laser rubis à impulsions émettant à 694 nm. Sachant que la durée d'exposition est de 10ms, calculer la valeur de l'EMP pour l'œil au niveau de la cornée.

D'après le tableau, pour une durée de 10^{-3} s et pour un laser de longueur d'onde 694nm, c'est la relation mathématique $18 t^{0,75}$ qu'il faut retenir pour le calcul. L'EMP au niveau de la cornée vaut alors $0,10 \text{ J.m}^{-2}$.

- h) Au vu des ces documents, quelles propriétés caractéristiques des lasers pourrions-nous retenir ?

Les différents documents évoquent de manière explicite ou implicite :

- la **monochromaticité** : « **la longueur d'onde** »
- la **directivité** ou faible divergence : « **rayons lumineux qui peuvent être considérés comme quasi-parallèles entre eux** »
- la **puissance** : « ... sont complémentaires de la **puissance laser** pour endommager l'œil »

STI2D STL	Thème Santé	Activité expérimentale	Les propriétés du laser
----------------------	--------------------	-----------------------------------	--------------------------------

THÈME du programme : SANTÉ

Sous thème : prévention et soin.

Type d'activité : Activités de travaux pratiques en groupe à effectifs réduits (2H)

NOTIONS ET CONTENUS

- Laser, caractéristiques du rayon Laser

COMPÉTENCES ATTENDUES :

- Mettre en évidence expérimentalement les propriétés d'un faisceau laser en respectant les consignes de sécurité.
- Utiliser un capteur de lumière pour mesurer un flux lumineux.

Pré-requis de la classe de seconde:

- Longueur d'onde dans le vide des radiations visibles
- Dispersion de la lumière blanche.
- Spectres d'émission et d'absorption.

Pré-requis du collège :

- Circuit électrique en série, câblage (d'un ampèremètre et) d'un voltmètre
- Loi d'ohm
- Diode.

Déroulement pédagogique :

- Les élèves travaillent par groupe de 4 pour les phases de recherche et manipulent en binôme
- Des mises en commun sont faites avant les phases manipulatoires

Ce TP a pour objectif de vérifier la monochromaticité du laser He-Ne et sa faible divergence puis d'évaluer la puissance du faisceau laser par unité de surface pour la comparer à l'EMP de la cornée.

Compétences transversales :

- Savoir rechercher, traiter et organiser l'information.
- Mobiliser ses connaissances dans une situation nouvelle.

Matériel nécessaire :

Laser He-Ne

Matériel pour dispersion de la lumière : prisme ou réseau

Lampe torche classique.

Photodiode BPW34 avec sa notice

Générateur de tension continue, conducteur ohmique de $1k\Omega$, voltmètre.

Boite type boite à chaussures.

EXEMPLES D'ACTIVITES EXPERIMENTALES

I Monochromaticité et directivité du laser : questionnaire préalable

1- Mise en évidence de la monochromaticité du laser :

- a- Dans les vidéos vues précédemment, quelle information vous permet de dire que le rayonnement laser est monochromatique ?
- b- Avec vos connaissances sur la lumière vues en classe de seconde, proposez un montage qui permet de mettre en évidence la monochromaticité du rayonnement laser dont vous disposez.

2- Mise en évidence de la directivité du laser :

- a- À partir des documents « Frayeur dans l'hélico » et « Dangers du laser pour l'œil » justifiez la directivité du faisceau laser.
- b- Proposez une manipulation qui mettra en évidence la directivité du faisceau.

II Mesure de l'éclairement : simulation de l'énergie par unité de surface reçue par la pupille .

D'après les documents étudiés, on voit que lors de la manipulation d'un Laser, des précautions très strictes de sécurité doivent être prises. Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la puissance transportée par un faisceau laser. On souhaite simuler la réception du laser par l'œil. Pour cela on va travailler avec un laser He-Ne, qui est un laser continu et assimiler sa pupille à une photodiode.

Le but va être :

- de mesurer la puissance transportée par le rayon laser en Watt.
- de calculer l'éclairement en W/m^2 et la puissance maximale autorisée par la pupille (PMP).

1- Mesure de la puissance du laser :

Pour mesurer cette puissance, vous utiliserez une photodiode dont certains éléments de la notice vous sont fournis.

a- Travail préliminaire sur la notice de la photodiode :

- Dessinez le symbole de la photodiode.
- On dit que la photodiode est un capteur. Comment le justifie-t-on à partir de la notice ?
- Pour la photodiode, quelle est la grandeur d'entrée ? Quelle est la grandeur de sortie ?
- Comment s'appelle le coefficient **S** qui lie l'entrée et la sortie ? Quelle est son unité ?
- Pour la longueur d'onde du laser dont vous disposez et à l'aide des données de la notice, estimez la valeur de **S** en A/W .

b- Montage à réaliser :

- Proposez un montage expérimental pour utiliser ce capteur afin de déterminer la puissance en Watt reçue par la surface sensible de la photodiode. (Proposer le dessin d'un montage avec les indications ci-après : montage série, générateur, photodiode polarisée en inverse, conducteur ohmique, appareil de mesure, boîte).
- Faites valider le schéma du montage.
- Notez la valeur de la tension aux bornes du conducteur ohmique.

2- Exploitation des mesures :

- À l'issue de vos mesures, calculez la puissance du laser en utilisant la sensibilité.
- Calculez l'éclairement, c'est-à-dire la puissance par unité de surface en W/m^2 .
- On peut définir la puissance maximale permise (PMP), pour un œil par la relation

$$PMP = EMP \times \frac{\pi d_0^2}{4} \text{ où } d_0 \text{ est le diamètre de la pupille } (d_0=0,7\text{cm}) \text{ et EMP, l'EMP correspondante.}$$

Calculez la PMP dans le cas du laser utilisé. L'exposition au laser He-Ne présente-t-elle un danger ?

STI2D STL	Thème Santé	Activité expérimentale	Le laser en médecine Fiche professeur
----------------------	--------------------	-----------------------------------	--

THÈME du programme : SANTÉ

Sous thème : prévention et soin.

Type d'activité : Réinvestissement-Approfondissement

NOTIONS ET CONTENUS

- Le rayonnement laser.

COMPÉTENCES ATTENDUES :

- Extraire d'une documentation les différents types de soins effectués avec un laser.
- Exprimer la relation puissance-énergie

Déroulement pédagogique :

- Les élèves lisent individuellement les documents fournis pour s'approprier les informations.
- Par groupe de 2, ils essaient de répondre au questionnaire proposé.
- Mise en commun orale des réponses et rédaction de la trace écrite.

Cette activité a pour objectif de réinvestir les connaissances établies dans les activités précédentes notamment la relation puissance-énergie vue en classe de troisième et utilisée dans la partie « habitat ».

Compétences transversales :

- Savoir rechercher, traiter et organiser l'information.
- Mobiliser ses connaissances.
- Savoir communiquer à l'oral.

Matériel nécessaire :

- un accès internet pour visualiser la vidéo

Document élève : Le laser en médecine

Auteurs : C. Berthier, S. Bigorre, B. Lafond et L. Pistre.

DOCUMENT ELEVE

Les applications du laser en médecine sont nombreuses. En ophtalmologie ce sont chaque année, près de 80.000 personnes en France qui ont recours à la chirurgie réfractive au laser pour corriger des problèmes de vue. Le laser est très utile en dermatologie pour le traitement de l'angiome, de la couperose, des taches pigmentaires et des cicatrices. On l'emploie en chirurgie esthétique pour gommer la cellulite et les rides superficielles. Il est également efficace pour effacer des tatouages et même pour obtenir une épilation de longue durée. En phlébologie, il permet de brûler les varices. On s'en sert en cancérologie pour l'ablation de tumeurs, mais aussi en gynécologie, en urologie, en cardiologie et en neurologie...

De diamètre et de puissance variables, le rayon laser peut être utilisé en continu ou envoyé par impulsions, et ce de manière très précise. Le rayon peut en effet être si fin qu'il n'atteint qu'une seule cellule ! La lumière du laser est monochromatique, ce qui permet d'agir spécifiquement sur certains tissus, sans toucher les autres. En sélectionnant une longueur d'onde précise, on peut ainsi cibler la zone à traiter. Les applications du laser en médecine sont d'autant plus diverses que ce rayonnement peut avoir un effet thermique, mécanique ou chimique.

La technologie laser en dermatologie

Les lasers sont utilisés en dermatologie depuis plus de vingt ans. Longtemps limités aux lasers à argon pour les indications vasculaires et au laser CO₂ continu pour les indications chirurgicales, ils se sont développés de façon très importante depuis une dizaine d'années, avec multiplication des sources lasers et apparition de nouvelles indications. Les lasers sont des sources de lumière très particulières du fait de leur directivité, de leur monochromaticité (une seule longueur d'onde) et de leur possibilité d'émettre des puissances considérables pendant des durées d'émission très courtes.

Les lasers peuvent fonctionner en mode continu (leur puissance est constante) ou en mode impulsif (ils émettent alors pendant une durée brève, s'arrêtent puis émettent de nouveau). Le mode impulsif peut être relaxé (émission de quelques millisecondes ou microsecondes), ou déclenché (Q-switched, quelques nanosecondes).

Ces types d'émission provoquent des effets tissulaires différents. Les lasers à émission continue ou de quelques millisecondes sont à l'origine d'effets thermiques, ceux émettant des micro- ou nanosecondes produisent des effets mécaniques.

L'effet thermique des lasers sur les tissus biologiques résulte de la conversion de lumière en chaleur, du transfert de chaleur et d'une réaction tissulaire liée à la température et à la durée d'échauffement. Cette interaction conduit à la dénaturation ou à la destruction d'un volume tissulaire. Selon le degré et le temps d'échauffement tissulaire, l'effet thermique du laser produira soit l'hyperthermie (rarement utilisée avec les lasers), soit la nécrose de coagulation (comme dans le traitement des angiomes par laser argon ou Nd:YAG532), soit la volatilisation (avec nécrose de coagulation sur les berges, comme dans les traitements des lésions cutanées par laser CO₂).

Les effets mécaniques sont principalement induits par le mécanisme de vaporisation explosive. Lorsque la durée du tir laser est inférieure au temps caractéristique du tissu (temps de relaxation thermique), il se produit un confinement thermique avec accumulation de chaleur et vaporisation explosive de la cible : c'est le mécanisme impliqué dans la photothermolysé sélective obtenue avec le laser à colorant pulsé émettant à 450 microsecondes, utilisé pour traiter les angiomes plans. Dans ce cas, les vaisseaux de l'angiome explosent, ce qui explique le purpura immédiat. C'est également ce qui se produit lors d'un détatouage par laser Nd:YAG déclenché (encore dénommé Q-switched Nd:YAG) : les gros fragments de pigment explosent et donnent naissance à des fragments plus petits.

On rapproche des lasers les lampes pulsées filtrées. À la différence des lasers, ces lampes émettent dans toutes les directions et sur une grande surface. La lumière émise n'est ni cohérente, ni monochromatique. Son spectre d'émission est au contraire très étendu et des filtres peuvent être utilisés pour rendre son action plus spécifique soit sur l'hémoglobine, soit sur la mélanine. Enfin, elles s'utilisent au contact de la peau par l'intermédiaire d'un système optique.

http://www.laserdermato67.com/type-laser/laser_dermatologique.htm

La chirurgie réfractive

- **Visionner** : « Dans l'œil du laser » film de Marcel Dalaise.

http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/question_actu.php?langue=fr&id_article=121

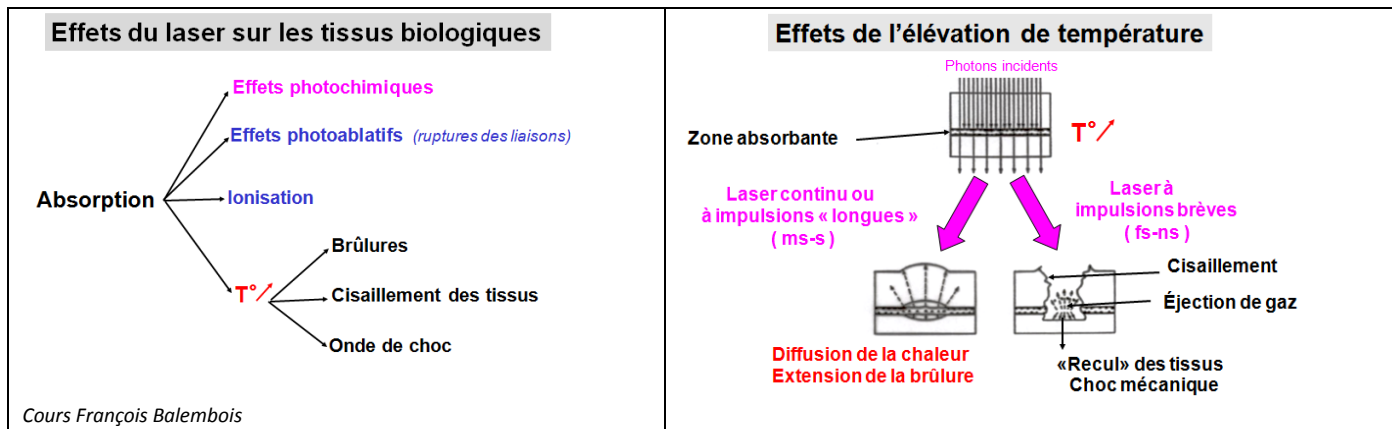
L'opération se pratique sous [anesthésie](#) locale ([topique](#) par gouttes). La première étape de l'intervention consiste en la découpe d'un volet cornéen superficiel (90 à 180 µm) qui est retenu par une charnière habituellement à 12h.

Le **laser excimère** peut alors travailler sur une zone interne de la cornée (stroma) sans altérer la [membrane de Bowman](#) et de le modifier par photo-ablation. Lorsque l'intervention au [laser](#) (qui dure à peu près une minute) est terminée, le volet est remis en place par le chirurgien.

Jusqu'au début des [années 2000](#), Le moyen le plus courant de découpe du volet cornéen est l'utilisation d'un [microkératome](#), un appareil mécanique (rabot miniaturisé et très sophistiqué), que le chirurgien applique sur l'œil. Cette première phase très délicate est maintenant réalisée par un laser, le laser **femtoseconde** qui n'est pas un laser de traitement, mais un laser de découpe.

Le laser femtoseconde permet à présent une opération 100% laser. La découpe de la lamelle cornéenne, est alors réalisée en quelques dizaines de secondes, puis l'ablation est réalisée à l'aide d'un laser excimère. Les risques liés au caractère "mécanique" de la découpe sont donc ici réduits, et les caractéristiques de la découpe (angle, épaisseur, homogénéité,...) sont mieux maîtrisées.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Lasik>



La puissance d'un Laser

Dans le cas des lasers continus, l'étendue des puissances de sortie va classiquement de 1mW à 50 kW. Le plus gros laser industriel d'Europe a été implanté à Yutz-Thionville en 1994. Il s'agit d'un laser CO₂ (dioxyde de carbone) dont la puissance de sortie continue est de 45 kW. Il est dédié à des applications de soudage sur une forte épaisseur.

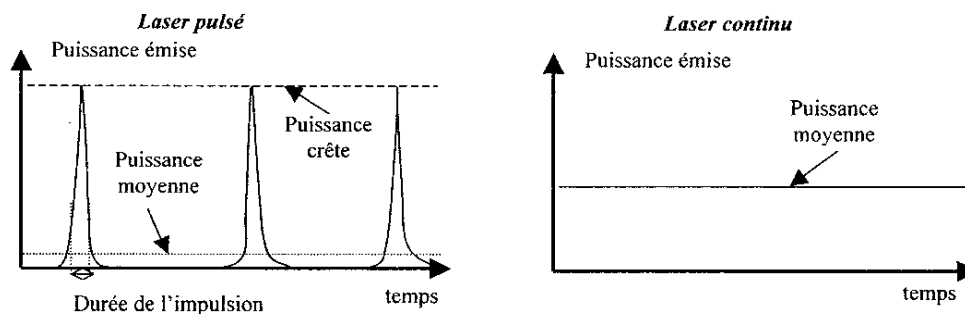
Dans le cas de lasers impulsionnels, il faut distinguer:

- **la puissance moyenne de sortie**, qui tient compte également des intervalles de temps entre chaque impulsion;
- **la puissance de crête**, qui est la puissance atteinte lors de l'impulsion.

Par exemple, un laser d'un watt donnant sa lumière de façon continue aura une puissance d'un joule/seconde, mais s'il concentre une énergie d'un joule en une décharge lumineuse d'une milliseconde, sa puissance de crête va être multipliée par mille et sera d'un kilowatt.

Le fait de délivrer leur énergie sur des temps très courts (nanoseconde, picoseconde voire femtoseconde) permet pour certains lasers d'étude d'atteindre des puissances de crête extrêmement élevées (jusqu'à plusieurs térawatts).

Plus modeste, un laser industriel dédié au soudage, de puissance moyenne de 1 kW, pourra disposer d'une puissance de crête de 25 kW.



Le laser un concentré de lumière CEA 2003 - Optique moderne de Florence Weil

EXEMPLES DE QUESTIONS

- 1) En citant des extraits des documents ci-dessus, retrouver les 3 caractéristiques du laser.
- 2) Expliquer la différence entre le mode de fonctionnement continu ou à impulsions d'un laser.
- 3) La dernière technologie en chirurgie réfractive fait appel au laser femtoseconde. À votre avis quel est le mode de fonctionnement de ce laser ? Justifier son nom.
- 4) Quel est l'intérêt du mode de fonctionnement à impulsions au niveau de la puissance ?
- 5) Un laser à CO₂ à usage médical émet un rayonnement de longueur d'onde $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$.
En fonctionnement continu sa puissance est $P_c = 60 \text{ W}$.
En fonctionnement pulsé sa puissance est $P_p = 300 \text{ W}$ (pendant l'impulsion). Les impulsions ont une durée $\tau = 1,0 \text{ ms}$ et une fréquence $f = 300 \text{ Hz}$. À sa sortie, le faisceau est concentré sur une tache de diamètre $D = 0,10 \text{ mm}$.
 - a) à quel domaine des radiations électromagnétiques appartient ce laser ?
 - b) Calculer la puissance surfacique (ou intensité lumineuse) en W/cm^2 au niveau de la tache
 - en fonctionnement continu .
 - en fonctionnement pulsé.
 - c) Calculer l'énergie transférée pendant une durée de 5s :
 - en fonctionnement continu
 - en fonctionnement pulsé.
 - d) Choisir le mode de fonctionnement suivant que l'on désire découper un tissu (vaporisation de l'eau et carbonisation) ou cautériser (coagulation des protéines sans vaporisation de l'eau).
- 6) Dans le film, le chirurgien dit au patient « l'odeur est normale, ne vous inquiétez pas ! ». Expliquer.
- 7) Effectuer une recherche sur les domaines d'applications du laser. Les résultats seront rassemblés dans un tableau.

Domaine d'application	Type de laser	Mode de fonctionnement	Longueur d'onde	Puissance

ÉLÉMENTS DE RÉPONSE AUX QUESTIONS

- 1) En citant des extraits des documents ci-dessus, retrouver les 3 caractéristiques du laser.
monochromaticité : « La lumière du laser est monochromatique, ce qui permet d'agir spécifiquement sur certains tissus »
directivité : « Le rayon peut en effet être si fin qu'il n'atteint qu'une seule cellule ! »
transport de puissance : « leur possibilité d'émettre des puissances considérables pendant des durées d'émission très courtes »
 - 2) Expliquer la différence entre le mode de fonctionnement continu ou à impulsions d'un laser.
C'est ici, la justification à partir de la puissance qui est attendue. La puissance d'un laser qui fonctionne en mode continu est constante au cours du temps.
 - 3) La dernière technologie en chirurgie réfractive fait appel au laser femtoseconde. À votre avis quel est le mode de fonctionnement de ce laser ? Justifier son nom.
Il s'agit d'un laser à impulsion. Il émet des impulsions d'une durée chacune de l'ordre de la femtoseconde soit 10^{-15} s .
 - 4) Quel est l'intérêt du mode de fonctionnement à impulsions au niveau de la puissance ?
À énergie égale, la puissance de crête d'un laser à impulsion sera beaucoup plus forte que la puissance d'un laser continu et ce d'autant plus que l'impulsion sera brève.
 - 5) Un laser à CO₂ à usage médical émet un rayonnement de longueur d'onde $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$.
En fonctionnement continu sa puissance $P_c = 60 \text{ W}$.
En fonctionnement pulsé sa puissance est $P_p = 300 \text{ W}$ (puissance de crête pendant l'impulsion). Les impulsions ont une durée $\tau = 1,0 \text{ ms}$ et une fréquence $f = 300 \text{ Hz}$. À sa sortie, le faisceau est concentré sur une tache de diamètre $D = 0,10 \text{ mm}$.
 - b) À quel domaine des radiations électromagnétiques appartient ce laser ?
Ce laser appartient aux infrarouges C.
 - c) Calculer la puissance surfacique (ou intensité lumineuse) en W/cm^2 au niveau de la tache
La tache a une surface de $7,8 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2$. La puissance surfacique est donnée par $P_s = P/S$
 - en fonctionnement continu .
- $P_s = 60/7,8 \cdot 10^{-5} = 7,7 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$

- en fonctionnement pulsé.

$$P_s = 300/7,8 \cdot 10^{-5} = 3,8 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$$

c) Calculer l'énergie transférée pendant une durée de 5s :

- en fonctionnement continu

$$E = P \Delta t \text{ d'où } E = 60 \times 5 = 350 \text{ J}$$

- en fonctionnement pulsé.

Pour pouvoir faire le calcul, il faut déterminer l'énergie d'une impulsion et calculer le nombre d'impulsions délivrées en 5s.

$$\text{L'énergie d'une impulsion est donnée par } E_{\text{impulsion}} = P_p \tau = 300 \times 1,0 \cdot 10^{-3} = 0,30 \text{ J}$$

$$\text{Le nombre d'impulsions délivrées pour une durée de } \Delta t = 5\text{s} \text{ vaut } N = f \Delta t = 1500$$

$$\text{d'où une énergie } E = N E_{\text{impulsion}} = 1500 \times 0,30 = 450 \text{ J}$$

d) Choisir le mode de fonctionnement suivant que l'on désire découper un tissu (vaporisation de l'eau et carbonisation) ou cautériser (coagulation des protéines sans vaporisation de l'eau).

La puissance surfacique étant plus grande en mode pulsé, on choisira ce mode pour la découpe.

5) Dans le film, le chirurgien dit au patient « l'odeur est normale, ne vous inquiétez pas ! ». Expliquer.

Le laser induit un échauffement et une brûlure des tissus qui peut expliquer l'odeur dégagée lors de l'intervention.

7) Effectuer une recherche sur les domaines d'applications du laser. Les résultats seront rassemblés dans un tableau.

Domaine d'application	Type de laser	Mode de fonctionnement	Longueur d'onde	Puissance
Téléométrie	À gaz argon	continu	350 à 800 nm	0,1 W à 40 kW
Reconnaissance de signes codés, impression graphique	À gaz Hélium-Cadmium	Continu	442 nm	0,1 à 100 mW
soudage	Laser solide à rubis	À impulsions	694 nm	0,05 à 5J par impulsion
Télécommunication par fibres	Diodes lasers	Continu ou impulsions	1540 nm	De quelques mW à 1500 mW
...