

Lasers en milieu hospitalier: Principes, applications, sécurité et certification

Karen Samson, M.Sc., Ing Jr
École Polytechnique de Montréal, Congrès de l'APIBO
23 octobre 2015

Avant tout: Qui suis-je?

■ Formation

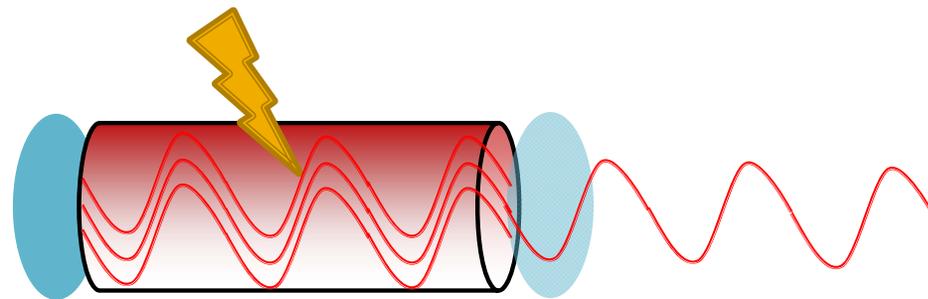
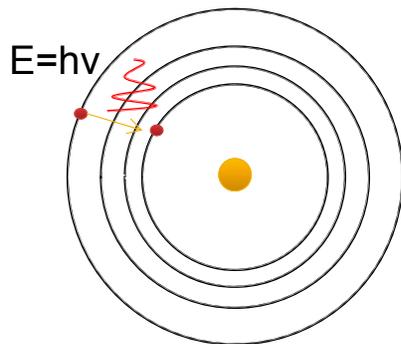
- Baccalauréat UL-GPH 2004-2008: concentration génie médical et biophotonique
- Maîtrise en biophotonique au CRULRG 2008-2012

■ Expérience

- Ingénieure biomédicale pour le CHU de Québec – Université Laval depuis 2012

Qu'est-ce qui définit un laser?

- Types de laser: Continu ($\geq 0,25$ sec d'émission = réflexe palpébral) ou pulsé (ps à ds)
- Pompe: Courant électrique ou photons
- Types de « cœur »: gaz, solide, semi-conducteur ou liquide (« dye »)
- Puissance du faisceau (W)
- Longueur d'onde fixe ou modulable (nm)



Einstein nous a dit: $E=h\nu$

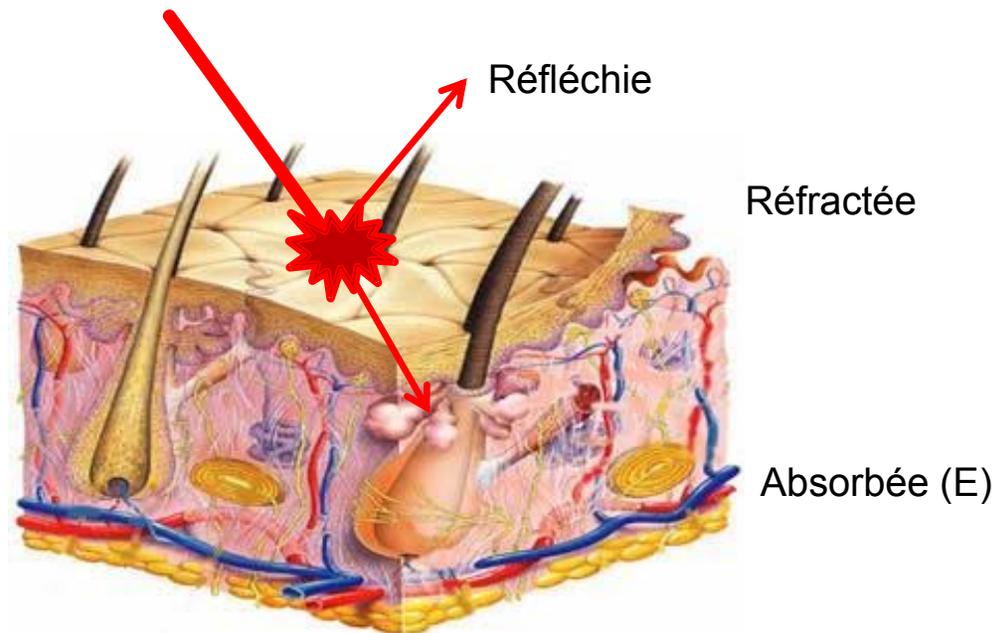
- Bleu = haute énergie (480nm)
- Rouge = basse énergie (630nm)

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu$$

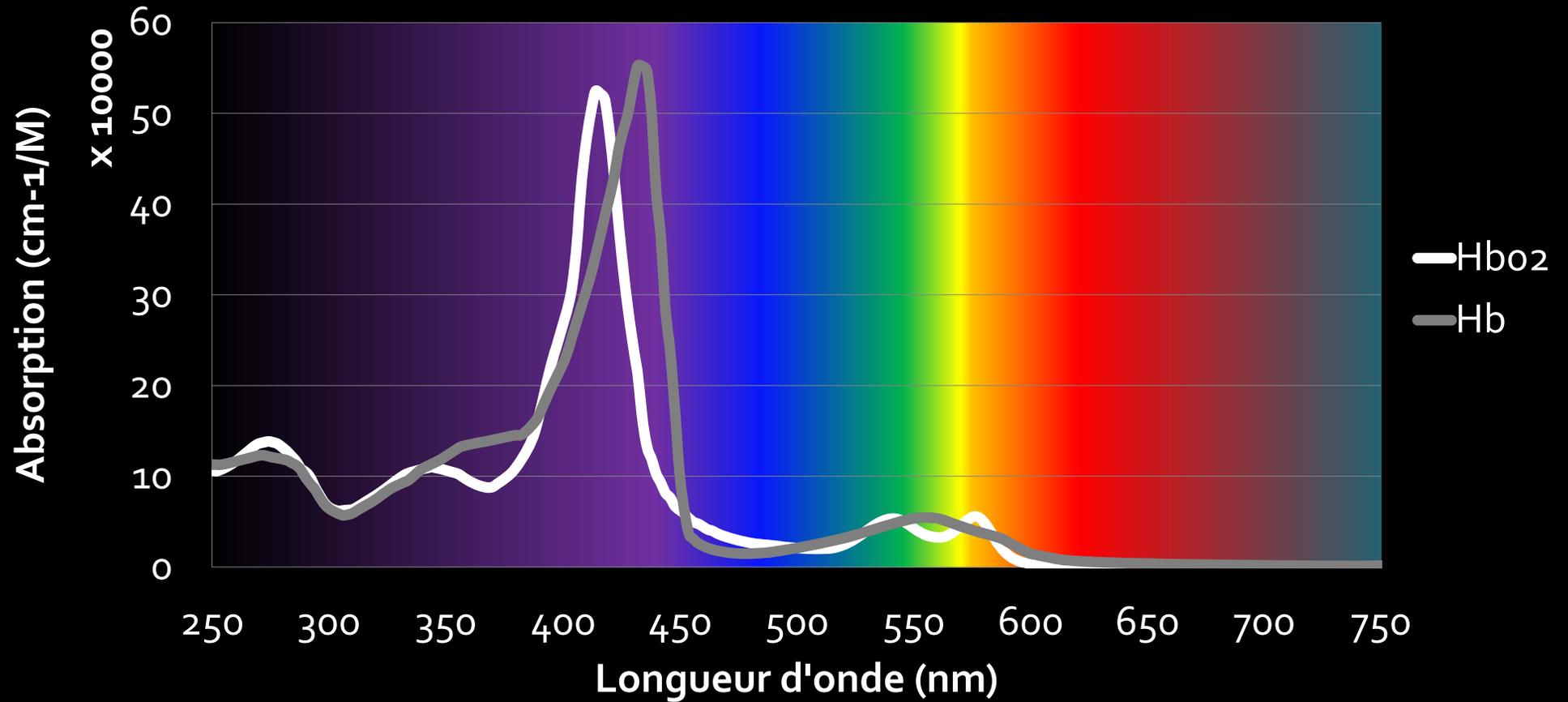
où h est la constante universelle de Planck ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$) et ν la fréquence de la lumière monochromatique, en Hz. E est en électronvolts (eV)

Les applications des lasers en médecine sont basées sur les principes fondamentaux de la biophotonique

- Par définition (Wikipédia): "*La **biophotonique** concerne l'utilisation de la lumière pour l'analyse d'objets biologiques mais aussi leurs **modifications**.* »



Spectre d'absorption de l'hémoglobine oxy- et désoxygénée



La différence entre le laser pulsé et continu réside en la concentration de photons

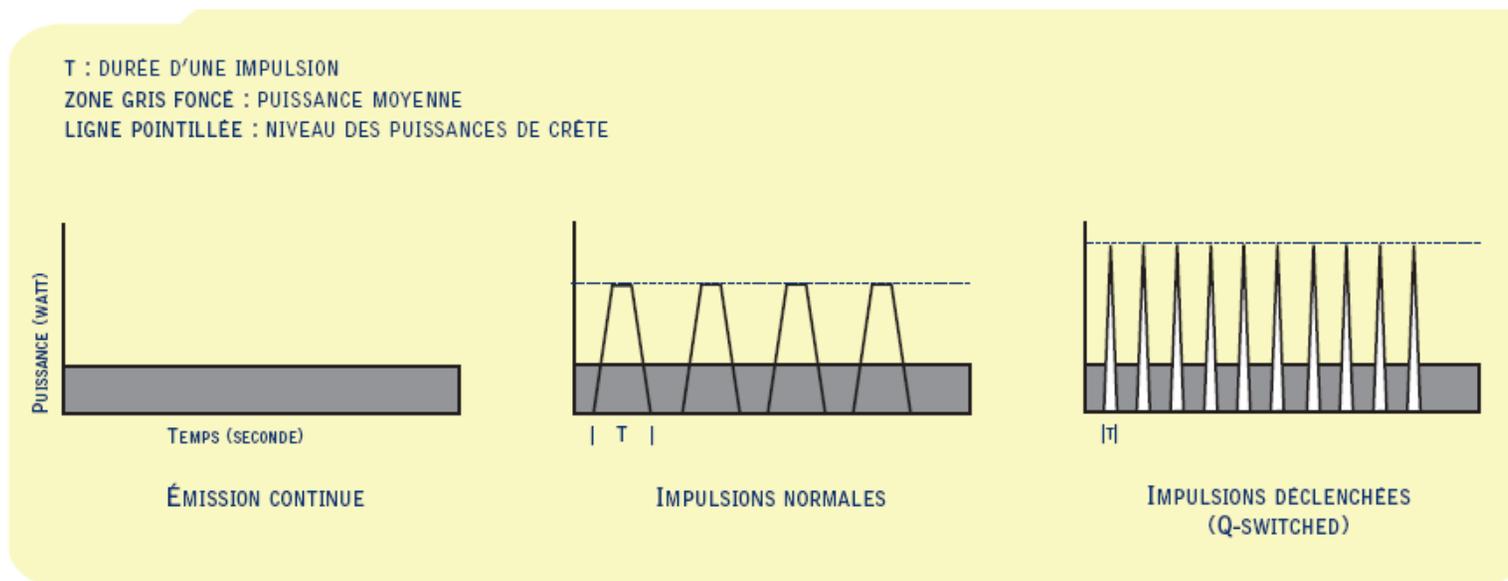


FIG. 2.2.3 ILLUSTRATION DE LA CORRESPONDANCE ENTRE LA PUISSANCE MOYENNE ET LES PUISSANCES DE CRÊTE

Source: Ross, MJ (2004) La sécurité reliée aux lasers, ASPHME

Il existe différents types de laser dépendant de leurs milieux actifs

Matière	Milieu actif	Longueur d'onde (nm)
Gaz	Argon	488 (bleu); 514 (vert)
	CO ₂	10600 (IR éloigné)
	He:Ne	633 (rouge)
	Krypton	476 (bleu), 530 (vert), 568 (jaune), 647 (rouge), 676 (rouge), 753, 799 (proche IR)
Verre/polymère	Fibre optique dopées avec des ions de terres rares	Thulium: 2100; Erbium: 1550
Cristaux	Rubis dopé au chrome	694
	Grenat d'yttrium et d'aluminium dopé au néodyme (Nd:YAG)	1064 (proche IR); Doublé 532 (vert)
Diode	Diode laser Arséniure de gallium GaAs	904 (IR)
Liquide (dye)	Rhodamine G6	Ajustable 570-650
Excimère	Fluorure d'argon	193
	Chlorure d'argon	308

Quel laser utilise-t-on en médecine?

- Tout dépend de la réaction que nous voulons provoquer
 - Collection d'information sur le contenu / Positionner
 - Brûlure: cautériser
 - Traitement: sélectivité d'interaction lumière/molécule

Un autre exemple d'interaction lumière-matière avec les tissus humains

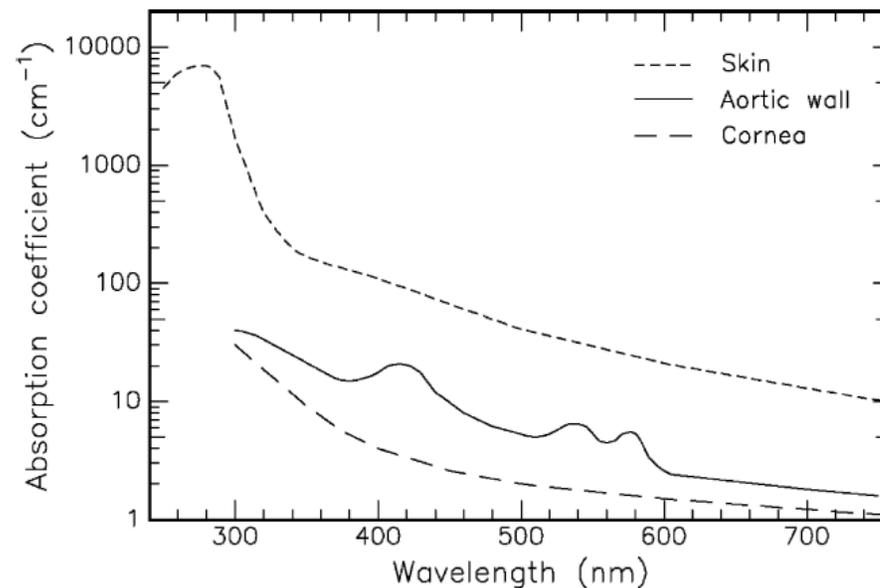
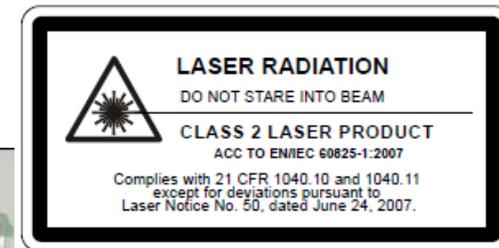
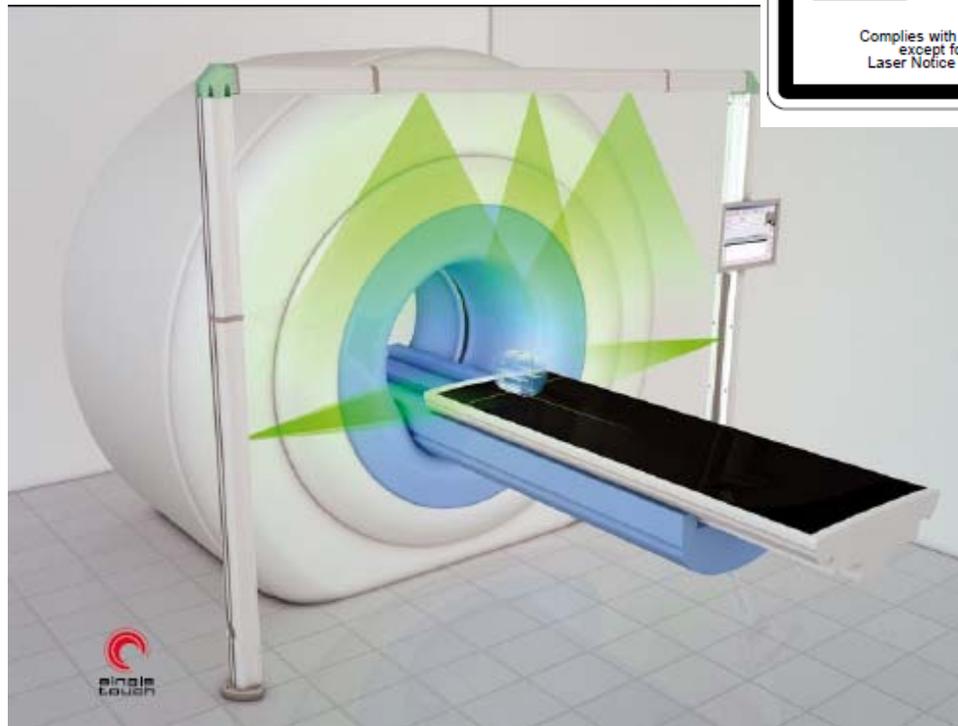


Fig. 2.5. Absorption spectra of skin, aortic wall, and cornea. In the visible range, the absorption of skin is 20–30 times higher than the absorption of corneal tissue. The absorption spectrum of aortic wall exhibits similar peaks as hemoglobin. Data according to Parrish and Anderson (1983), Keijzer et al. (1989), and Eichler and Seiler (1991)

Source: Niemz, M (2007). Laser-Tissue Interactions: Fundamentals and Applications, 3rd edition, Springer

Catégorie 1: Lasers de positionnement ou de visée

- 600nm ou 532nm ou 450nm



Des lasers de positionnements sont présents dans les lasers de traitements

- Caractéristiques générales:
 - Laser 635nm, continu, diode, $P_{max}= 1mW$, class II
- Applications: Dermatologie, ophtalmologie, chirurgie, infiltrations...



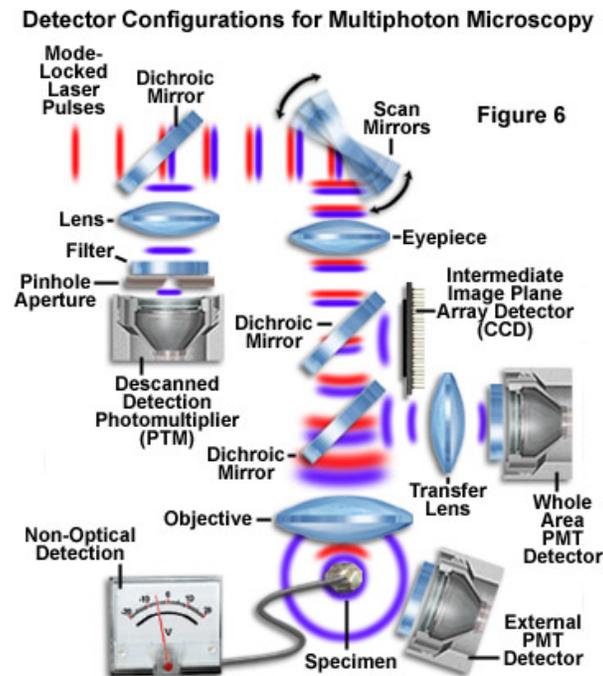
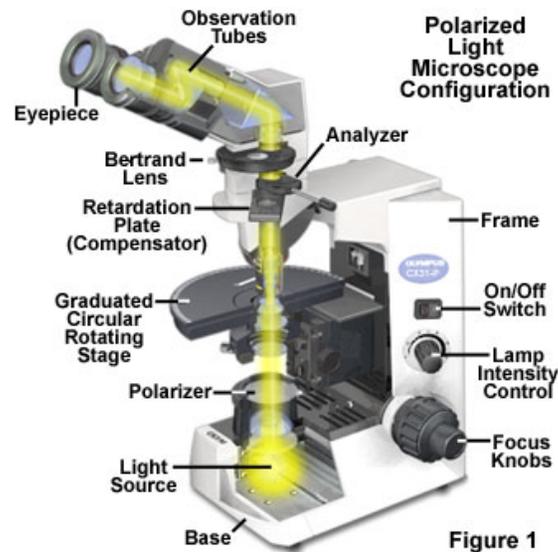
Catégorie 2: Lasers dans les laboratoires cliniques

- Lasers de microscopes
 - Confocaux et multiphotoniques
- Cytométrie de flux
- Code-à-barre et chaîne automatisée
- Numériseur de lames

Les microscopes de laboratoires avec illumination laser permettent le diagnostic

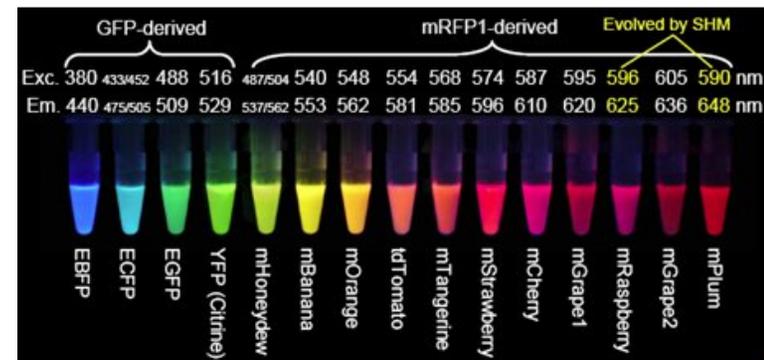
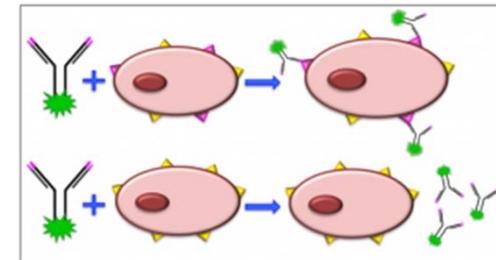
- Microscopes confocaux
 - Laser continu, différentes longueurs d'onde
- Microscopes multiphotoniques
 - Laser pulsé femto-seconde (classe 4 >1W)
 - Pulsé = moins de photo blanchiment
 - Pulsé = utilisation de l'excitation multi photonique = plus de spécificité = meilleure résolution

Le principe de fonctionnement du microscope confocal diffère de par l'utilisation du laser



Source: <http://www.olympusmicro.com/> (Olympus)

Les lasers des microscopes permettent d'utiliser les marqueurs fluorescents



Source: en haut à droite: <http://www.signalsblog.ca/inside-a-cancer-stem-cell-researchers-toolbox-csc-markers-flow-cytometry/>
 En bas à droite: R. Tsien, http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2008/tsien-slides.pdf

L'excitation multiphotonique permet d'obtenir de meilleure résolution et spécificité

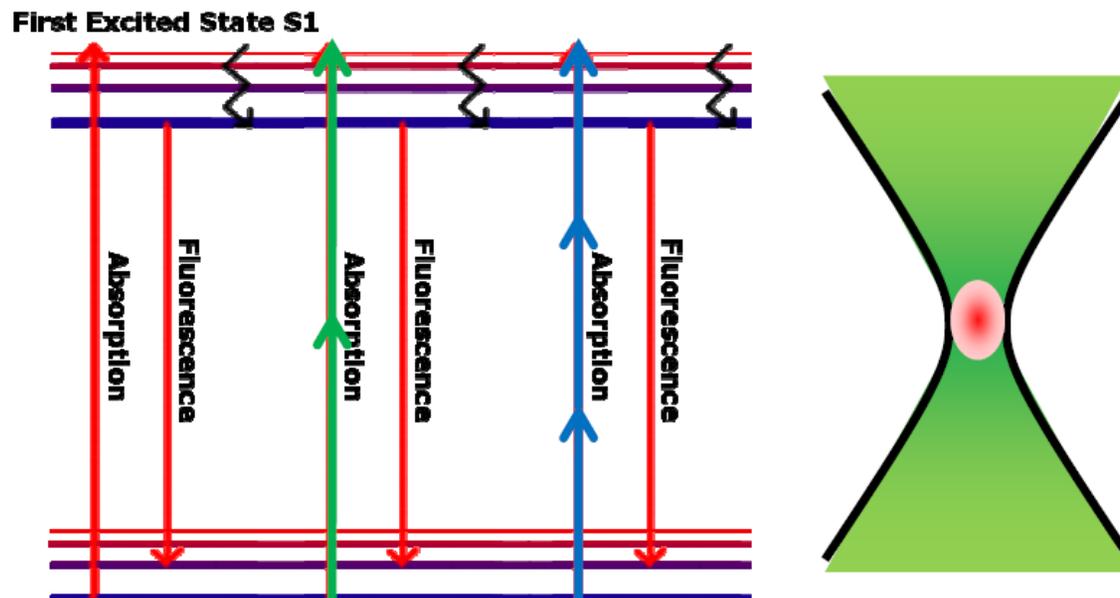
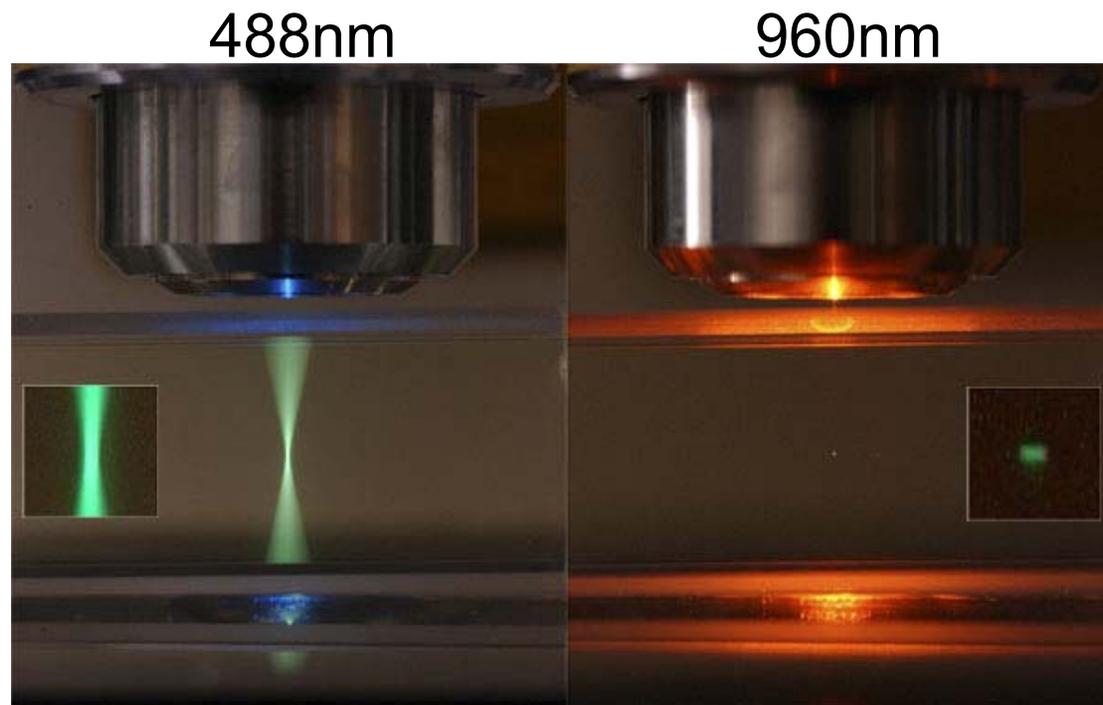


Figure 9: Principe de l'excitation multiphotonique. Gauche : diagramme de Jablonski pour l'excitation 1, 2 et 3-photon. Droite : régions où la fluorescence est excitée en 1-photon (vert) ou en multiphoton (rouge).

Visuellement, nous pouvons comprendre l'utilité de l'imagerie multiphoton



Le fluorophore est de la fluorescéine.

Source: <http://microscopy.berkeley.edu/courses/tlm/2P/index.html>

Image par Steve Ruzin and Holly Aaron, UC Berkeley

Le choix des lasers des microscopes à fluorescence dépend des marqueurs employés

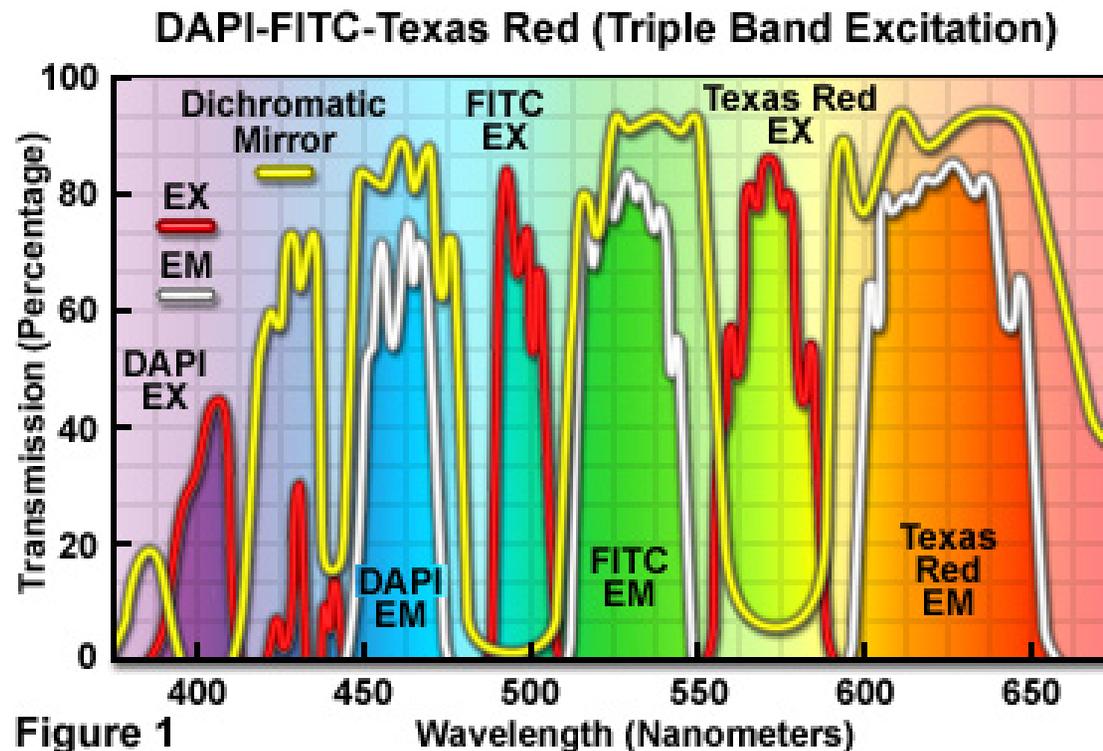
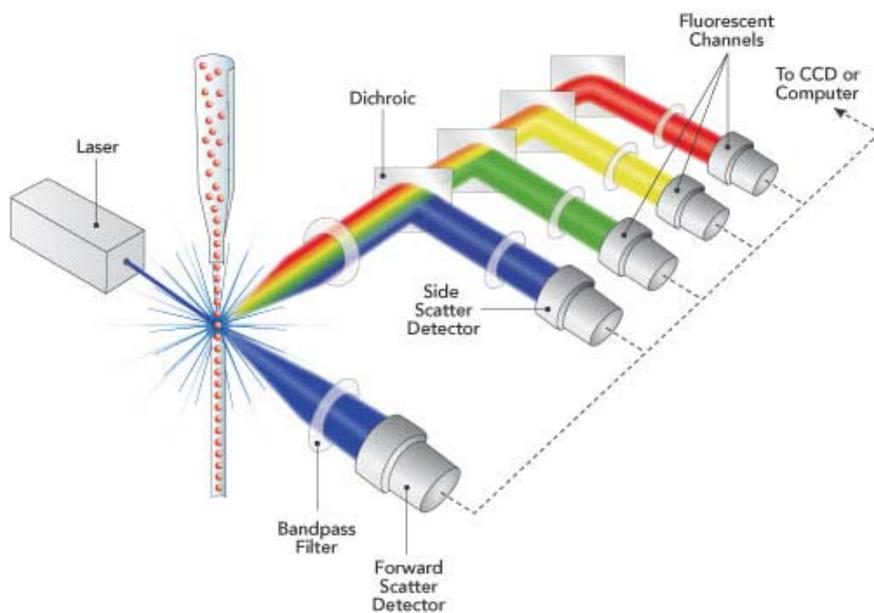


Figure 1

Crédits: Nikon

Cytomètre de flux

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



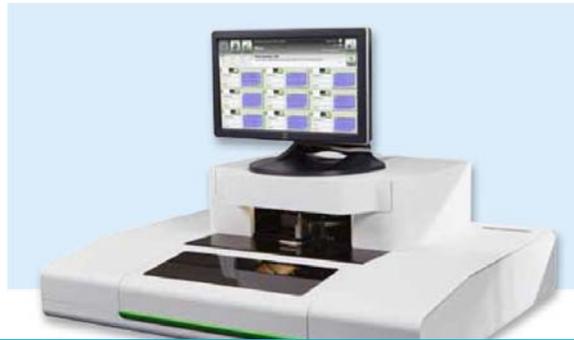
Crédits: Semrock

UTILISATION ET CONCEPTION

- Permet de connaître les populations de cellules
- Permet de trier les différentes populations
- Lasers employés:
 - Continu, différentes longueurs d'ondes
 - Ex: Immunologie CHUL – BD Biosciences FACSCanto II
 - Bleu (488nm): 20mW solid-state air-cooled
 - Rouge (633nm): 17mW He-Ne air-cooled
 - Violet (405nm): 30mW Solid-state air-cooled

Code-à-barre et chaîne automatisée

EXEMPLE: PERKIN ELMER – PANTHERA PUNCHER 9



LASER

- Diode laser ou HeNe
- $\approx 635\text{nm}$
- $\leq 1\text{mW}$
- Lumière continu
- Classe 2

Code-à-barre et chaîne automatisée

EXEMPLE: SIEMENS – CLINITEK ADVANTUS

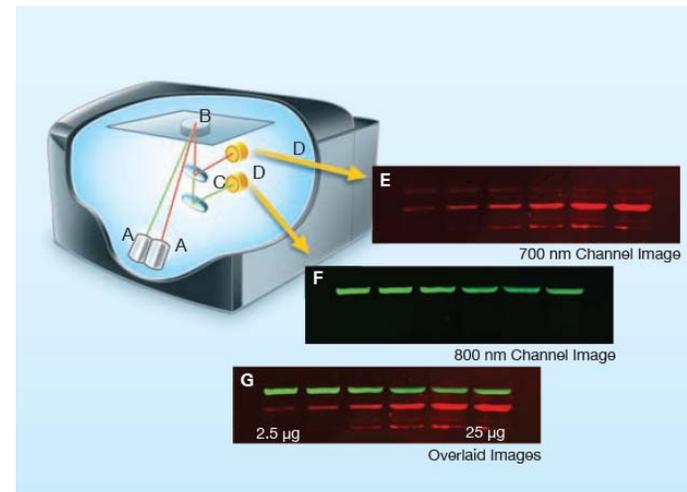


LASER

- 850nm
- Lumière continu
- 2mW - Classe 1 en utilisation
- 850mW - Classe 3B lorsque non confiné

Des lasers sont présents dans les numériseurs de Western Blot, de lames ou de plaques

- Exemple: Li-Cor Odyssey
 - Résolution possible jusqu'à $20\mu\text{m}$
 - 2 lasers: 700 et 800nm
 - Quantification possible pour dosage



Les numériseurs permettent de quantifier la présence de certaines molécules

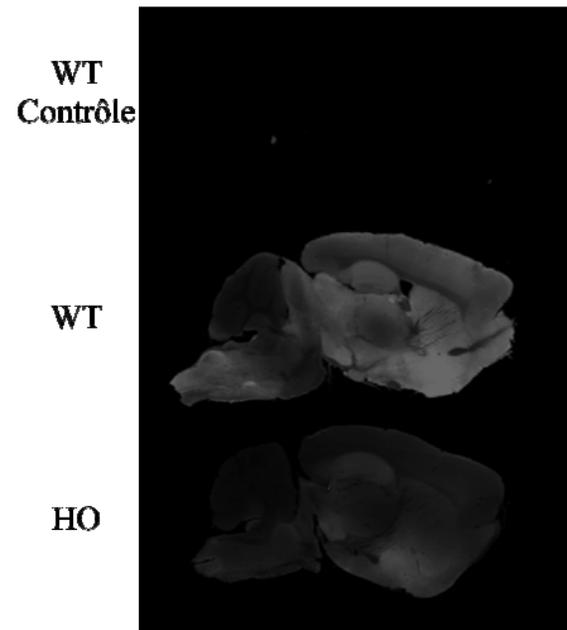


Figure 11: Validation par immunohistochimie de la variation de la sérotonine dans les lignées de souris TPEX-KI. En haut, le contrôle fait sur une tranche de souris WT soumis seulement à l'anticorps secondaire. Les échantillons WT et HO présentent une différence notable quant à l'intensité moyenne sur toute la tranche.

Catégorie 3: Traitement clinique

- Couper et cautériser: outils de chirurgie
- Photothérapie
 - Cancer
 - Génétique: outil du futur
- Outil de diagnostic: Voir l'invisible, un aperçu du futur

Les laser pour couper et cautériser: outils de chirurgie

APPLICATIONS

- Urologie/gynécologie
- Ophtalmologie
- Chirurgie générale
- ORL

- Stérilisation et traçabilité des outils -> codes-à-barres

AVANTAGES

- Précision
- Réduction de la douleur
- Peu invasif
- Plaie cautérisée et stérile
- Guérison accélérée

Le faisceau laser provoque différentes lésions selon la puissance

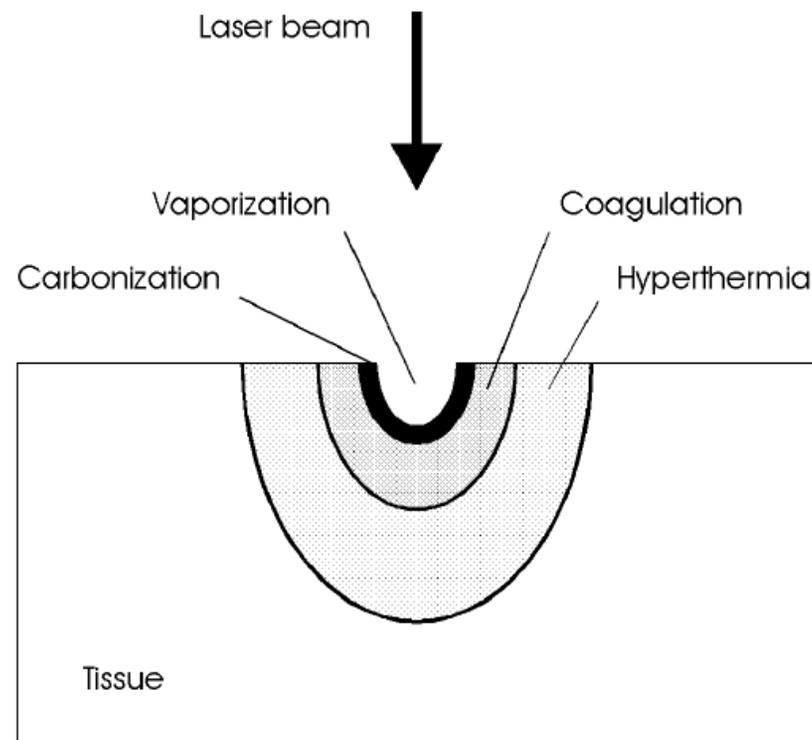
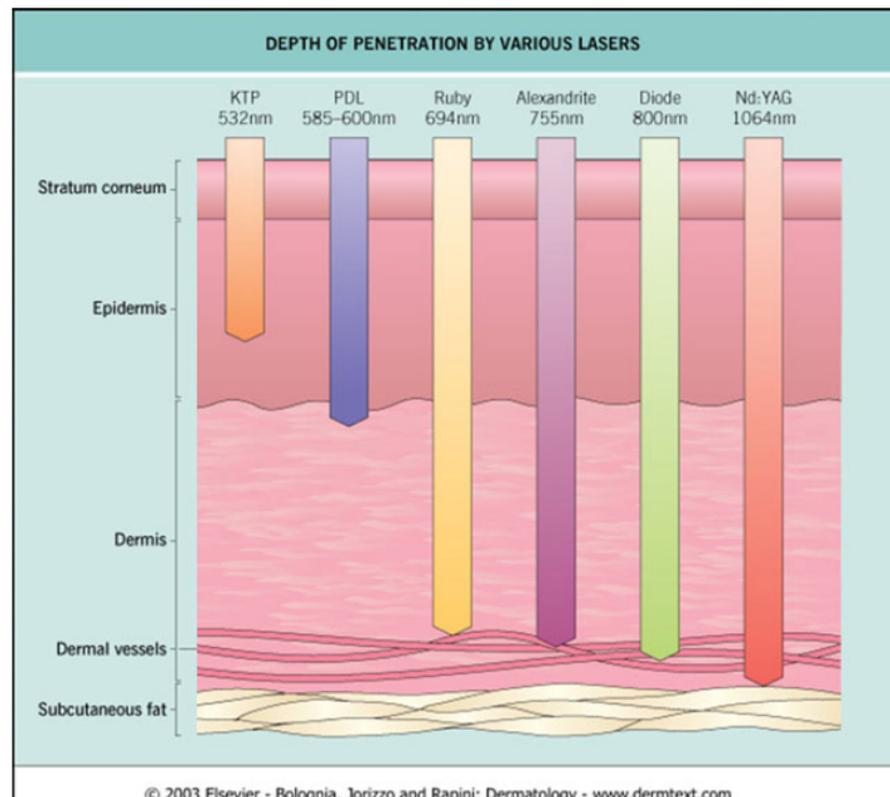


Fig. 3.22. Location of thermal effects inside biological tissue

Source: Niemz, M (2007). Laser-Tissue Interactions: Fundamentals and Applications, 3rd edition, Springer

La longueur d'onde permet aussi de contrôler ce que nous voulons atteindre



Deux lasers au gaz peuvent provoquer des effets différents.

LASER ARGON

- $\lambda = 454\text{nm}$
- Absorbé par l'hémoglobine
- Cautérise
- En surface

LASER CO₂

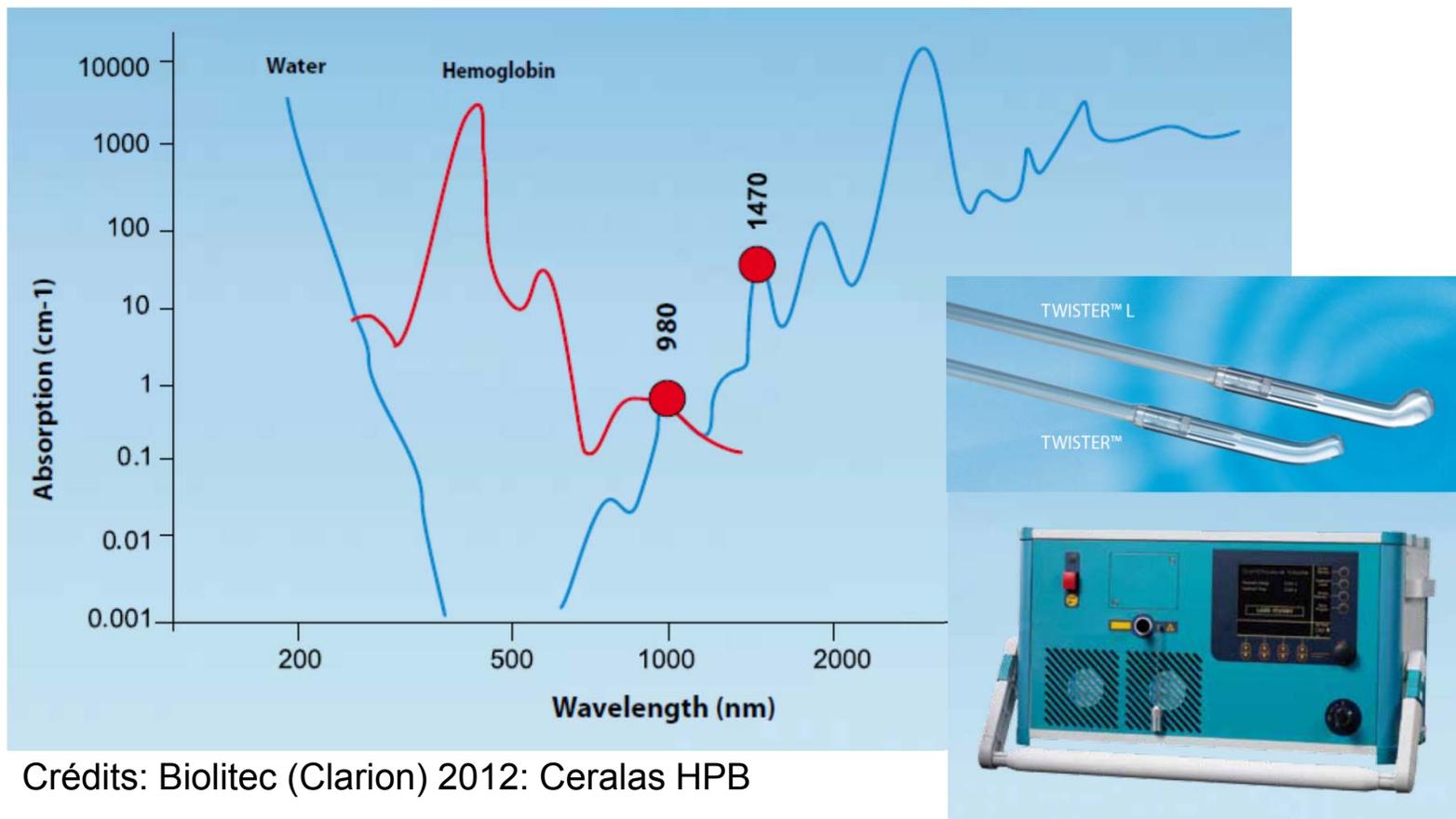
- $\lambda = 10600\text{nm}$
- Absorbé par l'eau
- Coupe soude

Lumenis Ultrapulse:

Diode laser 635nm 5mW adjustable
Laser CO₂ 10600nm pulse (<1ms),
240W (60W aux tissues)

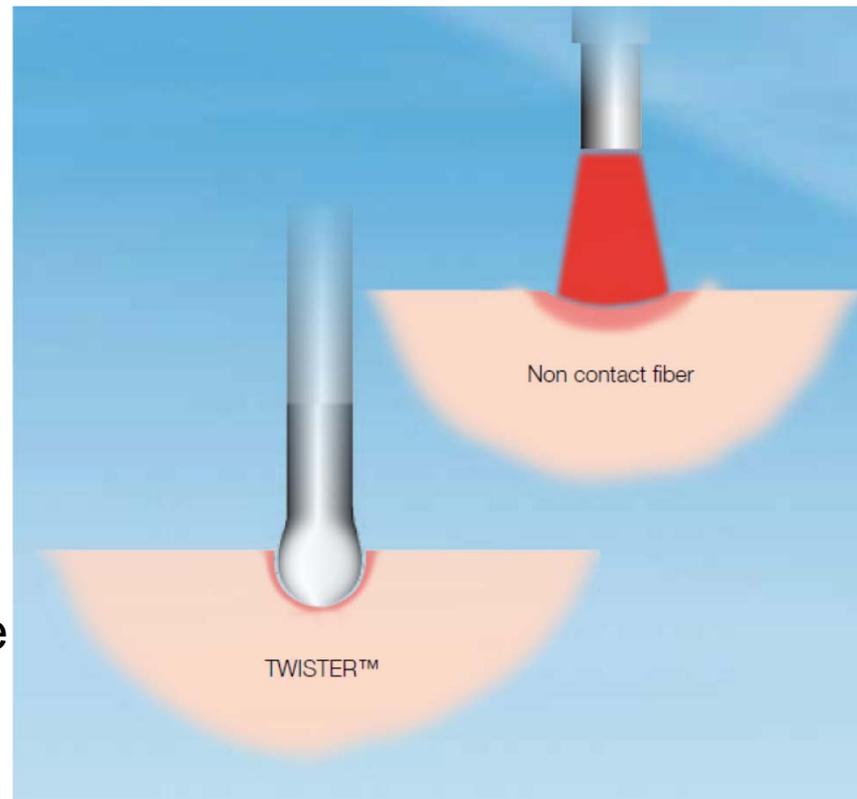


L'urologie utilise une combinaison de deux faisceaux pour coaguler et vaporiser



Le choix de la pièce à main a un impact sur l'effet provoqué

Les pièces contacts réduit l'effet à la surface de la fibre



Les pièces sans contact permettent des dommages thermiques plus profonds

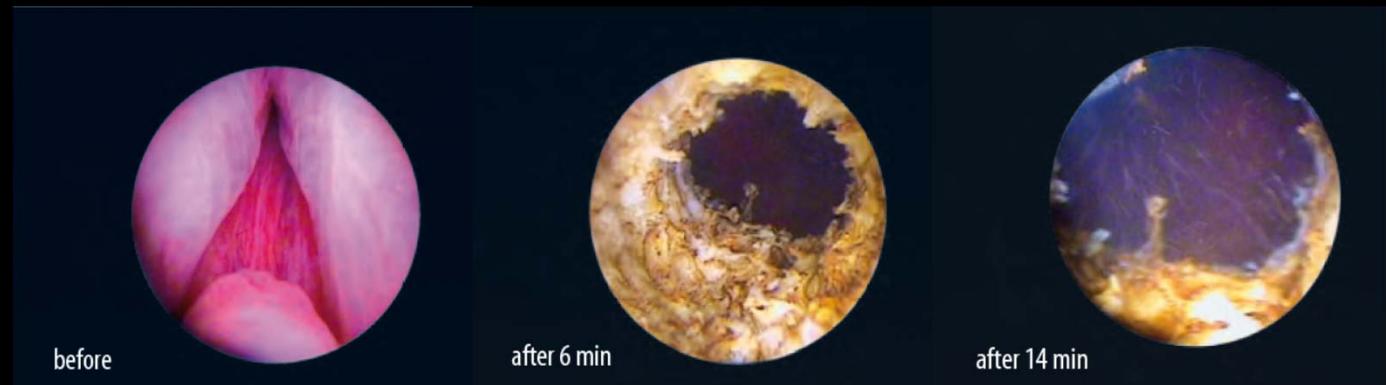
Crédits: Biolitec (Clarion) 2012: Ceralas HPB

Voir l'effet des 3 faisceaux

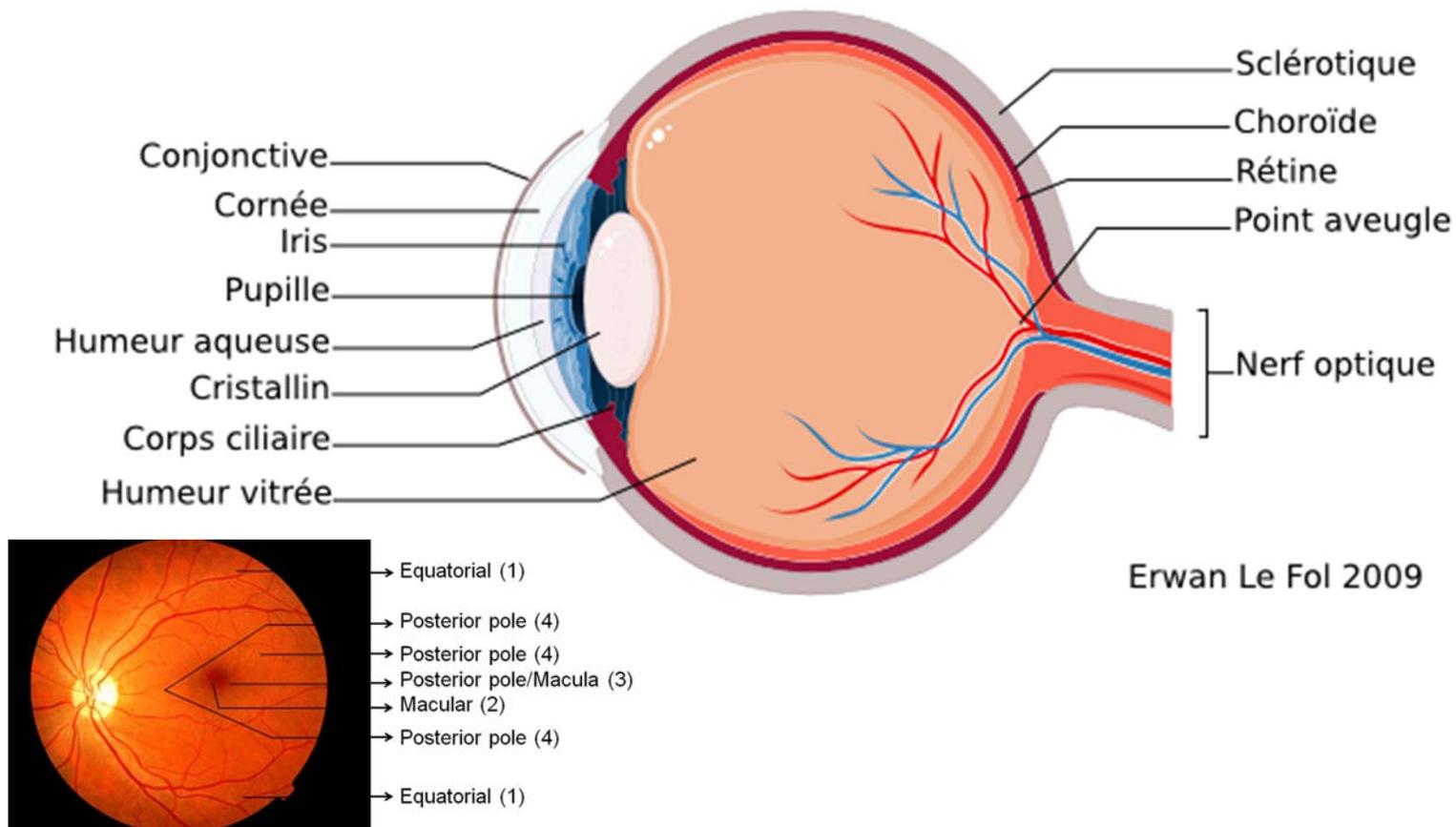
Trois laser diodes:

1. Positionnement:
635nm 4mW
2. Laser 1: 980nm
3. Laser 2: 1470nm

La combinaison peut
produire jusqu'à
300W



L'ophtalmologie est l'une des meilleures applications des lasers en médecine



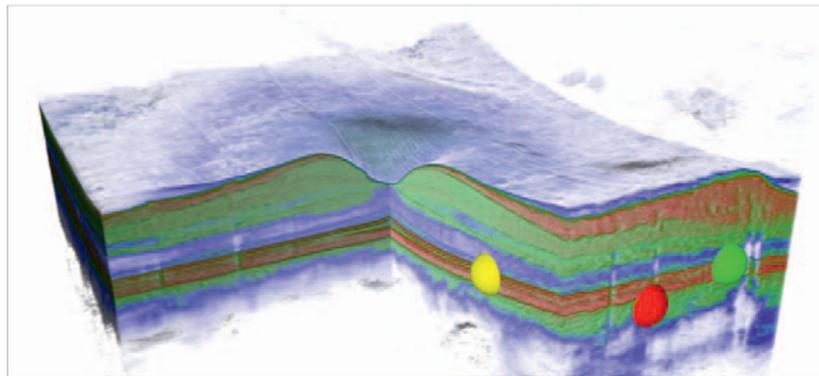
Le laser YAG permet de traiter le chemin optique de l'œil

- Laser YAG = 1064nm,
 - Traitement: pulsé 4ns, 0,3-10mJ/pulse, 0,5-25μW,
 - Laser seul: classe 3B, 25mJ
- Laser de visé: Diode 635nm, 5mW, continu
- Applications:
 - Cataracte
 - Iris
 - Myopie
 - Glaucome

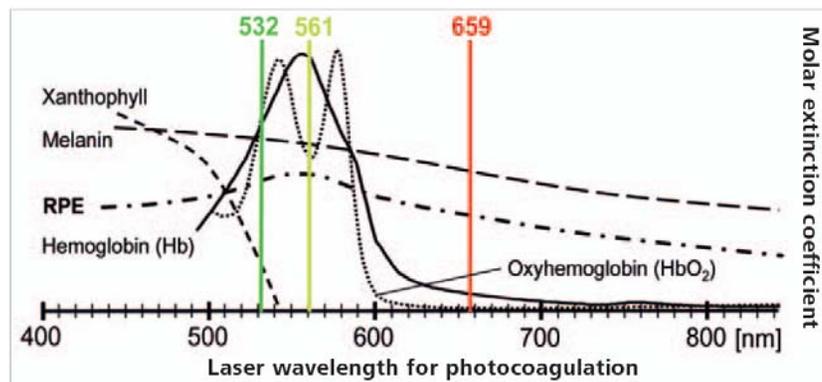


Source: En haut-droite: <http://www.institutdeloeil.com/> En bas-gauche: Nidek YC-1800

Les lasers 3 couleurs permettent de traiter différentes zones de la rétine.



3D illustration of lesion examples made by VISULAS Trion using rendered OCT data.



Absorption of retinal pigments (VISULAS Trion wavelengths are highlighted)

Crédits: Zeiss Visulas Trion

Les lasers sont employés pour la photothérapie dans différentes spécialités

- Cancer
 - Protoporphérine et acide aminolévulinique
- Dermatologie
- Outils du futur
 - Implant cochléaire optique
 - Génétique
 - Vaccin

La thérapie photodynamique (PDT) dépend de la production de protoporphérine IX (PPIX)

- L'acide aminolévulinique (ALA) est administrée au patient.
- Les cellules cancéreuses produiront la PPIX.
- Le laser activera une réaction d' $^1\text{O}_2$ toxique dans les cellules cancéreuses.

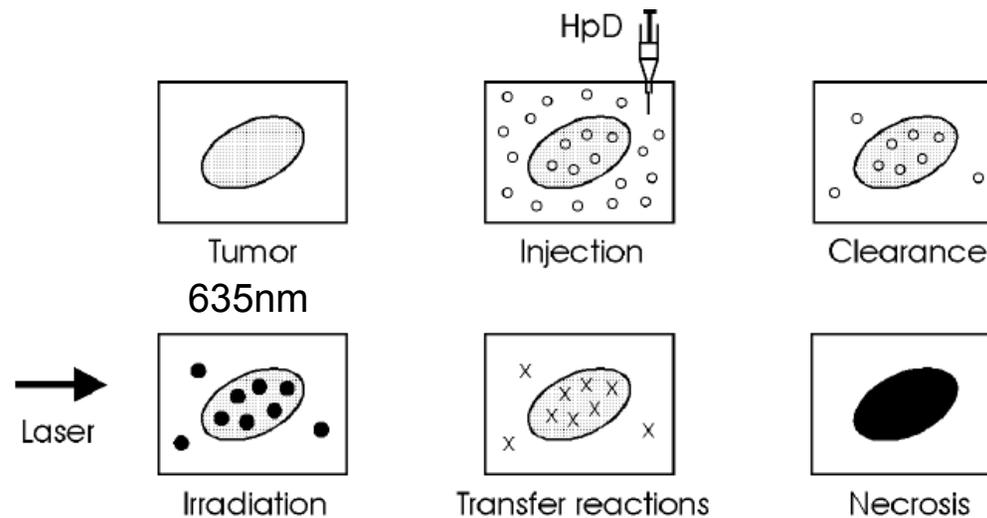
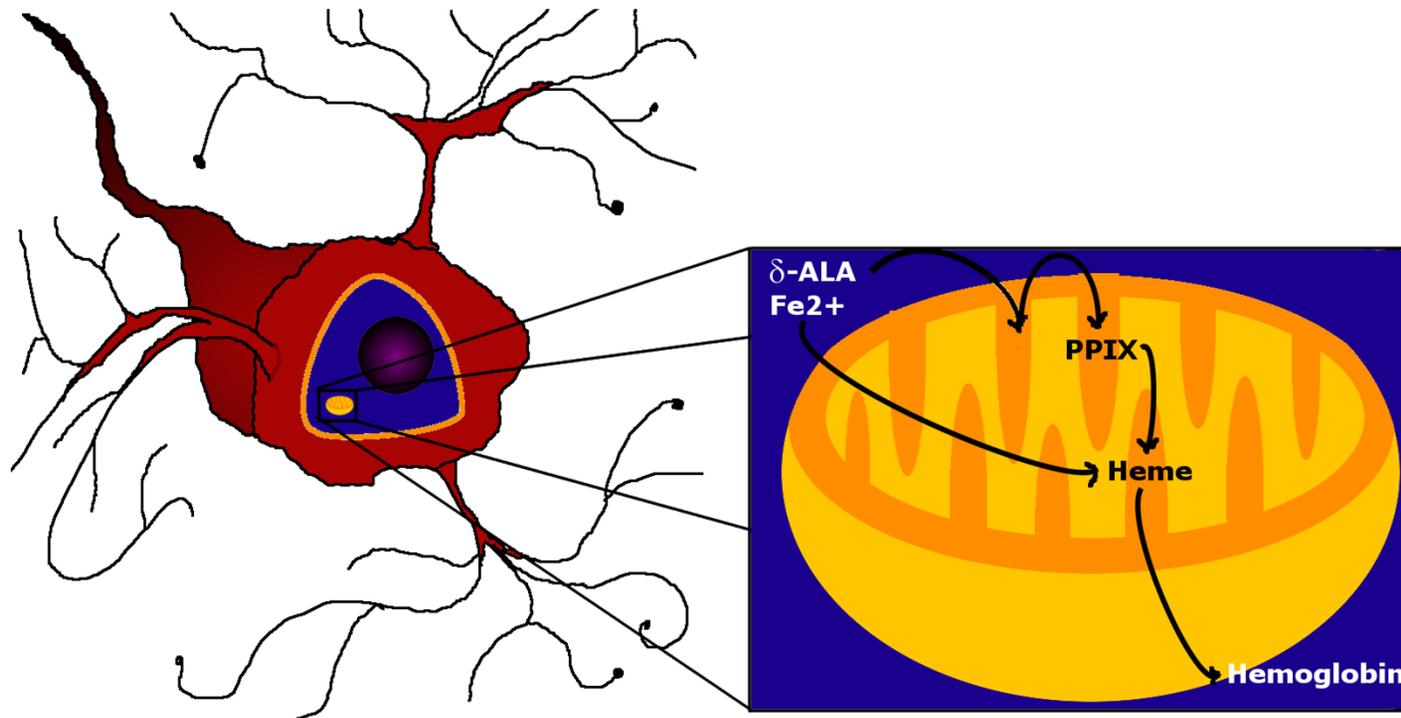


Fig. 3.2. Scheme of photodynamic therapy

Source: Niemz, M (2007). Laser-Tissue Interactions: Fundamentals and Applications, 3rd edition, Springer

La production de PPIX se fait à l'intérieur de la cellule pour la production d'hémoglobine



L'excitation à 410nm (bleu) de la PPIX donne une fluorescence émise à 620nm (rouge)

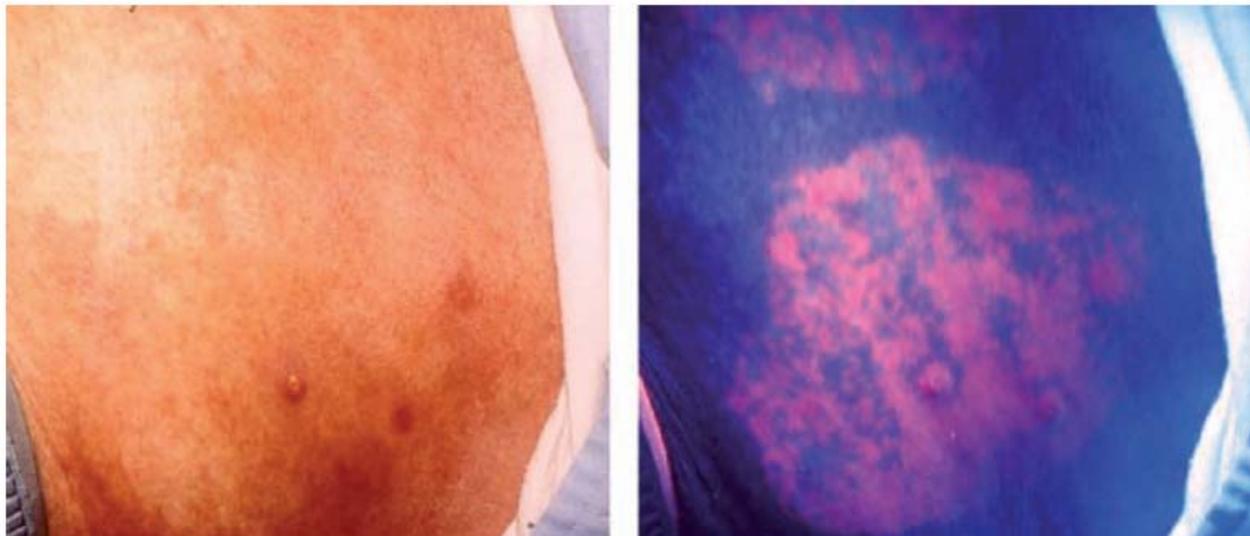


Figure 3. Cutaneous T cell lymphoma (mycosis fungoides) (left). ALA-induced PpIX fluorescence induced in cutaneous T cell lymphoma (right).

Source: Pogue, 2006. PDT with Clinical Handbook

Dermatologie: La lumière brise les tissus cibles et stimule une auto-guérison

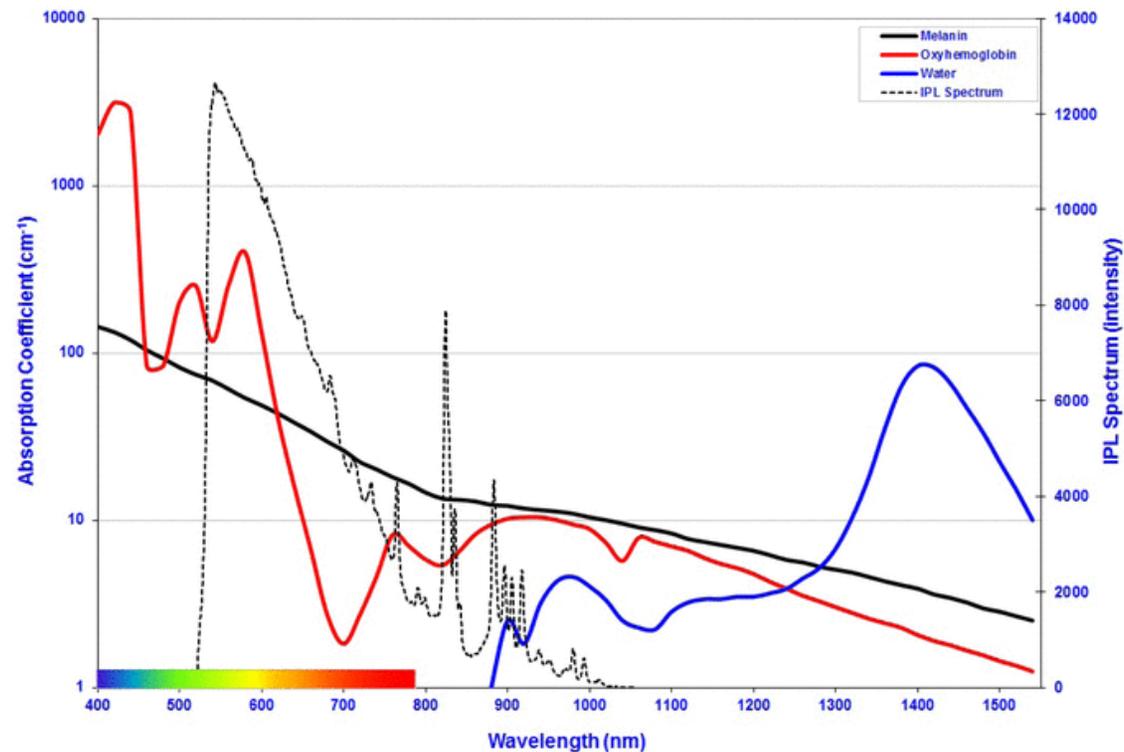
- Applications cosmétiques:
 - Épilation
 - Varices/coupe-rose
 - Tatous, tache de rousseur
 - Lissage
- Applications médicales
 - Eczéma
 - Acné
 - Psoriasis

Les diodes laser sont très répandues pour l'épilation

- LightSheer Duet de Lumenis
 - 805nm, 1600W, longueur de pulse: 5-400ms,
 - Matrice de diode AlGaAs
 - 1060nm



La longueur d'onde choisie pour l'épilation cible la mélanine



Source: <http://www.jacmp.org/index.php/jacmp/article/view/3702/2655>

La question que tous se posent: laser ou IPL?

LASER OU DIODE

- Monochromatique: Laser Nd-YAG 1064nm ou Diode ~810nm
- Vaporisation du poil atteinte du follicule pileux ou Thermolyse du poil
- Pièces à main munis d'embout de saphir pour refroidir la peau à 40°C

IPL

- Polychromatique: Lampe Xénon (entre 500-1200nm) filtrée
- + grande région traitée
- Moins spécifique au poil
- Demande + de séances

Les lasers liquides sont utilisés pour traiter les vaisseaux sanguins apparents

Laser Safety Datasheet Candela V Beam



Specifications:

- Lasing media: Dye
- Wavelength: 595 nm
- Output Power: 8 W (average)
- Pulse Energy: 5.3 J
- Pulse Length: 40 ms
- Repetition Rate: 1.5 Hz
- Min. Beam Diam.: 0.5 cm (1/e²)
0.35 cm (1/e)
- MPE: 0.24 mW/cm²
- **Minimum OD: 4.9 @595 nm**

Classe 4

La photothérapie en dermatologie permet de soigner et d'embellir

VARICES: ND:YAG 1064NM



Fig. 6 Before and after treatment of vein with POL+laser. Notable resolution with a single session of treatment

Source: DOI 10.1007/s10103-012-1180-6

KÉRATOSE ACNITIQUE

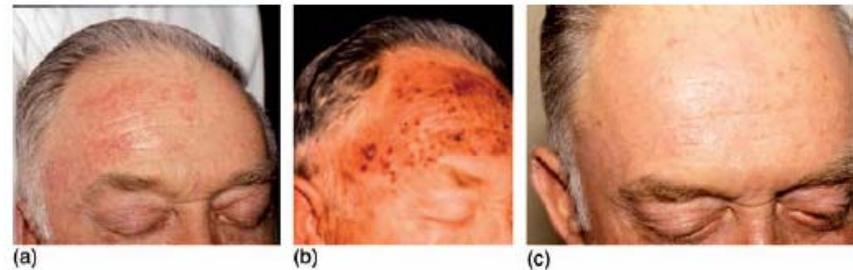


Figure 5. (a) Actinic keratosis prior to treatment. (b) Actinic keratosis 3 days after ALA-PDT treatment with red light. (c) Actinic keratosis 30 days after ALA-PDT. Note remaining nodule.

Source: Pogue, 2006. PDT with Clinical Handbook

Il y a plusieurs autres applications

- Urologie: pierre de rein et vessie
 - Ho:YAG 2100nm
- Gynécologie: résection de l'endomètre
 - Laser CO₂ de chirurgie
- Tatou et épilation:
 - Nd:YAG 1064nm

Autres applications non utilisées actuellement au Québec

- Ablation des amygdales
- Chirurgies mineures
- Impacts à prendre en considérations avant de transférer de technologie
 - Formation des professionnels
 - \$\$\$ par patient

Chaque laser amène des risques d'accidents à l'utilisation

- La classification des lasers permet de mieux reconnaître ces risques rapidement

Classification des lasers CDRH (Center for Devices and Radiological Health)

Source: Apinex.com

Classe 1	Lasers intrinsèquement sans danger.
Classe 2	Lasers à rayonnement visible (400 à 700 nm de longueur d'onde, et d'une puissance inférieure ou égale à 1 mW). Protection de l'oeil assurée par le réflexe palpébral.
Classe 3a	Lasers de puissance moyenne (<5 mW). Vision directe dangereuse si elle est supérieure à 0,255 ou effectuée à travers un instrument d'optique.
Classe 3b	Lasers dont la vision directe est toujours dangereuse (puissance comprise entre 5 mW et 500 mW). Ces lasers sont potentiellement dangereux si un faisceau direct ou une réflexion spéculaire est regardé par l'œil non protégé.
Classe 4	Lasers toujours dangereux en vision directe ou diffuse, créant des lésions cutanées et oculaires (puissance supérieure à 500 mW). Ils constituent un danger d'incendie. Exposition dangereuse au rayonnement direct ou diffus pour l'oeil et la peau

Classification internationale (IEC)

Source: Apinex.com

Classe 1 :	Lasers sans danger dans des conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles, y compris l'utilisation d'instruments optiques pour la vision dans le faisceau.
Classe 1M :	Lasers émettant dans la gamme de longueur d'onde de 302,5 nm à 4000 nm qui sont sans danger dans des conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles, mais pouvant être dangereux si l'utilisateur emploie une optique dans le faisceau.
Classe 2 :	Lasers émettant un rayonnement visible dans la gamme des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, avec une puissance inférieure de 1mW, où la protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral (réflexe de fermeture de l'œil). Cette réaction assure une protection dans des conditions d'utilisation raisonnablement prévisibles, y compris l'utilisation d'instruments d'optiques pour la vision dans le faisceau.
Classe 2M :	Lasers émettant un rayonnement visible dans la gamme des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, où la protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral. Cependant, la vision de la sortie peut être plus dangereuse si l'utilisateur emploie une optique dans le faisceau.
Classe 3R :	Lasers de puissance entre 1 et 5mW, émettant dans la gamme des longueurs d'onde de 302,5 nm à 10E6 nm, où la vision directe dans le faisceau est potentiellement dangereuse.
Classe 3B :	Lasers de 5 à 500mW de puissance, où la vision directe dans le faisceau est dangereuse. La vision des réflexions diffuses est normalement sans danger.
Classe 4 :	Lasers où la vision dans le faisceau est dangereuse. La vision des réflexions diffuses est aussi dangereuse. Ces lasers peuvent causer des dommages sur la peau et peuvent aussi constituer un danger d'incendie. Leur utilisation requiert des précautions extrêmes.

Les risques liés au laser sont multiples

- Risques liés au faisceau laser:
 - Brûlures, incendie
 - Perte de connaissance
 - Cancer
 - Perte de vision...
- Risques liés au matériel laser:
 - Vapeurs résultantes nocives
 - Substances dangereuses dégagées (par ex: milieu actif)
 - Électrocution...

Doit-on avoir un programme de sécurité laser?

- Légalement, il n'y a aucune obligation d'avoir un programme de sécurité laser.
- Par contre...

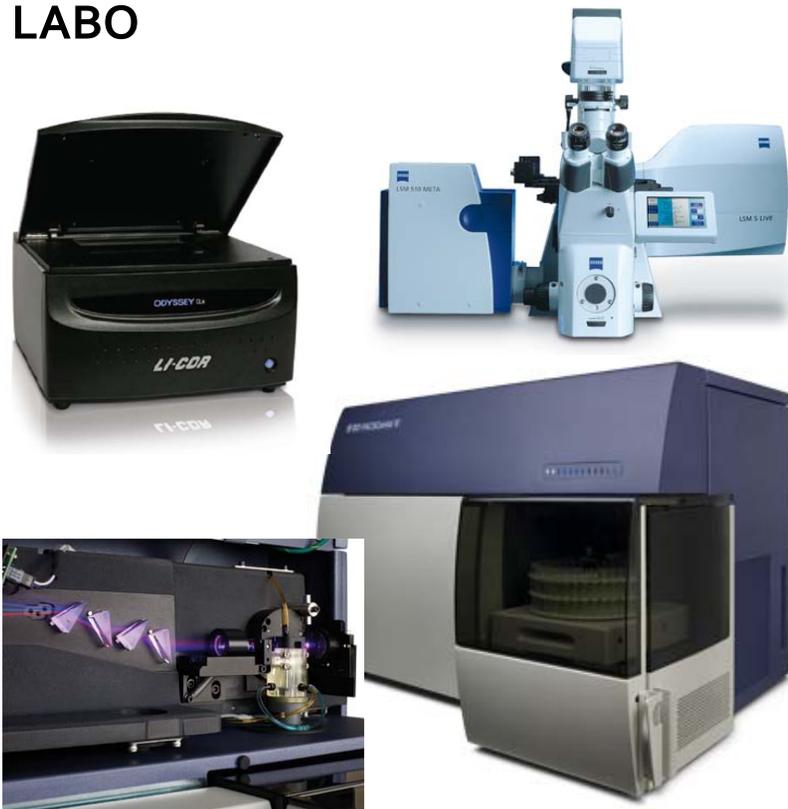
Santé Canada recommande de suivre les normes suivantes

- « *La norme ANSI Z136.1 recommande l'établissement d'un programme de sécurité des lasers pour les lieux de travail où l'on se sert de lasers de classe 3B ou de classe 4.* »
 - ANSI Z136.3-2011 : « Safe Use of Lasers in Health Care »
- CAN/CSA-Z386-14 : Safe Use of Lasers in Health Care » du Groupe CSA

Source: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.html

Rappelons-nous les lasers de classe 3B et 4 présents dans nos milieux hospitaliers

LABO



CHIRURGIE



La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

- Passons les différentes mesures ensemble...
- Questionnez-vous: faites-vous déjà ces bonnes pratiques?

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

Mesures administratives (1/3)

- Politique écrite sur la sécurité des lasers
- Affichage de panneaux d'avertissement
- Définition de l'autorité et des responsabilités attribuées au responsable de la sécurité des lasers concernant l'évaluation et la maîtrise des risques liés au laser



Extrait de: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.htm

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

Mesures administratives (2/3)

- Gestion des incidents (quasi-accidents) et des accidents, y compris le signalement, les enquêtes, les analyses et les mesures de correction
- Formation et instruction du personnel chargé de l'utilisation et de l'entretien des lasers
- **Constitution d'un comité sur la sécurité des lasers**

Extrait de: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.htm

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

Mesures administratives (3/3)

- Établissement d'un programme d'assurance qualité, y compris l'inspection régulière des appareils au laser
- Système de jumelage (compagnonnage) durant les travaux d'entretien pour assurer la fourniture des premiers soins et l'appel à l'aide en cas de blessures ou d'accident
- **Remplacement et examen de la vue à intervalles réguliers (voir la norme ANSI Z136.3)**

Extrait de: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.htm

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

Mesures d'ingénierie (1/2)

- Ventilation par aspiration à la source
- Méthodes à sécurité intégrée (p. ex. commandes automatiques d'obturation pour protéger les yeux de l'utilisateur du faisceau laser réfléchi)
- Mécanisme de verrouillage et clef de commande pour interdire toute mise en marche non autorisée du laser
- Suppression des surfaces réfléchissantes présentes dans la pièce

Extrait de: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.htm

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

Mesures d'ingénierie (2/2)

- Couvre-fenêtre (au besoin) pour absorber le faisceau laser diffusé
- Verrouillages intégrés aux panneaux d'accès et obturation automatique pour protéger le personnel chargé de l'entretien
- Verrous de sécurité ou verrouillage des commandes pour interdire tout accès non autorisé à la zone des lasers sous surveillance

Extrait de: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.htm

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

Protection personnelle

- Protection oculaire appropriée
- Appareil de protection respiratoire adéquat (N/A)
- Gants et vêtements protecteurs
- Programme de protection des employés englobant une formation relative à l'utilisation et à l'entretien de l'équipement de protection individuelle

Extrait de: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/lasers.htm

La norme ANSI Z136.1 recommande différentes mesures à prendre dans notre programme

- Finalement?
- Faites-vous déjà TOUTES ces bonnes pratiques?

Doit-on avoir la certification LSO? (« *Laser Safety Officer Training* »)

- Pas obligatoire, mais...
 - ...vous offre tout le bagage nécessaire pour monter votre programme de sécurité laser
 - ... démontre votre compétence en ce domaine

La certification LSO propose...

- Contenu de la formation:
 - Principe des lasers, de la lumière, de l'œil
 - Classification des lasers
 - Risques possibles des faisceaux laser
 - Bonnes pratiques en présence de laser
 - La mesure laser et l'enlignement adéquat: comment faire
 - Comment construire son programme de sécurité?
 - Cas d'accidents et ce qu'il faut en retenir

Comment puis-je avoir la certification LSO?

- En ligne: <https://www.lia.org/store/course/LSOONLINE>
 - ≈900\$US
 - 15 jours de disponibilité web
- Formation au États-Unis (se déplace):
 - ≈1450\$US
 - 1 semaine ≈ 35 heures de formation
- L'examen
 - 250\$US
 - Est cédulé normalement après la formation, au même endroit



Il existe aussi la certification MLSO!

- La certification médicale est aussi disponible.
- Elle permet de cibler mieux les besoins des centres médicaux.

En conclusion, nous avons vu que les lasers en médecine sont utilisés pour trois choses:

- Diagnostic
- Traitement
- Positionnement

Le laser employé est toujours choisi en fonction de l'interaction lumière-tissu que nous voulons provoquer...

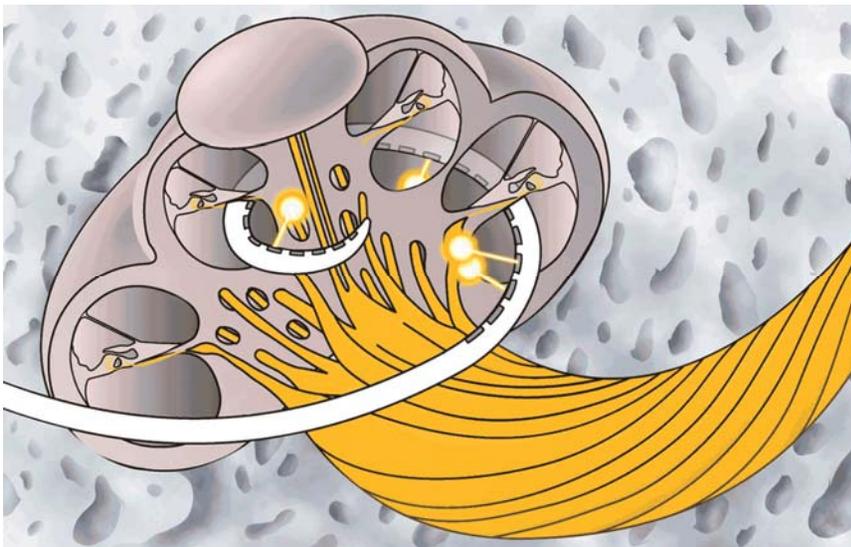
... il faut donc prévoir la sécurité en conséquence!

Questions?

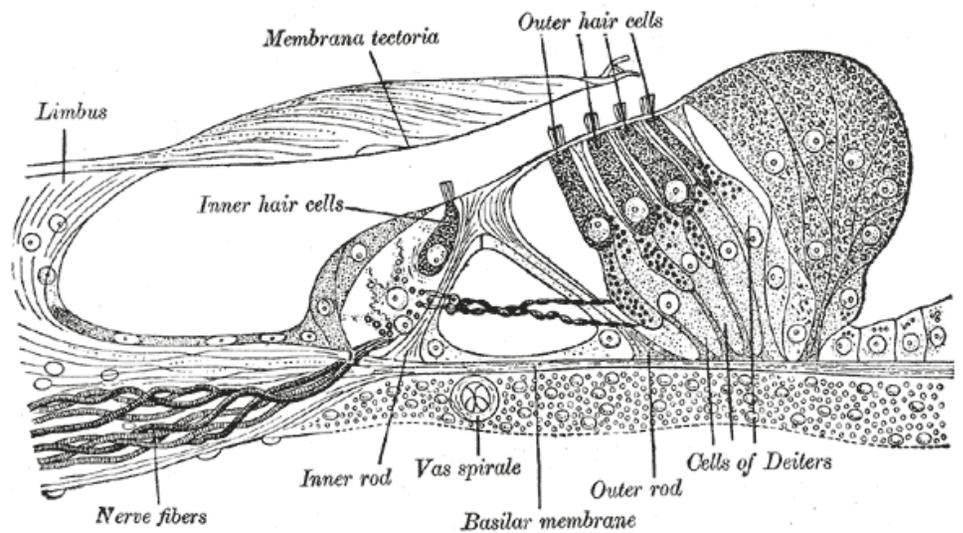


Applications futures: Implant cochléaire optique avec une diode laser (1855 nm)

- Une multitude de fibres optiques acheminent le faisceau laser infrarouge aux fibres nerveuses de l'oreille interne.



Ritcher CP et al. 2007



Source: Wikipédia

Deux prix Nobel amènent la prochaine ère de traitement: l'optogénétique

DIFFÉRENTS CANAUX IONIQUES
CONTRÔLÉS PAR LA LUMIÈRE

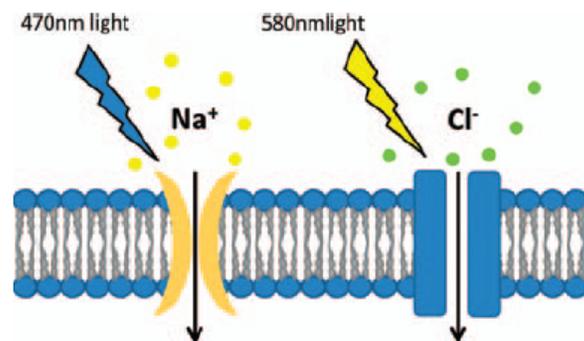


Figure 2. Left: channelrhodopsin (in yellow) that, upon stimulation by 470 nm blue light, opens and allows an Na^+ influx into the cell. Right: NpHR that, upon stimulation by 580 nm yellow light, hyperpolarizes the membrane by allowing a Cl^- influx into the cell.

Source: James Butler 2012,
DOI 10.1093/biohorizons/hzr020

PERMETTENT DE CONTRÔLER DES
CELLULES SPÉCIFIQUES

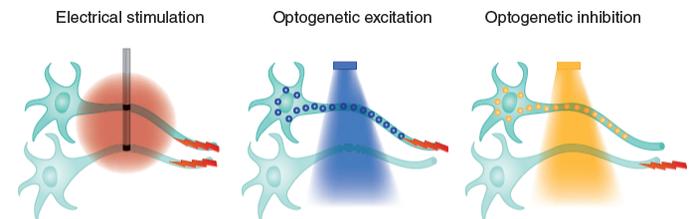


Figure 2 | Principle of optogenetics in neuroscience. Targeted excitation (as with a blue light-activated channelrhodopsin) or inhibition (as with a yellow light-activated halorhodopsin), conferring cellular specificity and even projection specificity not feasible with electrodes while maintaining high temporal (action-potential scale) precision.

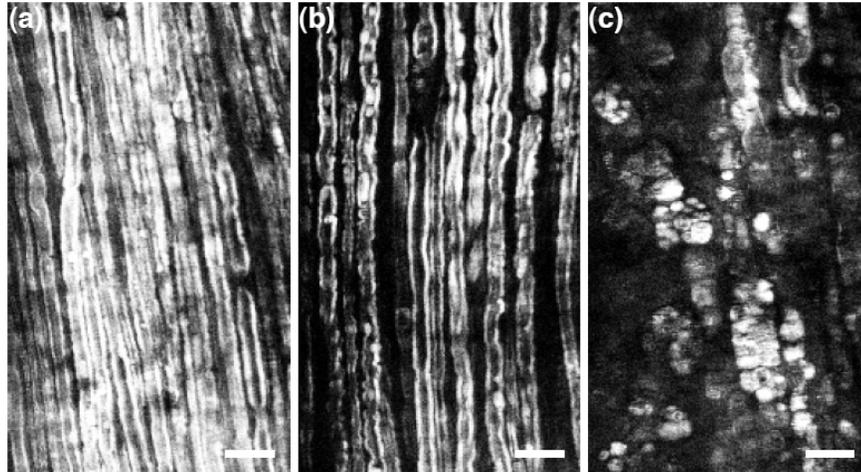
Source: Nature method: Karl Diesseroth
2011

Grandaryu et al (2010) démontra le principe par le contrôle des neurones moteurs.

Fiberoptic Control
of Locomotion in
ChR2 Mouse

Le but est d'obtenir par imagerie spectrale les stades de maladies sans biopsie

- Spectroscopie Raman: Genia photonics – CRULRG Groupe Daniel Côté



Available Emission Wavelengths

1020-1080, 1535-1585 and 1900-2000 nm

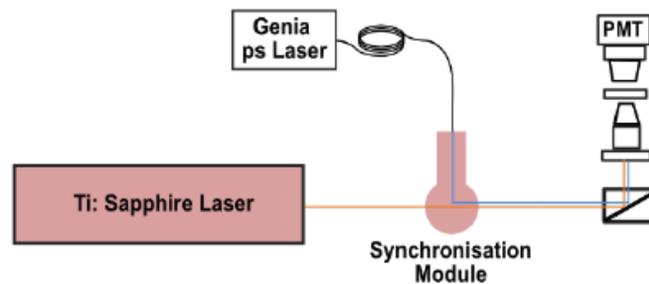
Pulse train

Repetition rate : 5 - 120 mHz
Average Power : up to 1W
Good SNR and low time jitter

Laser pulse

Pulse duration : 25-100 ps
Polarized LP01 output

Source: <http://www.geniaphotonics.com/>



Outil de diagnostic: Voir l'invisible, un aperçu du futur

- L'œil, le miroir de l'âme
 - Diagnostiquer par les changements spectraux des tissus de l'œil
 - Mesurer: SpO₂, taux de glucose, mélatonine



Source: Massimo

Table 1.1. List of some medical laser systems

Laser type	Wavelength	Typical pulse duration
Argon ion	488/514 nm	CW
Krypton ion	531/568/647 nm	CW
He-Ne	633 nm	CW
CO ₂	10.6 μ m	CW or pulsed
Dye laser	450–900 nm	CW or pulsed
Diode laser	670–900 nm	CW or pulsed
Ruby	694 nm	1–250 μ s
Nd:YLF	1053 nm	100 ns – 250 μ s
Nd:YAG	1064 nm	100 ns – 250 μ s
Ho:YAG	2120 nm	100 ns – 250 μ s
Er:YSGG	2780 nm	100 ns – 250 μ s
Er:YAG	2940 nm	100 ns – 250 μ s
Alexandrite	720–800 nm	50 ns – 100 μ s
XeCl	308 nm	20–300 ns
XeF	351 nm	10–20 ns
KrF	248 nm	10–20 ns
ArF	193 nm	10–20 ns
Nd:YLF	1053 nm	30–100 ps
Nd:YAG	1064 nm	30–100 ps
Free electron laser	800–6000 nm	2–10 ps
Ti:Sapphire	700–1000 nm	10 fs – 100 ps

Source: Niemz, M (2007). Laser-Tissue Interactions: Fundamentals and Applications, 3rd edition, Springer

Notes physique laser

- http://www.optique-ingenieur.org/fr/cours/OPI_fr_Mo5_Co4/co/Contenu.html
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_types_de_laser