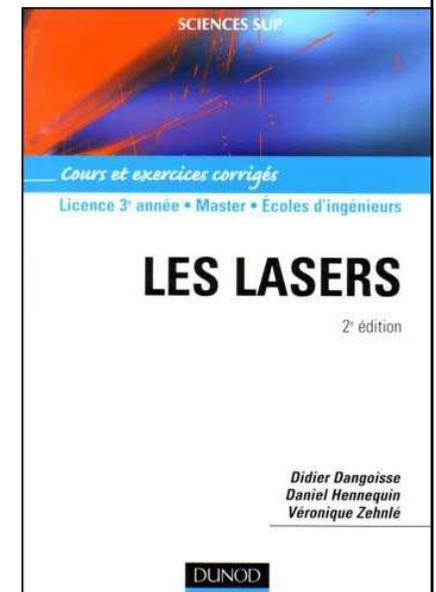


# LES APPLICATIONS DES LASERS

Daniel Hennequin

Chercheur au CNRS

Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules  
Université Lille1, Villeneuve d'Ascq



# LE LASER

16 mai 1960: Theodore Maiman réalise le premier laser

6 mai 1964: Interview de Theodore Maiman  
dans le New York Times

## *Developer of the Laser Calls It 'A Solution Seeking a Problem'*

*President of Korad Spends  
Spare Time Gardening  
and Fixing TV Sets*

By WILLIAM M. FREEMAN

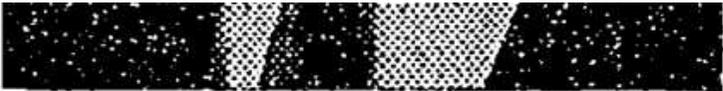
The man who developed the laser has a six-year-old daughter named Sheri and she has a positive way of speaking: "Daddy can fix anything."

She was referring specifically to the television set. Daddy is 36-year-old Theodore H. Maiman, president of the Korad



at times to Sheri, who was wearing a yellow linen shift dress with a black grosgrain ribbon down the front. Mr. Maiman was wearing a light blue suit as he discussed recent laser developments by Korad. Sheri "helped" by making faces and drinking ginger ale.

Dr. Maiman—he's a Ph.D. — pointed out: "We have just brought out a 500-megawatt laser, the highest powered laser commercially available, and we have improved it almost at once. We've cut the price from \$30,000 to \$20,000 by substituting an organic dye, a liquid, that costs only a few hundred dollars, for an electro-optical shutter between the laser and the crystal that costs \$8,000



### Dr. Theodore H. Maiman

That scientific breakthrough in 1960, the first optically-pumped ruby laser, has led to several years of intensive experimentation throughout the world. The laser is used to weld metals, to put a detached retina in its proper place, to carry messages long distances and for hundreds of other uses.

"A laser," Dr. Maiman concluded, "is a solution seeking a problem."

Sheri nodded agreement.

## The New York Times

Published: May 6, 1964

Copyright © The New York Times

# LES APPLICATIONS

agro-alimentaire airbag Amiens archéologie art armes atomes froids  
automobile aéronautique barrière laser biologie Bluray cancer  
CD chaud et froid Chauvet cinéma codes barres contrefaçon  
cornée datamatrix découpe disque dur DVD écrans LCD  
environnement espionnage étoile artificielle foudre fusion nucléaire  
géologie gravure guidage gyroscope horloges imprimante  
jumelles radar Lascaux LIDAR lithographie marquage  
Mars médecine micro-processeurs missiles ordinateurs  
panneaux solaires pharmacie police scientifique Phoenix  
pinces optiques photogrammétrie pointeur pollution routes santé  
satellites scanner 3D sécurité soudage souris spatial  
spectroscopie tachéomètre télécoms télémètre télévision  
trains tunnel usinage veines vin vidéoprojecteurs

# PROPRIÉTÉS

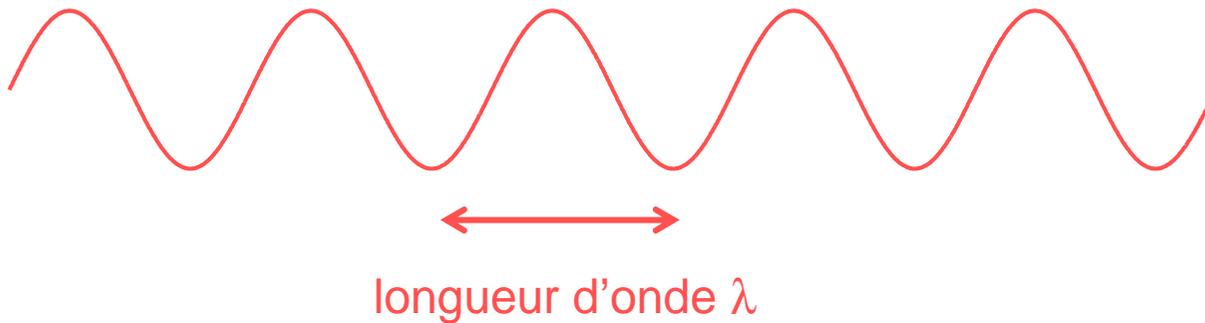
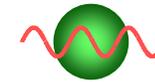
- la longueur d'onde
- la directivité
- la focalisation
- la puissance
- la cohérence spatiale et temporelle
- le régime (continu ou impulsionnel)



# PROPRIÉTÉS

## la longueur d'onde

La lumière est à la fois une onde et un corpuscule.



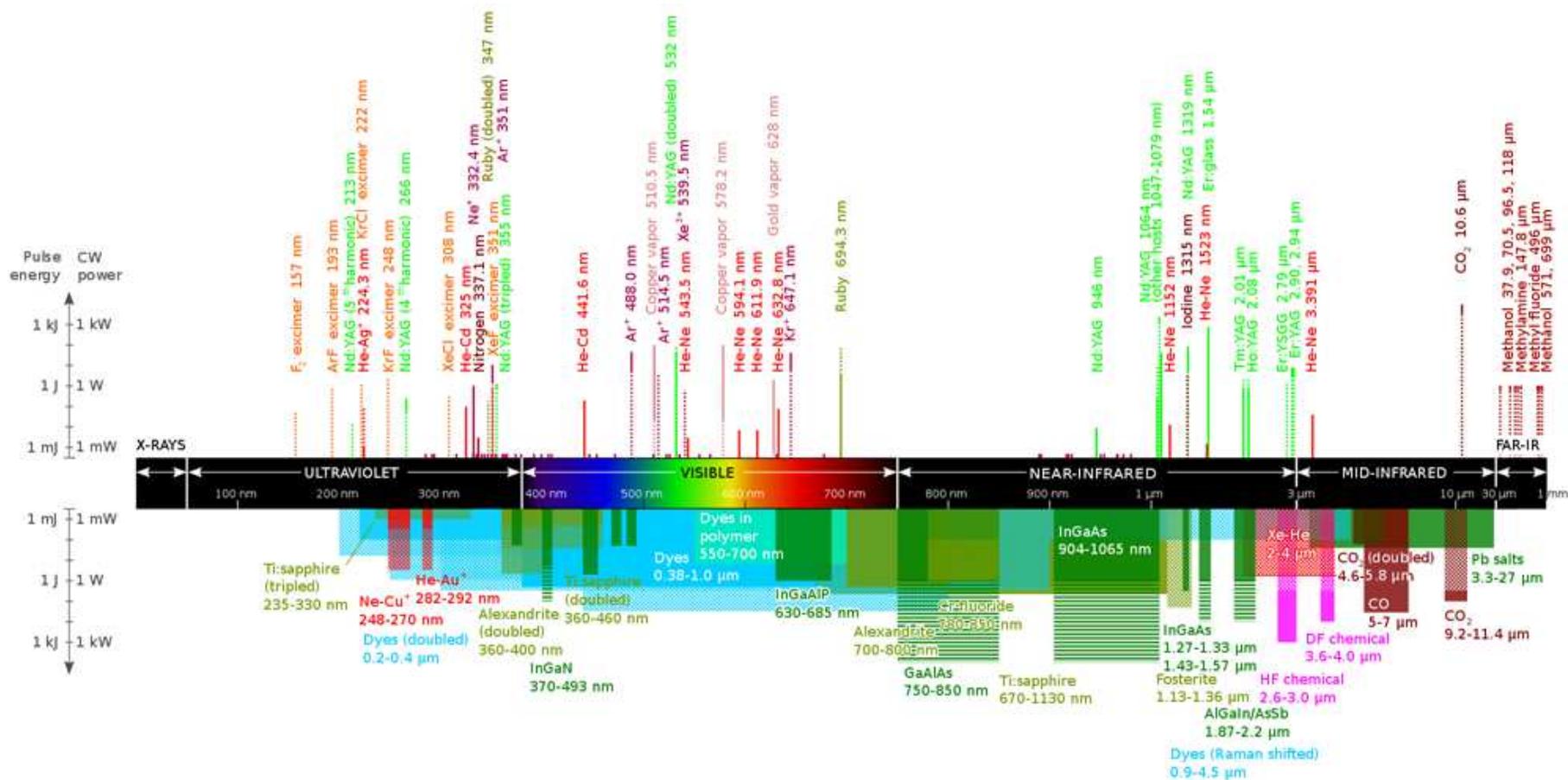
pour la lumière, longueur d'onde = couleur

0,405  $\mu\text{m}$

0,532  $\mu\text{m}$

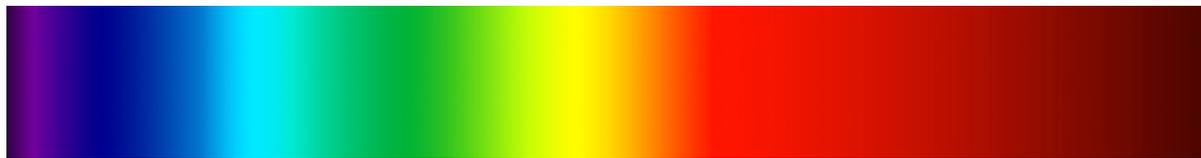
0,650  $\mu\text{m}$

# LE MILIEU AMPLIFICATEUR



# PROPRIÉTÉS

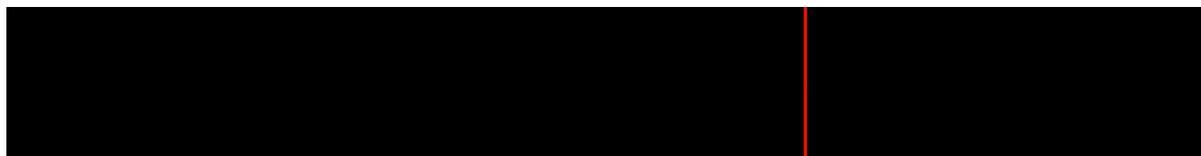
la monochromaticité



Lampe blanche: > 400 nm



LED: 40 nm



HeNe: 1/1 000 000 nm

# PROPRIÉTÉS

la directivité



$w_0$

$w$

à 600 nm

| $w_0$  | 100 m   | 10 km | D (deg) |
|--------|---------|-------|---------|
| 0.1 mm | 16 cm   | 16 m  | 1/20    |
| 1 mm   | 1.6 cm  | 1.6 m | 1/200   |
| 1 cm   | 1.01 cm | 16 cm | 1/2000  |

# PROPRIÉTÉS

## la directivité

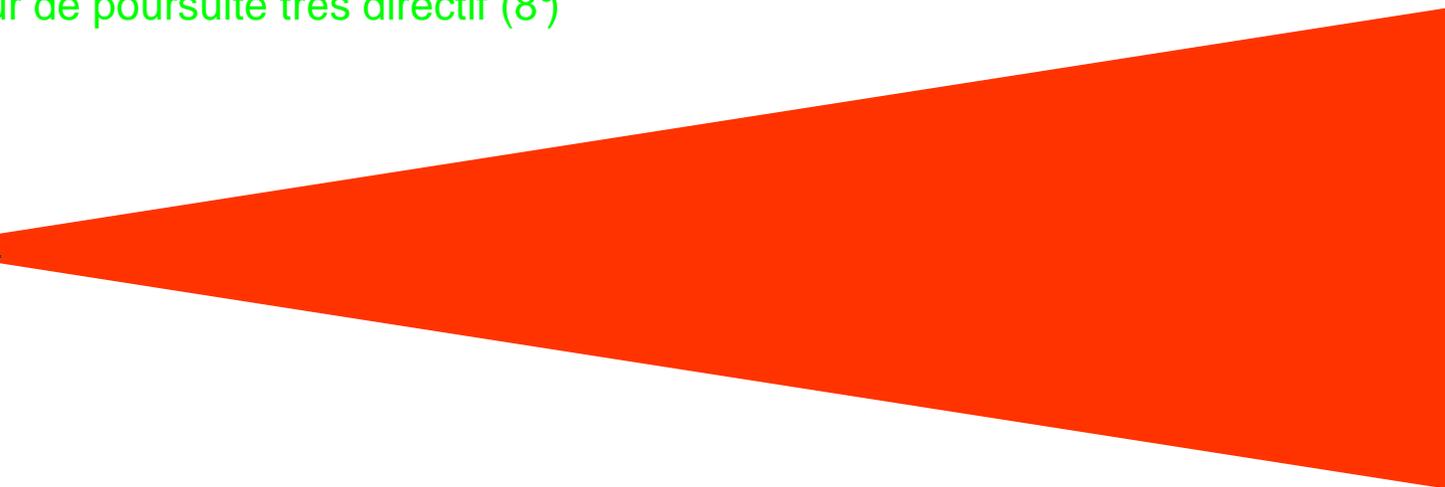
laser moyennement directif ( $1/200^\circ$ )



10 km

$\varnothing \approx 1\text{m}$

Projecteur de poursuite très directif ( $8^\circ$ )

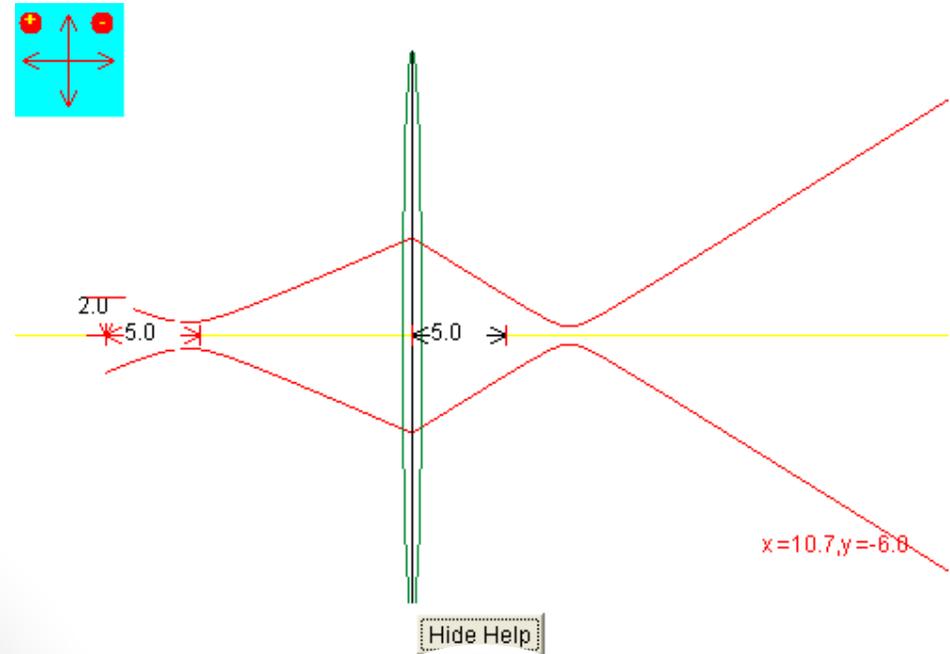


$\varnothing \approx 1\text{ km}$

# PROPRIÉTÉS

## la focalisation

la tache de focalisation est de l'ordre de la longueur d'onde



780 nm  
CD

405 nm  
Bluray

# PROPRIÉTÉS

## la puissance

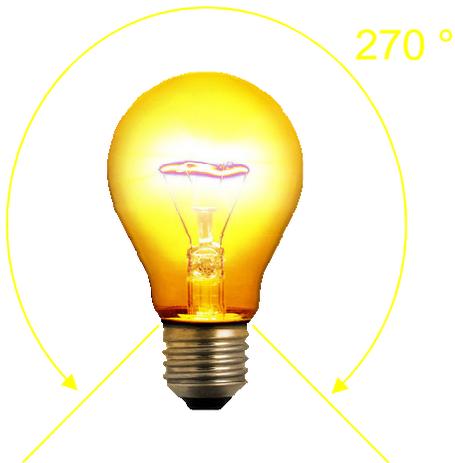


Laser

1 mW sur un angle de  $1/20^\circ$

à 10 m, la tache fait environ  $1 \text{ cm}^2$

On éclaire donc à 10 m avec une puissance de  $1 \text{ mW/cm}^2$



Ampoule de 30 000 W électrique

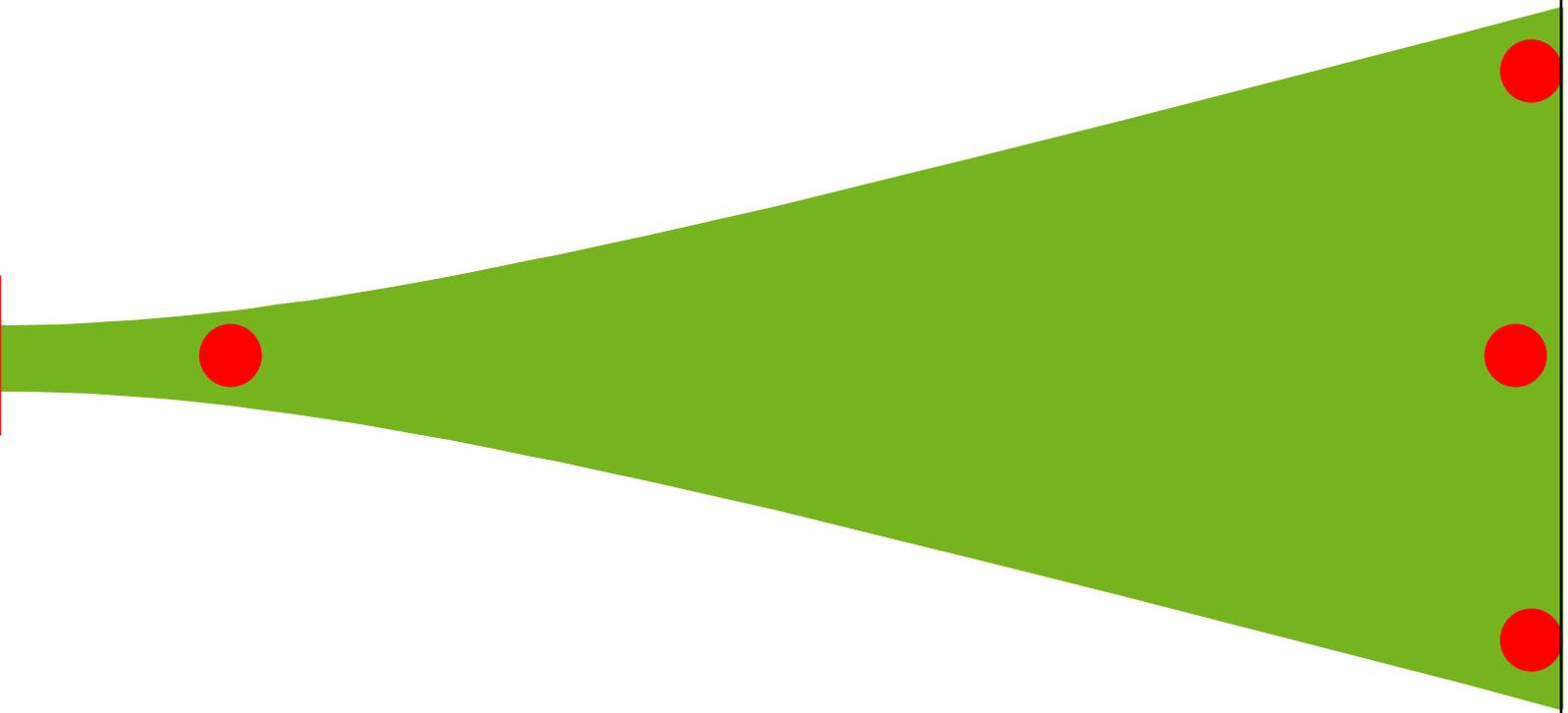
soit 3000 W lumineux sur  $270^\circ$

à 10 m, sur  $1 \text{ cm}^2$ , il reste 1 mW

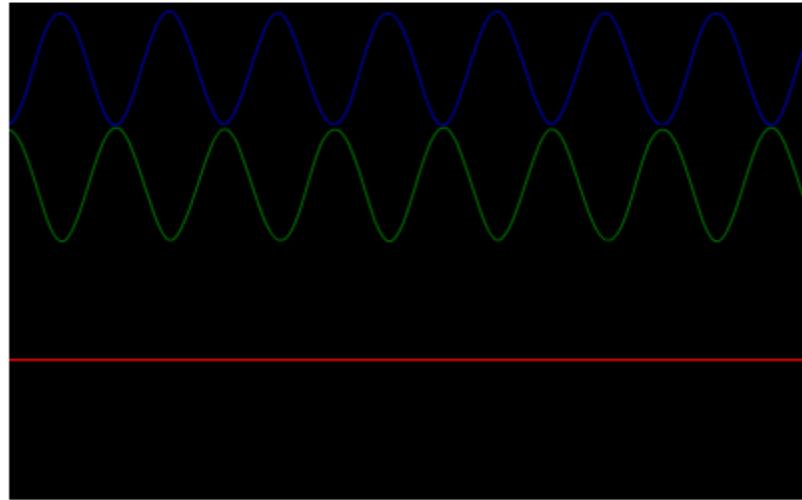
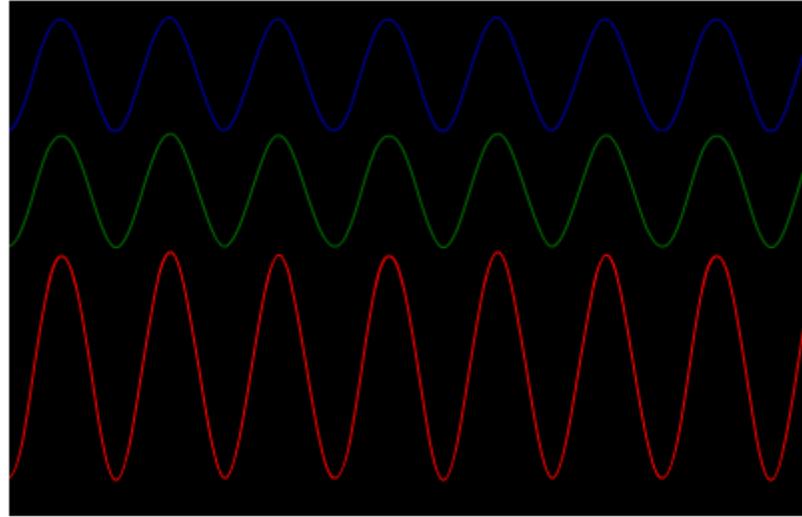
# PROPRIÉTÉS

## la cohérence

Spécificité d'un laser: tous les photons émis sont identiques

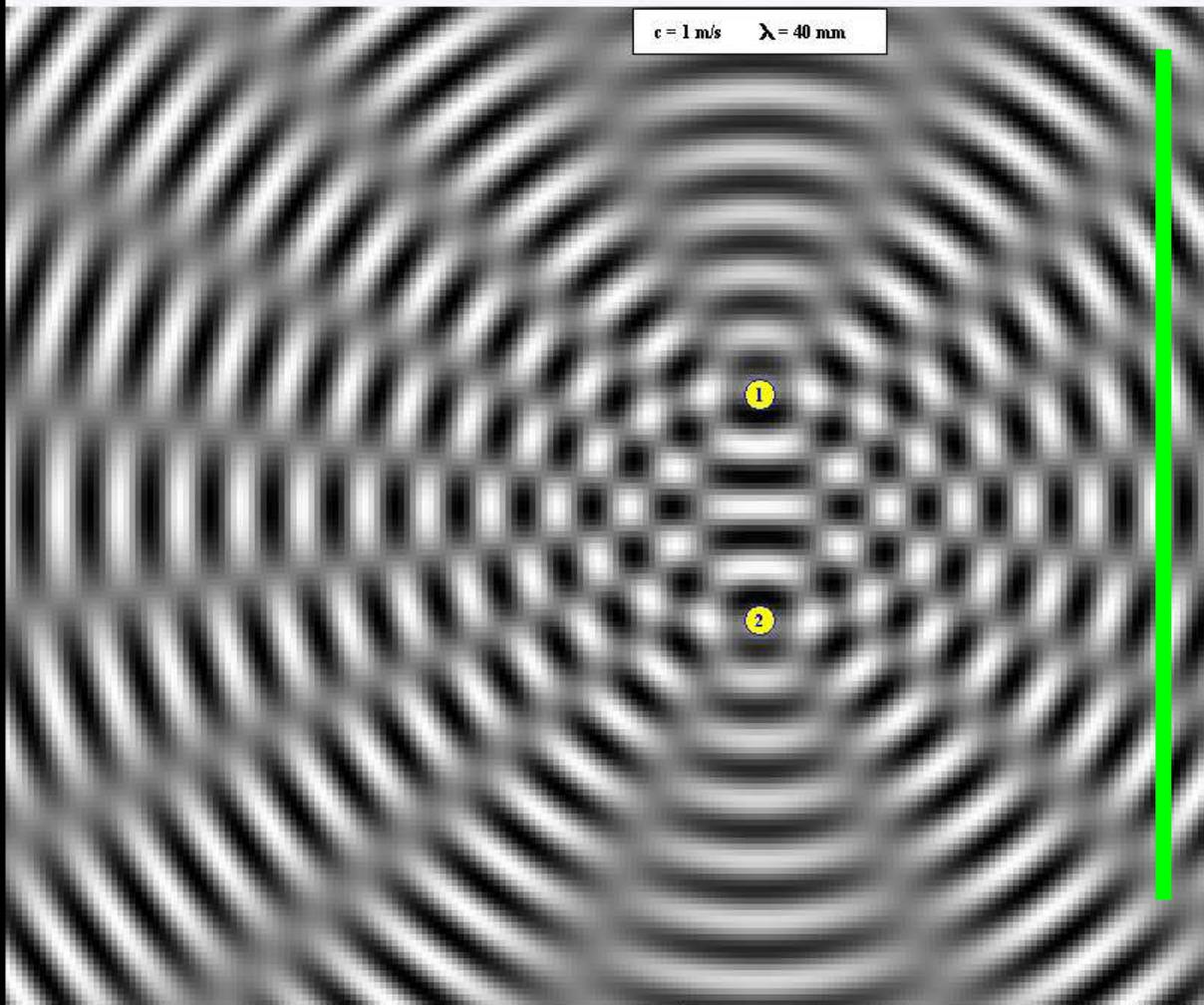


# PROPRIÉTÉS



# Interférences

$c = 1 \text{ m/s}$     $\lambda = 40 \text{ mm}$



Réglages

mm

degrés



Résolution



- rapide

Franges

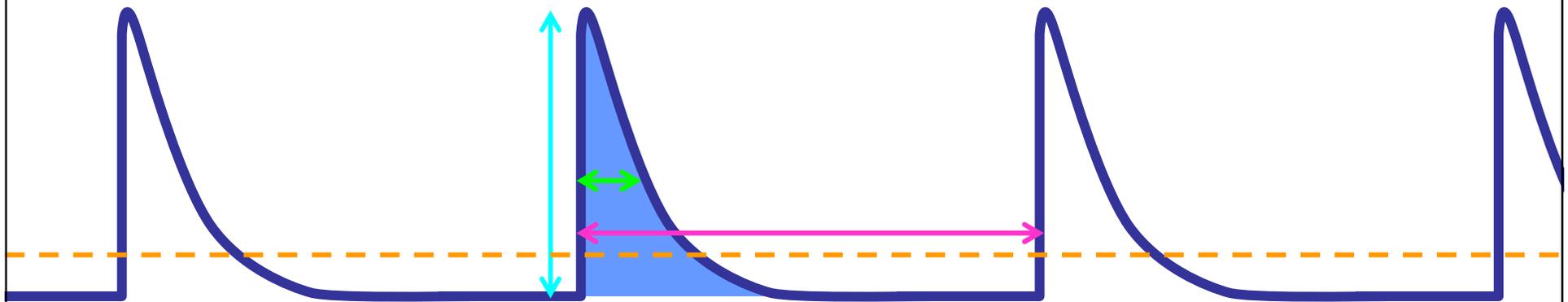
Schéma

+ rapide

G.Gastebois

# PROPRIÉTÉS

le régime temporel



Durée d'impulsion : ns, ps, fs, as

Taux de répétition : kHz, MHz

Puissance crête : 500 TW (Tera :  $10^{12}$ )

Puissance moyenne

Énergie exprimée en Joule (1W pendant 1s)

nano :  $10^{-9}$   
pico :  $10^{-12}$   
femto :  $10^{-15}$   
atto :  $10^{-18}$

# DIRECTIVITÉ

barrière laser

codes barres

datamatrix

espionnage étoile artificielle foudre

guidage

imprimante

jumelles radar Lascaux

police scientifique

photogrammétrie pointeur routes

scanner 3D sécurité souris

tachéomètre télémètre

tunnel

vidéoprojecteurs

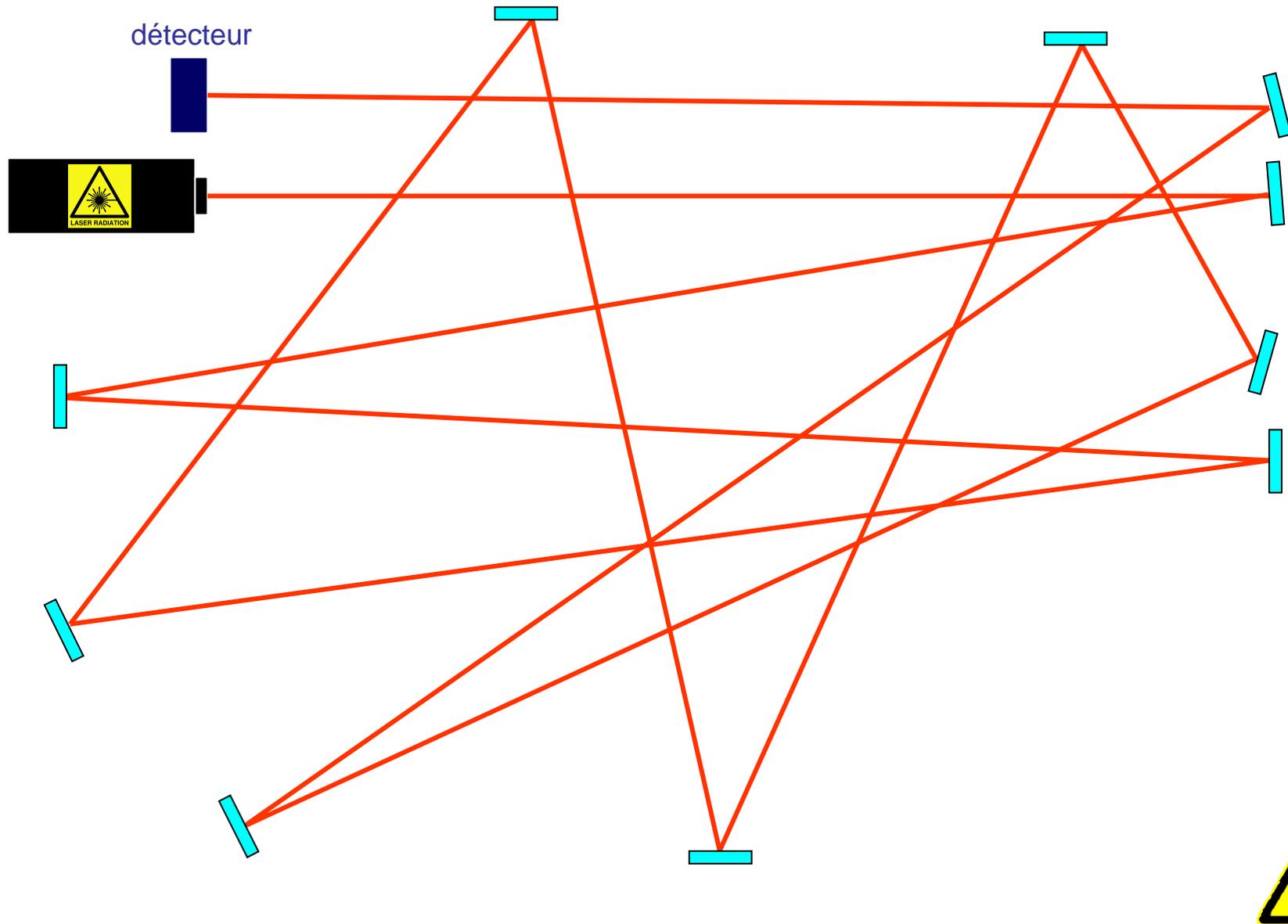
# BARRIÈRE LASER



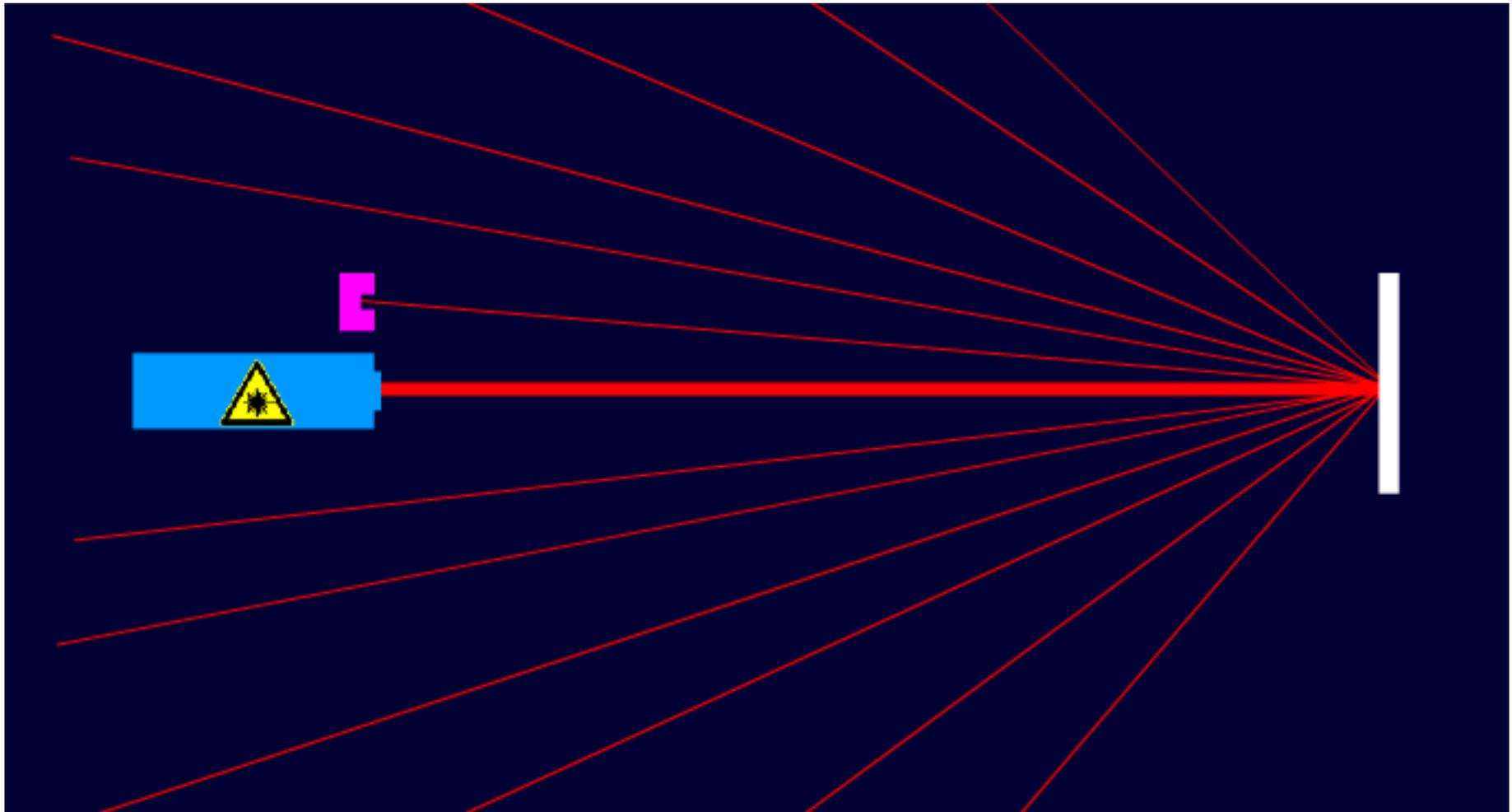
Très présent au cinéma (Max la Menace, Ocean Eleven, ...)



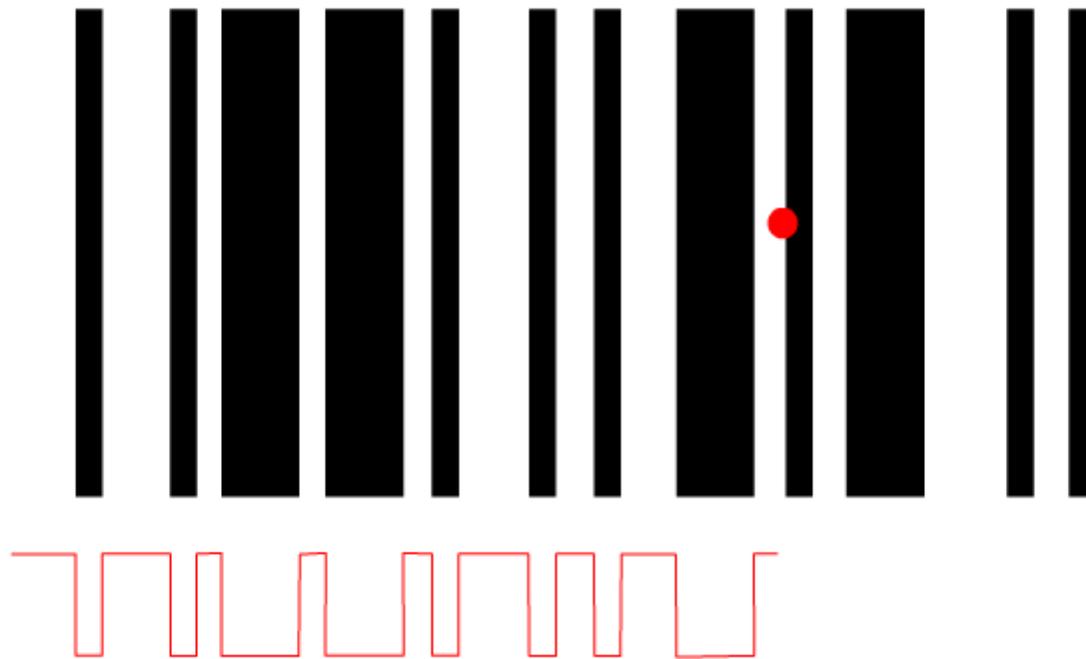
# BARRIÈRE LASER



# BARRIÈRE LASER

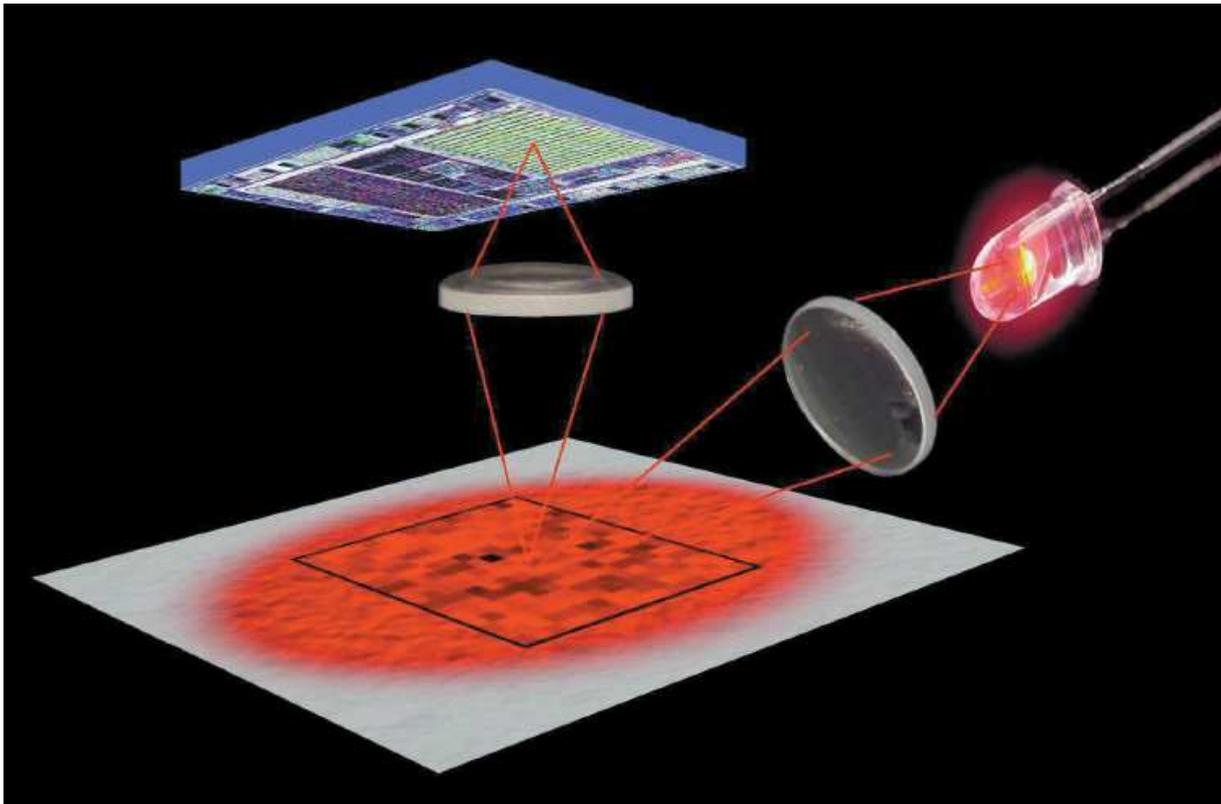


# CODES BARRES



# SOURIS

Une caméra optique et un processeur capturent et comparent les images numériques, repérant les mouvements sur n'importe quelle surface (sauf vitres et miroirs).

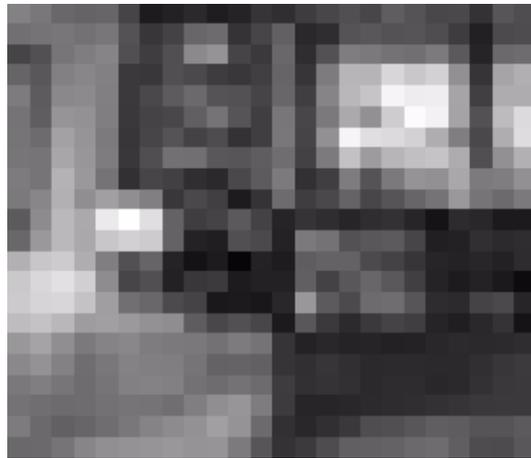


La caméra optique prend des clichés de la surface de travail, éclairée par une LED rouge, à un taux de 1500 à 6000 images par seconde.

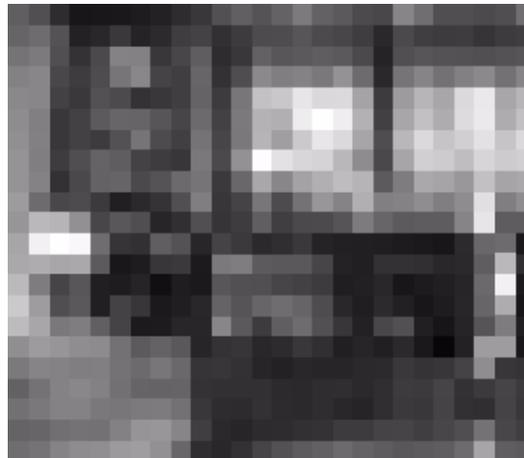


# SOURIS

Une caméra optique et un processeur capturent et comparent les images numériques, repérant les mouvements sur n'importe quelle surface (sauf vitres et miroirs).



$t = 0 \text{ ms}$



$t = 0.67 \text{ ms}$

La caméra optique prend des clichés de la surface de travail, éclairée par une LED rouge, à un taux de 1500 à 6000 images par seconde.

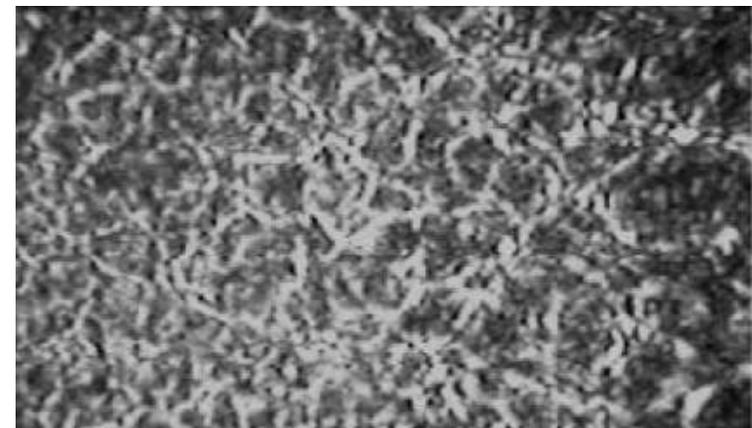
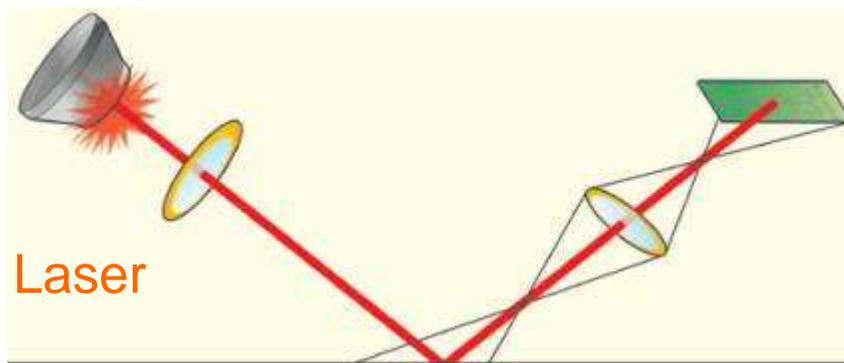
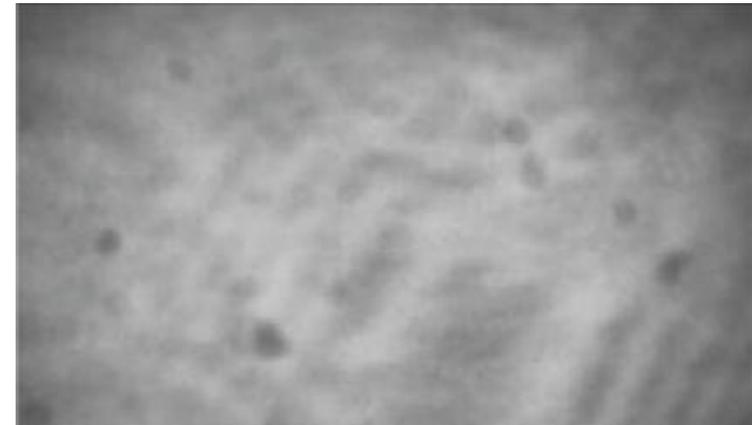
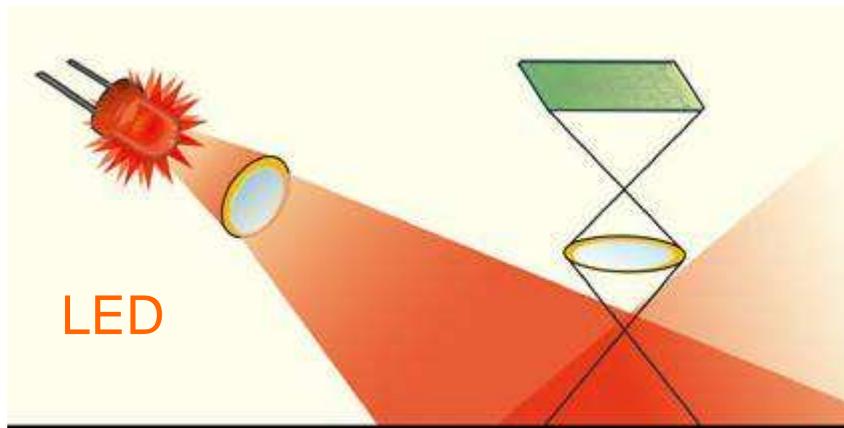
Les images sont traitées par un processeur, le « moteur » optique, qui, par une technique de corrélation d'image, détermine le déplacement.



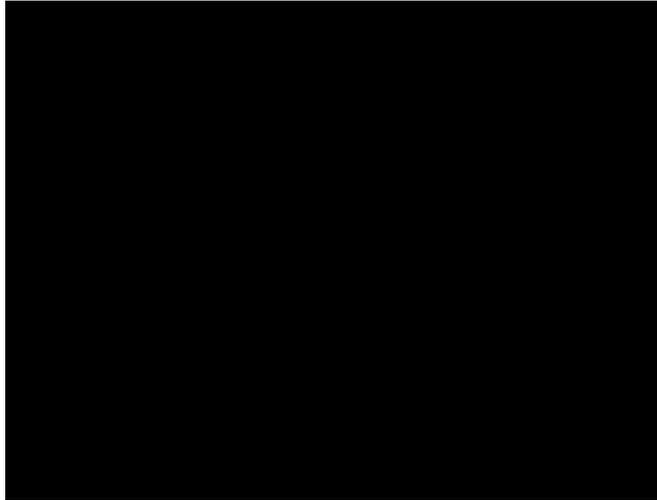
# SOURIS

En 2004, Logitech introduit la première souris laser. Il s'agit d'une souris optique dont la source n'est plus une LED, mais un laser :

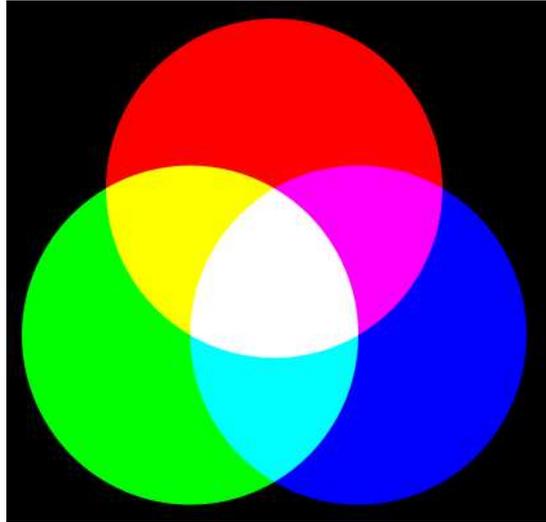
L'analyse de la surface est plus précise  
(20x d'après Logitech).



# TÉLÉVISION LASER



# VIDÉO-PROJECTEUR



# VIDÉO-PROJECTEUR



rouge: CD  
bleu: bluray  
vert: ???

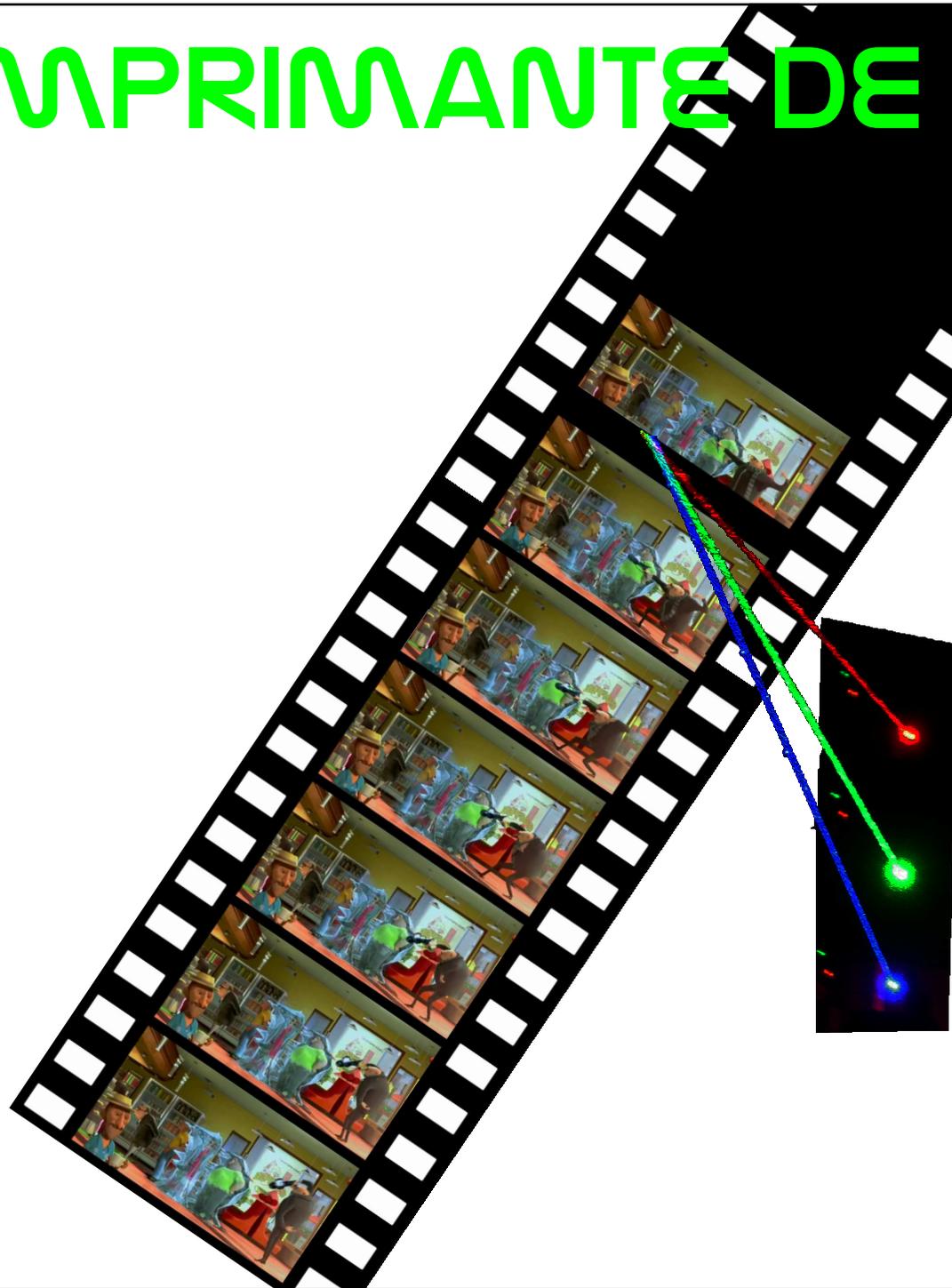


# IMPRIMANTE DE FILMS

Même principe pour projeter des films numériques dans les salles de cinéma.

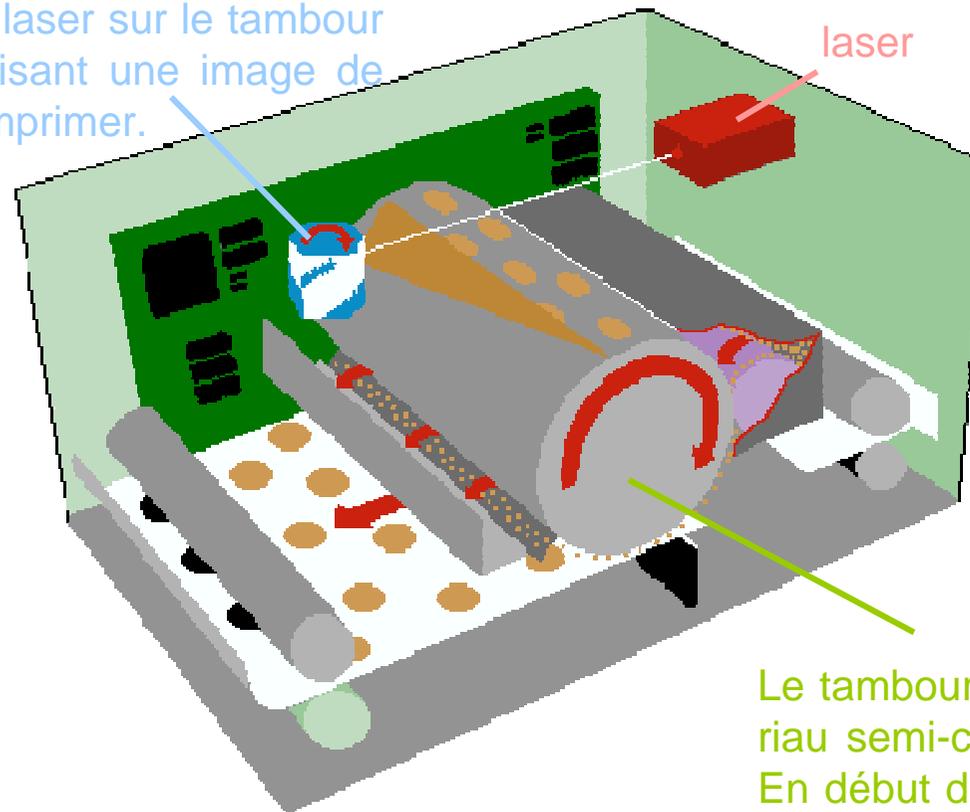


# IMPRIMANTE DE FILMS



# IMPRIMANTE LASER

Le système de miroirs projette le faisceau laser sur le tambour en reproduisant une image de la page à imprimer.

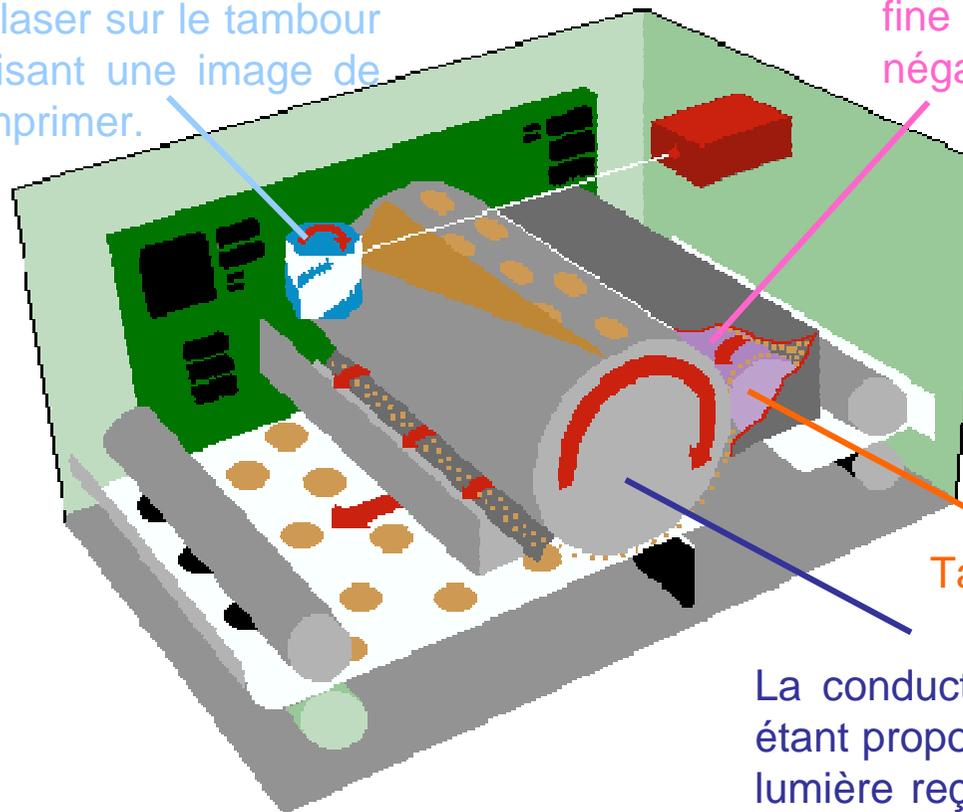


Le tambour est constitué d'un matériau semi-conducteur photosensible. En début d'impression, il est porté à une tension électrostatique positive.

# IMPRIMANTE LASER

Le système de miroirs projette le faisceau laser sur le tambour en reproduisant une image de la page à imprimer.

Le toner est envoyé sur le tambour, sous la forme d'une fine poussière noire chargée négativement.



toner = encre solide

Tambour de charge négative

La conductivité du semi-conducteur étant proportionnelle à la quantité de lumière reçue, une image électrique se forme à la surface de la plaque.



# DIRECTIVITÉ

barrière laser

codes barres

datamatrix

espionnage étoile artificielle foudre

guidage

imprimante

jumelles radar Lascaux

police scientifique

photogrammétrie pointeur routes

scanner 3D sécurité souris

tachéomètre télémètre

tunnel

vidéoprojecteurs

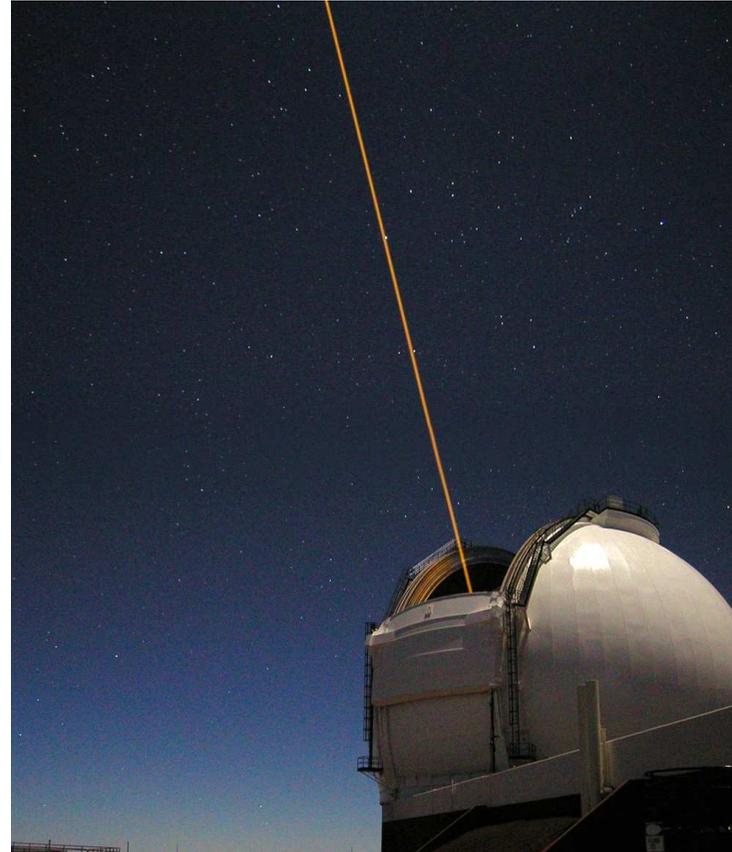
# POINTEUR



police scientifique (trajectoires des balles)



# POINTEUR



# ÉTOILE LASER

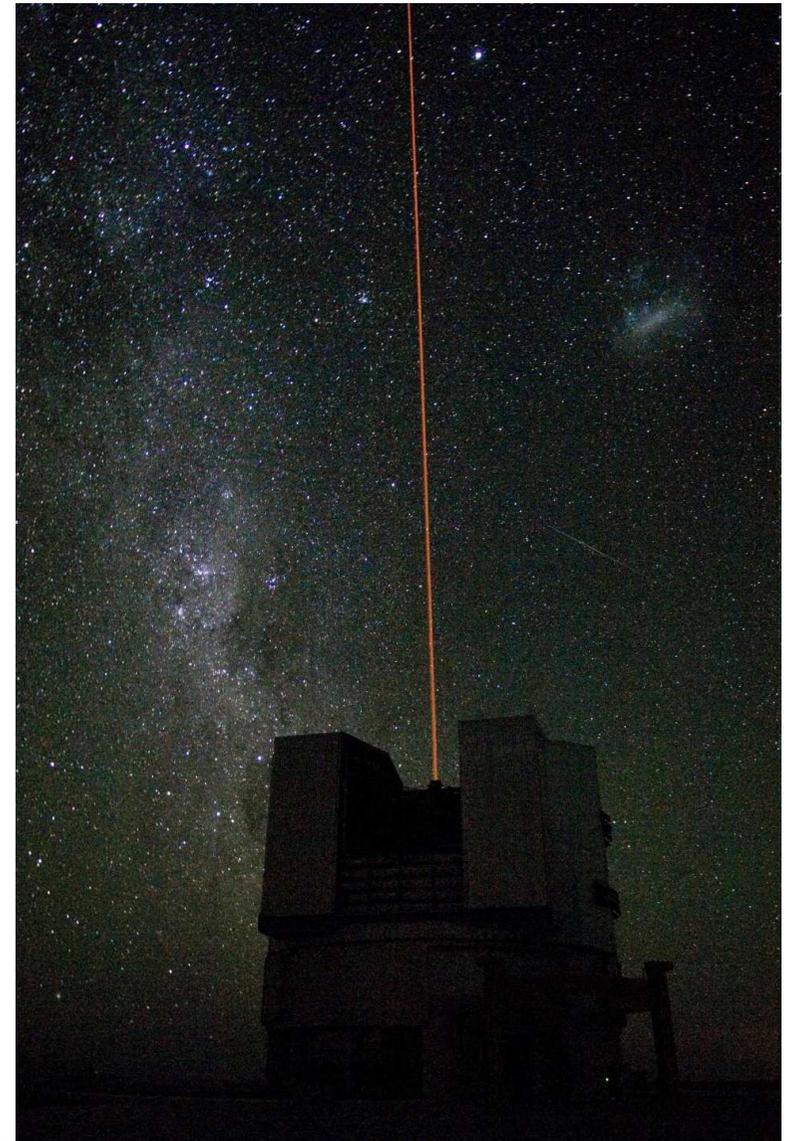
L'atmosphère déforme notre vision des étoiles.

On utilise l'optique adaptative pour corriger ces défauts.

L'optique adaptative a besoin d'un point de référence.

Il n'y a pas d'étoiles brillantes partout dans le ciel.

Le laser à 589.2 nm vient exciter le sodium naturellement présent dans la mésosphère (90 km d'altitude), créant une étoile artificielle.



# GUIDAGE



niveau laser



Guider les tunneliers.

Ici le plus long tunnel du monde : le tunnel de base du St Gothard, qui fait 57 km de long.

Percement terminé le 15 octobre 2010, avec une précision à mieux que le cm, grâce au laser.

Ouverture probable en 2017.

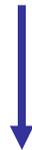


# GUIDAGE



théodolite : mesure des angles

tachéomètre : mesure des angles et des distances



télémètre



# TÉLÉMÈTRE



télémètre à ultrasons avec pointeur laser



# TÉLÉMÈTRE

Dispositif



Mesure



distance = temps x vitesse (divisé par 2 pour l'aller-retour)

# TÉΛΕΜÈΤΡΕ



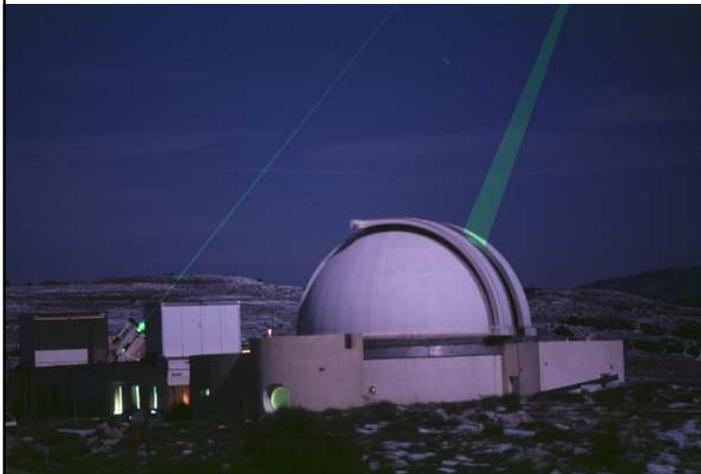
# TÉLÉMÈTRE

## Mesure de la distance Terre-Lune

La station de télémétrie Terre-Lune de l'observatoire de Nice :

Laser Nd:YAG doublé  
10 impulsions de  $0.3 \mu\text{s}$  par seconde

Diamètre du faisceau :  
Au départ de Nice : 1 m  
Sur la Lune : 7 km  
Au retour sur Nice : 20 km



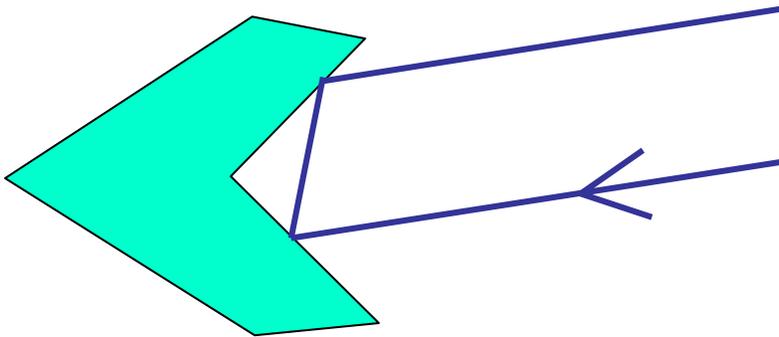
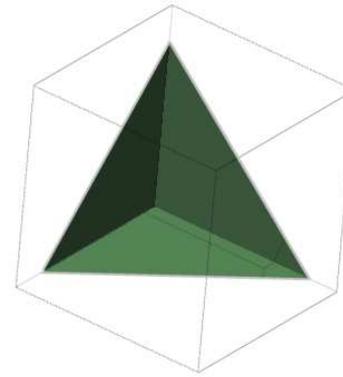
Moyenne de plusieurs heures  
pour détecter quelques photons



# TÉLÉMÈTRE

## Mesure de la distance Terre-Lune

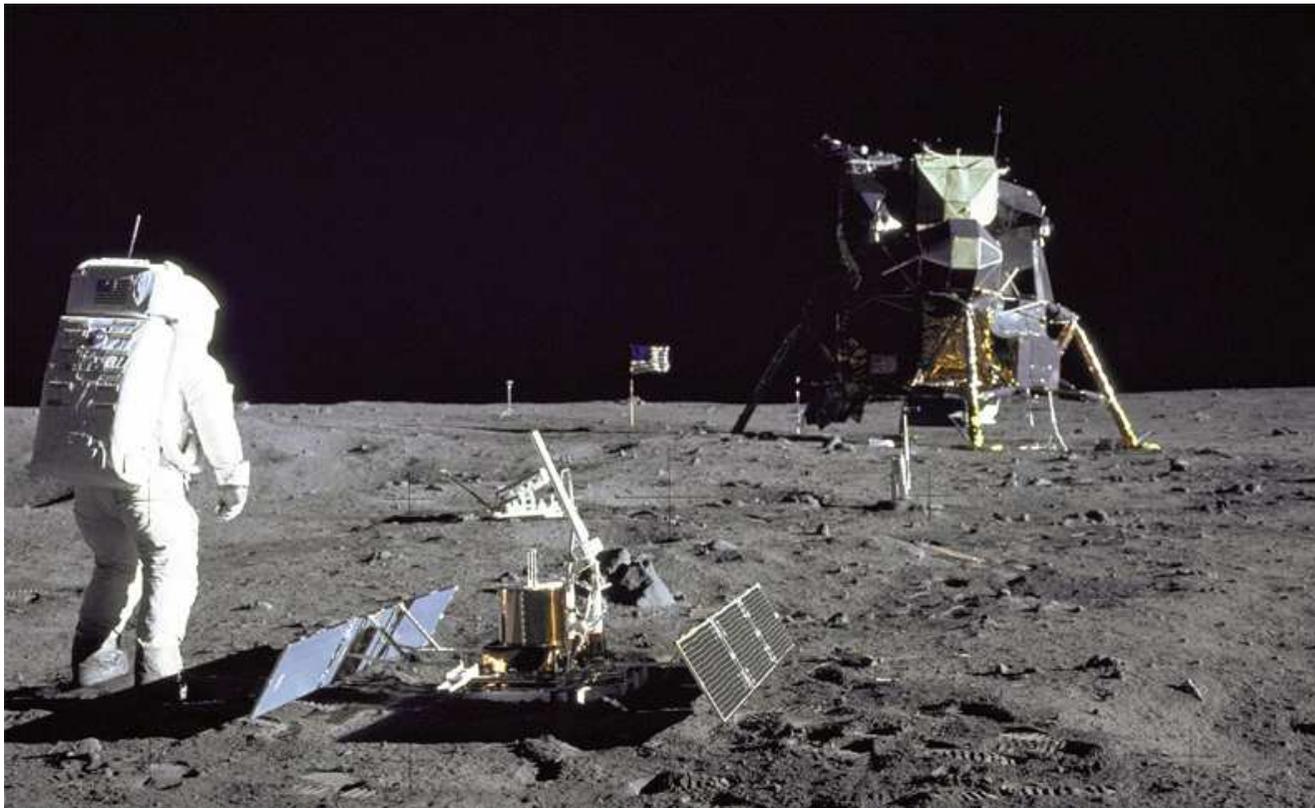
Sur la Lune :  
miroirs de type « coin de cube »



# TÉLÉMÈTRE

## Mesure de la distance Terre-Lune

Sur la Lune :



# TÉLÉMÈTRE

## Mesure de la distance Terre-Lune

Sur la Lune :



Le coin de cube déployé par Aldrin (Apollo 11).  
60 cm de côté ; 100 miroirs

Les coins de cube sont les seules expériences encore fonctionnelles déployées par les missions Apollo (11, 14 et 15).

Les coins de cube déployés par les missions soviétiques Lunakhod 17 et 21 sont des expériences françaises.



# TÉLÉMÈTRE

## Mesure de la distance Terre-Lune

Sur la Lune :

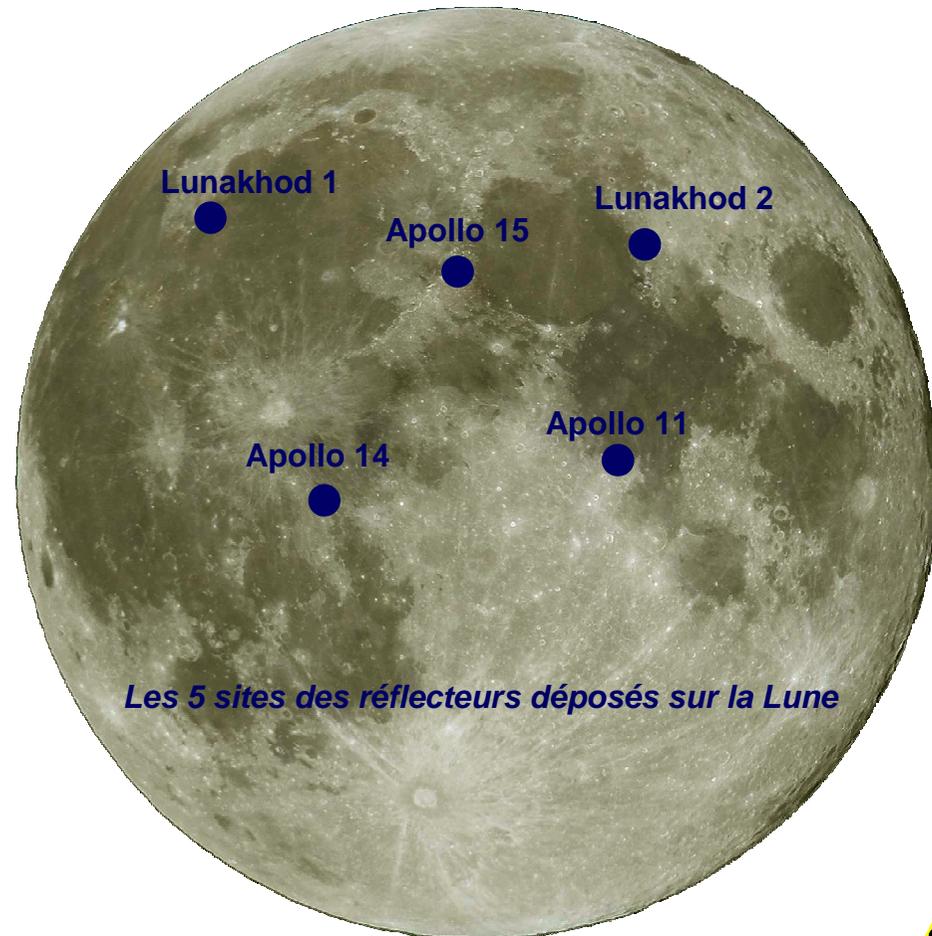
Mesure de la distance Terre-Lune  
avec une précision de 5 mm

La Lune s'éloigne de la Terre de  
3.8 cm/an

Confirmation de la théorie de la  
relativité

La Lune a probablement un cœur  
liquide

La force de gravitation est  
extrêmement stable.



*Les 5 sites des réflecteurs déposés sur la Lune*



# GUIDAGE



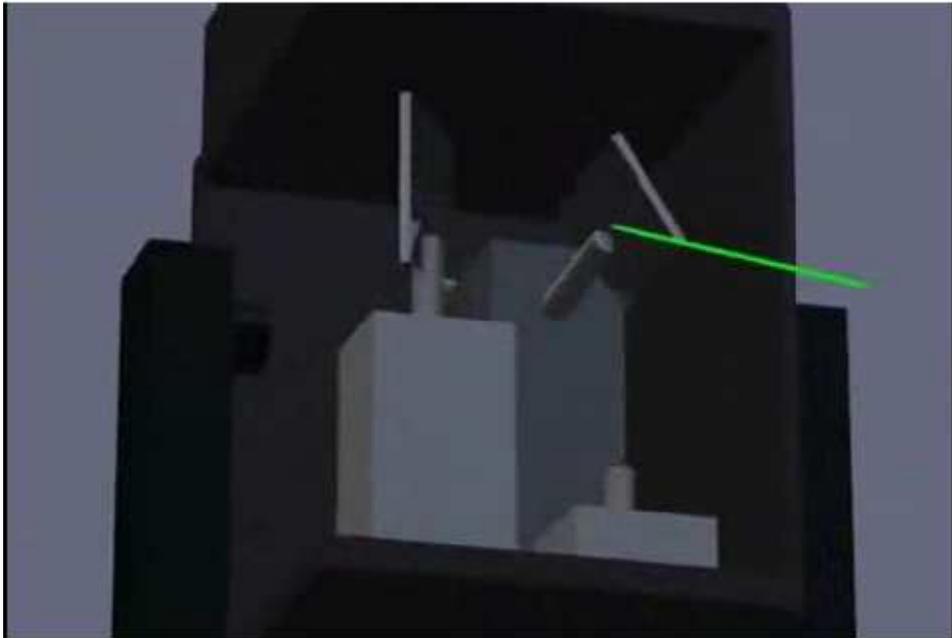
théodolite : mesure des angles

tachéomètre : mesure des angles et des distances

scanner 3D



# SCANNER 3D



Un scanner 3D permet de réaliser une cartographie à 3 dimensions (en relief) d'un objet.

Le laser offre plusieurs solutions pour réaliser des scanners 3D.

L'une des méthodes consiste à balayer l'espace, comme dans l'illustration ci-contre, à l'aide d'un télémètre laser, un appareil capable de mesurer la distance d'impact du laser. En relevant la distance de chaque point et l'angle associé, on réalise une cartographie à trois dimensions de l'objet visé.

# SCANNER 3D

Depuis 1950, la grotte de Lascaux doit régulièrement faire face à de nouvelles attaques (polluants, champignons, ...). Pour comprendre pourquoi on n'arrive pas à maîtriser ces problèmes, les chercheurs mettent au point un modèle aussi précis que possible de la grotte.



Préalable: cartographier la grotte le plus précisément possible sans altérer l'atmosphère.

150 millions de points



# SCANNER 3D



scanner 3D  
+  
appareil photo  
=  
photogrammétrie  
=  
copie numérique 3D  
très précise

utilisé pour faire une  
copie accessible au  
public de la grotte  
Chauvet et de la grotte  
Cosquer.



# LIDAR

Light detection and ranging

Journal du CNRS n° 238 – novembre 2009

CLAREC

## Passer le littoral au laser

Équipés d'un laser ultramoderne, des chercheurs survolent le littoral du Nord-Ouest pour prévoir les modifications dues au changement climatique. Prochaine étape : la baie du Mont-Saint-Michel.

Au-dessus des côtes de la Manche, un avion bimoteur au comportement bizarre passe et repasse, sans que l'on puisse entrevoir son but. Ce n'est ni un apprenti pilote qui fait ses heures ni une campagne publicitaire destinée aux vacanciers. À son bord, des ingénieurs criblent le sol d'impulsions laser. Leur objectif : réaliser le relevé topographique le plus précis et dense des côtes nord-ouest de la France. Nous assistons aux premières missions effectuées dans le cadre du projet « Contrôle par laser

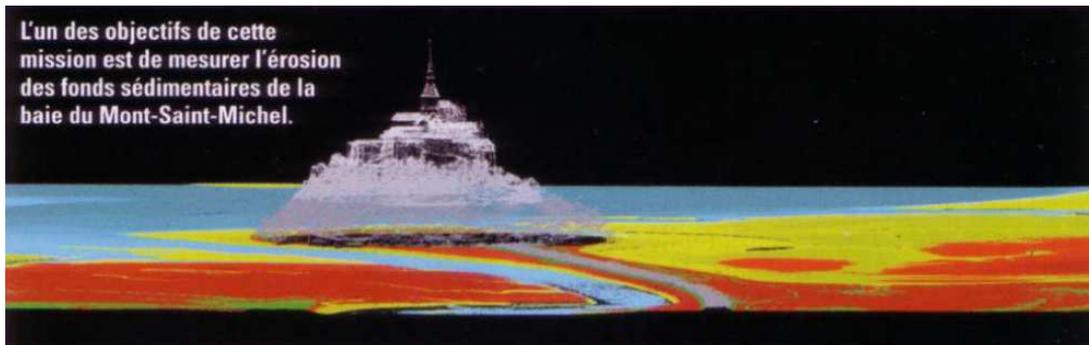


Embarqué dans un avion spécialement équipé, le Lidar permettra de réaliser des relevés topographiques avec une précision de 10 cm.

jet. Point fondamental : l'efficacité hors pair du Lidar permettra de refaire les relevés régulièrement sur les mêmes zones côtières. Les chercheurs pourront alors observer les évolutions du relief qui sont en cours sur notre littoral, afin de mieux prévoir leur futur.

Autour du Lidar, s'est également constitué un groupement d'intérêt scientifique (GIS), associant les partenaires du projet qui s'attaquera à des problématiques très variées

L'un des objectifs de cette mission est de mesurer l'érosion des fonds sédimentaires de la baie du Mont-Saint-Michel.



et aussi:

- police scientifique
- cinéma d'animation
- maquettes
- ...



# FOCALISATION



CD

DVD

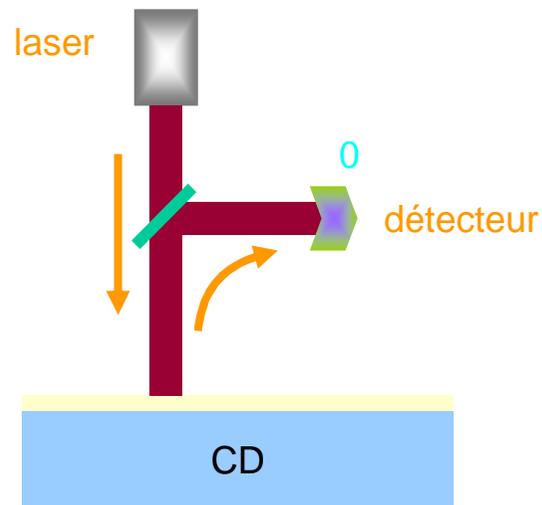
Bluray

télécoms

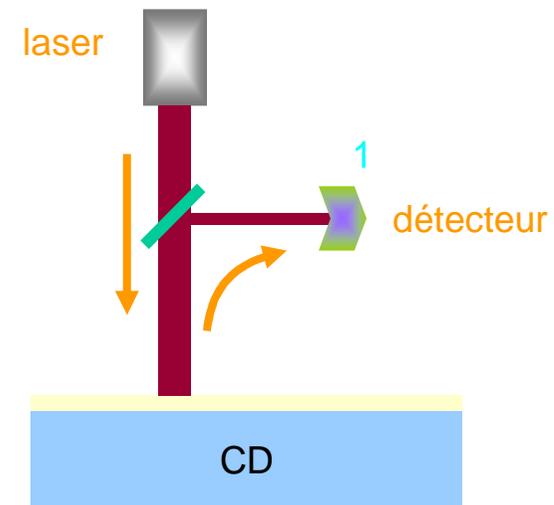
# CD / DVD / BLURAY

## Même que les codes barres.

Tous les disques optiques utilisent le même principe fondamental : la surface du disque est altérée de façon à ce qu'elle réfléchisse différemment la lumière, selon que l'on veut coder un 0 ou un 1.

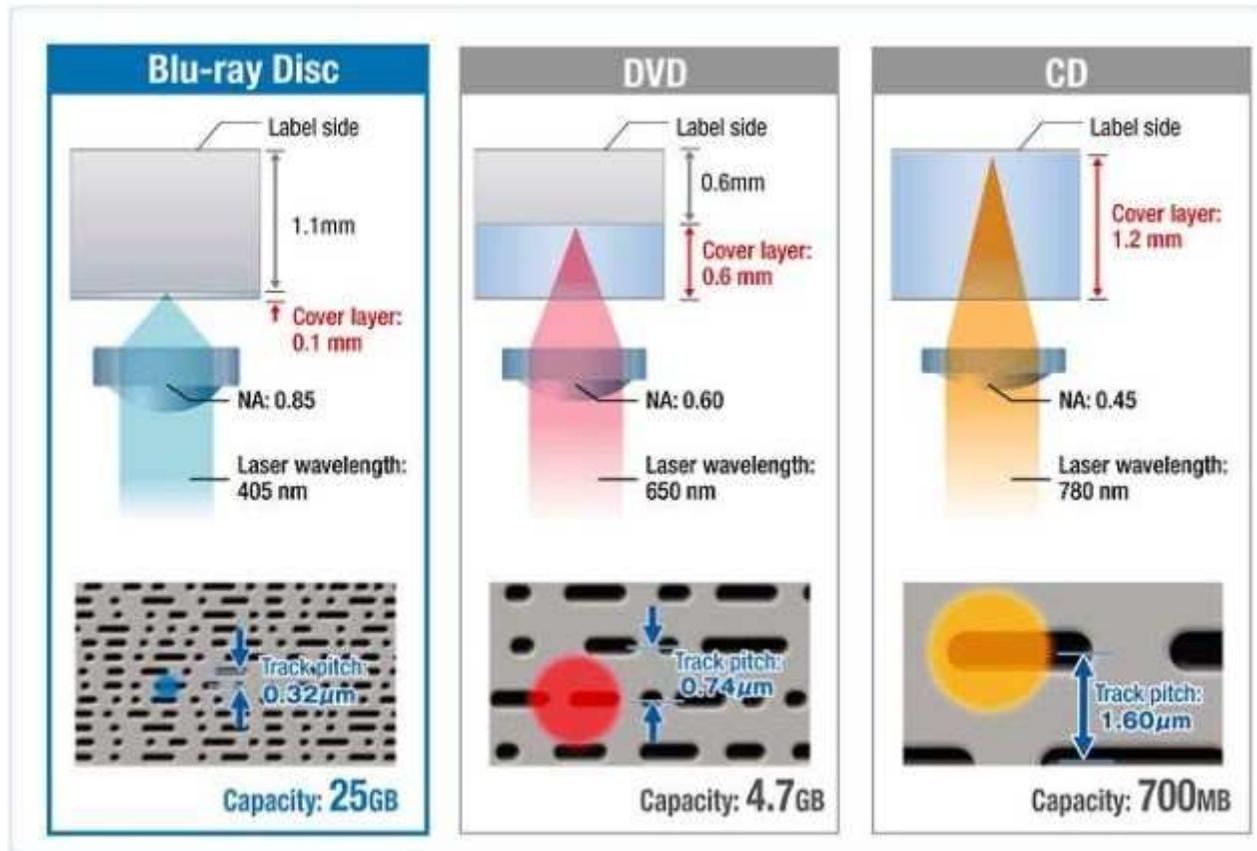


toute la lumière est  
réfléchi : bit 0



seule une partie de la  
lumière est réfléchi :  
bit 1

# CD / DVD / BLURAY



# MONOCHROMATICITÉ

agro-alimentaire

archéologie art

atomes froids

biologie

cancer

cornée

environnement

géologie

LIDAR

Mars

médecine

police scientifique

Phoenix

pollution

santé

spectroscopie

télécoms

veines

vin

# LA LUMIÈRE LASER !

## TracER - Compact Forensic Laser System

Portable, battery operated, lightweight green forensic laser system.



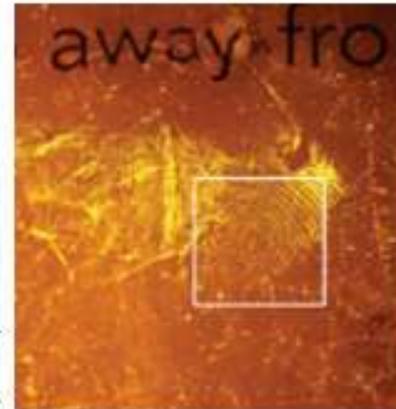
### Superior Reliability & Performance

- Lasers and Laser-based Systems
- Laser Measurement and Control
- Precision Optics
- Related Accessories

The TracER™ is a high-performance, battery-powered, and easy-to-use portable forensic laser system specifically designed for the rigors of modern criminology and forensics. A highly versatile system, it can be used to locate fingerprints, fibers, body fluids, bone fragments, tooth chips, narcotics' residue, and a variety of other types of trace evidence, even in high ambient light environments. The TracER provides 5W of narrow spectral output power at 532 nm and thus offers many times the sensitivity of an alternative light source. TracER provides an unprecedented level of illumination, ergonomics and functionality in a portable forensic laser system. It finds evidence and prints that you could never find with a lamp or ion laser, at a price point that is far more affordable than earlier laser-based systems.



Illuminated with 1000 Watt ALS Lamp 75 nm BP filter, 8 second camera exposure.



Illuminated with 5 Watt TracER laser system at 530 nm, 2 second camera exposure.

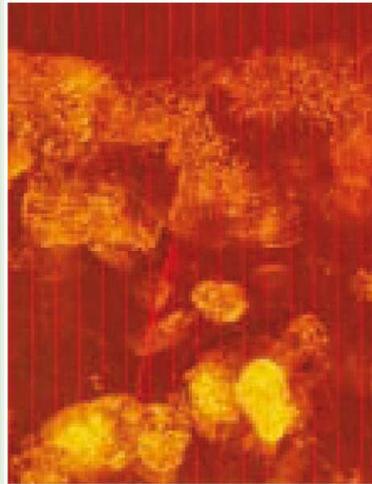


# LA LUMIÈRE LASER !

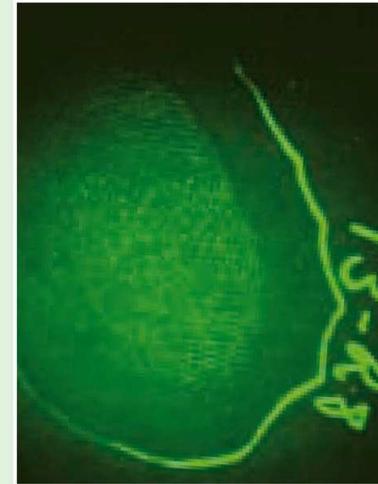
R6G on plastic  
500 ms shutter time\*\*



DFO: 56 vs. 38  
identifiable impressions\*\*\*



Untreated Prints on White Paper:  
"Inherent Fluorescence"\*\*\*\*

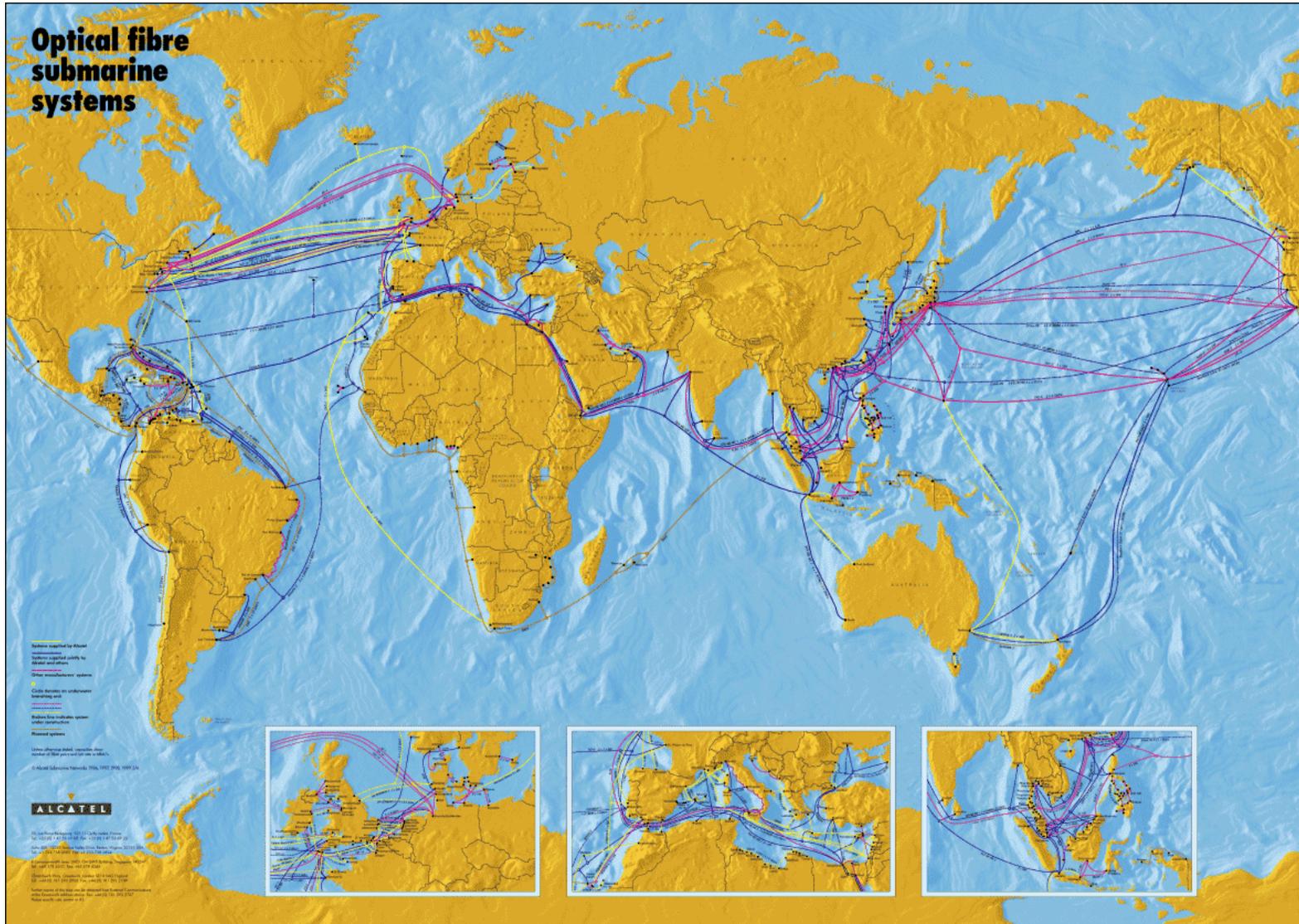


TracER

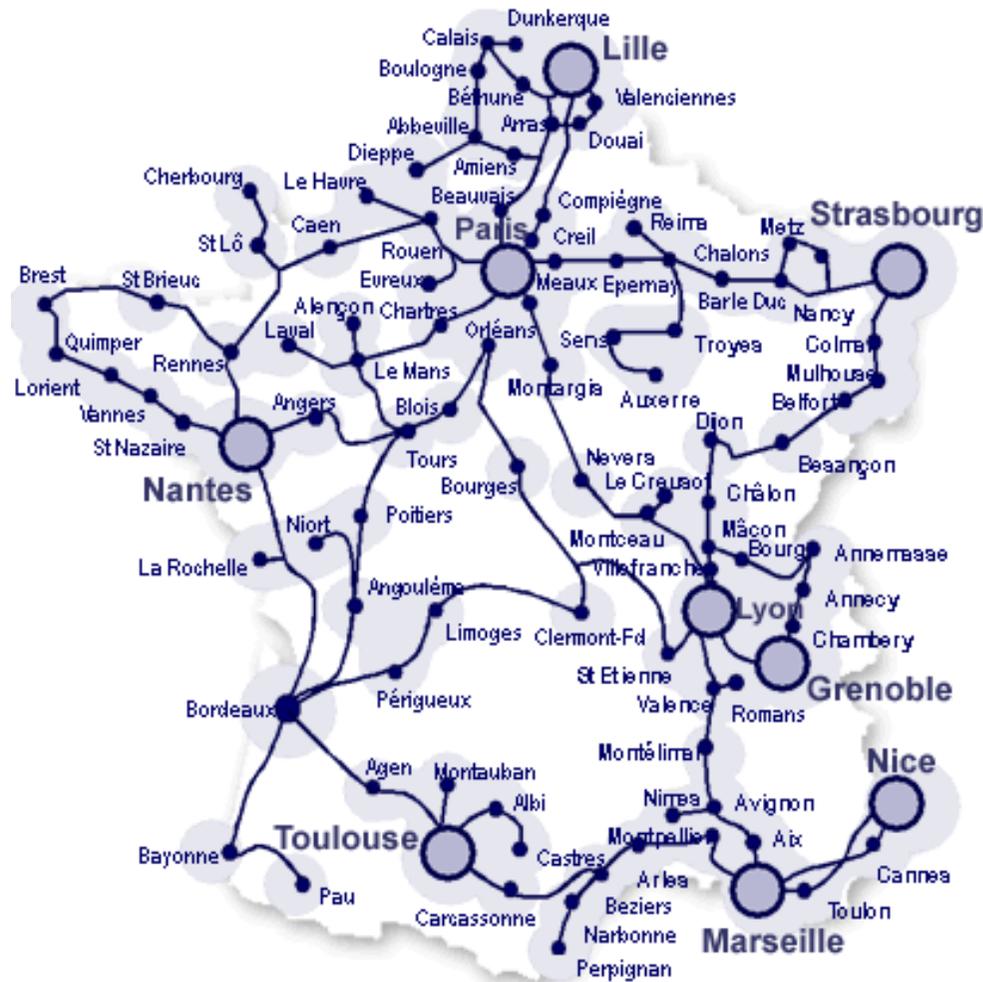
ALS



# TÉLÉCOMMUNICATIONS



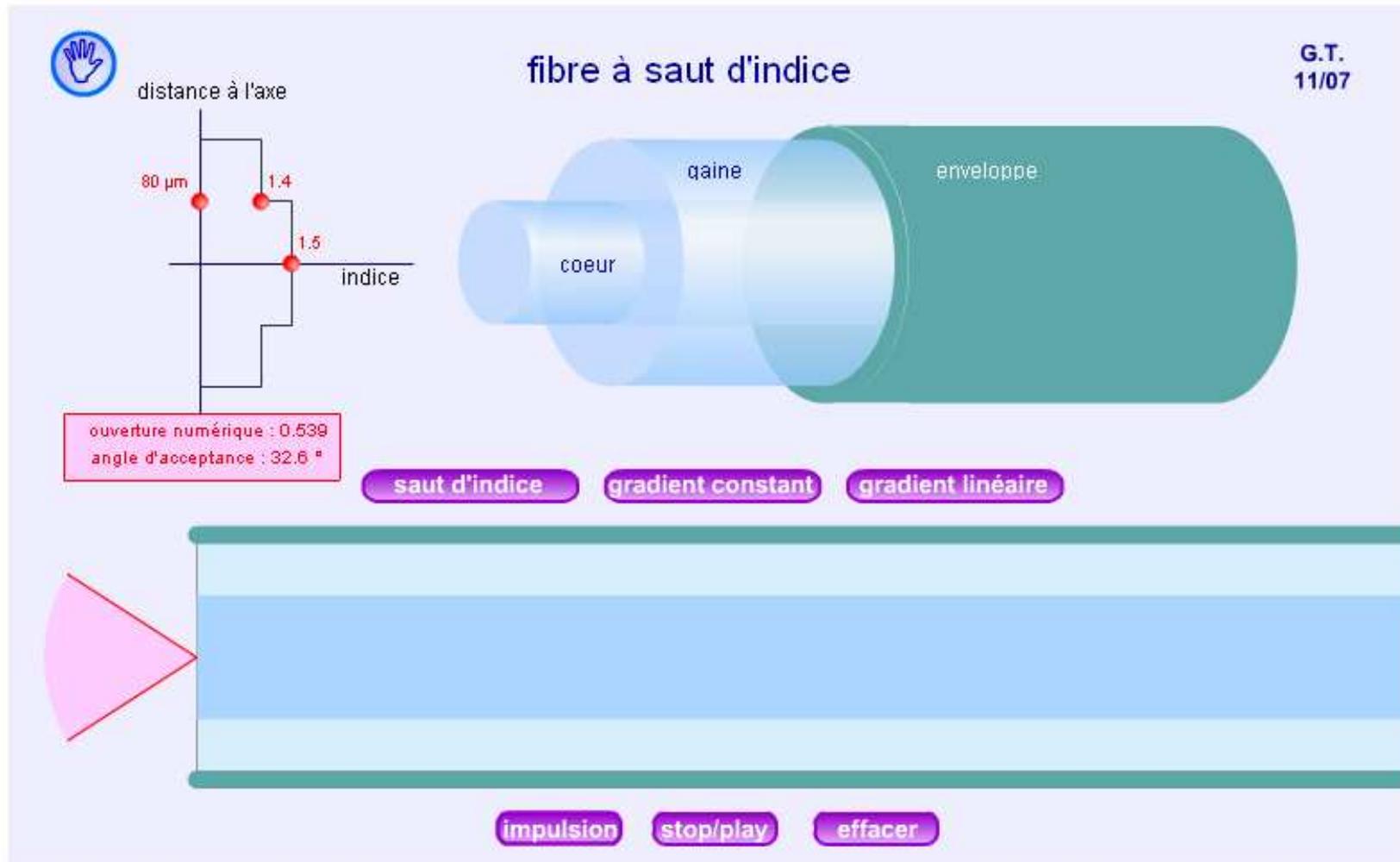
# TÉLÉCOMMUNICATIONS



Réseau Completel



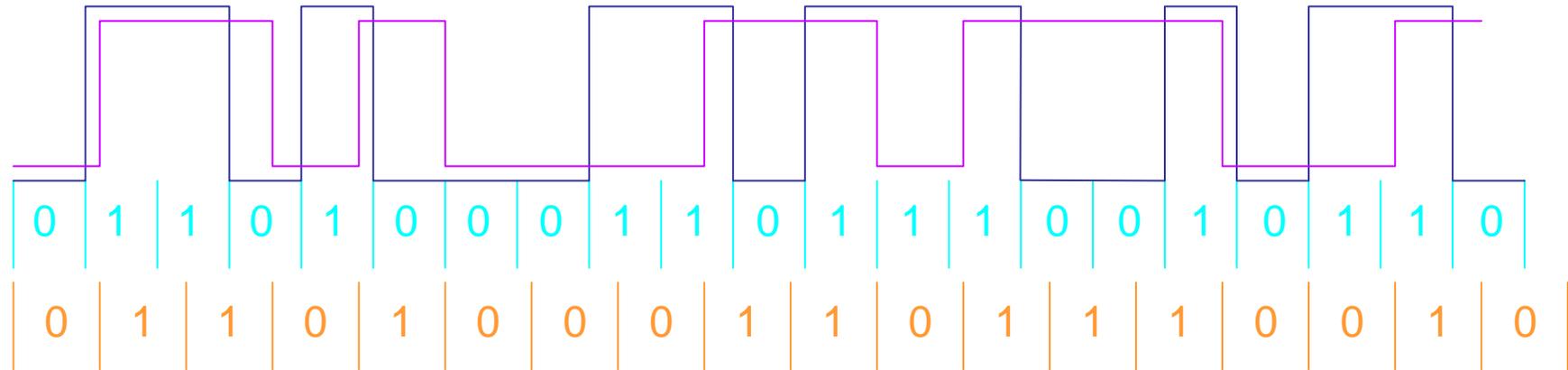
# TÉLÉCOMMUNICATIONS



# TÉΛÉCOMMUNICATIONS



# TÉLÉCOMMUNICATIONS



## Multiplexage en longueur d'onde

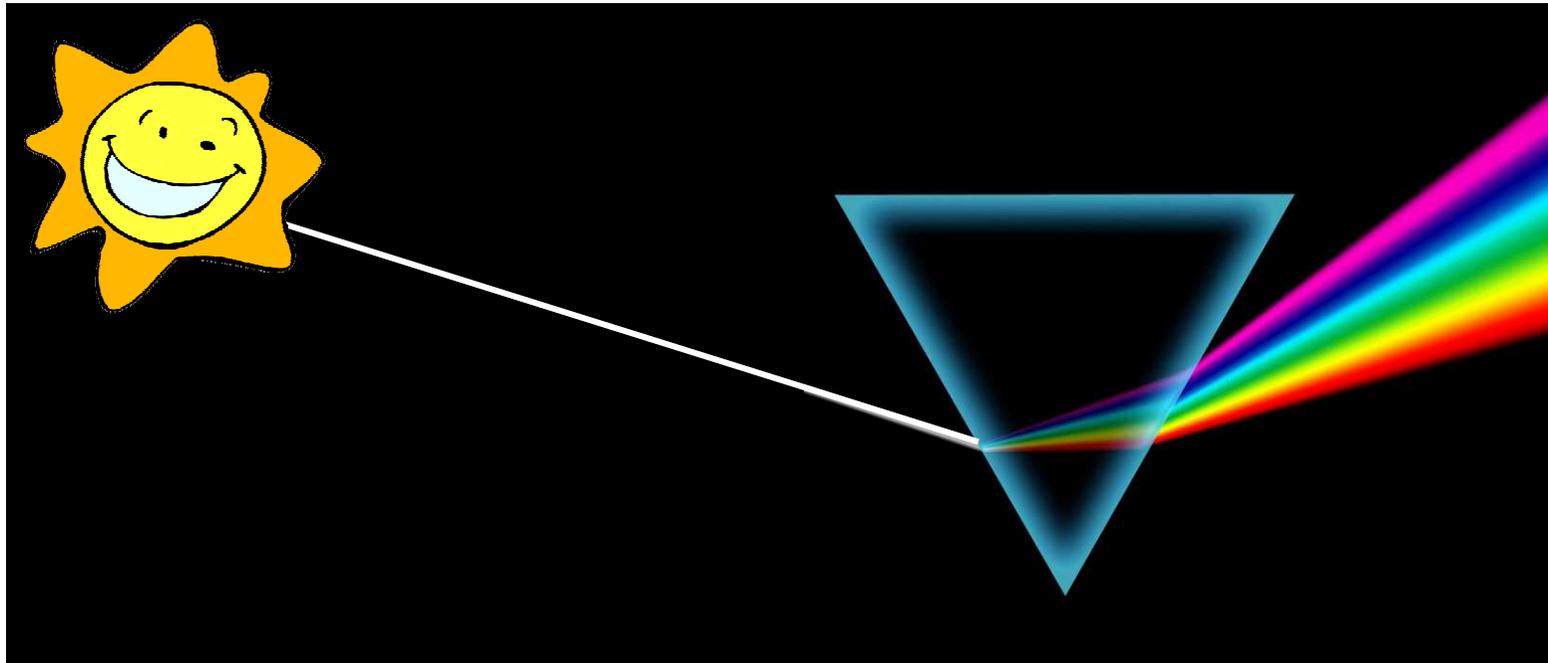
On utilise plusieurs lasers avec des longueurs d'onde différentes

Record (démonstration) d'Alcatel-Lucent en septembre 2009:

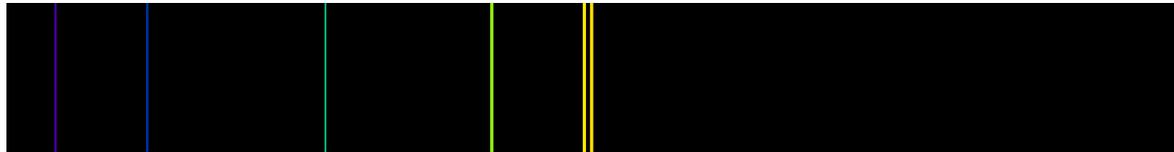
100 Pbits/s/km, soit 14 Tbits/s sur Paris-Chicago (7000 km) = 2To/s = 400 DVD/s

Péta =  $10^{15}$

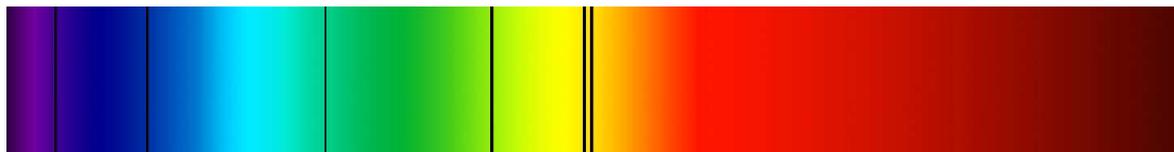
# SPECTROSCOPIE



# SPECTROSCOPIE



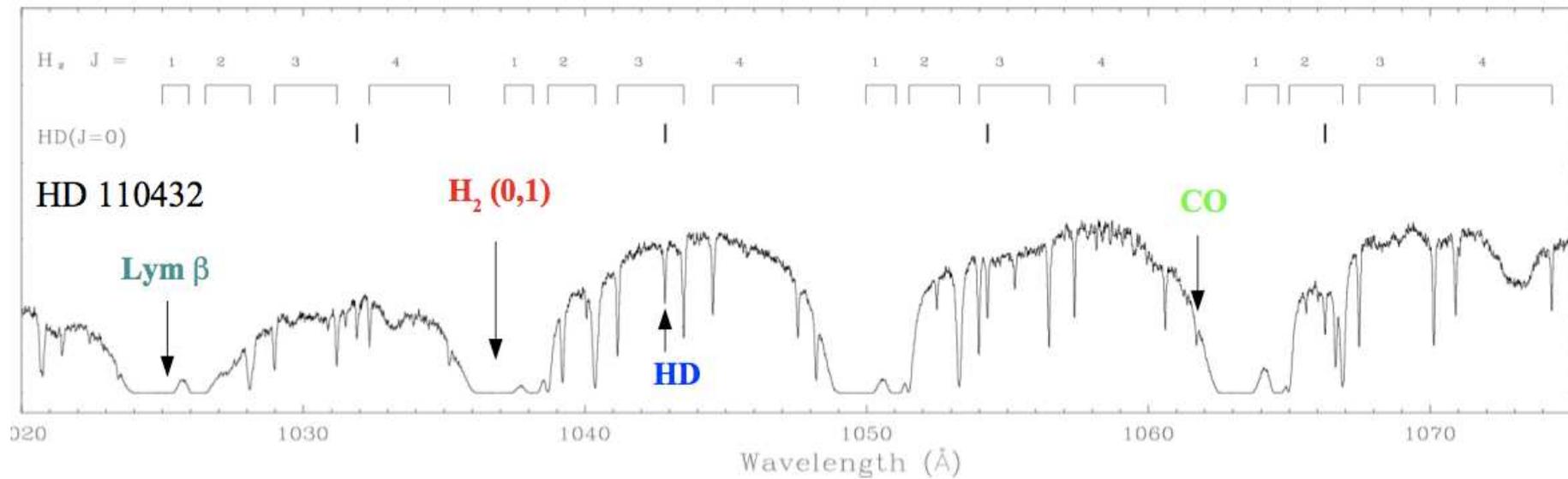
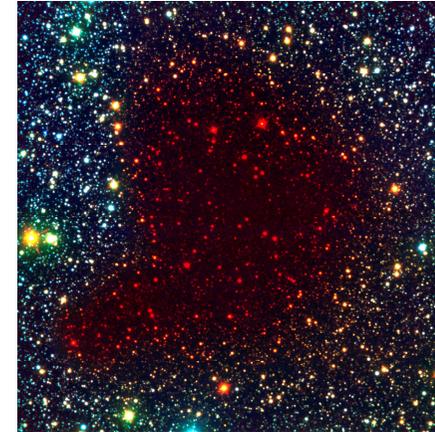
Spectre d'émission du mercure



Spectre d'absorption du mercure

# SPECTROSCOPIE

Spectre du nuage protostellaire B68



Chaque atome ou molécule possède une signature unique.

# SPECTROSCOPIE

Le laser permet de faire de la spectroscopie à haute résolution

- meilleure séparation des raies
- meilleure identification des raies
- détection de quantités plus faibles (traces)

# SPECTROSCOPIE



Détection de gaz :

- détection d'humidité
- surveillance des fuites de gaz
- surveillance des émissions de gaz à effet de serre
- recherche de gaz toxiques
- optimisation des processus de combustion

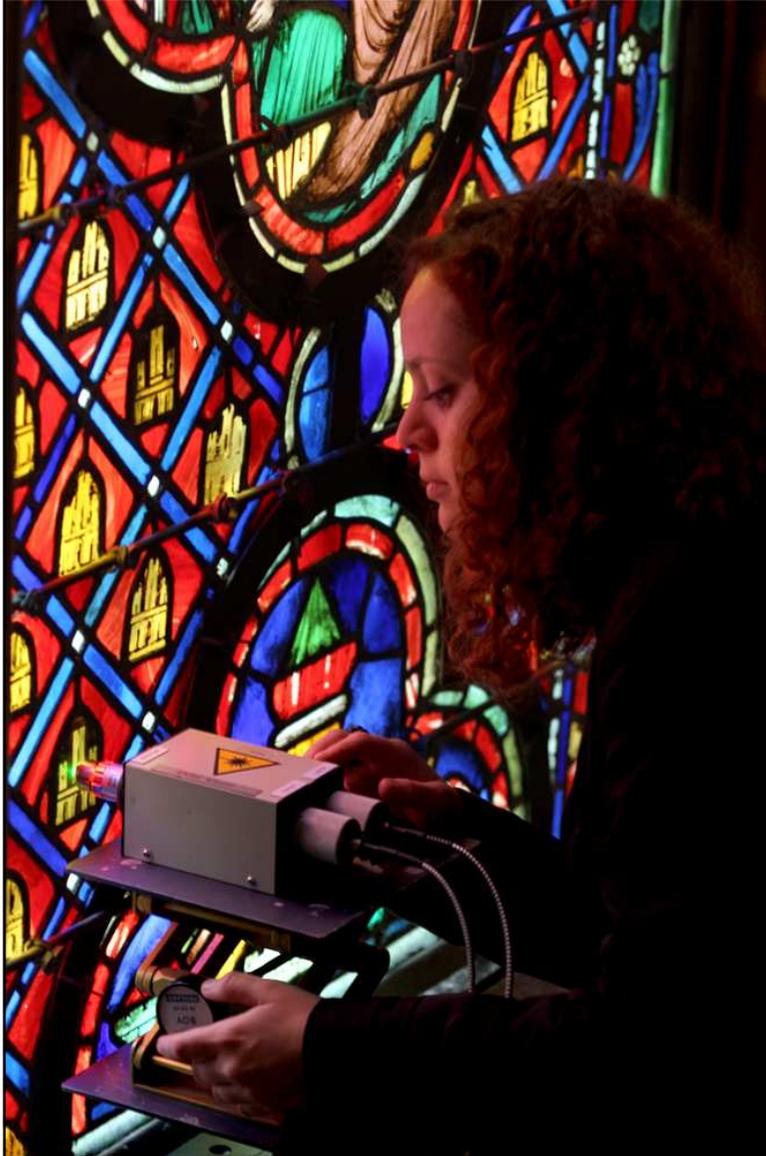
détecteur de méthane



détecteur de 5 gaz toxiques  
(ammoniac, ozone, monoxyde de carbone,  
cyanure d'hydrogène, dioxyde de soufre)

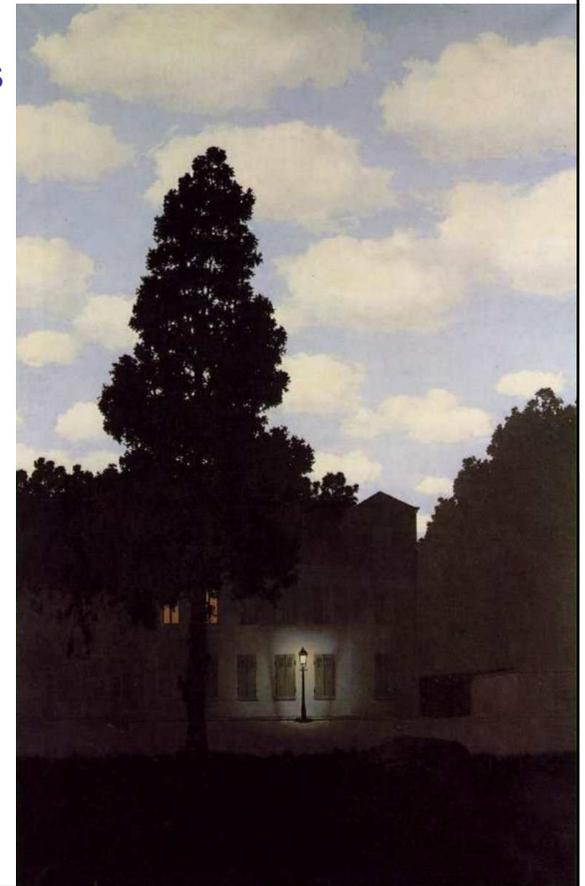


# SPECTROSCOPIE



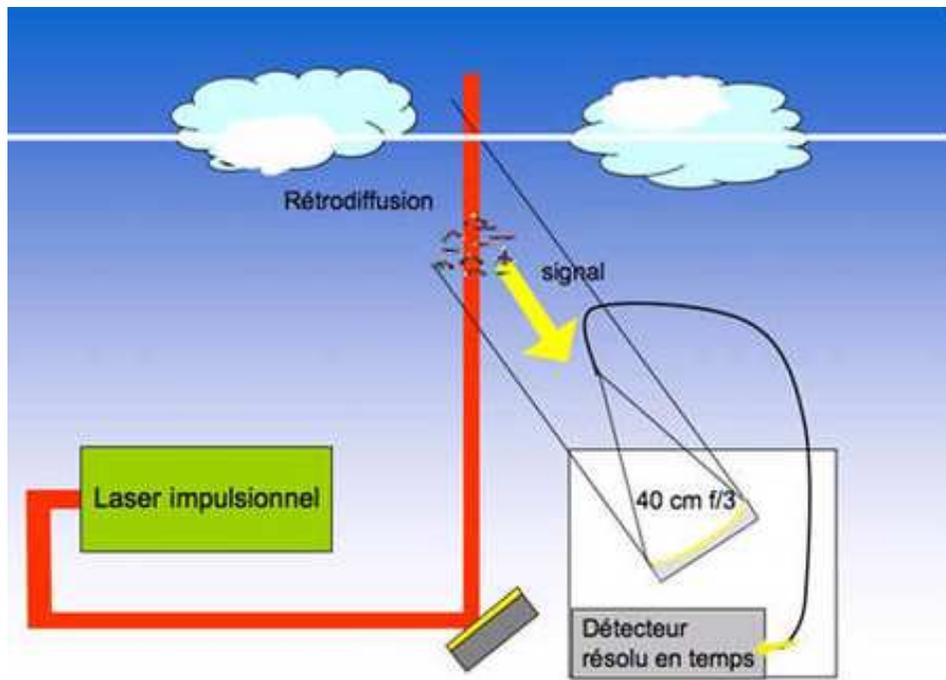
mesure de la nature des verres de la Sainte Chapelle

analyse des pigments



# SPECTROSCOPIE

Surveillance de pollution par lidar :



Détection de la poussière, de la glace et des nuages dans l'atmosphère de Mars (Phoenix)

# SPECTROSCOPIE

## LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy



Le spécialiste de la Solution LIBS

APPLICATIONS
PRODUITS
SERVICES
PRINCIPE
SOCIETE
LIENS

Avec sa finesse d'analyse de 3 µm, le système d'analyse Microlibs permet de réaliser des cartographies élémentaires micrométriques. L'accès à l'analyse de tous les éléments, y compris des éléments légers, autorise des analyses cartographiques difficilement accessibles voire même impossibles avec d'autres techniques.

Sa facilité d'emploi et sa grande rapidité permettent d'effectuer une cartographie complète d'un échantillon en quelques minutes.



Crédit photo CEA

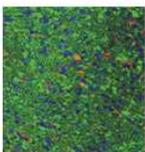
La micro analyse de TOUS les éléments en moins d'une seconde avec une sensibilité de quelques ppm

### MICROLIBS

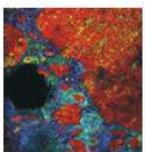
|                              |   |
|------------------------------|---|
| Eléments détectés            | Tous les éléments atomiques, y compris les plus légers                                  |
| Laser                        | Nd:YAG @ 266 nm, 4 mJ, 5 ns   |
| Résolution d'analyse         | 3 µm (largeur de spot 1 µm)   |
| Table de micropositionnement | 3 axes, résolution 0,5 µm   |
| Spectromètre                 | Spectromètre Paschen-Runge, 193 à 780 nm  |
| Vitesse de détection         | 20 points par seconde   |
| Visualisation                | Caméra CCD  |
| Limites de détection         | De 1 ppm à quelques dizaines de ppm. (Selon les éléments)                               |
| Quantification               | Après étalonnage, Semi quantification possible  |
| Logiciel ANALIBS®            | Pilotage et automatisation des mesures, analyse des spectres, cartographie, traçabilité |

AIR AMBIANT - ATMOSPHERE CONTROLEE - VIDE

Argile de Bure



Béton chargé au Ti (particules de 100 à 300 nm)



Exemples de micro cartographie :

- . argile de Bure
- . béton

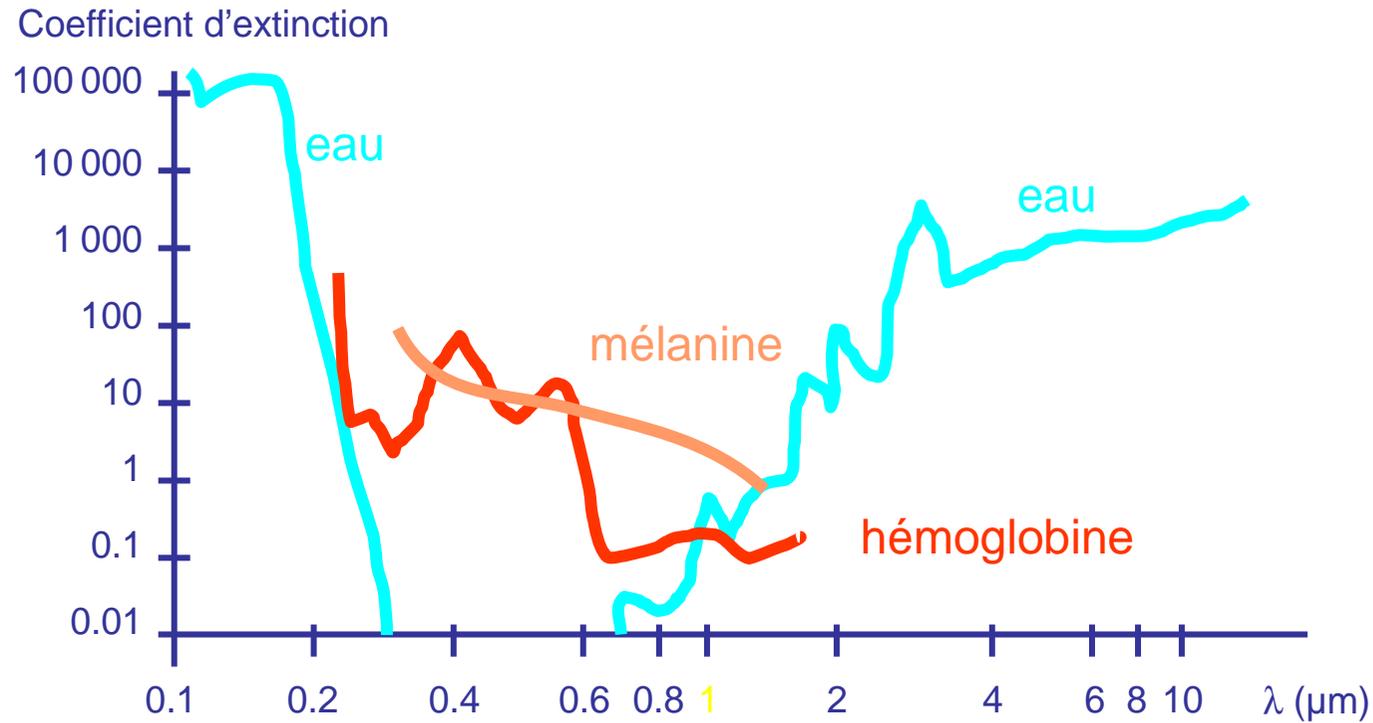
résolution 10 µm

Spectroscopie d'émission de plasma créé par laser

Le principe de la technique LIBS consiste à focaliser un faisceau laser impulsif sur le matériau à analyser pour créer un micro plasma très chaud à partir d'une faible quantité de matière éjectée. Cette technique permet d'analyser la composition de n'importe quel type de matériaux (solide, liquide, gaz, aérosol,...)



# MÉDECINE



Hémoglobine : sang

Mélanine : pigments de la peau, des cheveux, ...

# MÉDECINE

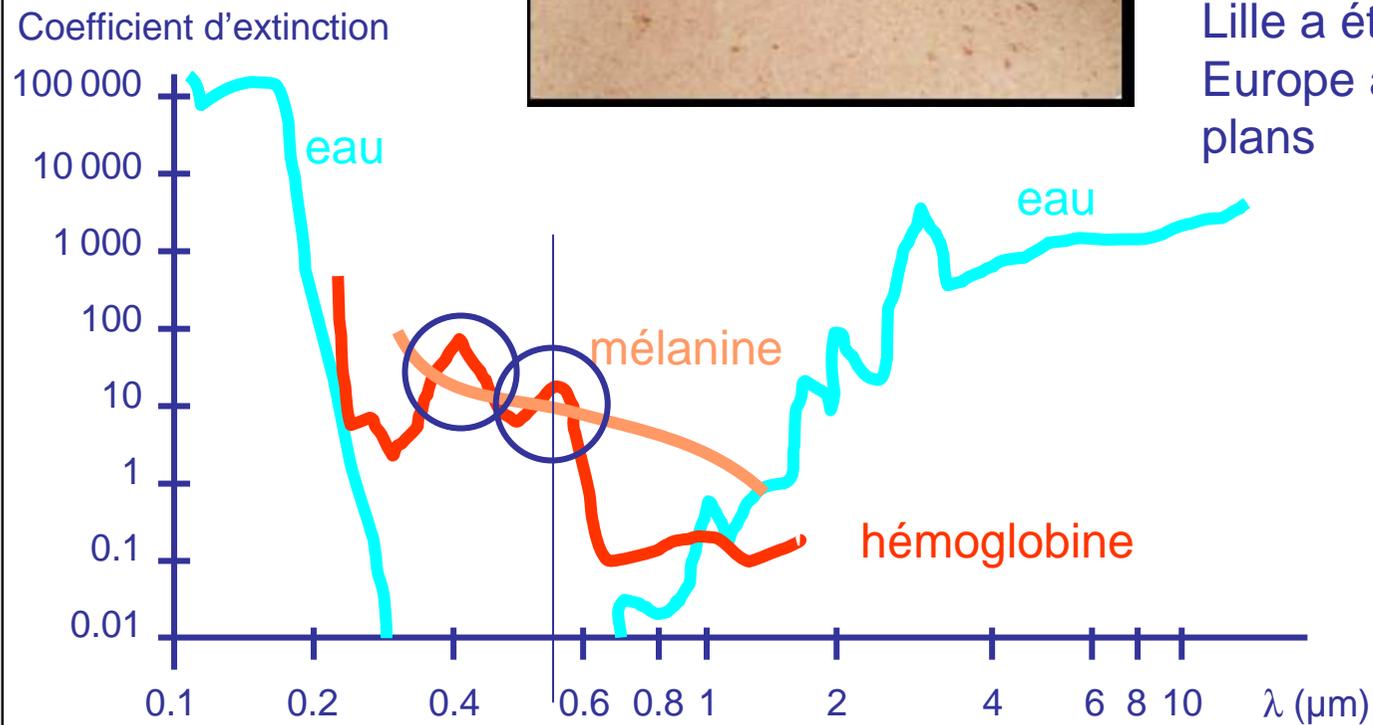


Angiome plan (tâche de vin)

Malformation des vaisseaux

→ Laser à colorant à 595 nm

Lille a été le premier centre en Europe à traiter les angiomes plans



# MÉDECINE

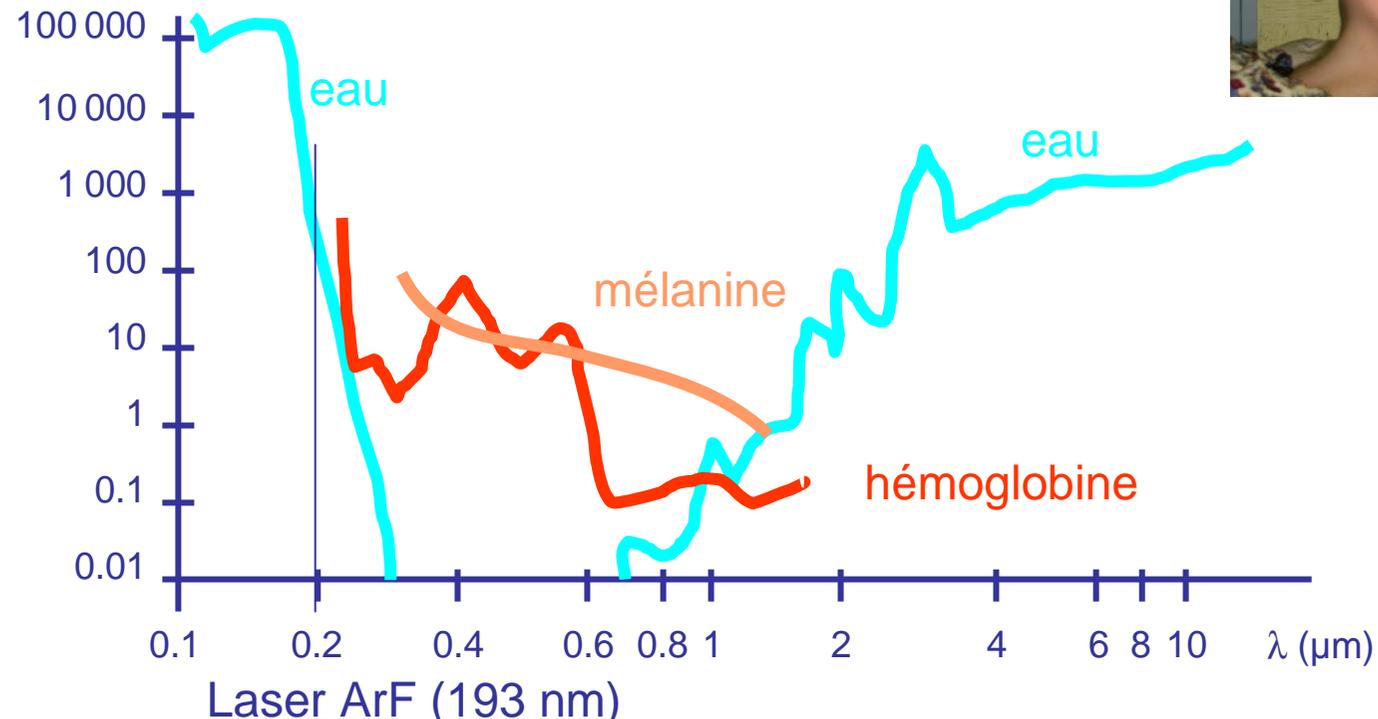
## Kératoplastie

Modification de la courbure de la cornée

On procède par photoablation (vaporisation), mais l'action doit rester superficielle (10  $\mu\text{m}$  photoablaté corrigent une myopie de une dioptrie)



Coefficient d'extinction

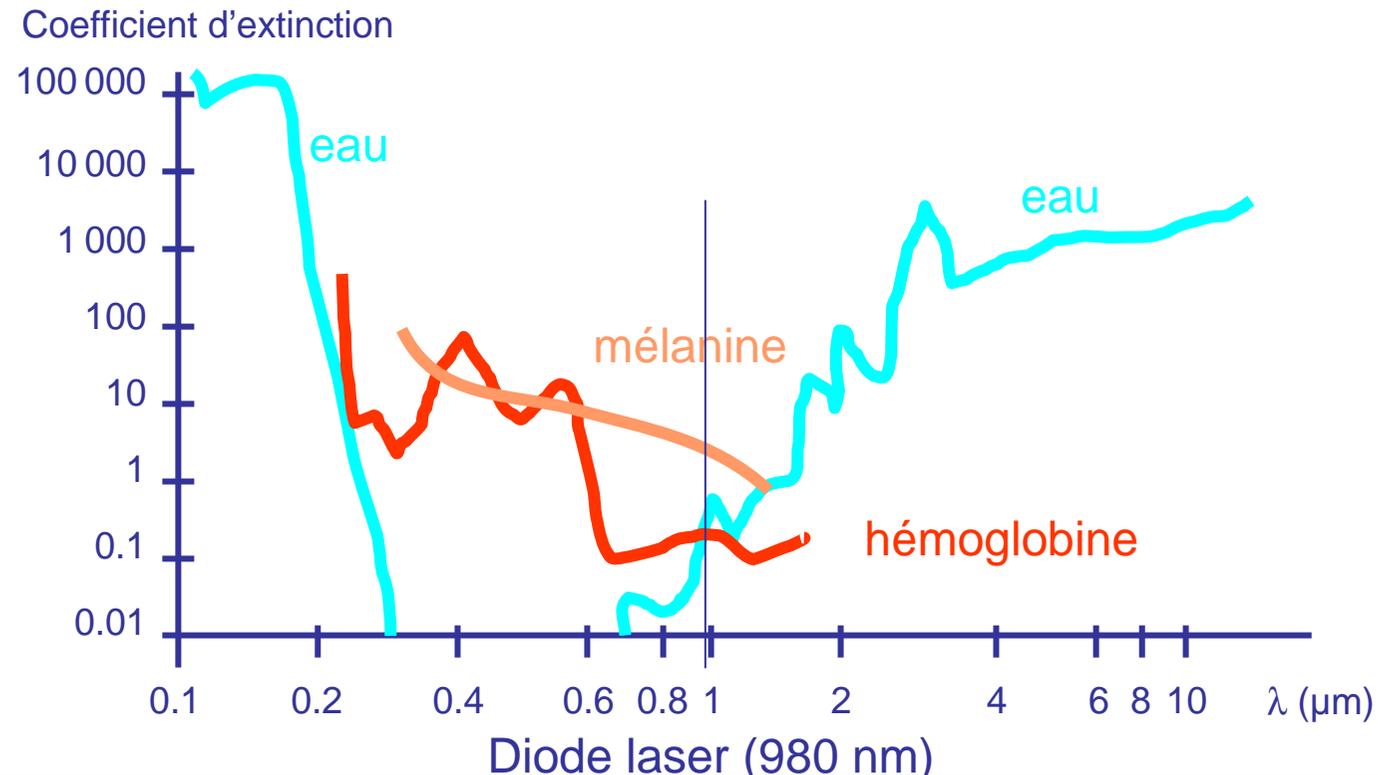


# MÉDECINE

Le laser endo-veineux

Sclérose d'un vaisseau par une technique de photo-coagulation qui induit une rétractation de la paroi veineuse

Il faut un laser qui induit le maximum de chaleur, et donc qui soit absorbé à la fois par l'hémoglobine et l'eau

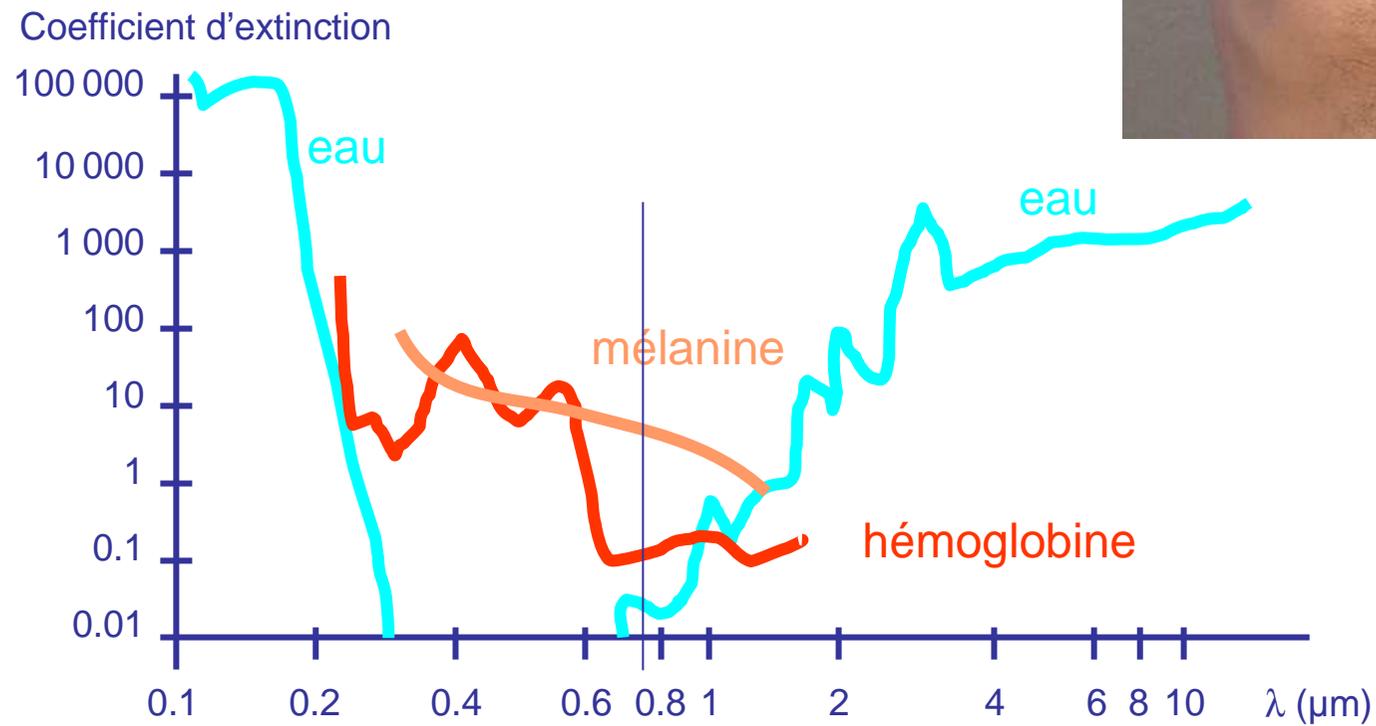
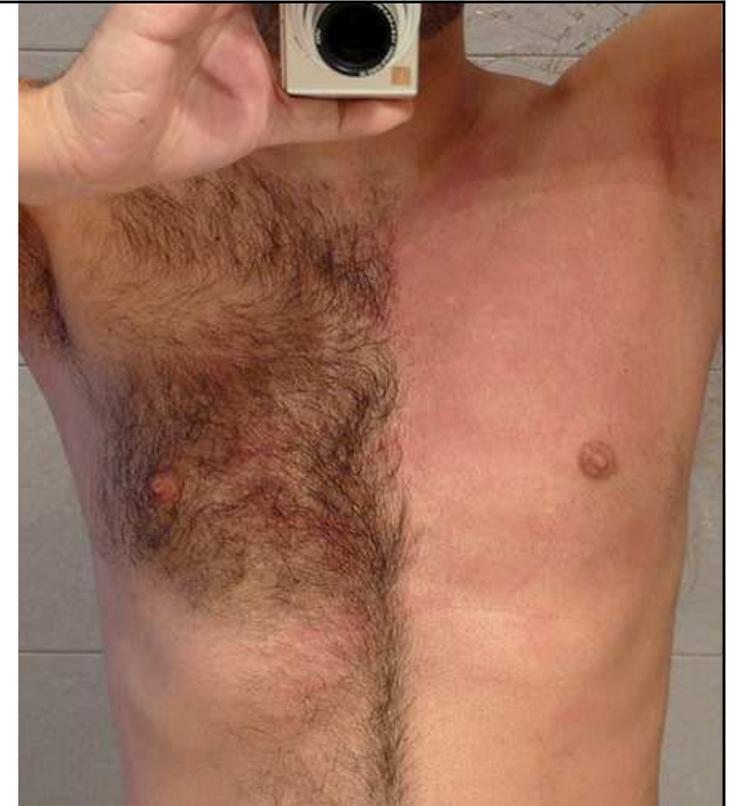


# MÉDECINE

L'épilation laser

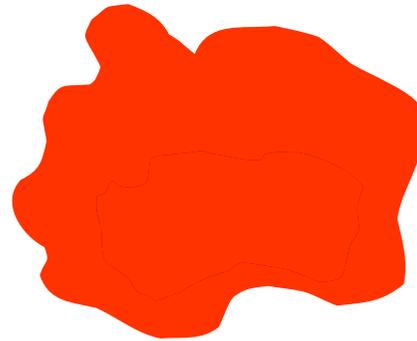
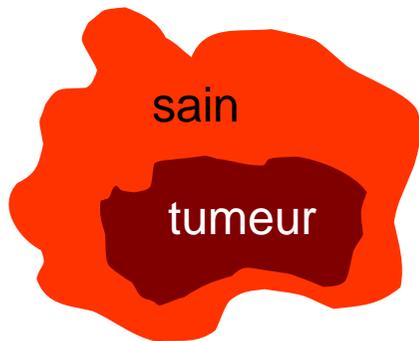
Destruction des poils en ciblant la mélanine

→ Laser à Alexandrite (755 nm)



# MÉDECINE

## Utilisation d'un photosensibilisant

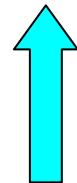


Quand le photosensibilisant absorbe un photon, une réaction de photo-oxydation forme des radicaux libres qui tuent la cellule.



On injecte le photosensibilisant au patient.

2-3 jours



Illumination laser  
à la fréquence  
adéquate

Traitement du cancer  
et de la DMLA

Le photosensibilisant se localise dans la tumeur. Il n'est pas toxique par lui-même.



degenère, des modes de gestion que de nombreuses entreprises défailtantes a augmenté, le montant des emplois créés atteignant 12 200, soit 51 % de plus qu'en 2008. C'est un indicateur qui souffre le plus. La région a deux options : déprimer, ou rebondir. Certains secteurs ont choisi.

notion est indiquée que « la demande reste très forte de la part des jeunes ménages, ce qui a limité la baisse en 2009 ». Une bonne nouvelle pour les 85 600 salariés de la construction, qui constitue le 3<sup>e</sup> secteur de l'économie nordiste.

l'intérim en baisse de 0,2 % sur le premier semestre 2009 (- 14 000 emplois), l'intérim a rebondi de 9 % sur le second. Ce qui a profité au secteur des services. « Mais ce sont parfois des métiers à faible qualification », tempère Daniel Huart, directeur régional de l'Insee. ■

des heures supplémentaires sont à l'origine de ce mouvement d'humeur, selon Bruno Gaudichon, conservateur du musée. Le musée a rouvert normalement ses portes à 14 h 30 et l'accueil des groupes a été assuré.

## Les profs de Calais reçus à l'inspection académique

Les représentants des enseignants et des parents d'élèves du collège Martin Luther King de Calais seront reçus ce matin à l'inspection académique du Pas-de-Calais par la rectrice. Voilà douze jours que l'établissement est fermé à la suite du jet d'une bombe artisanale dans la cour de récréation.

## SANTÉ

# UN CHAT GUÉRI DU CANCER GRÂCE AU LASER



O. TOUREN / 20 MINUTES

**Attention les yeux ! La société villeneuvoise Osyris a décidé d'attaquer le cancer grâce à la biophotonique.**

**Sauvé du cancer par la lumière.** La société Osyris Medical, installée à Villeneuve-d'Ascq, espère bien que ce scénario utopique se transforme un jour en réalité. En début de semaine, elle annonçait avoir traité avec succès une tumeur maligne de la truffe chez un chat, grâce à son nouveau laser. Des résultats encourageants, mais loin d'être décisifs pour cette entreprise spécialisée dans l'innovation par la lumière. « Un autre test est actuellement en cours avec un autre chat », reconnaît-on avec prudence chez Osyris.

La machine n'est pourtant pas toute neuve, puisque le brevet a été déposé en 2002. Mais c'est la première fois que cette technologie, baptisée Radlight, a pu être expérimentée sur un être vivant. En attendant la validation clinique, et qui sait, peut-être un jour, la transposition sur l'homme. « Le principe est d'activer les cellules malignes pour les rendre suicidaires », souligne Osyris. Le projet Radlight fait partie d'un programme de recherche labellisé par le pôle de compétitivité régional Nutrition Santé Longévité. ■

G. D.

## BIOPHOTONIQUE

Depuis 2002, l'entreprise Osyris travaille en collaboration avec le Cerla (Centre d'études et de recherche sur les lasers et applications) de Lille-I sur la compréhension des interactions entre la lumière et les tissus vivants. En 2008, elle avait développé un laser innovant pour le traitement des cellules en jeu dans la cellulite.

## SOCIAL

# NOUVELLE CHARENTE CHEZ ECCE À PROUVY

Ecce va raccourcir ses effectifs. L'enseigne de prêt-à-porter haut de gamme envisage de se séparer de 41 personnes dans son usine de Prouvy, près de Valenciennes, a annoncé hier *La Voix du Nord*. Les salariés de cette dernière ont été informés de cette décision à l'issue du comité central d'entreprise du 27 avril. « On nous a expliqué que le plan de charge diminuait et que nous coûtions trop cher en fabrication. Je touche 1200 € par mois, je ne vais quand même pas travailler pour un bol de riz », s'insurge une déléguée CGT. L'accord signé avec Kenzo jusqu'en 2012 ne semble plus suffisant pour la direction, qui se réunissait hier à Prouvy et restait injoignable. Un plan social devrait être lancé lors de la prochaine réunion qui se tiendra le 27 mai. Prouvy est le dernier site de fabrication d'Ecce en France. En novembre 2007, le groupe avait déjà fermé une usine à Poix-du-Nord. A l'époque, 55 personnes avaient pu être reclassées... à Prouvy. ■

G. D.

# MÉDECINE

## Détatouage



Le laser utilisé dépend de la couleur du tatouage

Il est en général pulsé

Le laser fragmente les pigments en morceaux suffisamment petits pour qu'ils puissent être éliminés par les macrophages.



# PROPRIÉTÉS

puissance  $\Rightarrow$  chaleur

- brulure
  - marquage
  - destruction
- fusion
  - soudage
  - brasage
  - transformation (recuit, fusion, dépôt)
- vaporisation / sublimation
  - marquage et gravure
  - découpe
  - nettoyage



# LES APPLICATIONS

airbag Amiens art armes atomes froids  
automobile aéronautique  
chaud et froid cinéma  
découpe disque dur écrans LCD  
foudre fusion nucléaire  
gravure imprimante  
lithographie marquage  
micro-processeurs missiles ordinateurs  
panneaux solaires  
satellites sécurité soudage spatial  
trains usinage

# LES ARMES

Sabre laser



erreur de traduction

Lightsaber

Lichtschwert

Sable de luz

Sabre de luz

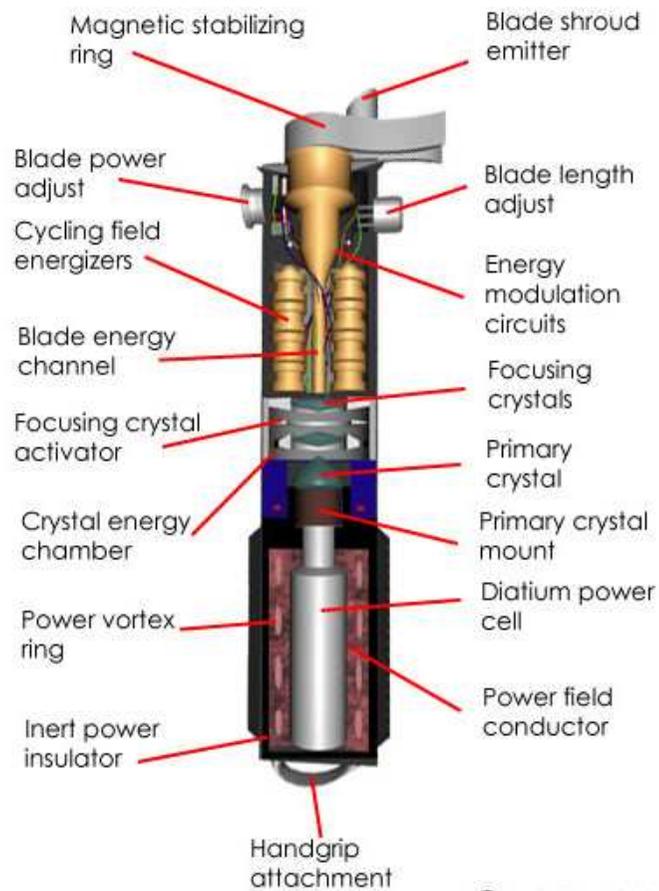
Spada laser

Lyssværd

Светлинен меч

# LES ARMES

## Sabre laser



© HowStuffWorks 2005

The lightsaber consists of a polished metal hilt which projects a blade of plasma about one meter long.

*Le sabre laser consiste en une poignée de métal polie qui projette une lame de plasma d'environ un mètre de long.*

# LES ARMES

## Le THEL (Tactical High Energy Laser)



Laser au fluorure de deuterium  
3.8  $\mu\text{m}$   
1 MW en continu pour HF (2.8  $\mu\text{m}$ )

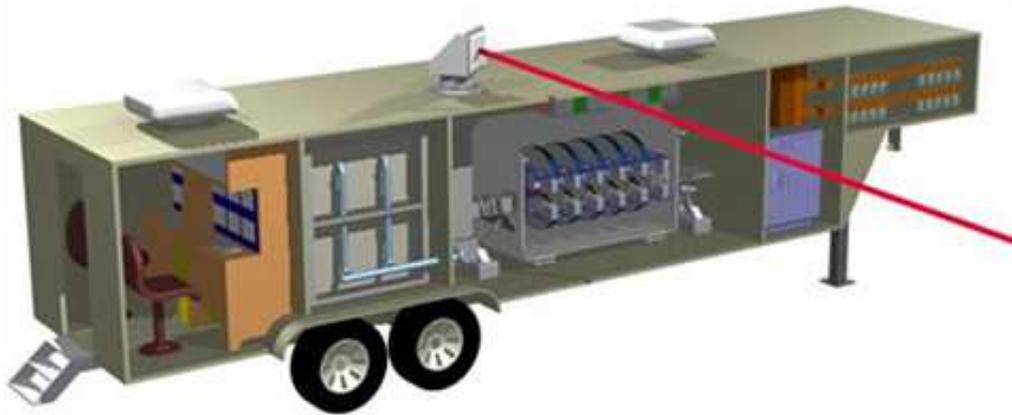
2000 : destruction de roquettes  
2002 : destruction d'un obus  
2003 : utilisé pendant la bataille de Bagdad?  
2004 : destruction en rafale d'obus de mortier  
2007 : vidéo publicitaire de Northrop (Talonplus)



# LES ARMES

## Le SSHCL (Solid State Heat Capacity Laser)

NIF – Lawrence Livermore

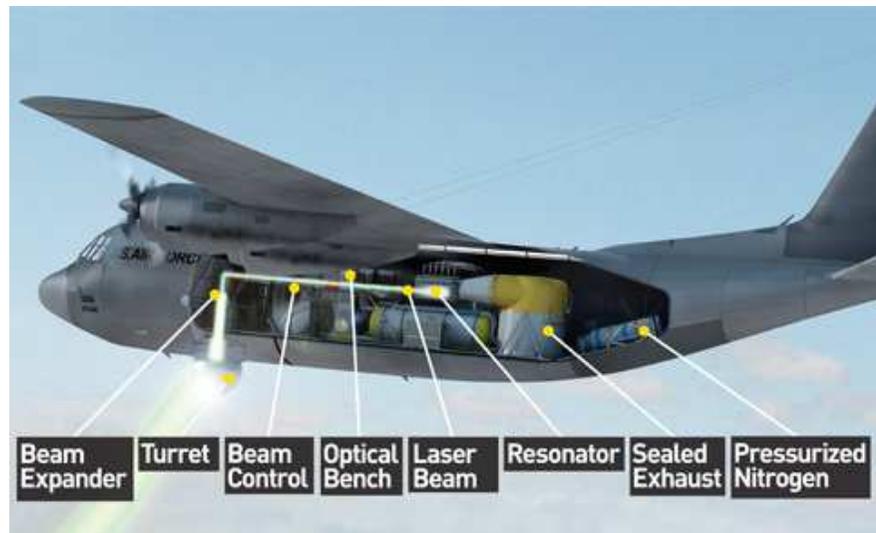


2006: 67 kW à 1.06  $\mu\text{m}$   
prévu à 100 kW  
traverse en 2 à 7 s 2.5 cm d'acier (13x13 cm)



# LES ARMES

## L'ATL (Advance Tactical Laser)



# LES ARMES

## Le Boeing YAL 1



Destruction de missiles balistiques  
COIL  
Premier test réussi le 11 février 2010

# LES ARMES

## Le Boeing YAL 1



Destruction de missiles balistiques  
COIL  
Premier test réussi le 11 février 2010



# LES ARMES

## Armes non létales :

- Pulsed Energy Projectile

Laser DF, monté sur un camion ou un hélico.

Au contact avec la cible, le faisceau crée un plasma en surface, qui explose et crée une onde de choc. La cible est assommée, tandis que les terminaisons nerveuses sont affectées, causant une douleur intense.

Des expériences menées en 2003 confirment la douleur et une paralysie temporaire.

### **Maximum pain is aim of new US weapon**

19:00 02 March 2005 by [David Hambling](#)  
For similar stories, visit the [Weapons Technology](#) Topic Guide

---

The US military is funding development of a weapon that delivers a bout of excruciating pain from up to 2 kilometres away. Intended for use against rioters, it is meant to leave victims unharmed. But pain researchers are furious that work aimed at controlling pain has been used to develop a weapon. And they fear that the technology will be used for torture.

"I am deeply concerned about the ethical aspects of this research," says Andrew Rice, a consultant in pain medicine at Chelsea and Westminster Hospital in London, UK. "Even if the use of temporary severe pain can be justified as a restraining measure, which I do not believe it can, the long-term physical and psychological effects are unknown."

# LES ARMES

## Armes non létales :

- Pulsed Energy Projectile
- Dazzler



# PROPRIÉTÉS

puissance  $\Rightarrow$  chaleur

- brulure

- marquage

- destruction



bougie de voiture

- fusion

- soudage

- brasage

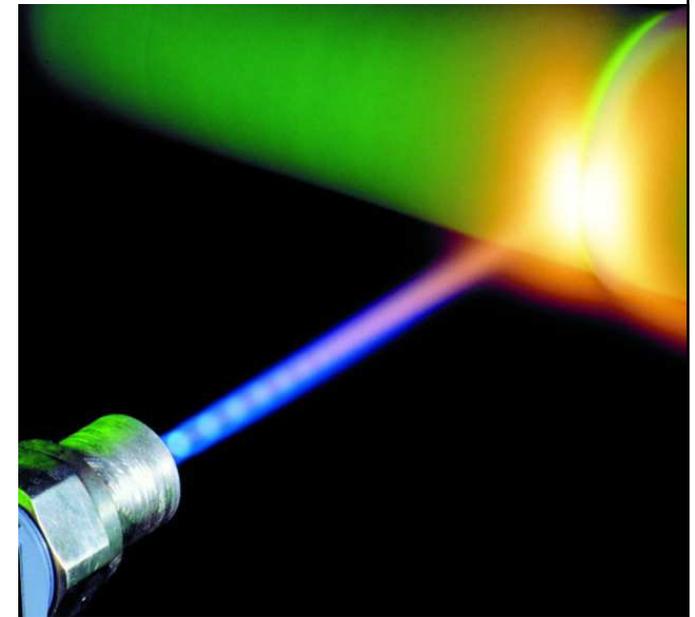
- transformation (recuit, fusion, dépôt)

- vaporisation / sublimation

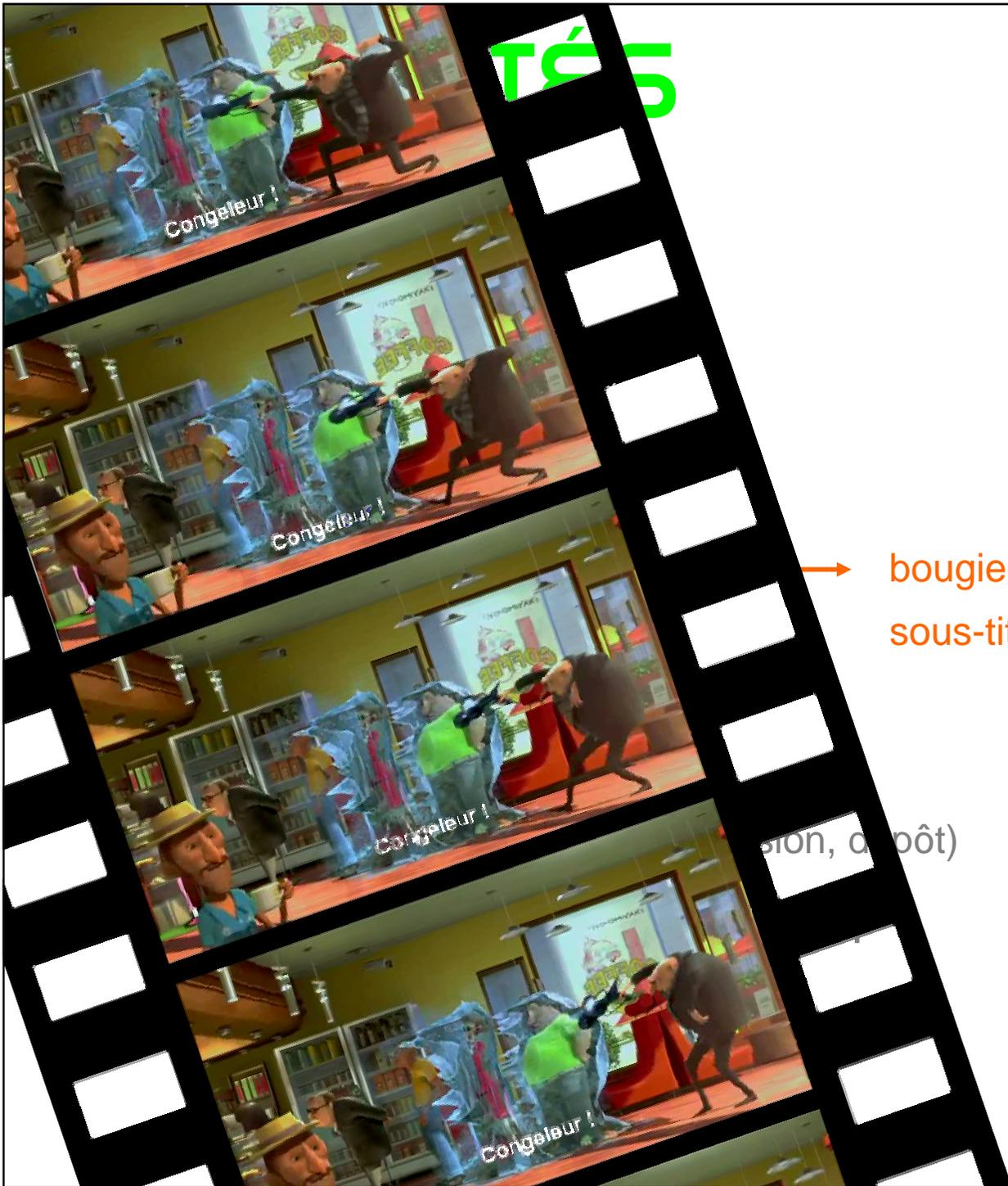
- marquage et gravure

- découpe

- nettoyage



TÉS



→ bougie de voiture  
sous-titrage

on, a pôt)

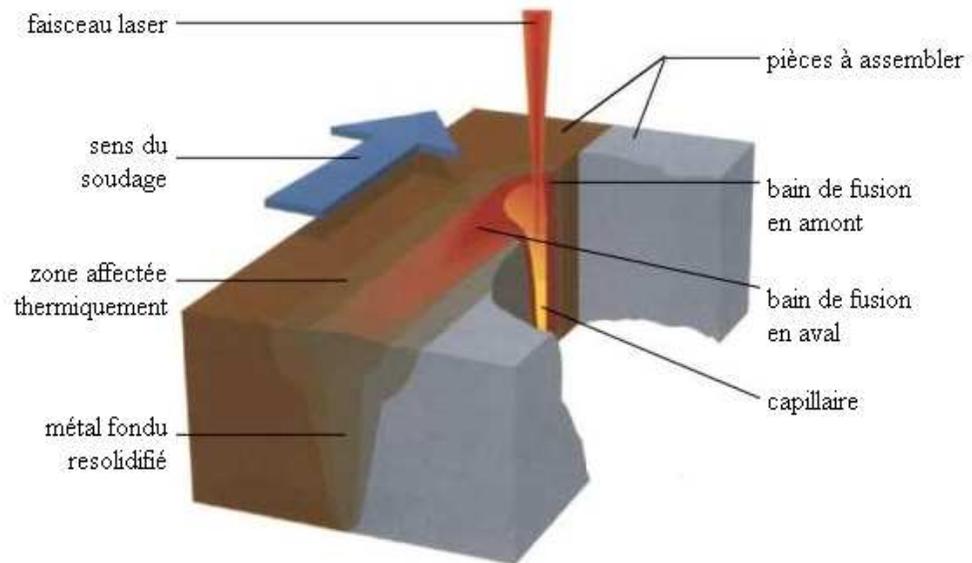
# PROPRIÉTÉS

puissance  $\Rightarrow$  chaleur

- brulure
  - marquage
  - destruction
- fusion
  - soudage
  - brasage
  - transformation (recuit, fusion, dépôt)
- vaporisation / sublimation
  - marquage et gravure
  - découpe
  - nettoyage

# SOUDAGE

## Soudage métal



Lasers CO2  
Lasers YAG

Carters de turboréacteurs  
Boîtes de vitesse automobile  
Éléments de carrosserie automobile  
Boules de pétanque  
Scies diamantées  
Lames de rasoirs  
Maillons de chaînes en or (bijouterie)  
Pacemakers  
Construction navale  
Assemblage des fusées

# SOUDAGE

## Airbus A380



Renforts longitudinaux de la partie inférieure du fuselage

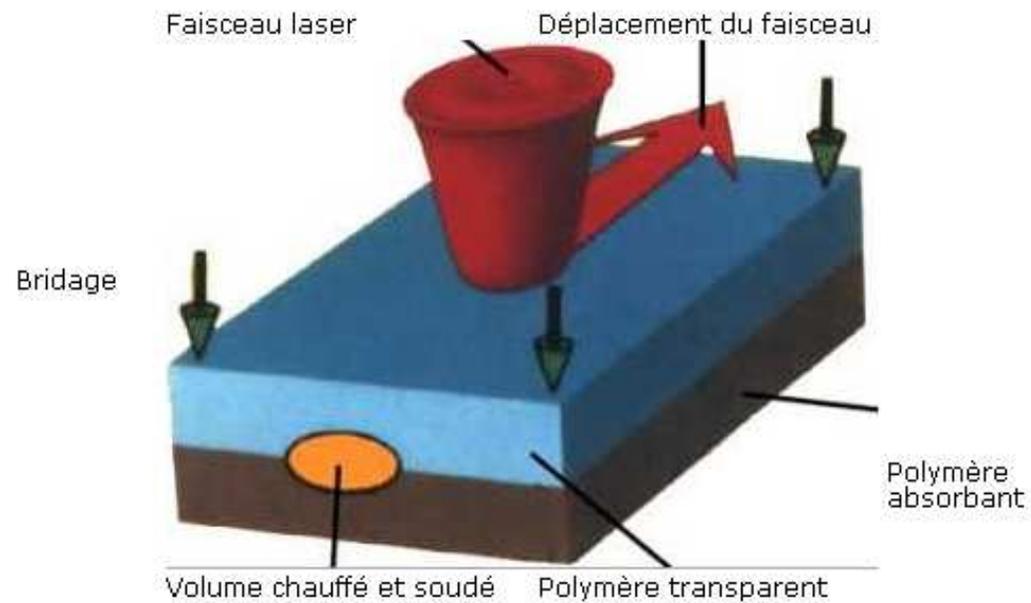
Rivets → souder au laser

Allègement (gain en poids de 15%)  
Plus de sources de corrosion  
Vitesse d'assemblage: 8m/mn au lieu de 10cm/mn



# SOUDAGE

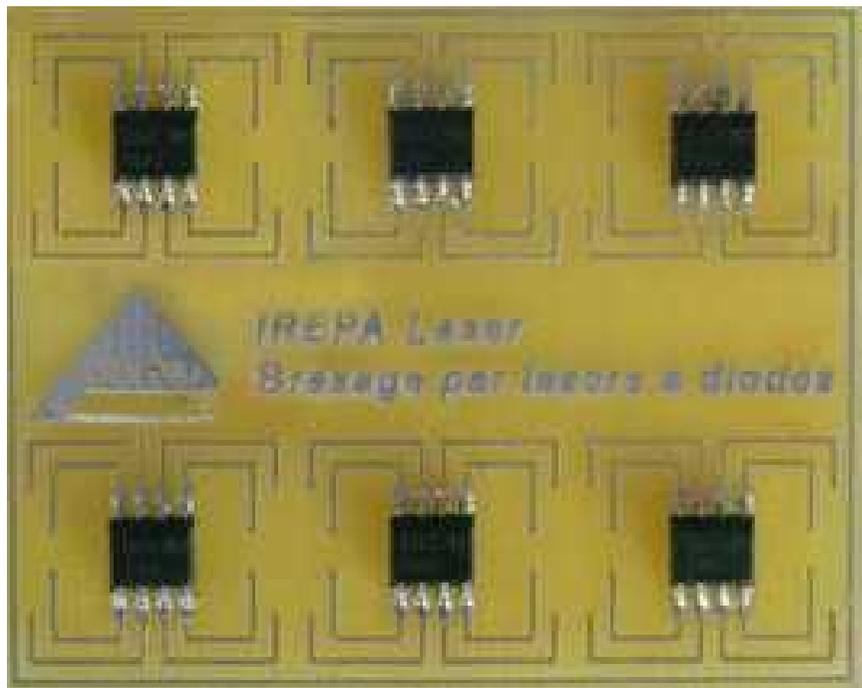
## Soudage plastique



Soudage de pièces moulées  
Soudage de composites  
Pièces médicales

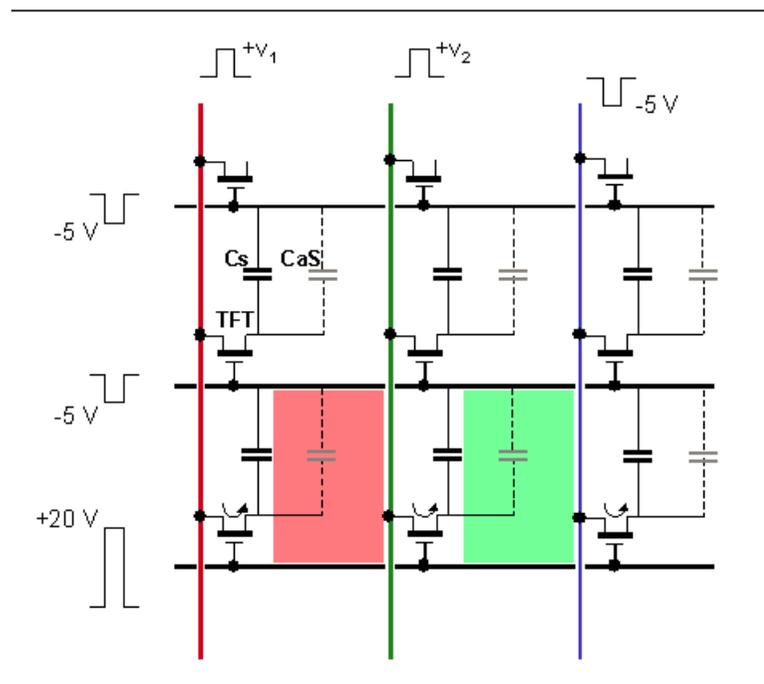
# BRASAGE

Même principe que le soudage mais avec un apport



# TRANSFORMATION

Recuit du silicium (écrans LCD, cellules solaires)



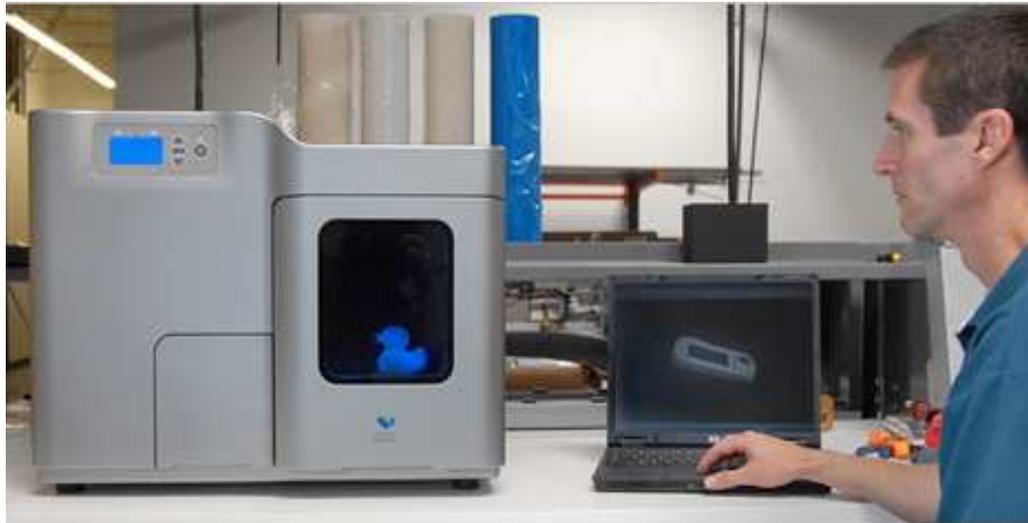
Films minces (TFT)  $\Rightarrow$  silicium monocristallin  
Transition polycristallin  $\rightarrow$  monocristallin à  $1400^{\circ}\text{C}$   
On doit donc remplacer le verre par le quartz

Sauf si on utilise un laser pour graver les pistes



# TRANSFORMATION

- recuit du silicium (écrans LCD, cellules solaires)
- dépôt d'une résine dans les imprimantes 3D



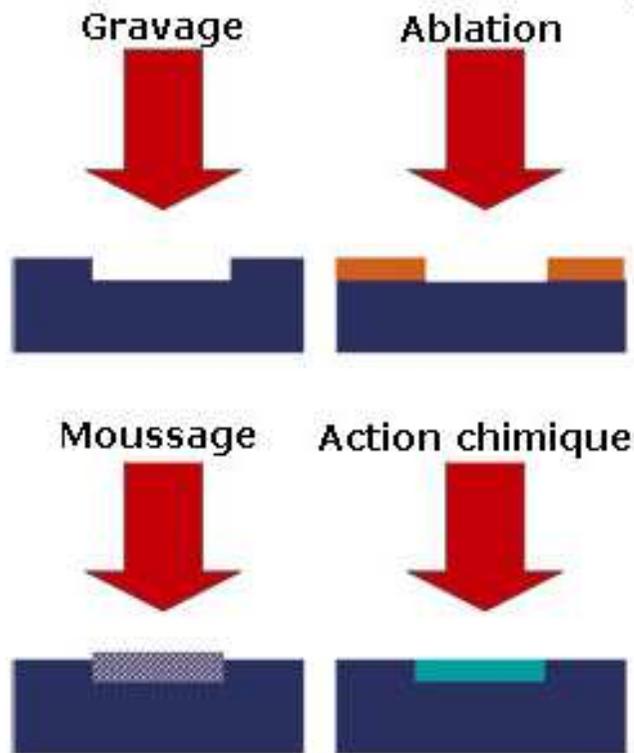
# PROPRIÉTÉS

puissance  $\Rightarrow$  chaleur

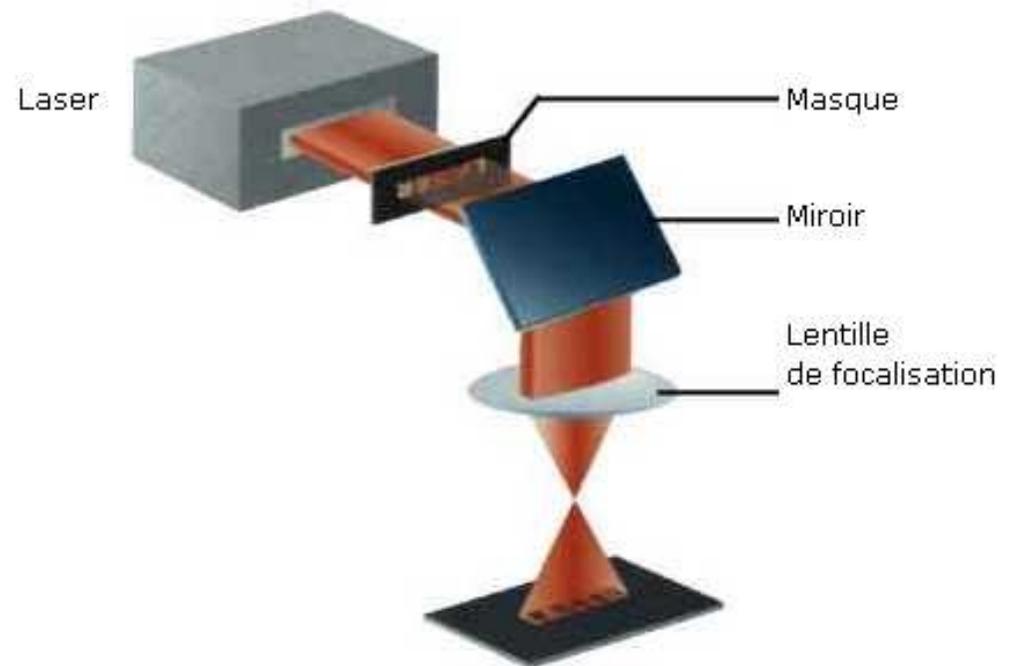
- brulure
  - marquage
  - destruction
- fusion
  - soudage
  - brasage
  - transformation (recuit, fusion, dépôt)
- vaporisation / sublimation
  - marquage et gravure
  - découpe
  - nettoyage



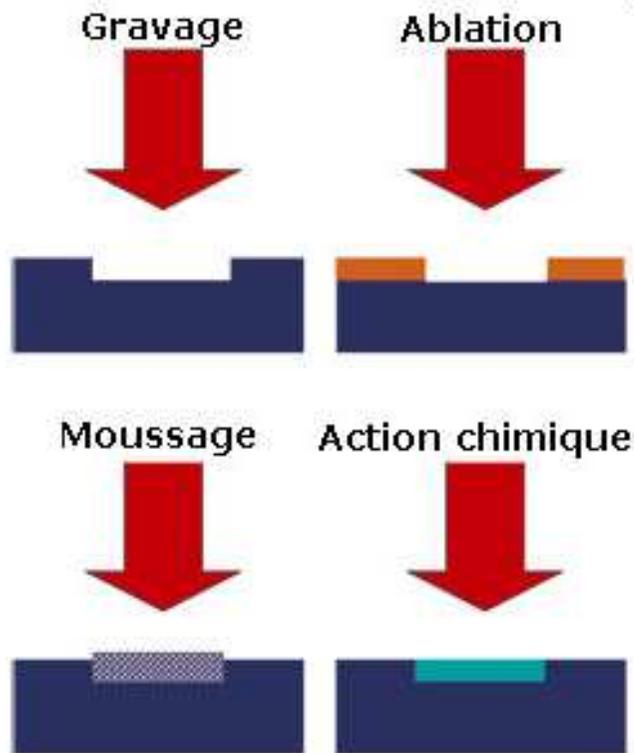
# MARQUAGE - GRAVURE



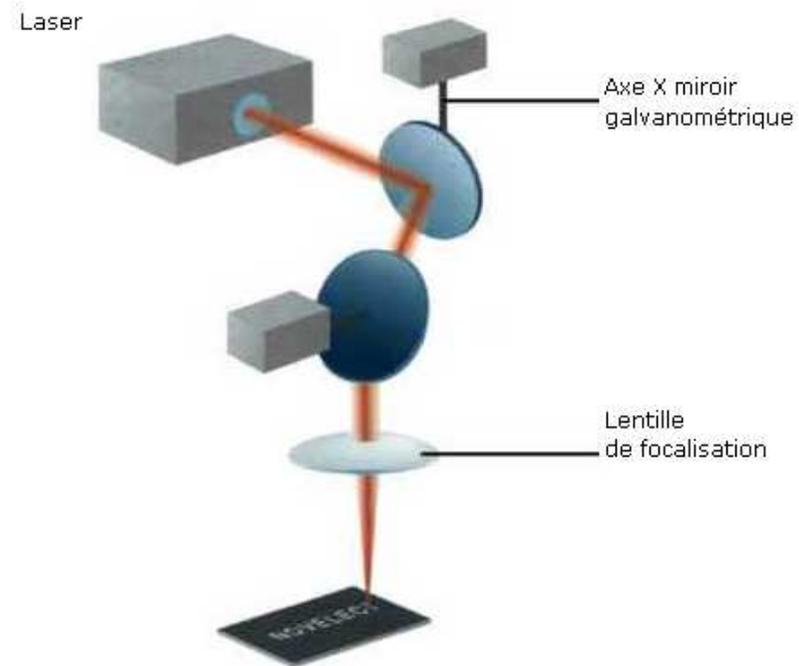
Marquage par transfert d'image



# MARQUAGE - GRAVURE



Marquage par balayage



# MARQUAGE - GRAVURE

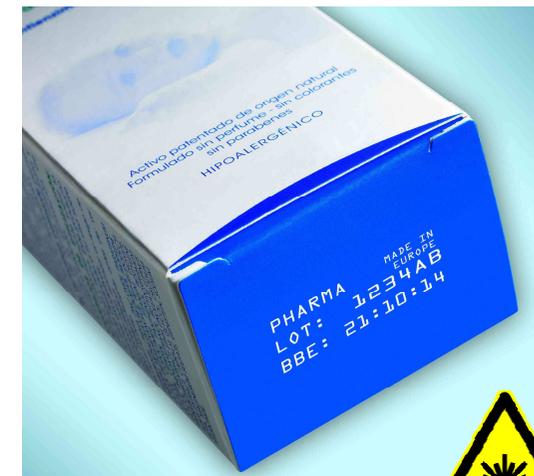
Plastiques  
Métaux  
Verre  
Diamant

De quelques  $\mu\text{m}$  à quelques dixièmes de mm

Emballage: codes barres, date de péremption  
Croute des fromages  
Composants électroniques  
Câbles électriques  
Prothèses  
Contrefaçon  
Verres de lunettes  
Clefs USB, claviers, télécommandes, ...



ATTENTION  
Machine à déplacement  
automatique  
DANGER  
DEFENSE D'ENTRER



# DÉCOUPE



# DÉCOUPE

## Faisceau :

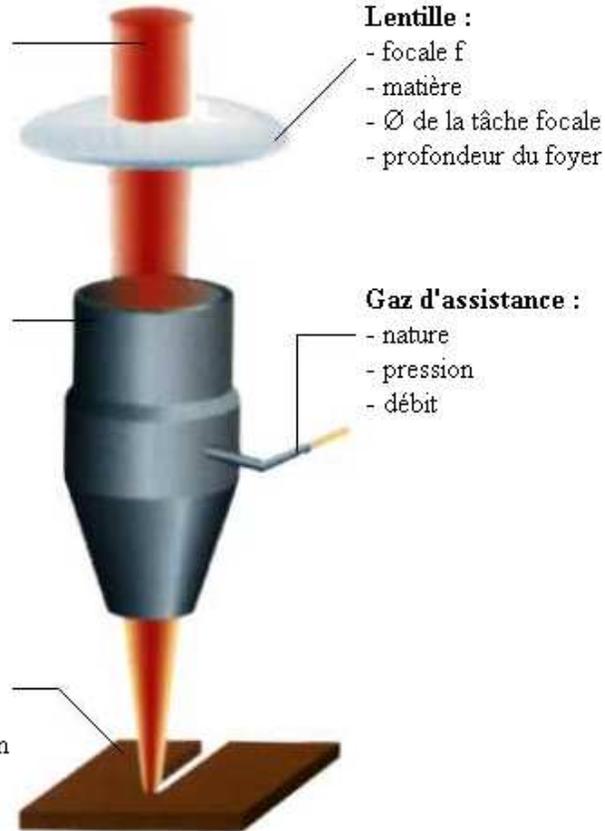
- puissance ou intensité
- longueur d'onde
- durée d'impulsion
- Ø du faisceau

## Buse :

- Ø de sortie
- forme du canal
- distance pièce/buse

## Matériau :

- réflectivité
- état de surface
- diffusivité thermique
- masse volumique
- chaleur spécifique
- température de fusion
- température de vaporisation
- vitesse de déplacement



## Lentille :

- focale  $f$
- matière
- Ø de la tâche focale
- profondeur du foyer

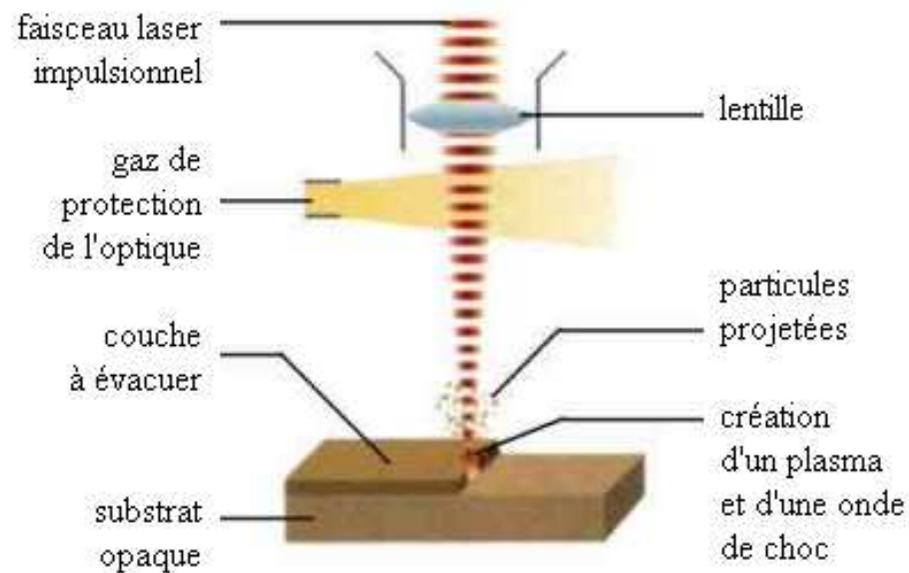
## Gaz d'assistance :

- nature
- pression
- débit

Bois  
Acier  
Inox  
Aluminium  
Cuivre  
Plastique  
Papier  
Céramique  
Silicium

Costumes sur mesure  
Airbag  
Présentoirs en plexi  
Habillage de poussettes  
Mobilier  
Marqueterie  
Aéronautique  
Automobile  
Horlogerie  
Sous-titre des films argentiques

# NETTOYAGE



Rail des chemins de fer  
Monuments historiques

# NETTOYAGE



Cathédrale d'Amiens



# NETTOYAGE



# FUSION NUCLÉAIRE

Essais nucléaires

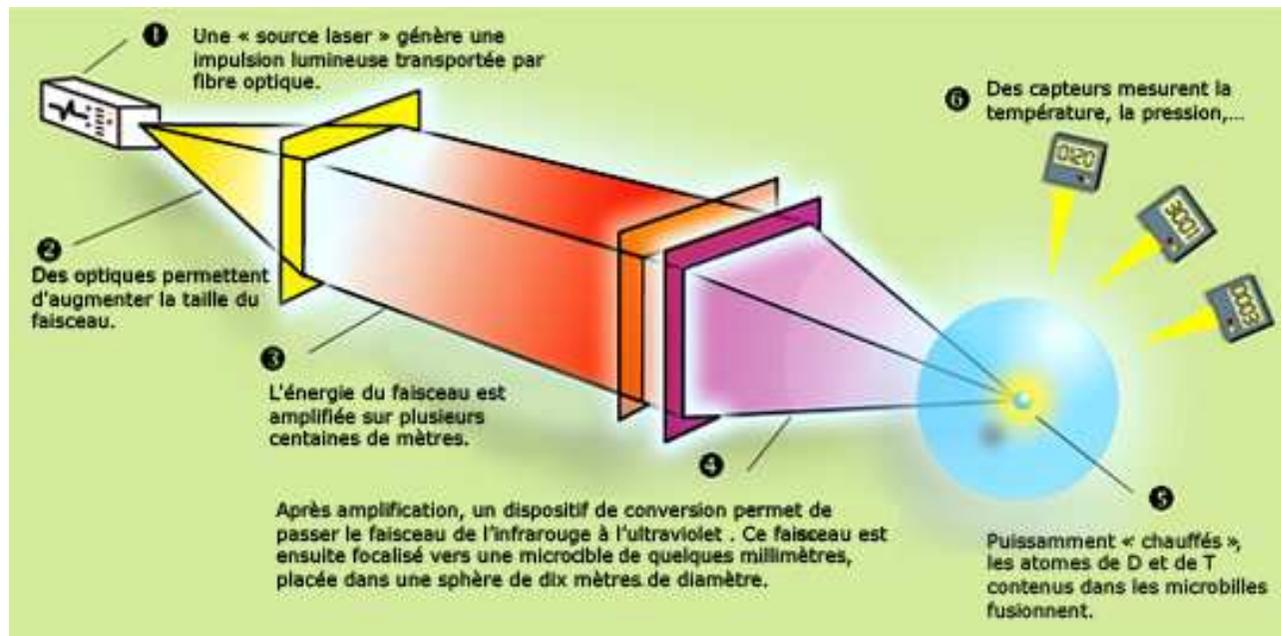
Centrales nucléaires → centrales à fusion inertielle

NIF (National Ignition Facility) du Lawrence Livermore Nat. Lab. (Californie)

Laser Megajoule du CEA (Bordeaux)

# FUSION NUCLÉAIRE

## Laser Megajoule (Bordeaux)



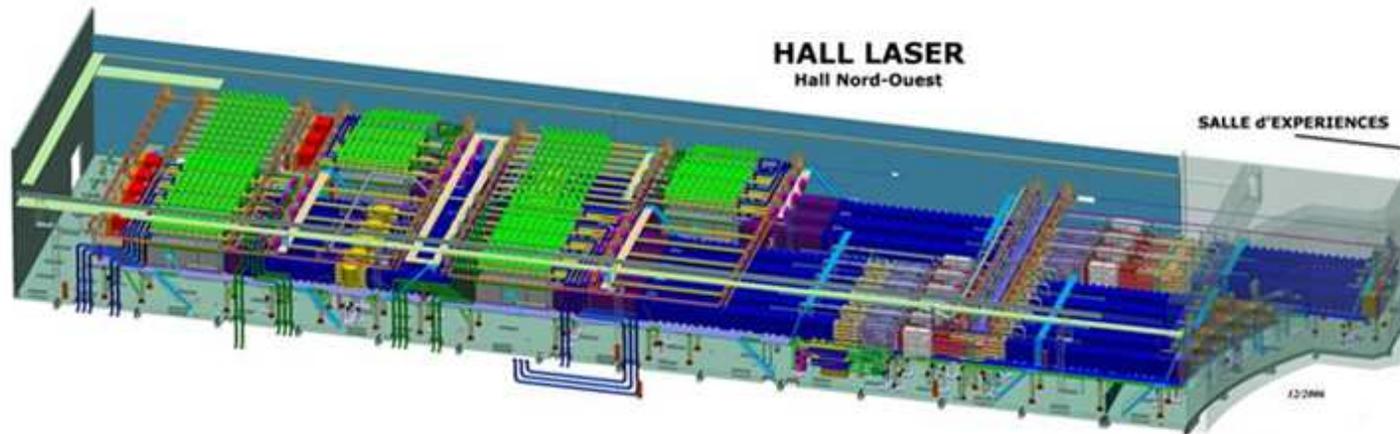
# FUSION NUCLÉAIRE

## Laser Megajoule (Bordeaux)

Les faisceaux sont assemblés par 8 pour constituer une chaîne laser

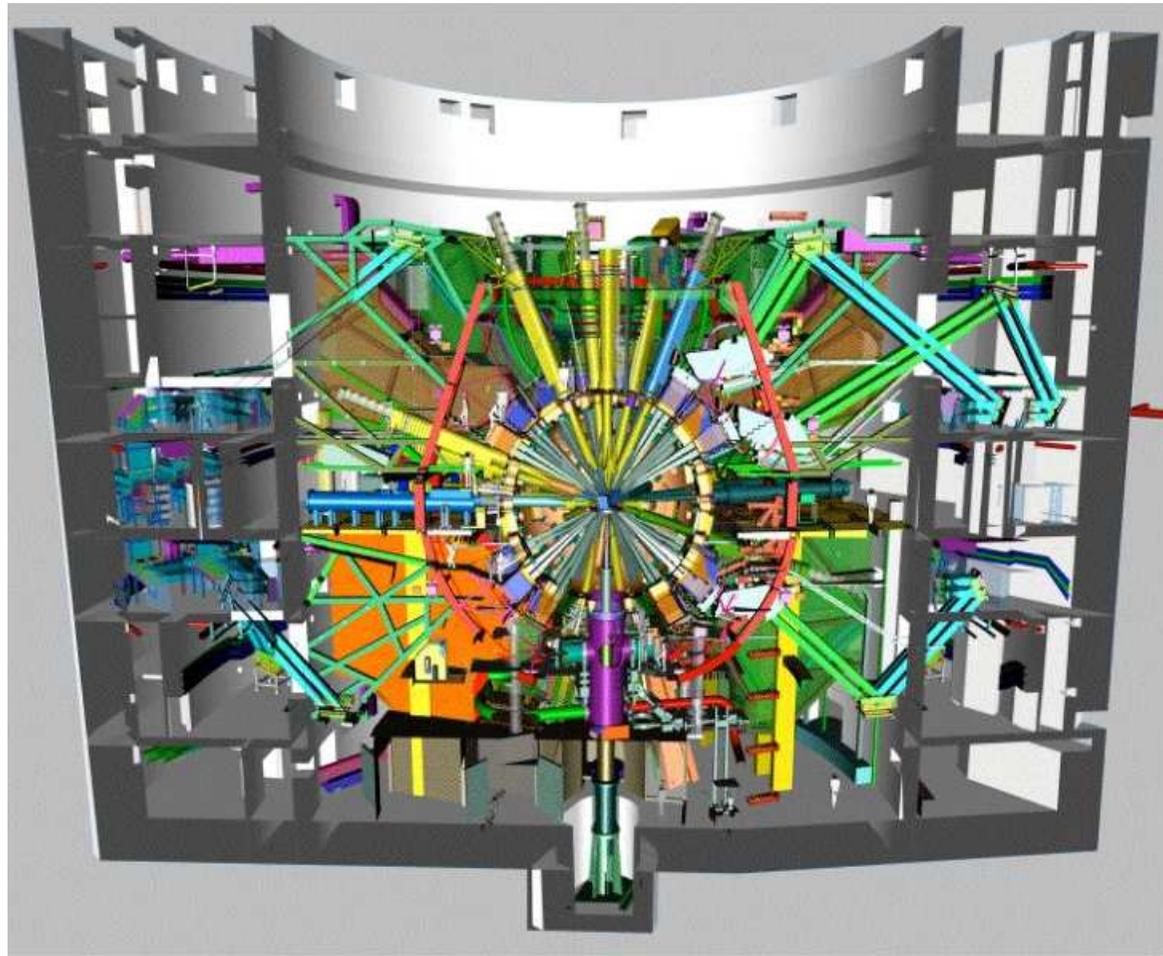


Les 30 chaînes sont implantées dans 4 halls de part et d'autre de la chambre



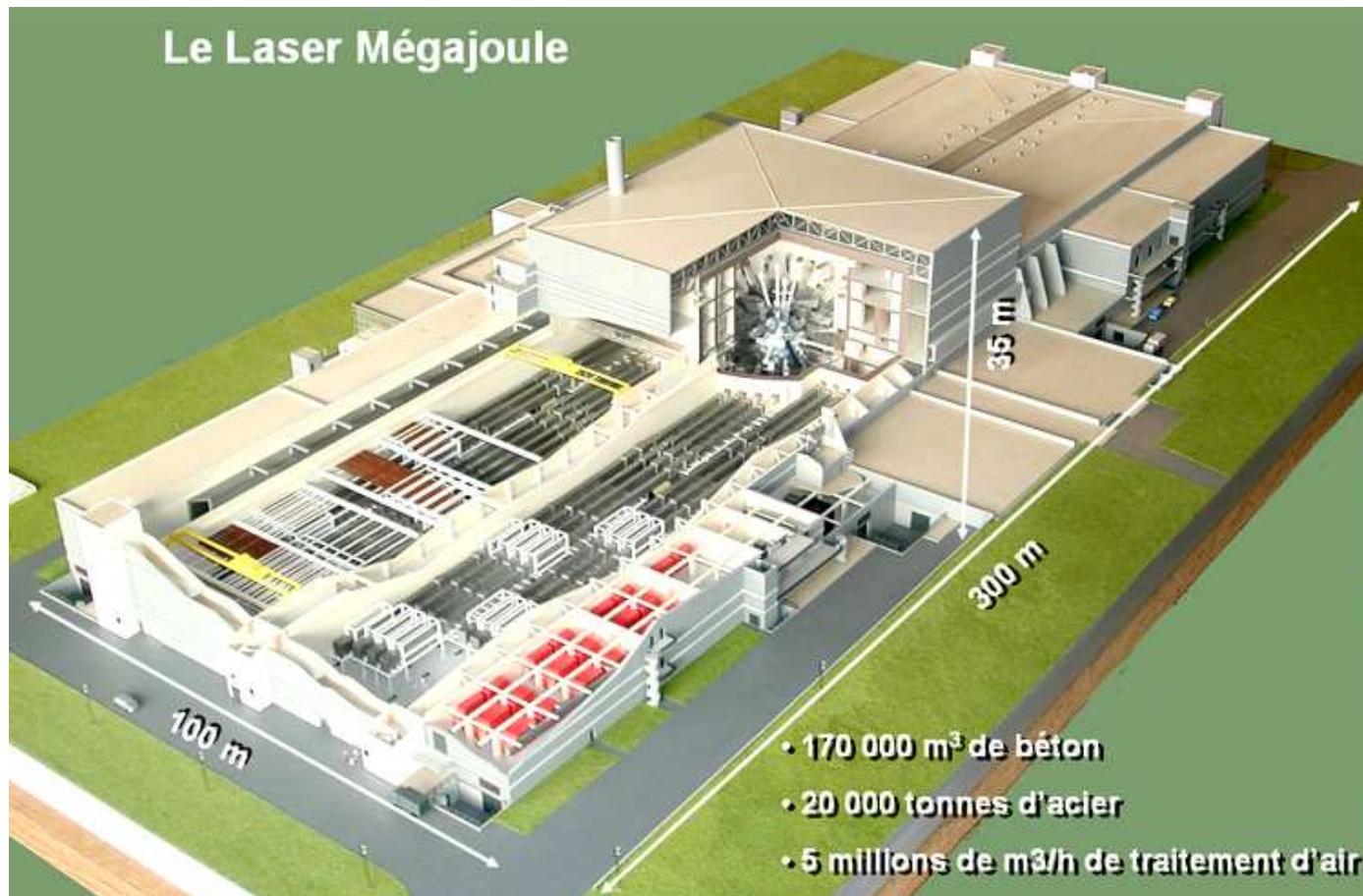
# FUSION NUCLÉAIRE

Laser Megajoule (Bordeaux)



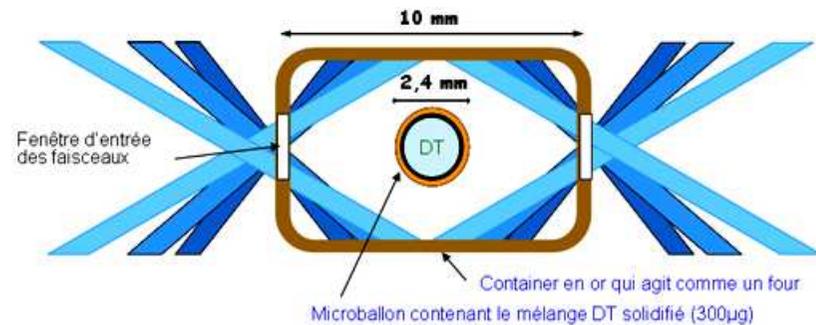
# FUSION NUCLÉAIRE

## Laser Mégajoule (Bordeaux)



# FUSION NUCLÉAIRE

## Laser Megajoule (Bordeaux)



Quelques centaines de  $\mu\text{g}$  de DT  
10 millions de degrés  
Des milliards de fois la pression atmosphérique  
Gain de 10 en énergie

Mise en service prévue courant 2015

# FUSION NUCLÉAIRE

Laser Megajoule (Bordeaux)



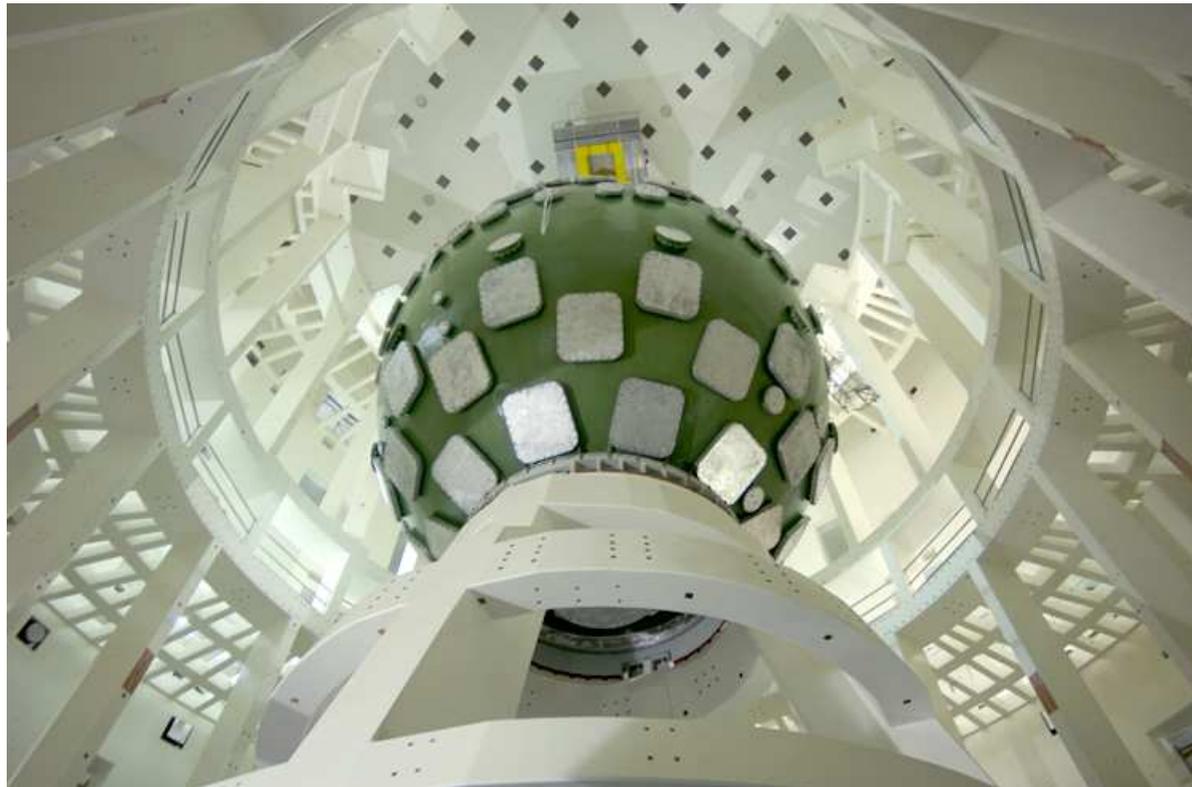
# FUSION NUCLÉAIRE

Laser Megajoule (Bordeaux)



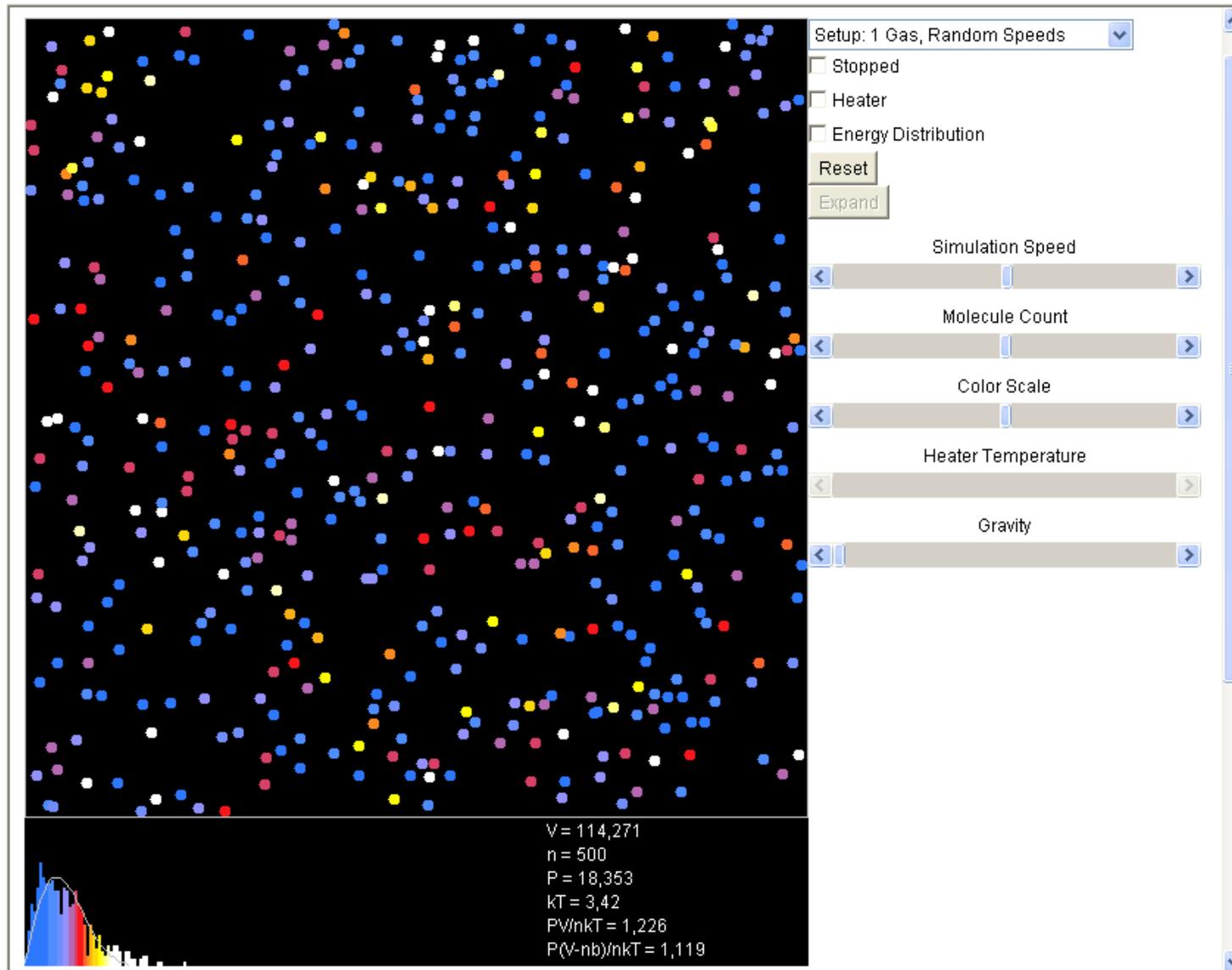
# FUSION NUCLÉAIRE

Laser Megajoule (Bordeaux)



# ATOMES FROIDS

température = agitation thermique = vitesse des atomes

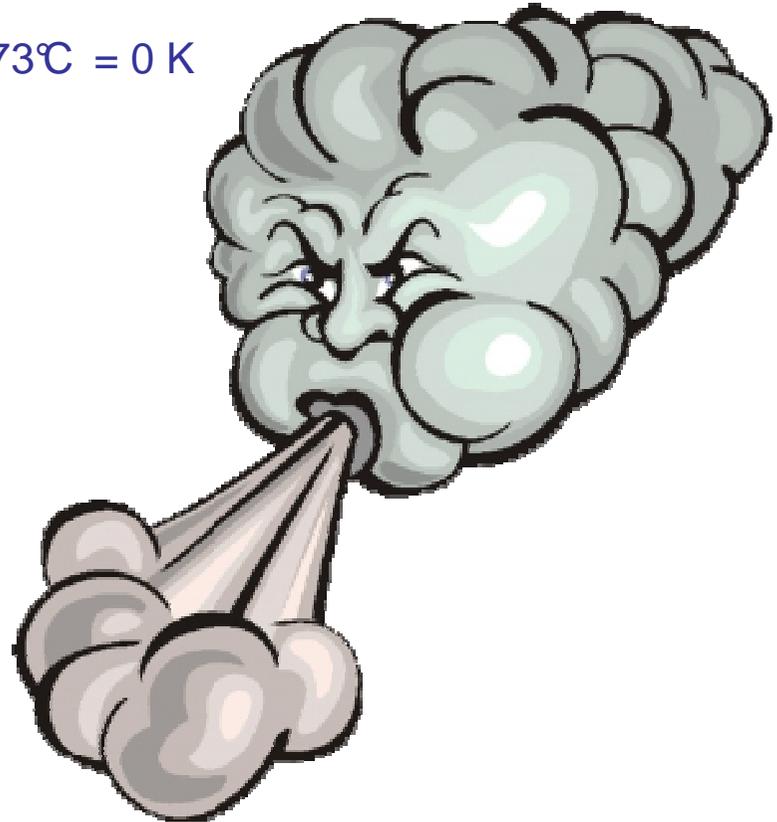


# ATOMES FROIDS

température = agitation thermique = vitesse des atomes

atomes à l'arrêt = température zéro absolue =  $-273^{\circ}\text{C}$  =  $0\text{ K}$

refroidir des atomes = ralentir des atomes

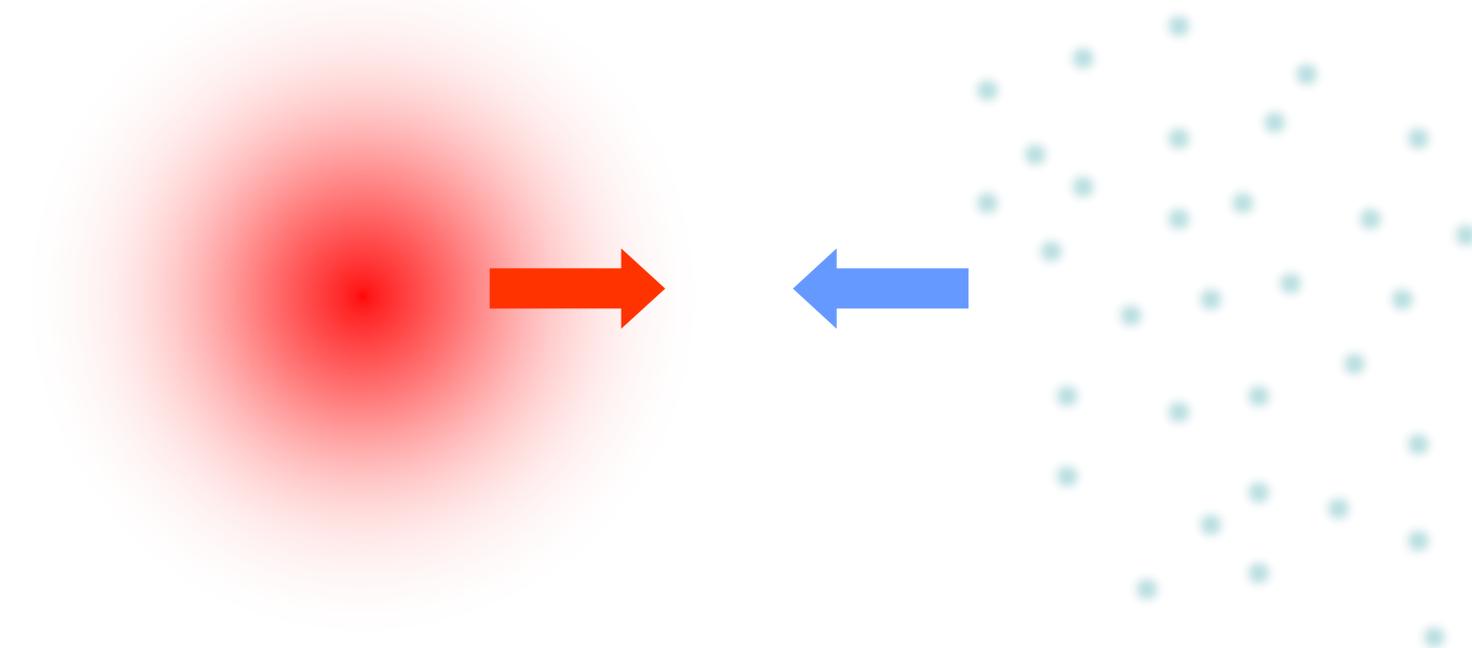


# ATOMES FROIDS

température = agitation thermique = vitesse des atomes

atomes à l'arrêt = température zéro absolue =  $-273^{\circ}\text{C}$  =  $0\text{ K}$

refroidir des atomes = ralentir des atomes

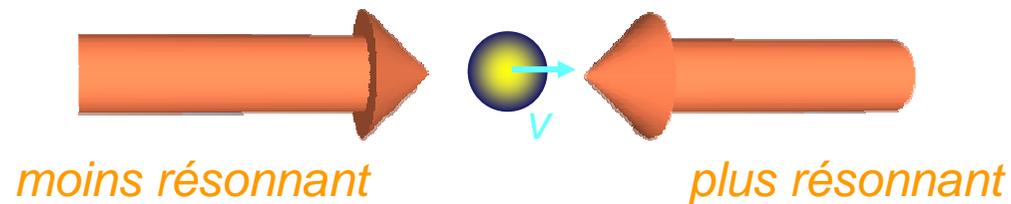


# ATOMES FROIDS

Pièges magnéto-optiques (MOT)  $\longrightarrow$  Refroidissement des atomes à  $5 \mu\text{K}$  (Cs)

## Principe

*Échange d'impulsion entre les photons et les atomes pendant la diffusion*



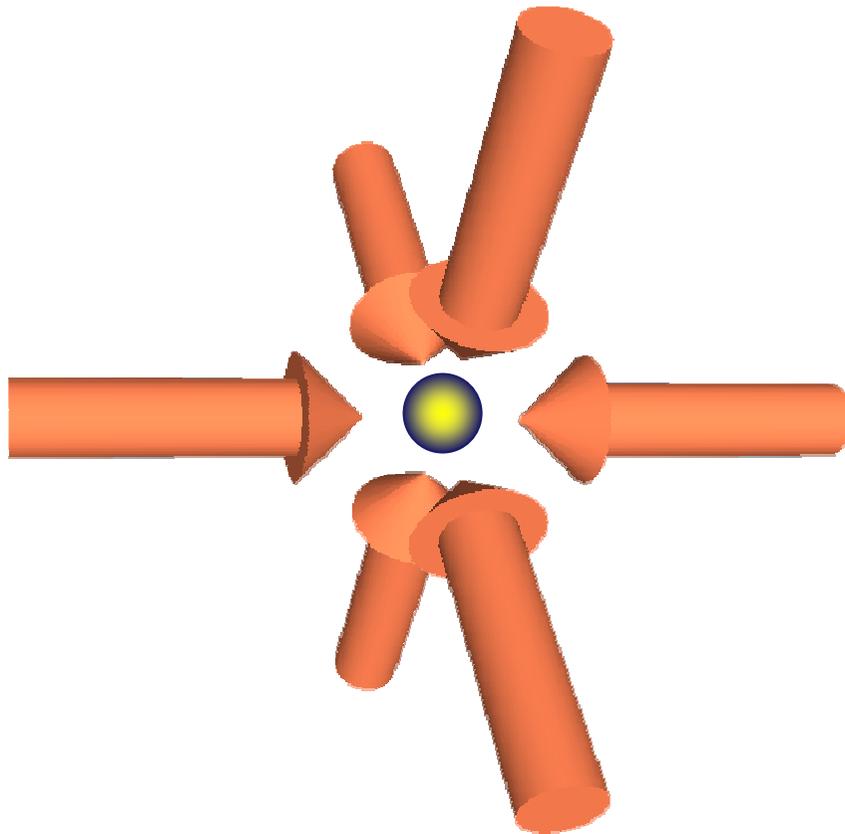
*La lumière est décalée vers le rouge de la transition atomique*

*décalage  $\delta$*

# ATOMES FROIDS

Pièges magnéto-optiques (MOT) → Refroidissement des atomes à  $5 \mu\text{K}$  (Cs)

## Principe



6 faisceaux pour refroidir dans toutes les directions

→ mélasse

+ champ magnétique

ajoute une force de rappel  
centre du MOT en  $B=0$

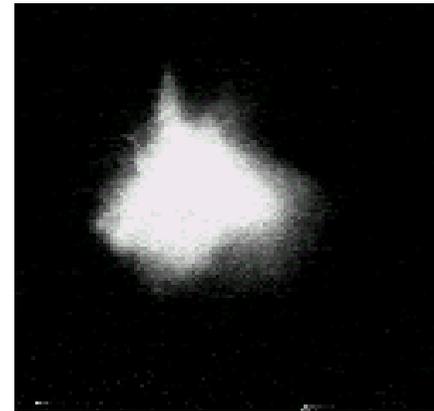
+ caméra

voir les atomes grâce à la  
fluorescence

# ATOMES FROIDS

*Pièges magnéto-optiques (MOT)* → *Refroidissement des atomes à 5  $\mu$ K (Cs)*

Principe



# ATOMES FROIDS

température = agitation thermique = vitesse des atomes



$\mu\text{K}$ , nK

Important pour la physique quantique  
Condensation de Bose Einstein  
2 prix Nobel de Physique  
1997: Cohen Tannoudji (Chu, Phillips)  
2001

Horloges atomiques (GPS)