

Physique
pour Tous !

Saison 4
2021-2022

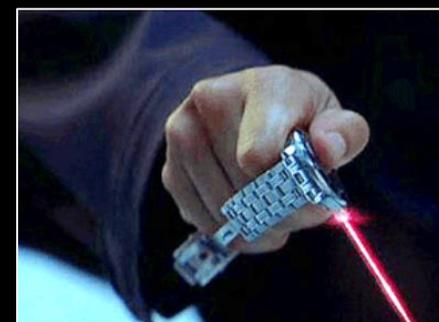
Cycle

« Physique & Cinéma, édition spéciale 007 »

JAMES BOND ET LE **LASER** :

UNE LONGUE
HISTOIRE D'AMOUR

Do you expect
me to attend
the course?



Mardi 05/10/2021, de 18h15 à 19h45,
amphi Fresnel

Introduction



- Grâce au département Q, James Bond est toujours à la pointe de la technologie.
- Le laser a été inventé en 1960.
1^{ère} application industrielle (usinage de diamant) en 1965.
- En 1964, sortie de Goldfinger sur les écrans de cinéma (adapté du livre de Fleming de 1959)
→ 1^{ère} apparition d'un laser au cinéma.

Plusieurs questions sous-jacentes :

- Qu'est-ce qu'un laser ?
- Est-ce que la représentation du laser au cinéma est correcte ?
- Est-ce que James Bond fait bon usage de laser ?



Au programme ce soir

1. La notion de physique : le laser
2. La découpe laser
3. Est-ce que le faisceau laser est visible à l'œil ?
4. La visée laser
5. Le pistolet laser



Disclaimer

Toutes les cascades montrées dans les extraits de films ont été réalisées par des professionnels ou sont le fruit de la magie du cinéma.

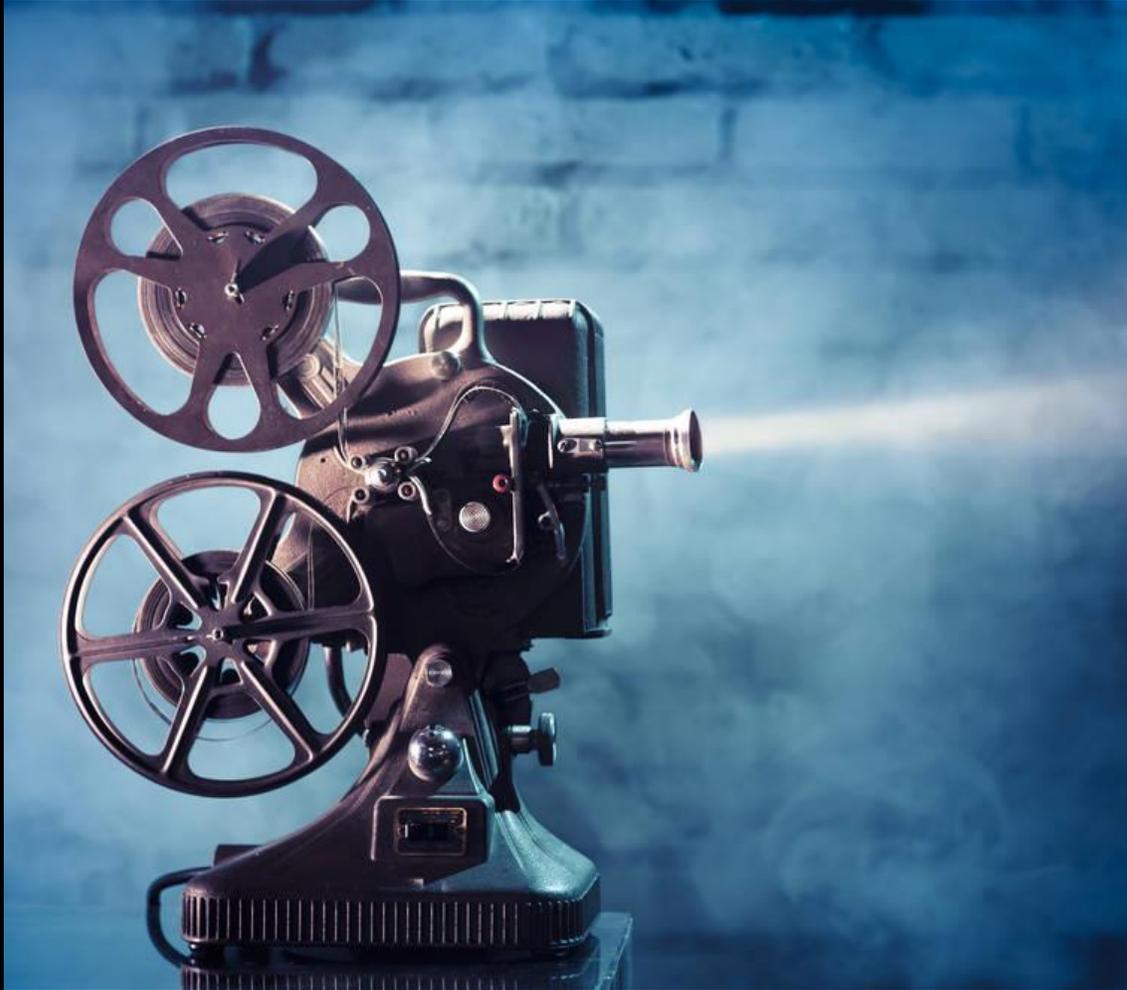
N'essayez surtout pas de les reproduire chez vous !



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a stage. A large, bright white screen is positioned at the front of the theater, displaying the title in blue text. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is that of a quiet, empty cinema.

1. La notion de physique : le laser

Le laser de Goldfinger



Extrait de « *Goldfinger* », 1964, EON Productions



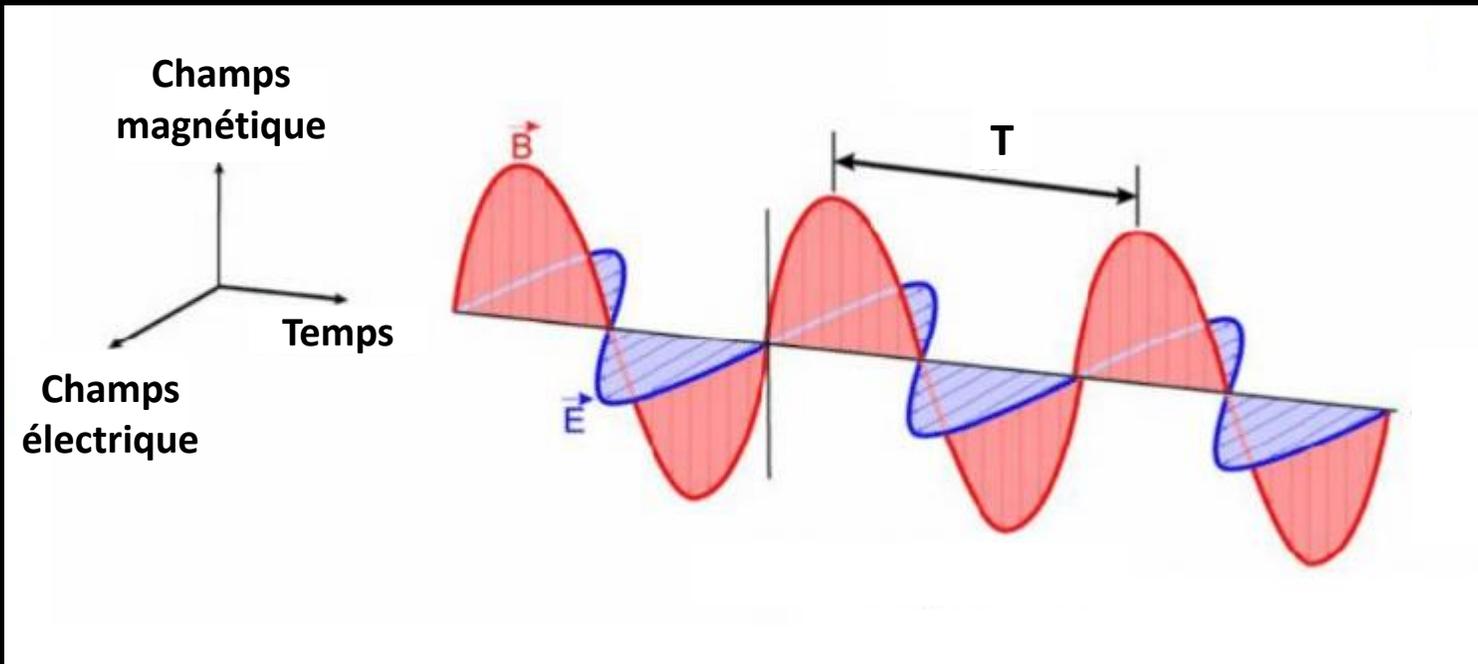
James Bond est capturé par les hommes de Goldfinger. Il est mis à mort de façon originale.

<https://www.youtube.com/watch?v=DoQwKe0lggw>



Comment représenter la lumière ?

La lumière comme une onde électromagnétique



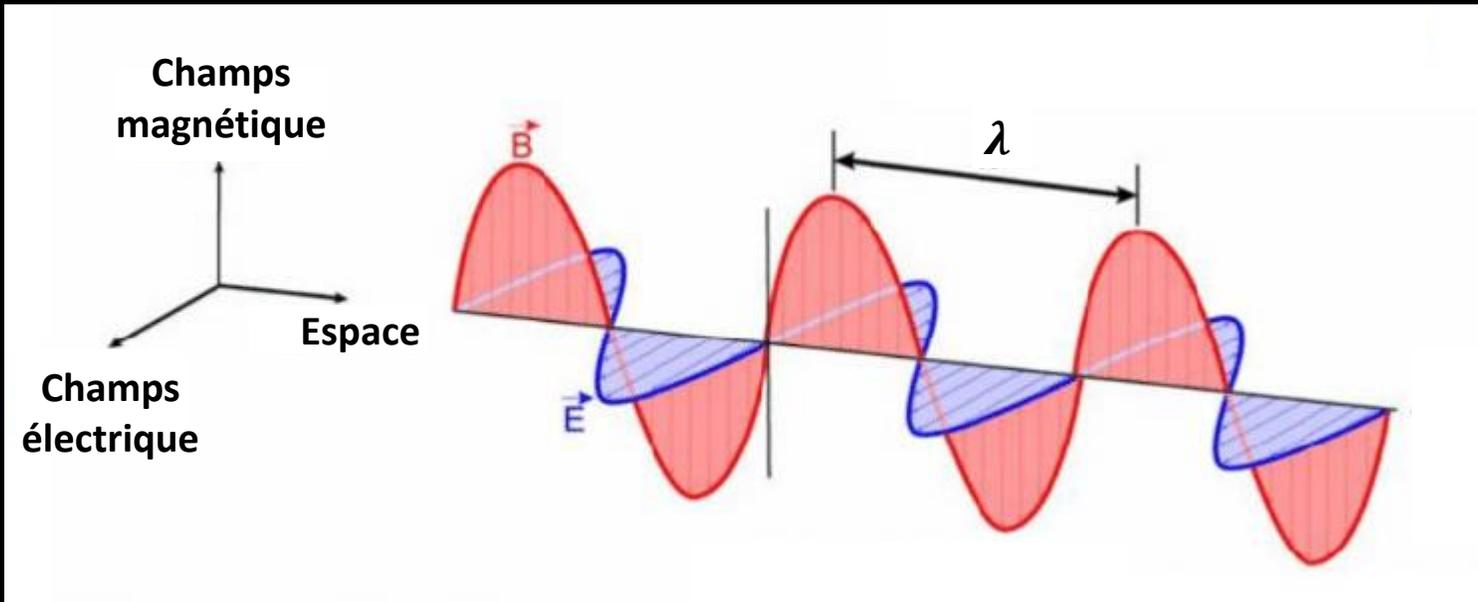
Périodique dans le temps :

- La période temporelle T (en s)
- La fréquence temporelle $\nu = \frac{1}{T} =$ (en $s^{-1} = \text{Hz}$)



Comment représenter la lumière ?

La lumière comme une onde électromagnétique



Périodique dans le temps :

- La période temporelle T (en s)
- La fréquence temporelle $\nu = \frac{1}{T} =$ (en $s^{-1} = \text{Hz}$)

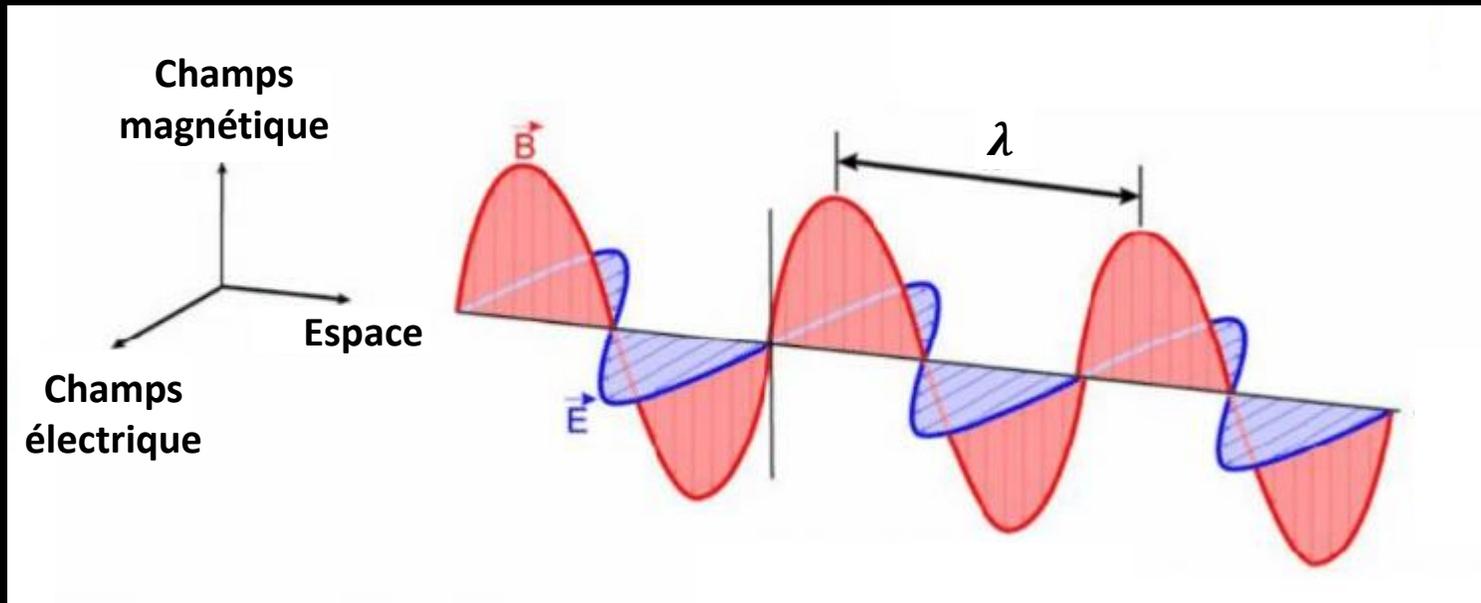
Périodique dans l'espace :

- La période spatiale = la longueur d'onde λ (en m)



Comment représenter la lumière ?

La lumière comme une onde électromagnétique



Périodique dans le temps :

- La période temporelle T (en s)
- La fréquence temporelle $\nu = \frac{1}{T}$ (en $s^{-1} = Hz$)

Périodique dans l'espace :

- La période spatiale = la longueur d'onde λ (en m)

Relation entre temps et espace :

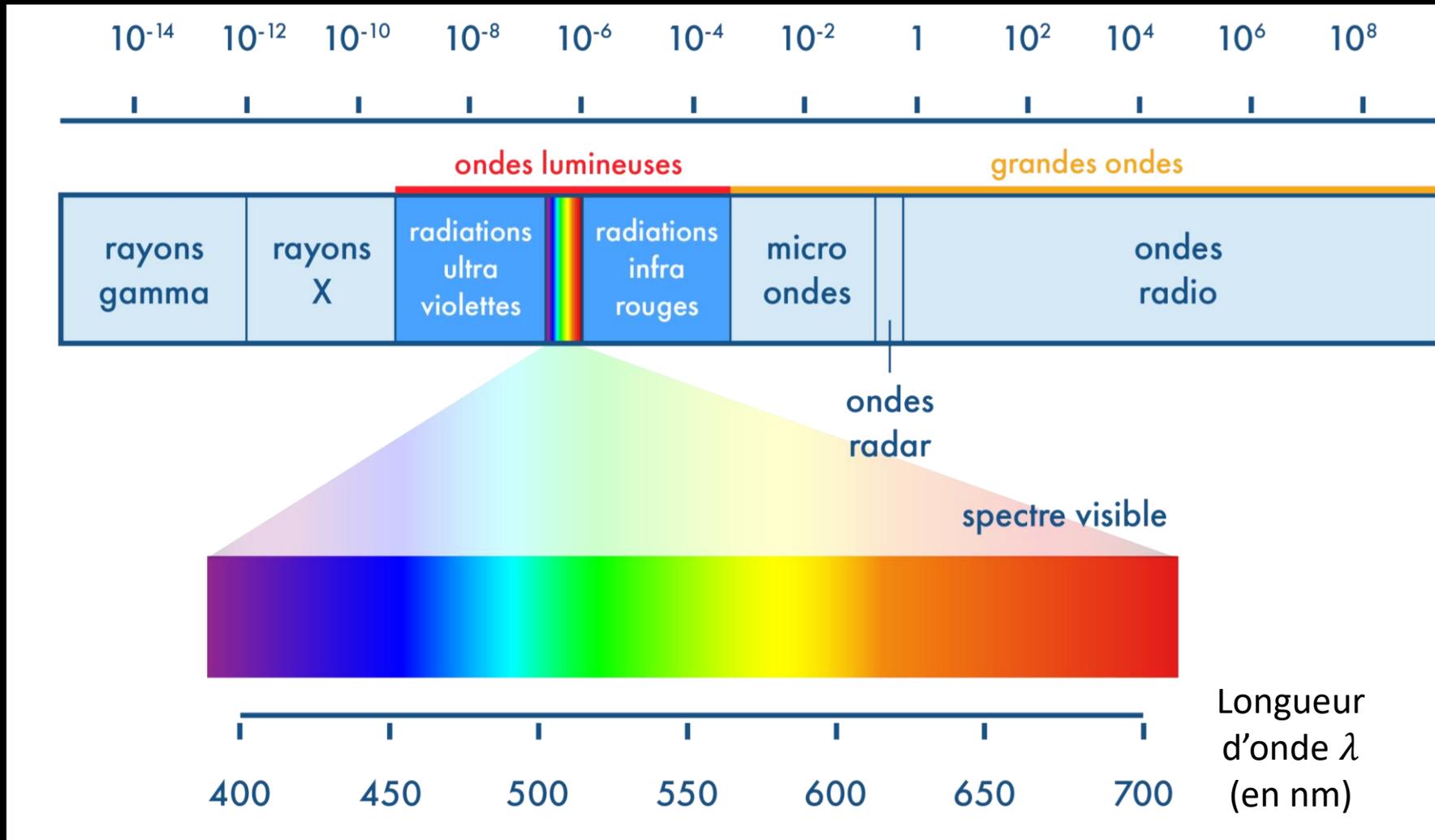
$$\lambda = \frac{c}{n \cdot \nu}$$

vitesse de la lumière dans le vide $3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Indice de réfraction du milieu dans lequel se meut la lumière



Comment représenter la lumière ?

Longueur
d'onde λ
(en m)

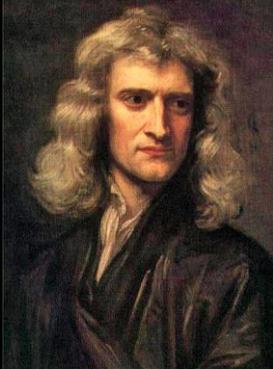


Longueur
d'onde λ
(en nm)

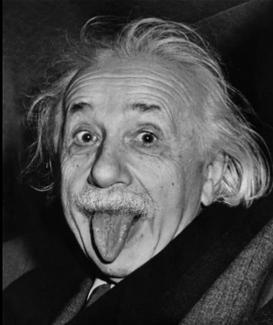


Comment représenter la lumière ?

La lumière comme corpuscule



- **1672** : **Newton** imagine que la lumière = ensemble de petites particules voyageant à grande vitesse. Sa théorie est abandonnée lorsque l'on découvre les propriétés ondulatoires de la lumière.



- **1905** : **Einstein** essaye d'expliquer l'effet photoélectrique : un matériau sous l'effet de la lumière émet des électrons. → lumière = corpuscule appelé photons.

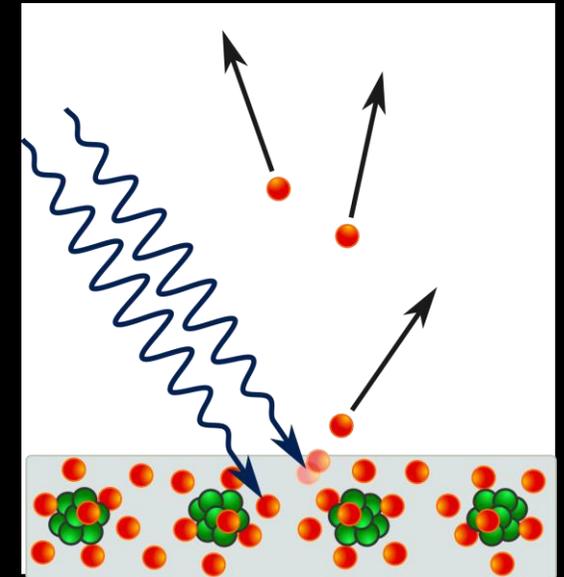
Dualité onde – corpuscule pour la lumière

$$E = h \cdot \nu$$

Energie (J)

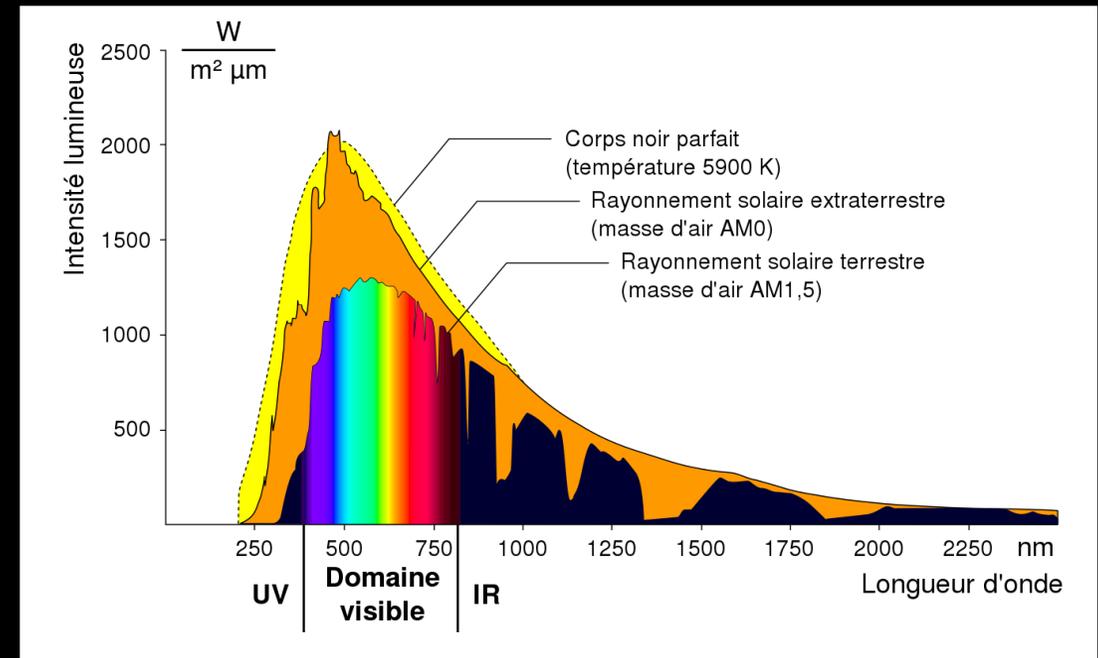
Fréquence
($s^{-1} = \text{Hz}$)

Constante de Planck
 $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$



Source de lumière naturelle

- La lumière du Soleil est d'origine nucléaire (réaction de fusion).
- Elle est diffuse : elle part dans toutes les directions.
- Elle est polychromatique : toutes les longueurs d'onde sont présentes dans le spectre.



Source de lumière artificielle



Ampoule à incandescence



Ampoule LED (light-emitting diode)



Source de lumière artificielle



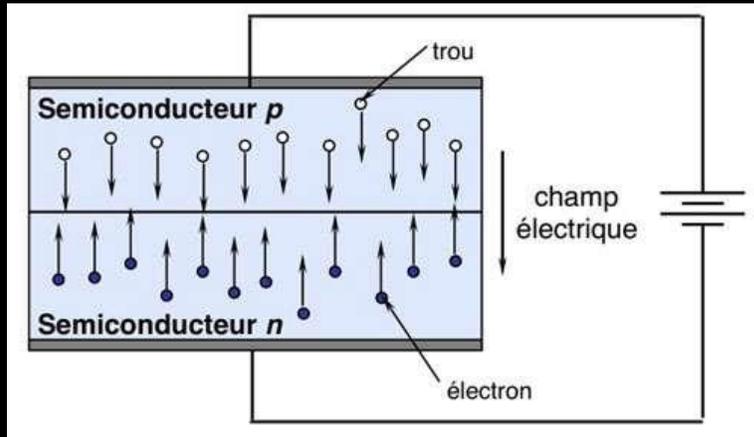
Ampoule à incandescence

- Lumière émise par **incandescence** : on chauffe un matériau à très haute température (quelques milliers de °C).
- C'est le filament qui est chauffé. Matériau = tungstène car point de fusion très élevé (3 422 °C)
- A l'intérieur de l'ampoule, on enlève O₂ pour éviter phénomène de combustion.
→ On fait le vide dans l'ampoule ou on remplit par un gaz noble.
- La teinte de couleur (chaude / froide) dépend de la température à laquelle on chauffe le filament : on favorise certaines longueur d'ondes par rapport aux autres.
- Caractéristiques id à la lumière du Soleil : diffuse, polychromatique.



Source de lumière artificielle

- Lumière émise par **électroluminescence** : émission de lumière quand une jonction PN est soumise à un champ électrique intense.



- La couleur de la lumière émise par une LED dépend de la nature du semi-conducteur (mais ça reste du polychromatique).
- Avantage : faible consommation électrique + longue longévité
- Caractéristiques id à la lumière du Soleil : diffuse, polychromatique.

Ampoule LED (light-emitting diode)



Source de lumière artificielle

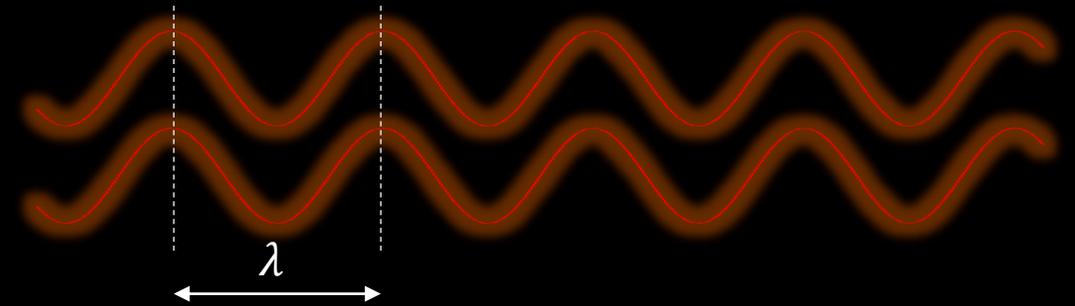


Le laser (light amplification by stimulated emission of radiation)

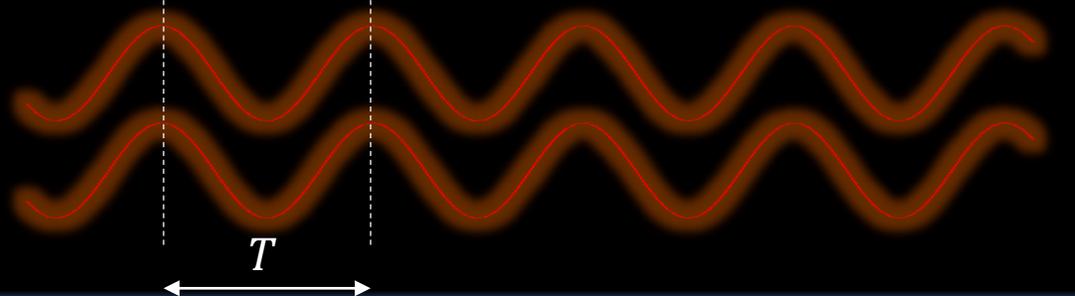
Propriétés :

- Faisceau quasi monodirectionnel (peu de divergence).
- Monochromatique : 1 seule longueur d'onde.

Cohérence spatiale :



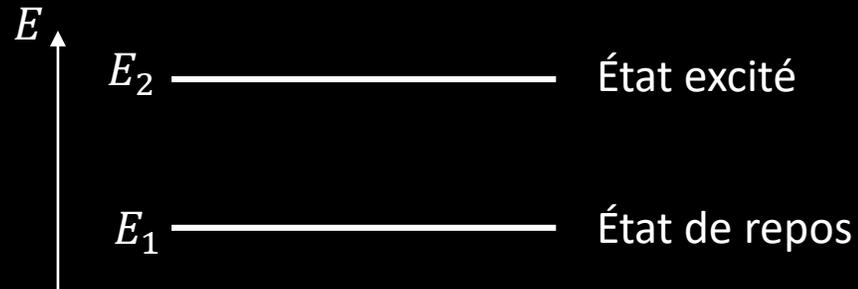
Cohérence temporelle :



Fonctionnement du laser

1913 : Absorption et émission de lumière au niveau atomique

Hypothèse : 1 atome avec 2 niveaux d'énergie E_1 et E_2



Révolution scientifique : les états d'énergie des atomes sont quantifiés !!!



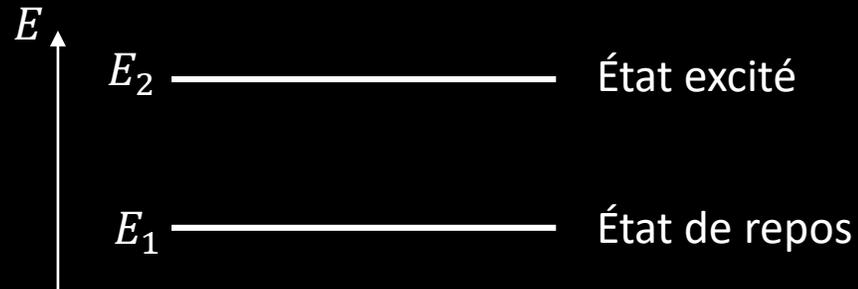
Niels Bohr



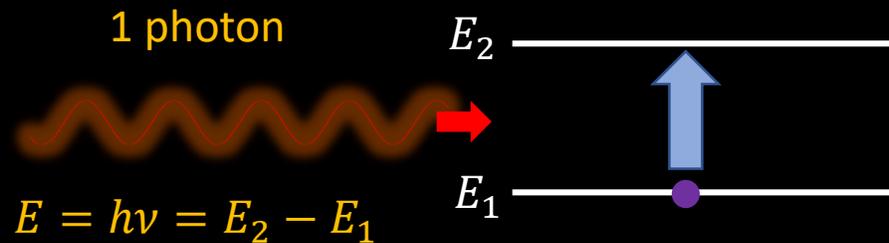
Fonctionnement du laser

1913 : Absorption et émission de lumière au niveau atomique

Hypothèse : 1 atome avec 2 niveaux d'énergie E_1 et E_2



1) Phénomène d'absorption



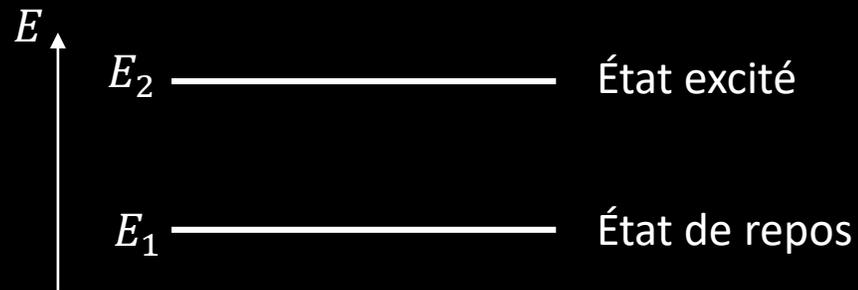
Niels Bohr



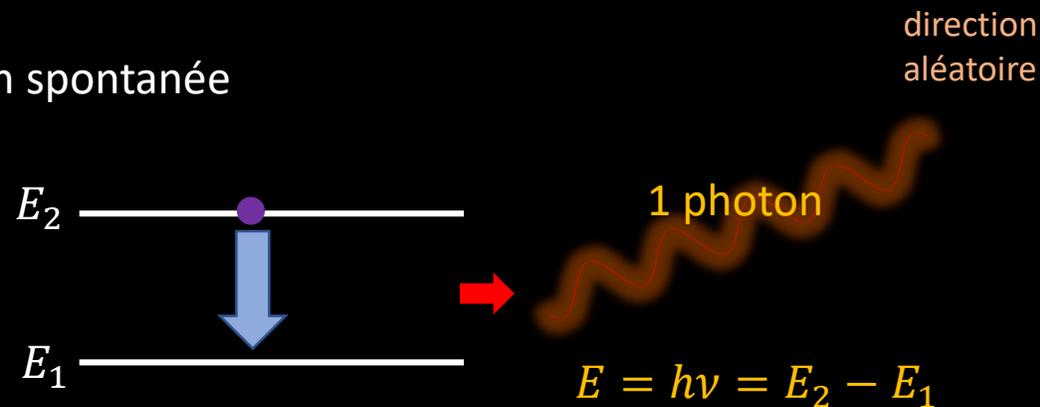
Fonctionnement du laser

1913 : Absorption et émission de lumière au niveau atomique

Hypothèse : 1 atome avec 2 niveaux d'énergie E_1 et E_2



2) Phénomène d'émission spontanée



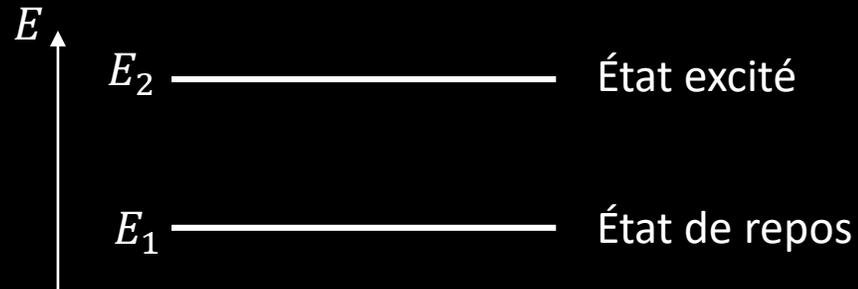
Niels Bohr



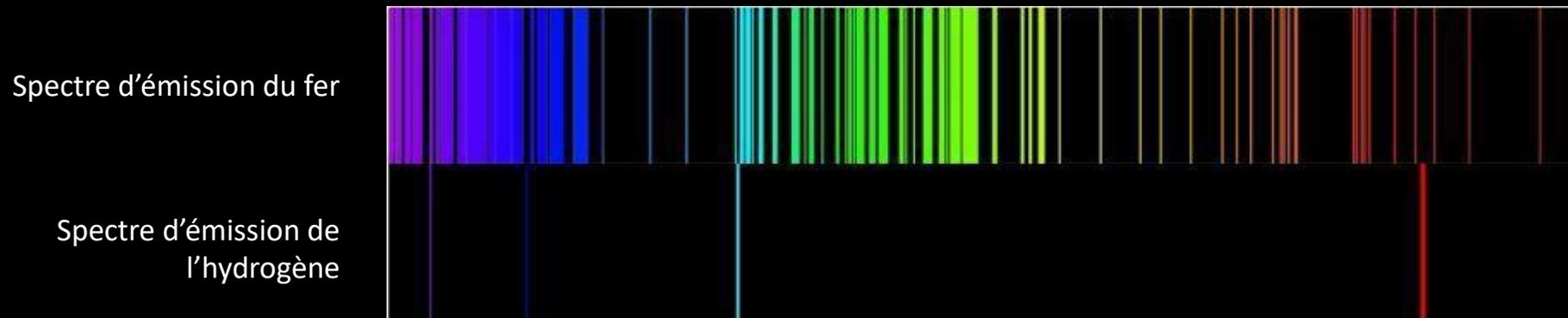
Fonctionnement du laser

1913 : Absorption et émission de lumière au niveau atomique

Hypothèse : 1 atome avec 2 niveaux d'énergie E_1 et E_2



2) Phénomène d'émission spontanée



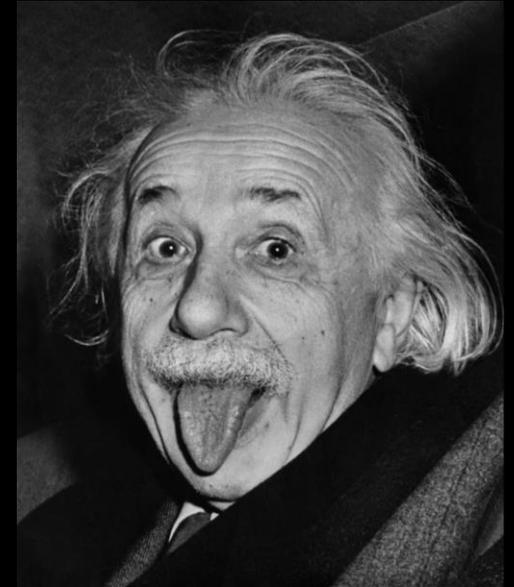
Niels Bohr



Fonctionnement du laser

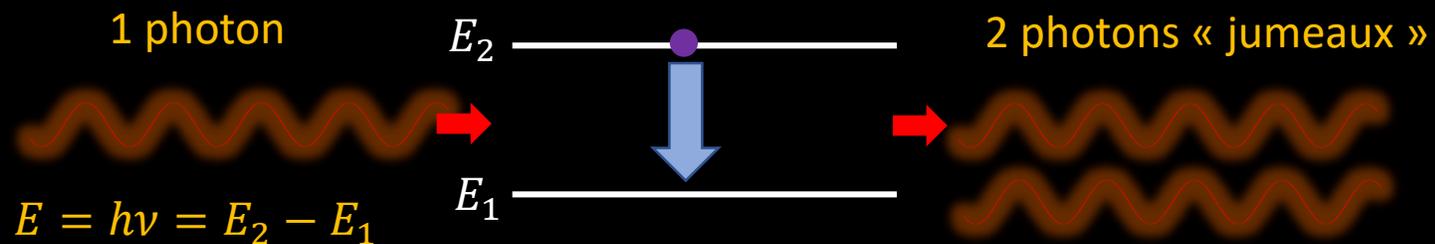
1917 : Emission stimulée de lumière au niveau atomique

Hypothèse : 1 atome avec 2 niveaux d'énergie E_1 et E_2



Albert Einstein

3) Phénomène d'émission stimulée

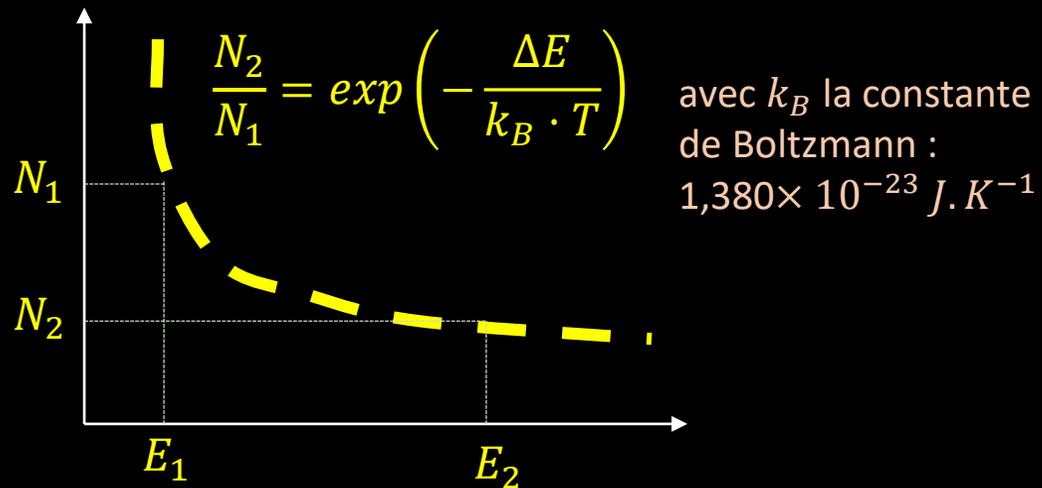


Fonctionnement du laser

Le principe de pompage

Pour privilégier l'émission spontanée, il faut que les atomes soient majoritairement excités, c'est-à-dire dans l'état E_2 .

A l'équilibre thermodynamique, ce n'est pas le cas comme le rappelle la loi de Boltzmann.



Petit calcul

Pour $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$,

Pour $\Delta E = 1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\rightarrow \frac{N_2}{N_1} = 1,6 \times 10^{-17}$$

\rightarrow Les atomes sont quasiment tous au repos.

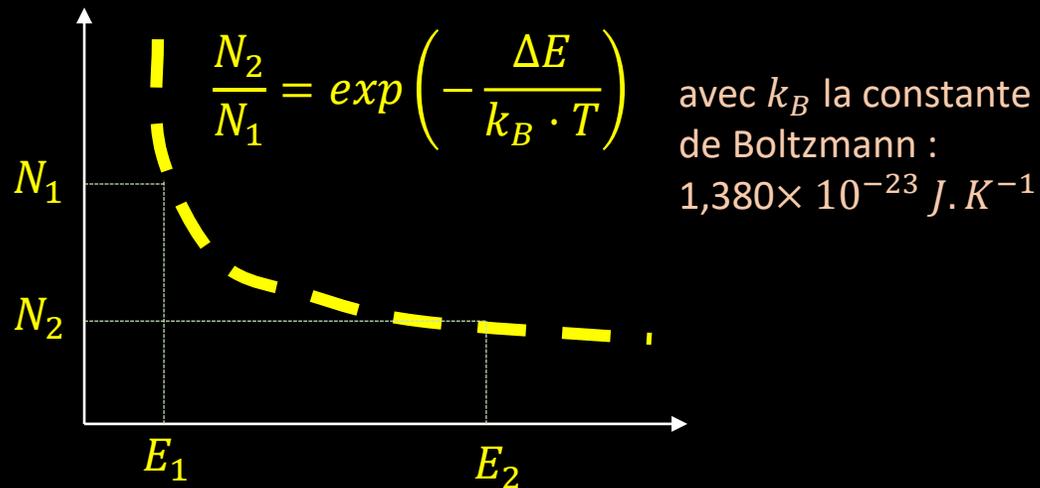


Fonctionnement du laser

Le principe de pompage

Pour privilégier l'émission spontanée, il faut que les atomes soient majoritairement excités, c'est-à-dire dans l'état E_2 .

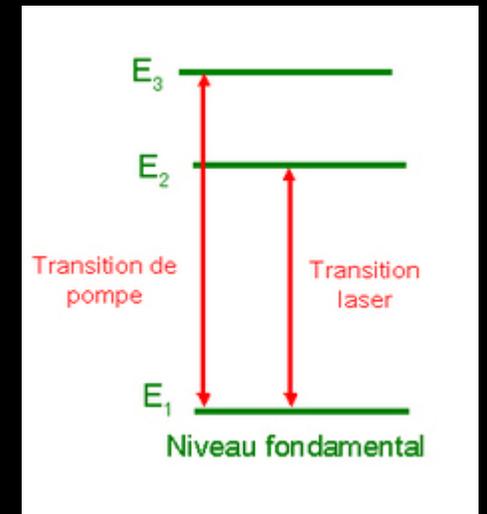
A l'équilibre thermodynamique, ce n'est pas le cas comme le rappelle la loi de Boltzmann.



Il faut créer une situation hors équilibre **en apportant de l'énergie** au système : c'est ce que l'on appelle le **pompage**.

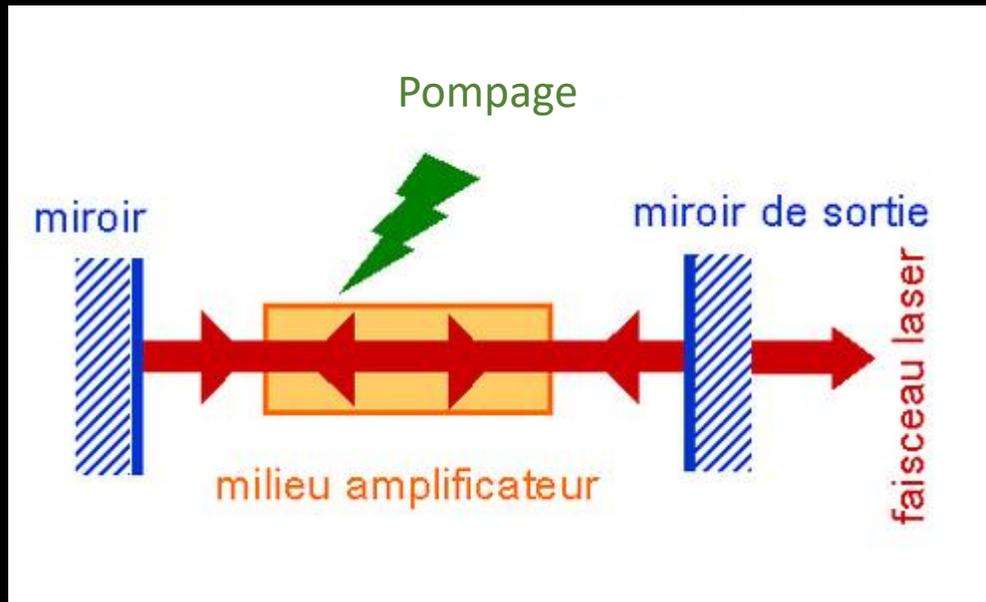
On peut montrer qu'avec 2 niveaux d'énergie, on peut au mieux avoir $N_2 = N_1$ et pas $N_2 > N_1$.

Il est nécessaire d'avoir au moins 3 niveaux d'énergie.



Fonctionnement du laser

La cavité laser (Fabry-Perot)

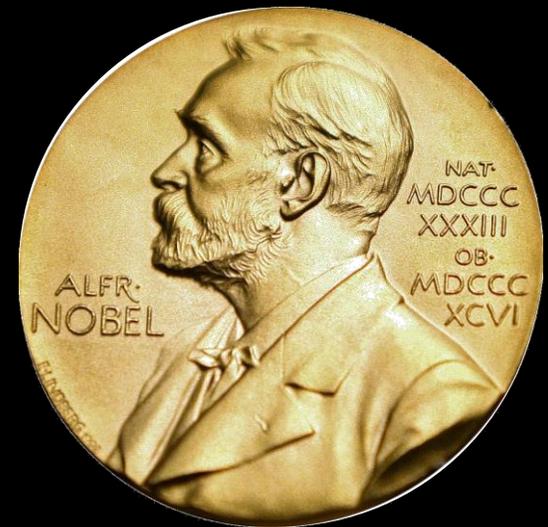


- Le milieu = gaz, solide, liquide
- On passe les atomes du milieu à l'état excité grâce à un procédé appelé **pompage**, soit de façon permanente, soit de façon transitoire.
- Le milieu est compris entre 2 **miroirs** :
 - Le miroir de gauche est totalement réfléchissant.
 - Le miroir de droite est semi-réfléchissant. La lumière sortante constitue le faisceau laser.
- La lumière qui fait des aller-retours est absorbée ou utilisée dans l'émission spontanée. C'est le deuxième phénomène qui est prépondérant : on a une **amplification** de la lumière.



Historique du laser

- 1917 : Einstein découvre **l'émission stimulée**.
→ prix Nobel en 1921 mais pour sa compréhension de l'effet photoélectrique.
 - 1950 : Alfred Kastler invente le **pompage optique**.
→ prix Nobel en 1966 pour son inventeur.
 - 1953 : Charles Townes invente le **MASER** (microwave amplification by stimulated emission of radiation).
→ même principe que le LASER mais dans le domaine des micro-ondes.
→ prix Nobel en 1964 pour son inventeur.
 - 1960 : Théodore Maiman invente le **LASER** (light amplification by stimulated emission of radiation) au moyen d'un cristal de rubis (**solide**).
 - 1961 : Ali Javan met au point un LASER au **gaz** (hélium et néon).
 - 1966 : Peter Sorokin construit le premier LASER à **liquide** (colorants).
- + historique de ses applications ...



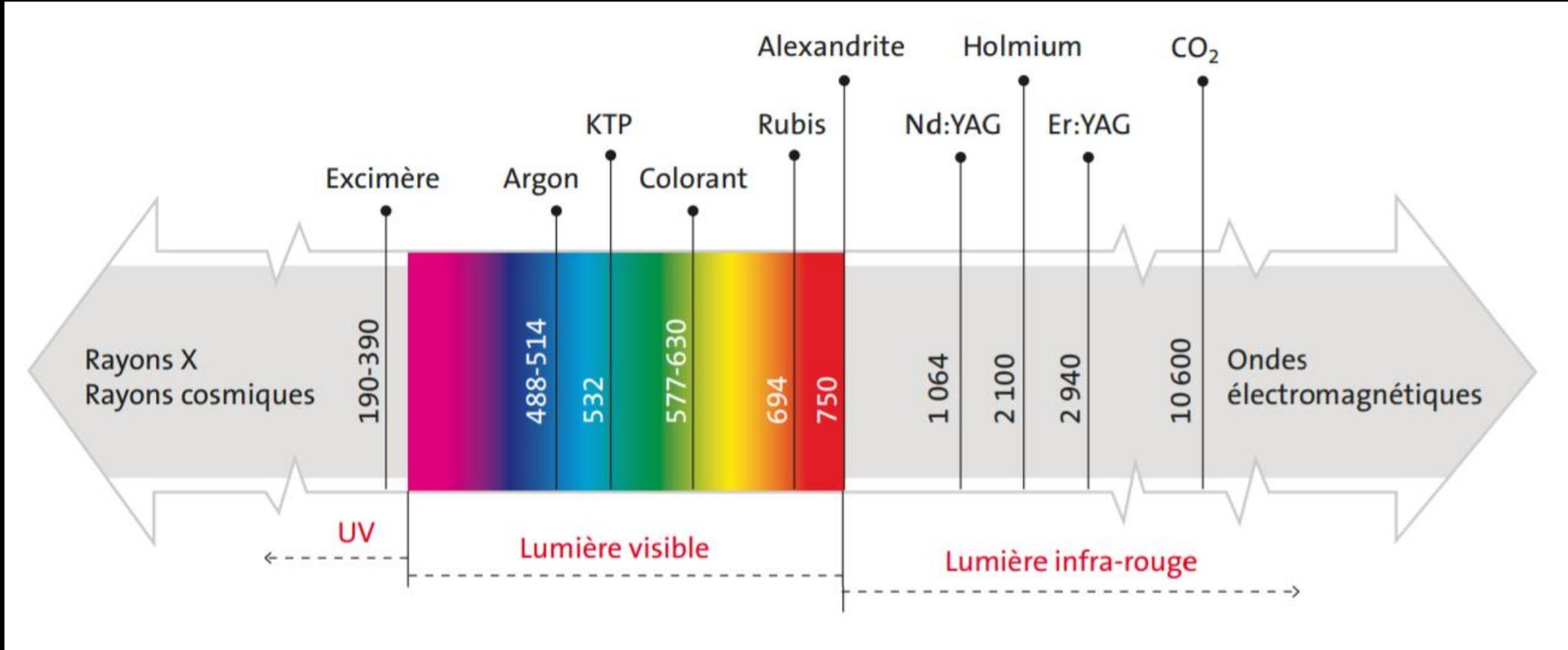
Les différentes familles de laser

Quelques exemples importants

Gaz	Liquide	Solide
He-Ne (couleur rouge)	Lasers qui utilisent un colorant organique dissous dans un solvant. La couleur du faisceau est lié au choix du colorant.	Matrice non conductive + dopée par un ion. Ex : le rubis dopé au chrome (Cr^{4+}) de 1960.
CO_2 (infrarouge, très forte puissance)		La diode laser (semiconducteur)
Argon ionisé (couleur vert-bleu)		Le laser à fibre (fibre optique dopée par des ions rares comme l'ytterbium et l'erbium)
Laser à excimère = association d'un gaz rare (ar, K, Xe) et d'un halogène (Cl, F). Ex : arF, KrF et XeCl		Le laser YAG (grenat d'yttrium et d'aluminium)



Les différentes familles de laser



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large white projection screen at the far end. The screen is illuminated and displays the text '2. La découpe laser' in a bold, blue, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is dimly lit, typical of a cinema or lecture hall.

2. La découpe laser

Puissance et utilisation

Puissance d'entrée

$$\text{Rendement du laser} = \frac{\text{puissance de sortie}}{\text{puissance d'entrée}}$$

≈
1% à 30%

jusqu'à 60% pour la diode laser



Perte sous forme thermique
(principalement à cause du pompage)

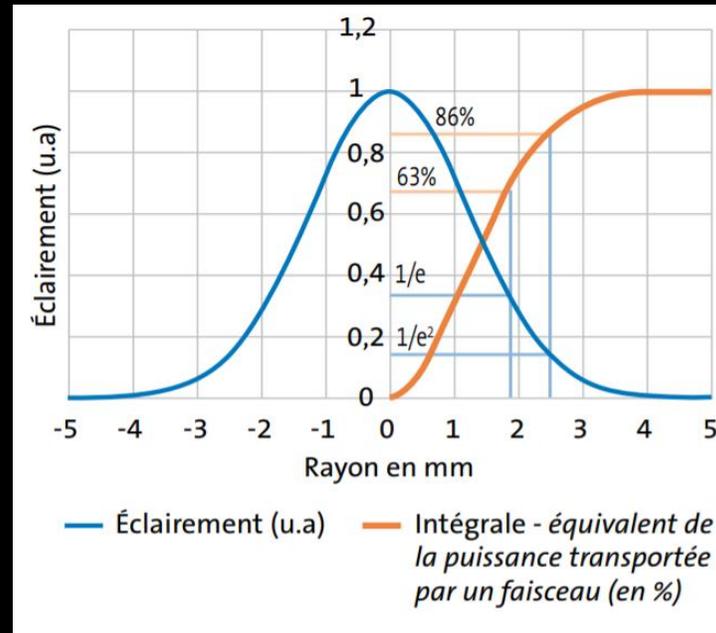
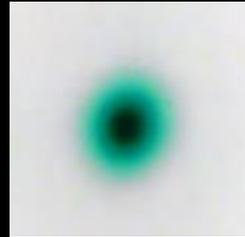
Puissance de sortie



Puissance et utilisation

Pourquoi est-il possible de découper de l'acier avec un faisceau laser ?

La section du faisceau laser produit est généralement circulaire (monomode).

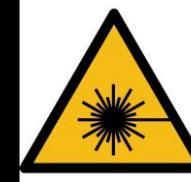


Exemple d'un profil gaussien

La puissance de sortie est concentrée sur une surface de quelques mm² alors qu'une ampoule à incandescence répartit la puissance de sortie dans toutes les directions.



Puissance et danger pour la santé



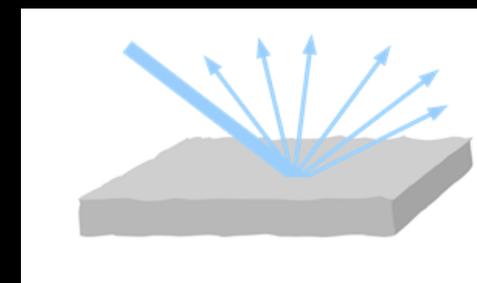
Lésions oculaires



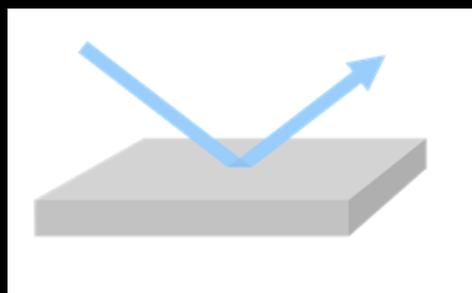
Brûlure cutanée



Réflexion diffuse



Réflexion spéculaire



Puissance de sortie du faisceau laser



Puissance et utilisation

Les petites puissances

NF EN 60825-1



~ 100 W

Classe	Puissance de sortie	Conséquences sur l'œil	Exemples d'applications
1		Inoffensif pour l'œil.	imprimante laser, lecteur CD
2	< 1mW	Potentiellement dangereux.	lecteur de code barre, pointeur laser en salle de cours
3A	< 5 mW	Dangereux pour l'œil si on maintient plus de 0,25s.	pointeur laser en astronomie, laser d'alignement
3B	< 500 mW	Dangereux pour l'œil.	application militaire, recherche
4	> 500 mW	Dangereux pour l'œil et la peau.	laser chirurgical, laser de découpe.



Puissance et utilisation

Puissance pour la découpe laser

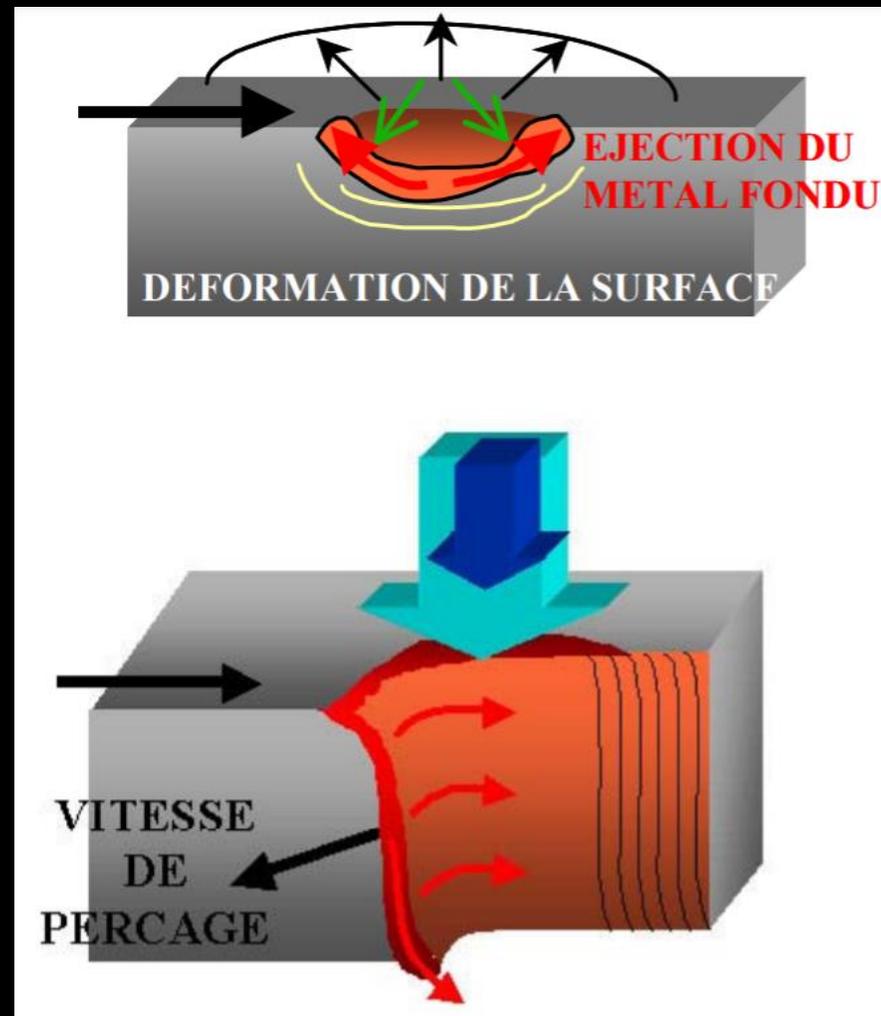
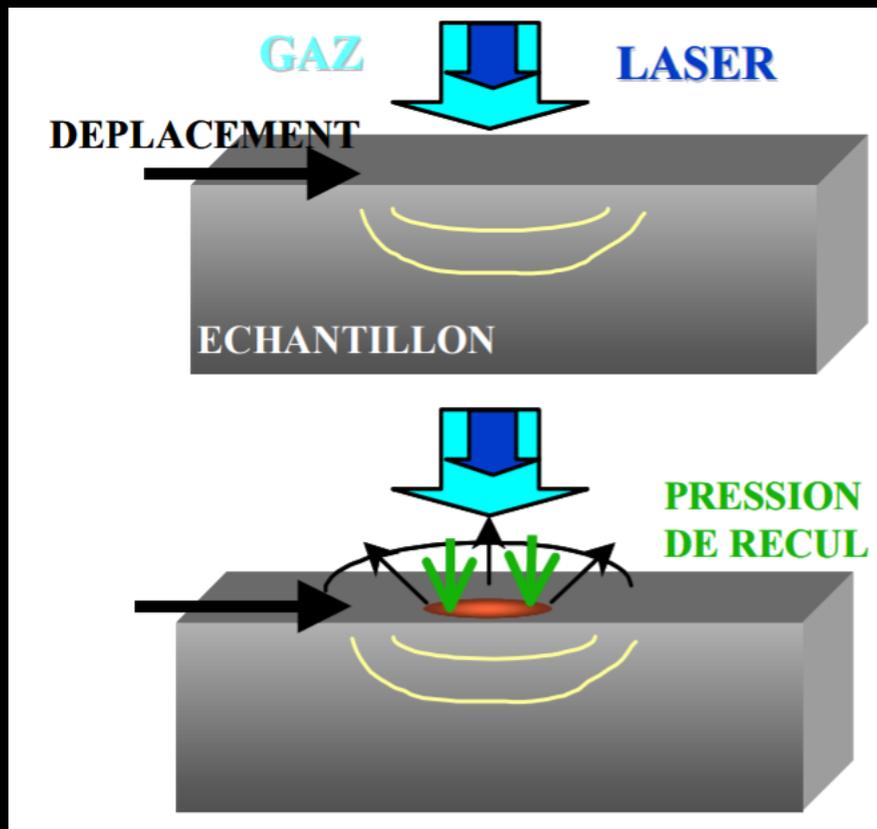


- Pour couper du papier, carton et plastique : 40 W
- Pour couper une plaque d'acier assez fine : 300 W
- Pour couper une plaque d'acier d'épaisseur supérieure à 2 mm : 500 W



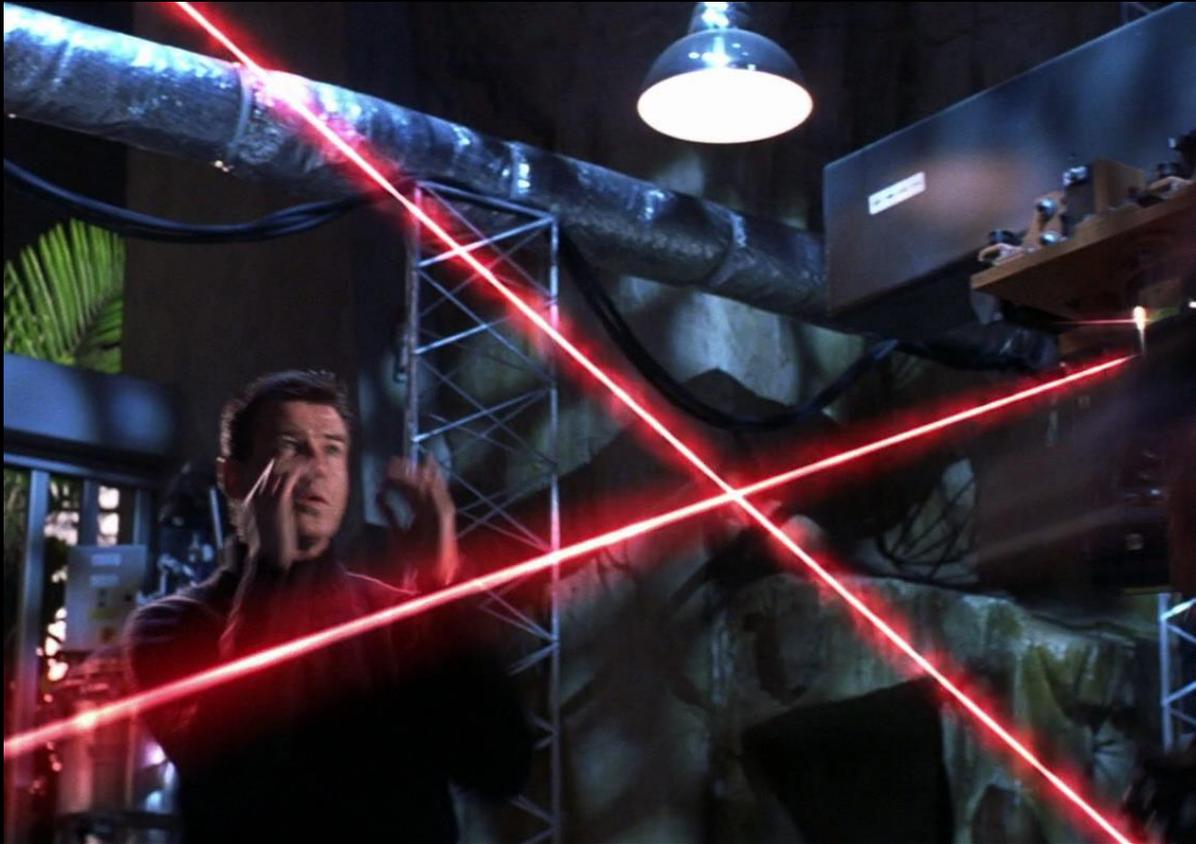
Puissance et utilisation

Puissance pour la découpe laser



Puissance et utilisation

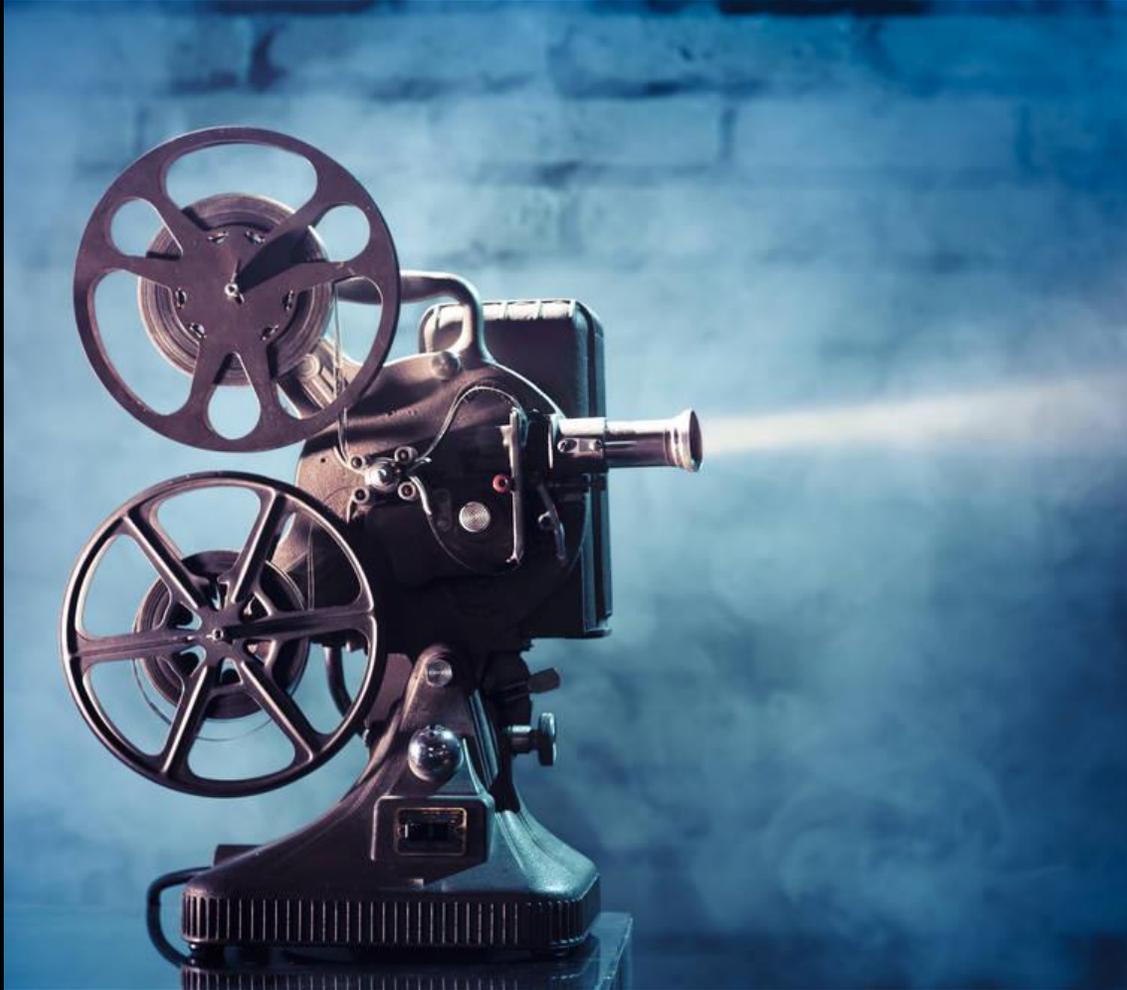
Puissance pour la découpe de diamant



- Dans « Meurs un autre jour » (2002, EON productions), le vilain Gustav Graves utilise des lasers pour tailler ses diamants bruts.
→ méthode la plus rapide avec le moins de déchet
- Généralement le laser Nd:YAG (infrarouge) pulsé est utilisé. Puissance : 500 W.
- Autre technologie possible : des disques recouverts de poudre de diamant (5 à 6 heures pour une pierre de 6 à 7 mm de diamètre) et nécessite une analyse approfondie des plans de clivage.



La montre laser



Extrait de « *Goldeneye* », 1995, EON Productions



James Bond et Natalya Simonova sont enfermés dans un train qui est sur le point d'exploser. James Bond doit trouver rapidement un moyen de s'enfuir de leur prison.

<https://www.youtube.com/watch?v=HoycCt0gkXA>



La montre laser

Est-il possible de miniaturiser un laser de découpe de métal dans une montre ?

- Encombrement d'une batterie qui délivre du 500 W sur plusieurs minutes.
- Encombrement de la cavité laser.
- Attention à la chaleur dégagée.

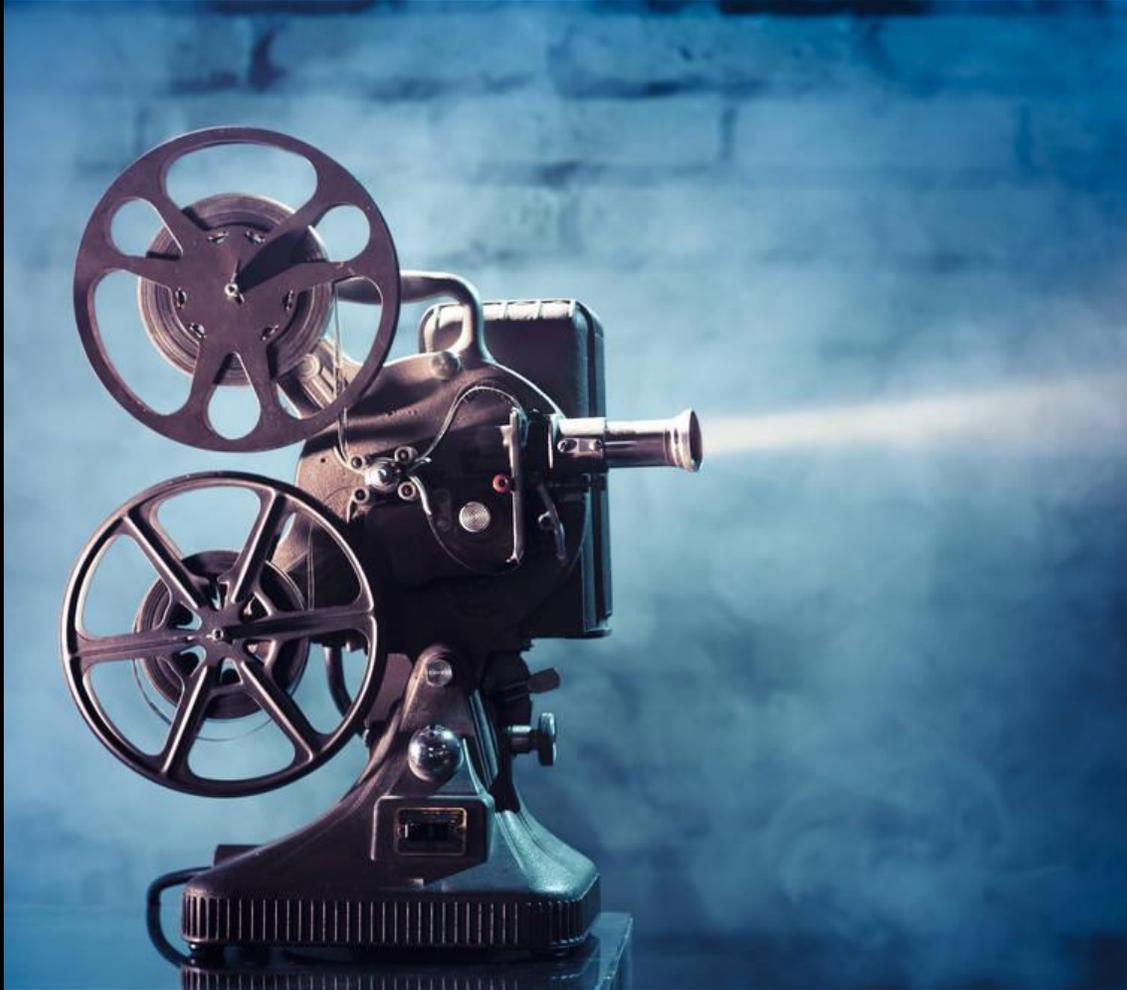
En revanche, pas simple de dissimuler le laser dans une Omega Seamaster Professional.



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a stage. A large white screen is positioned at the front of the theater, displaying text in blue. The theater walls are dark, and the lighting is focused on the screen.

3. Est-ce que le faisceau laser est visible à l'œil ?

Le laser de Goldfinger



Extrait de « *Goldfinger* », 1964, EON Productions



Goldfinger attaque Fort Knox qui protège la réserve d'or des Etats-Unis. Les gardes sont neutralisés par un gaz toxique. Pour ouvrir la porte d'entrée, il n'y a pas mieux que le laser.



Le laser au cinéma

La question : Est-ce qu'un faisceau de lumière est visible par l'œil ?

Faisons une petite expérience :



Lampe de poche



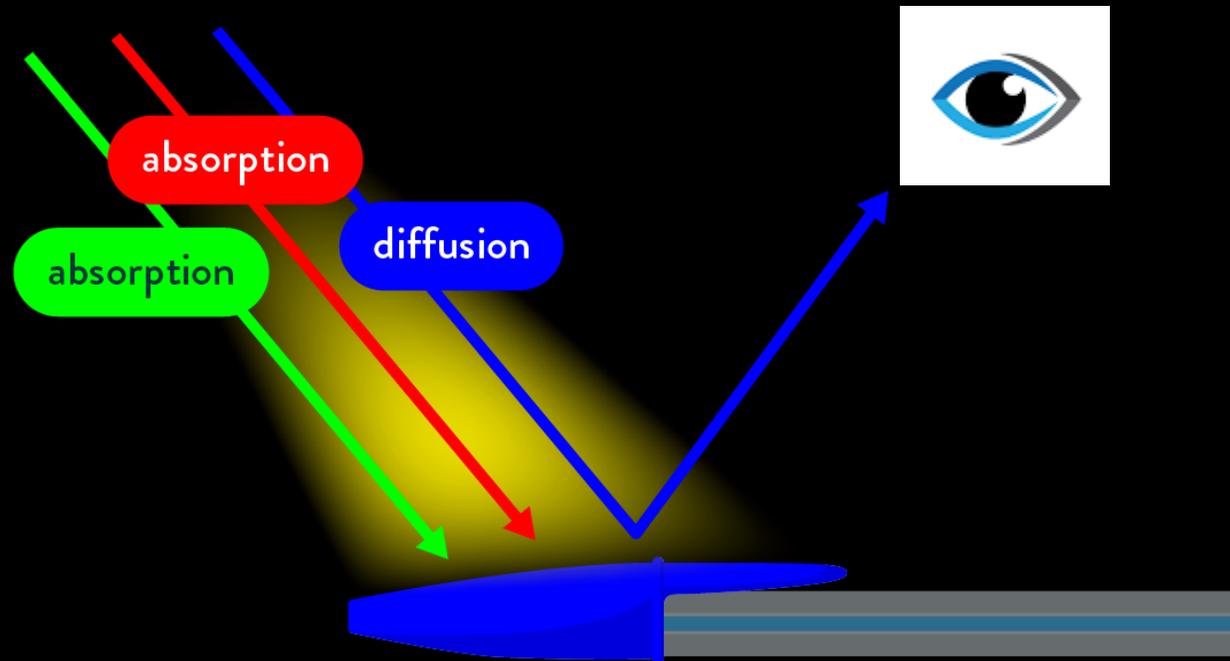
Lasers de différentes couleurs
(image issue d'une publicité
= ne reflète pas forcément la réalité)



Le laser au cinéma

Première réponse de physicien : On ne peut pas voir le faisceau de lumière (ou le trajet parcouru) dans le vide.

- On ne voit que les objets éclairés par la source lumineuse.



Le laser au cinéma

Première réponse de physicien : On ne peut pas voir le faisceau de lumière (ou le trajet parcouru) dans le **vide**.

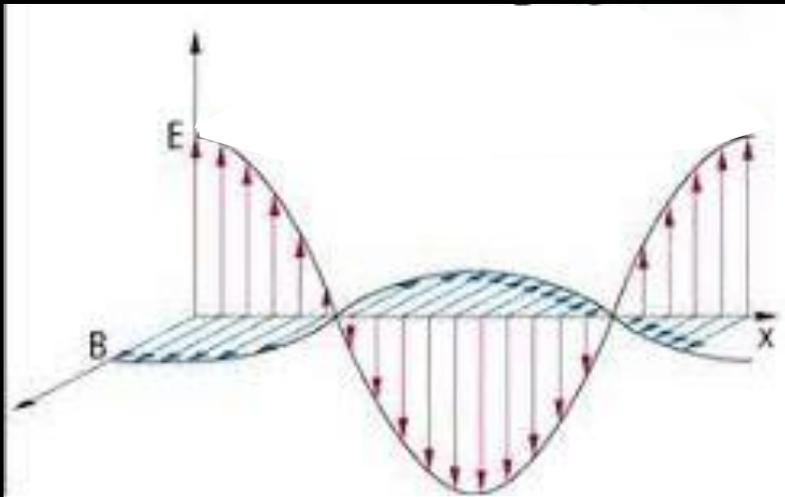
- On ne voit que les objets éclairés par la source lumineuse.
- Si on veut voir le faisceau de lumière, il faudrait qu'il arrive dans votre œil.



Le laser au cinéma

Réponse + complète : nous ne vivons pas dans le vide, mais dans une atmosphère constituée de molécules de gaz (21% O₂ + 78% N₂ + 1% gaz rares et CO₂)

→ Il y a aussi un phénomène de diffusion de la lumière émise par le laser sur les molécules constituant l'air.



Description ondulatoire de la lumière



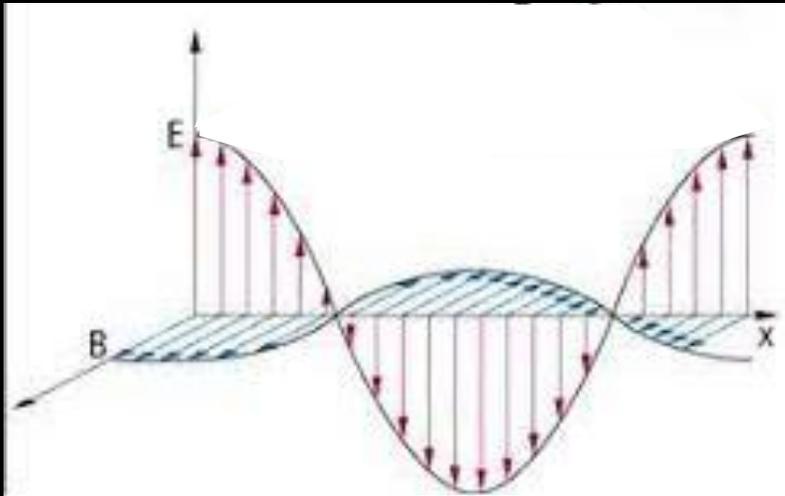
Représentation simpliste et « classique » d'un atome



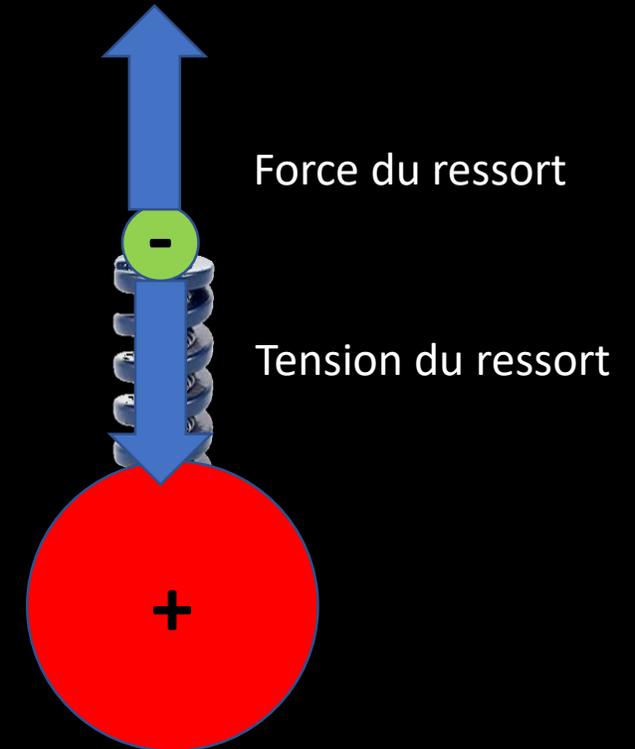
Le laser au cinéma

Réponse + complète : nous ne vivons pas dans le vide, mais dans une atmosphère constituée de molécules de gaz (21% O₂ + 78% N₂ + 1% gaz rares et CO₂)

→ Il y a aussi un phénomène de diffusion de la lumière émise par le laser sur les molécules constituant l'air.



Description ondulatoire de la lumière



Représentation simpliste et « classique » d'un atome

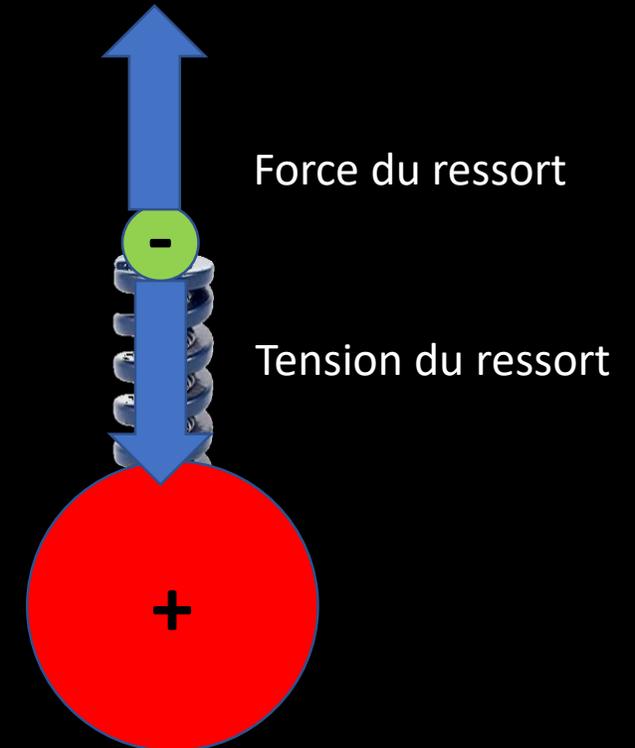


Le laser au cinéma

Réponse + complète : nous ne vivons pas dans le vide, mais dans une atmosphère constituée de molécules de gaz (21% O₂ + 78% N₂ + 1% gaz rares et CO₂)

→ Il y a aussi un phénomène de diffusion de la lumière émise par le laser sur les molécules constituant l'air.

- L'électron oscille autour de sa position de repos.
- Comme il est chargé électriquement et subit des accélérations et décélérations, il émet un **rayonnement électromagnétique avec une orientation aléatoire** (Joseph Larmor en 1897).

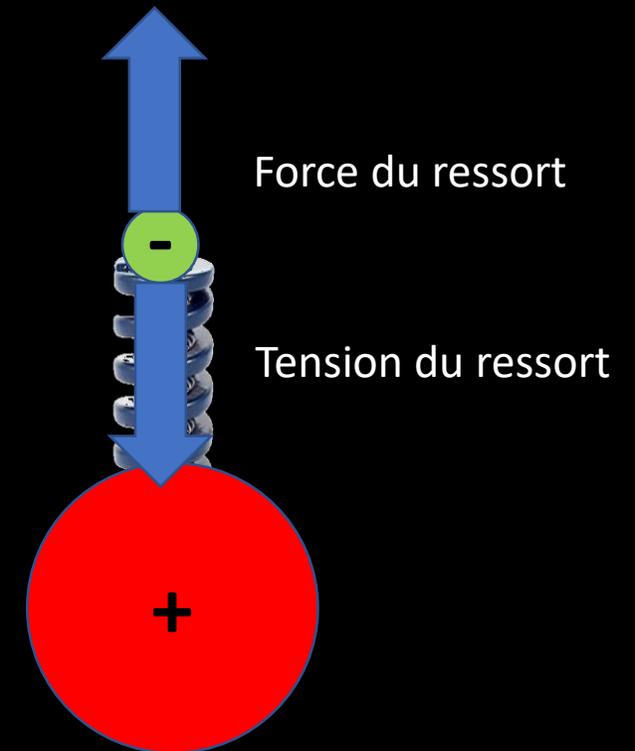


Le laser au cinéma

Réponse + complète : nous ne vivons pas dans le vide, mais dans une atmosphère constituée de molécules de gaz (21% O₂ + 78% N₂ + 1% gaz rares et CO₂)

→ Il y a aussi un phénomène de diffusion de la lumière émise par le laser sur les molécules constituant l'air.

- L'électron oscille autour de sa position de repos.
- Comme il est chargé électriquement et subit des accélérations et décélérations, il émet un **rayonnement électromagnétique avec une orientation aléatoire** (Joseph Larmor en 1897).
- La période d'oscillation de l'électron est petite par rapport à la longueur d'onde λ de la lumière incidente.
→ **La puissance de la lumière diffuse obéit à une loi en $1/\lambda^4$: c'est la diffusion Rayleigh (1899).**



Le laser au cinéma

Couleur	Longueur d'onde (nm)	Puissance relative de la lumière diffusée (sans unité)
Rouge	625 – 740	On fixe à 1,0 cette puissance.
Orange	590 – 625	1,3 – 2,0
Jaune	565 – 590	1,5 – 2,5
Vert	520 – 565	2,1 – 2,9
Cyan	500 – 520	2,4 – 4,1
Bleu	450 – 500	3,7 – 4,8
Indigo	430 – 450	4,5 – 7,3
Violet	380 – 430	7,3 – 8,8

Influence de la diffusion Rayleigh

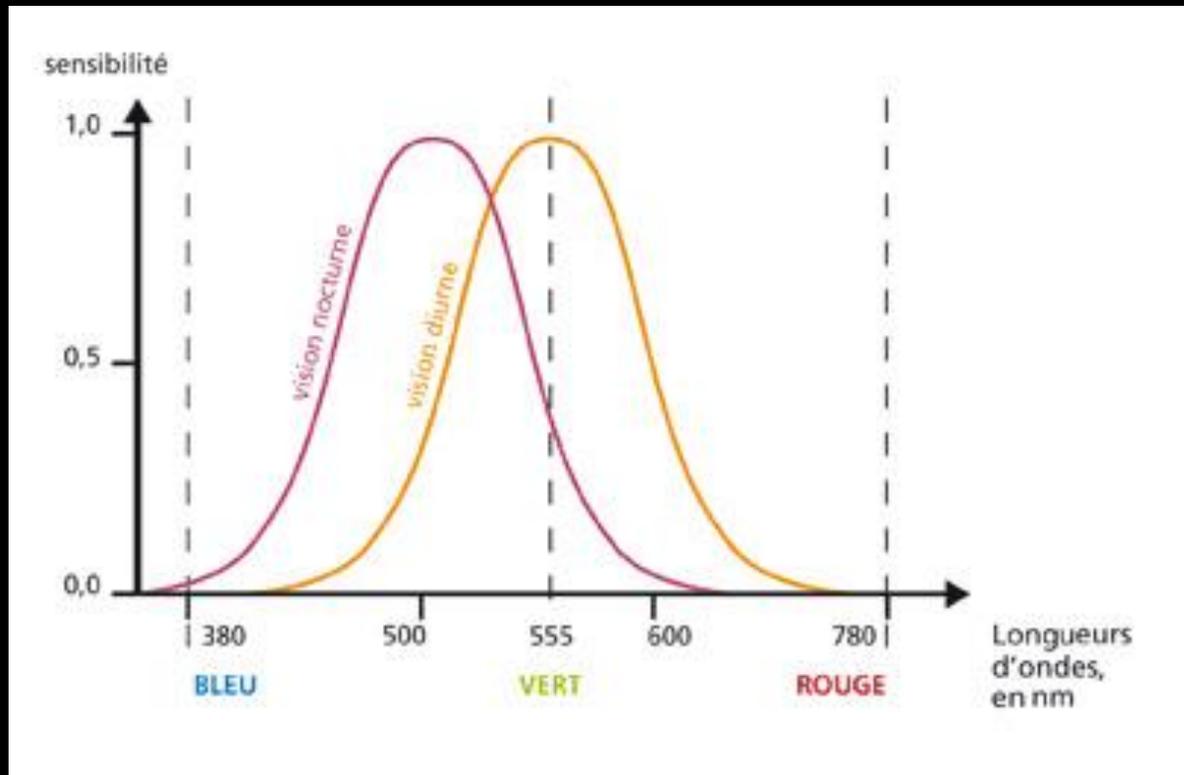
Le bleu est 4 à 5 fois plus diffusé que le rouge : on s'attend à ce que l'on voit plus le trajet d'un laser bleu qu'un laser rouge.



Le laser au cinéma

Nuançons notre réponse : d'autres facteurs sont à prendre en compte

- La perception des couleurs par notre œil



Notre œil est + sensible :

- au vert qu'aux autres couleurs le jour
- au bleu qu'aux autres couleurs la nuit

<http://www.lumiere-spectacle.org/l-acuite-visuelle.html>



Le laser au cinéma

Nuançons notre réponse : d'autres facteurs sont à prendre en compte

- La perception des couleurs par notre œil
- La puissance du laser



+ la puissance du laser est grande,
+ la puissance du faisceau de lumière en sortie est grande,
+ la puissance de la lumière diffusée est grande,
+ la lumière sera visible.

Généralement lasers de classe 1 et 2 ne sont pas visibles ($P_{\text{sortie}} < 1 \text{ mW}$). Une puissance de 1 W est nécessaire.

**Cela dépend de la technologie
du laser (qui peut être
inhérente à la couleur).**



Le laser au cinéma

Nuançons notre réponse : d'autres facteurs sont à prendre en compte

- La perception des couleurs par notre œil
- La puissance du laser
- La composition inhabituelle de l'air (présence de poussière, présence de fumées, ...)

→ diffusion sur des objets + volumineux que les molécules = faisceau beaucoup plus visible



Le laser au cinéma

Nuançons notre réponse : d'autres facteurs sont à prendre en compte

- La perception des couleurs par notre œil
- La puissance du laser
- La composition inhabituelle de l'air (présence de poussière, présence de fumées, ...)
- Le jour ou la nuit : la lumière du laser est beaucoup plus visible la nuit



Le laser au cinéma

Que faire pour rendre son faisceau laser visible ?



10 Ways to Make a Laser Beam More Visible
<https://www.youtube.com/watch?v=7x0SV0oidMk>

Quelques exemples :

- Utiliser une machine à brouillard
- Utiliser la fumée d'une cigarette
- ...



Publicité cdiscount



Le laser au cinéma

Conclusion sur le laser de Goldfinger : est-il visible ?



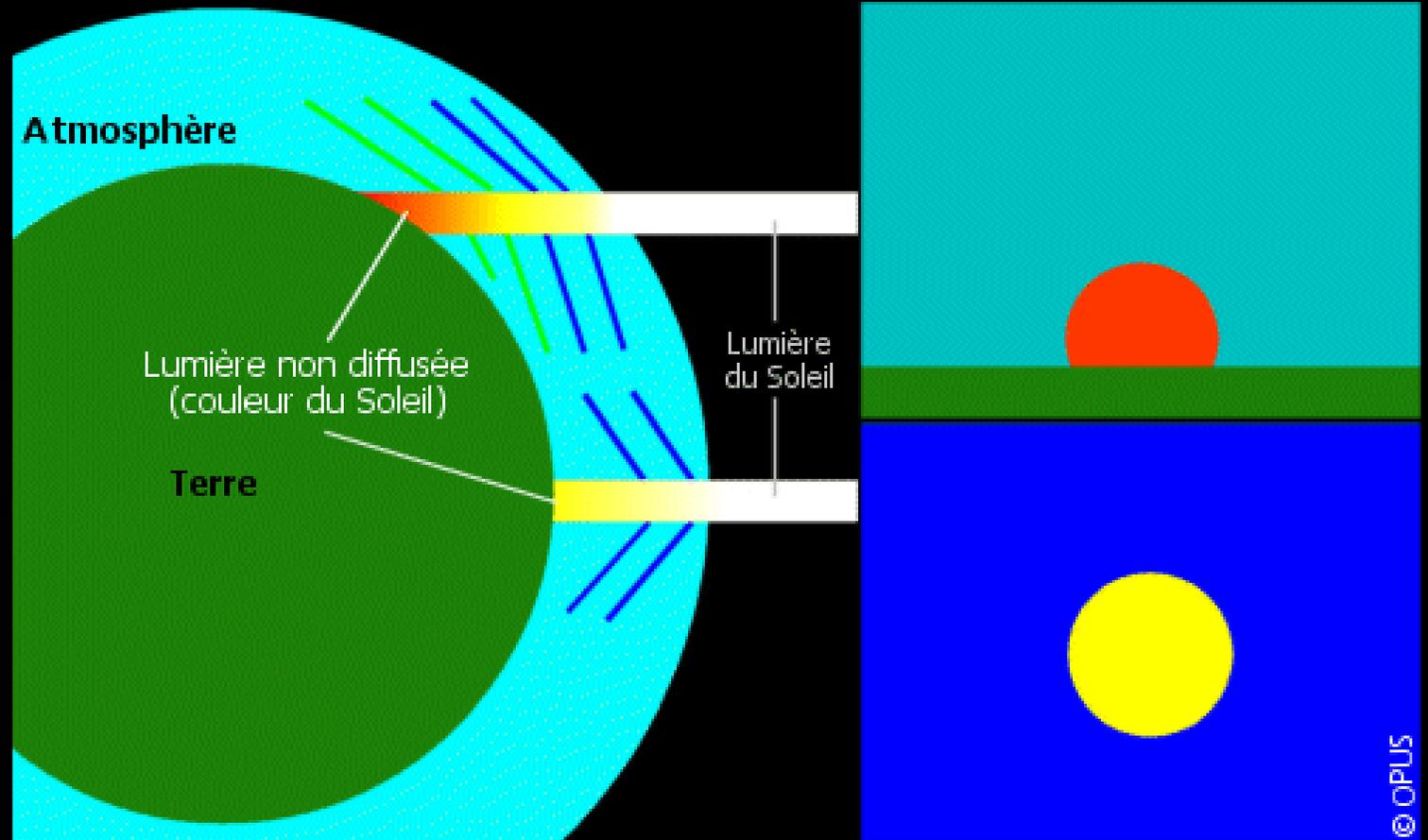
- **Rouge** : longueur d'onde la plus défavorable pour la diffusion Rayleigh. Pas la plus sensible pour notre œil.
- **Atmosphère** : rien de particulier (pas de fumées, poussières, ou autres).
- Utilisation durant la **journée**.
- **Puissance** : il faut le comparer à un système équivalent. Au moins 10 kW.

Oui !



Pour aller + loin sur la diffusion Rayleigh

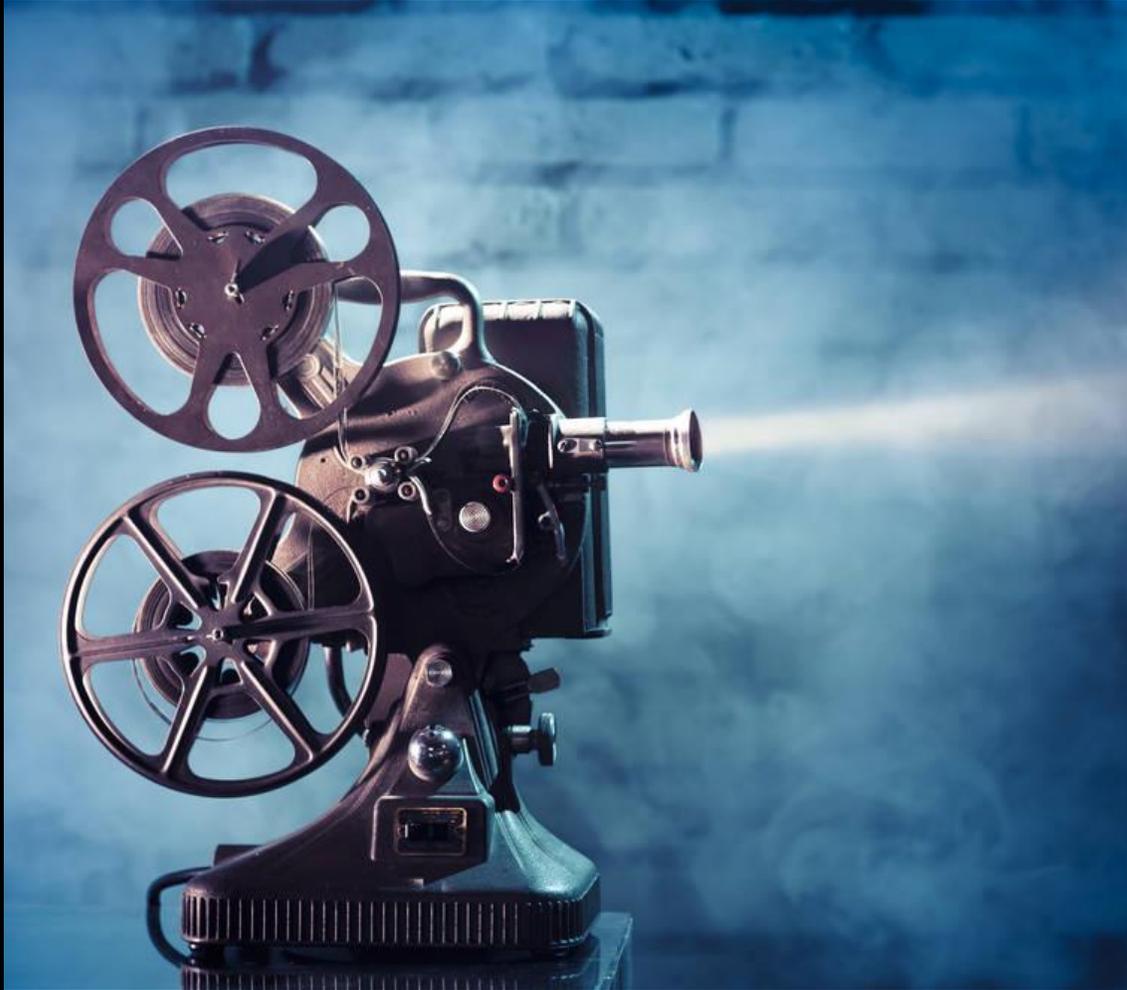
Pourquoi le Soleil est jaune depuis la Terre ?
Pourquoi le ciel est bleu ?



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large, bright white screen at the far end. The screen is centered and displays the text "4. La visée laser" in a bold, blue, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is that of a quiet, empty cinema.

4. La visée laser

La visée laser



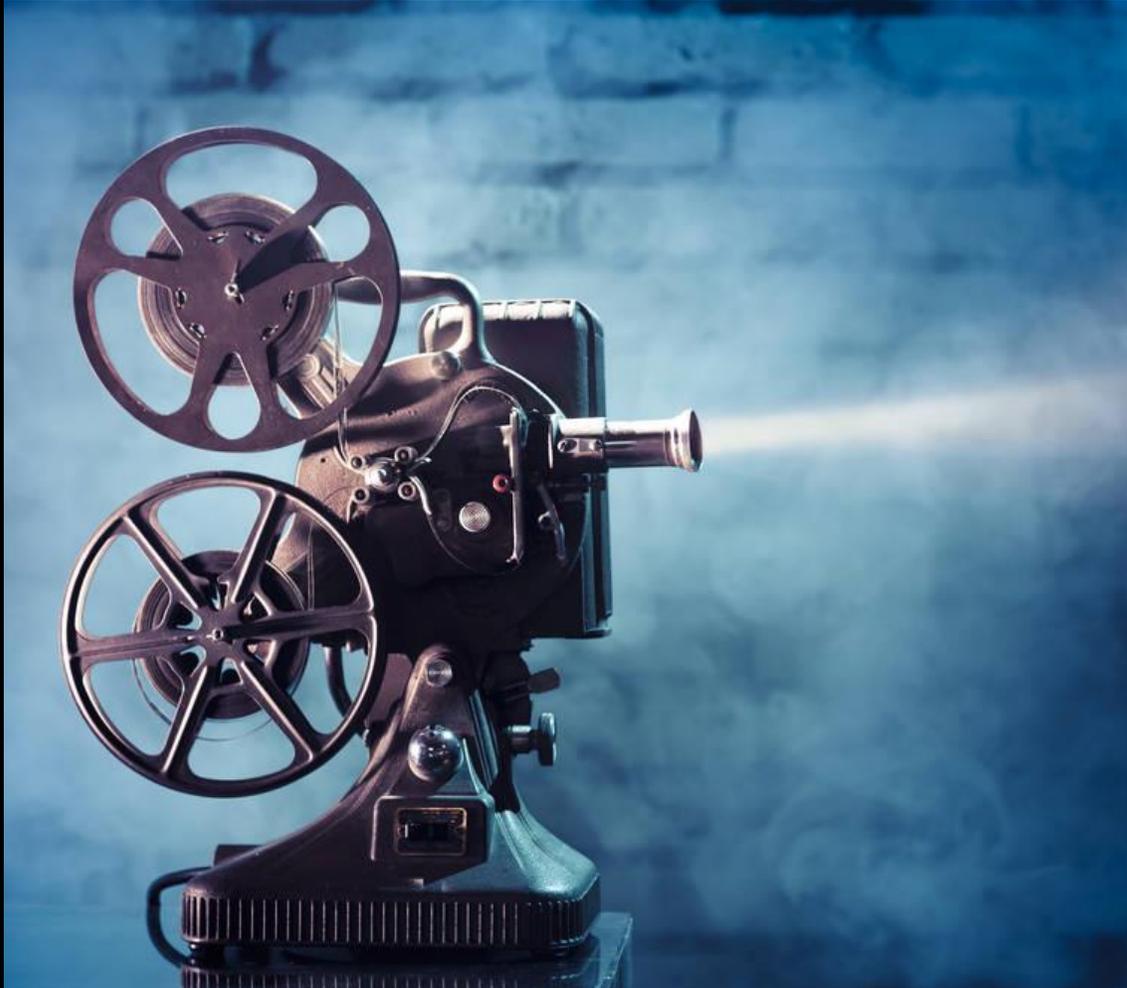
Extrait de « *Le monde ne suffit pas* », 1999, EON Productions



Le siège du MI6, l'agence de renseignement extérieur du Royaume-Uni, vient d'être attaqué. James Bond est sur la trace des terroristes.



La visée laser



Extrait de « Spectre », 2005, EON Productions



James Bond est en mission à Mexico (lors du Jour des morts) et doit exécuter un terroriste du nom de Marco Sciarra.

<https://www.youtube.com/watch?v=cbqv1kbsNUY>



La visée laser

Un Heckler & Koch G36K



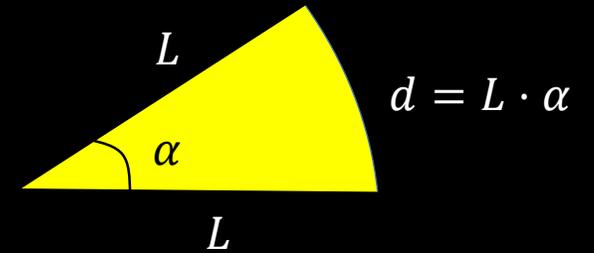
Un Glock 17 modifié



La visée laser

Plusieurs propriétés utilisées par le laser :

- Faisceau rectiligne (effet relativiste due à la masse de la Terre totalement négligeable)
- Une grande portée : plusieurs mètres à kilomètres avant que le faisceau soit totalement absorbé par l'atmosphère.
- Divergence limitée : tâche du faisceau sur cible très petit malgré la distance



Quelques caractéristiques typiques :

- Couleur : généralement rouge ou vert
- Puissance : classe 2 ou 3 ($2 \text{ mW} < \text{puissance sortie} < 5 \text{ mW}$)
- Pour $P_{\text{sortie}} = 5 \text{ mW}$, portée de 1,5 km

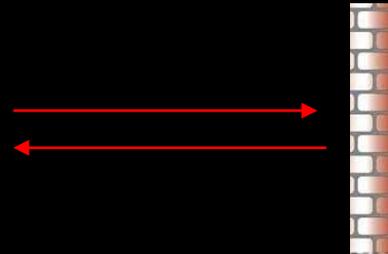


La visée laser

Ce sont ces propriétés qui sont à la base d'outils de bricolage comme :



Télémètre laser



- Le télémètre émet un faisceau laser.
- Une partie est réfléchi par le mur et renvoyée sur le capteur du télémètre.
- L'outil mesure la durée entre émission et réception du laser (différence de phase).
- Connaissant la vitesse de la lumière, on en déduit la distance parcourue par le laser.
 $D = 1 \text{ m} \rightarrow \text{aller-retour} \approx 6,66 \text{ ns}$

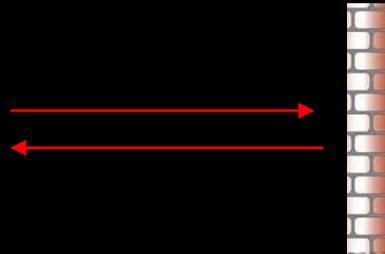


La visée laser

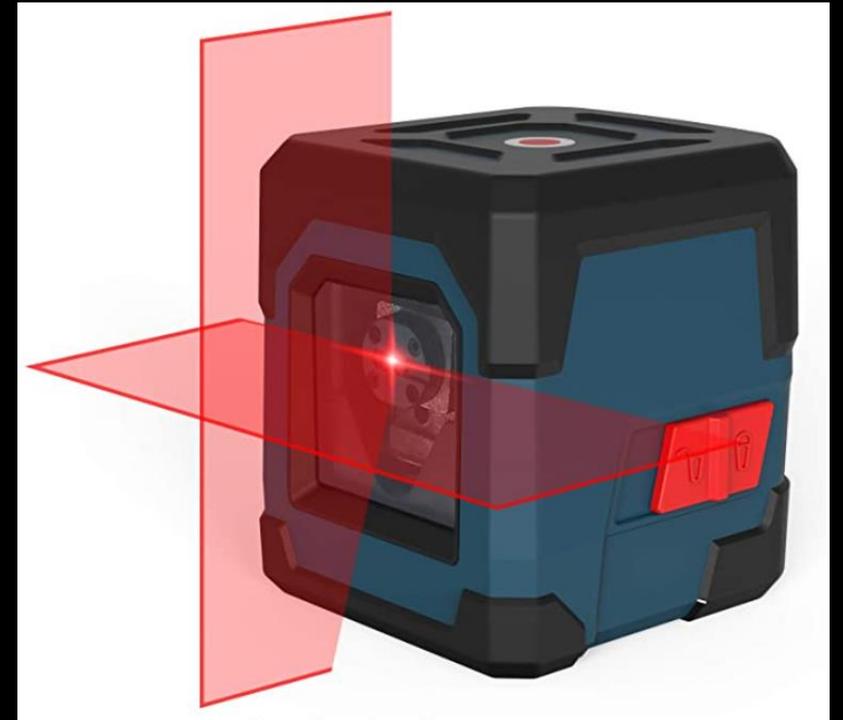
Ce sont ces propriétés qui sont à la base d'outils de bricolage comme :



Télémètre laser



- Le télémètre émet un faisceau laser.
- Une partie est réfléchi par le mur et renvoyée sur le capteur du télémètre.
- L'outil mesure la durée entre émission et réception du laser.
- Connaissant la vitesse de la lumière, on en déduit la distance parcourue par le laser.
 $D = 1 \text{ m} \rightarrow \text{aller-retour} \approx 6,66 \text{ ns}$



Traceur de lignes laser / niveau laser



La visée laser

Ce sont ces propriétés qui sont à la base d'instruments moins sympathiques :



Jumelle radar

- Faisceau laser émis dans l'infrarouge (pas visible pour l'automobiliste).
- On fait plusieurs mesures successives de distance entre la jumelle et l'automobile.



- Les différentes mesures de distance permettent d'estimer la vitesse.



La visée laser

Ce sont ces propriétés qui sont à la base d'équipement moins courant : mesure de la distance Terre-Lune



Un tir laser sur la Lune à l'Observatoire du plateau de Calern (ex-CERGA).

Faisceau = 0,64 seconde d'arc

Si on ne tient pas compte des atmosphères :

- Diamètre de la tâche laser à 1 m = 3 μm
- Diamètre de la tâche laser sur la Lune = 1 km

En prenant en compte la diffusion par les atmosphères :

- Diamètre de la tâche laser sur la Lune = 10 km



La visée laser

Ce sont ces propriétés qui sont à la base d'équipement moins courant : mesure de la distance Terre-Lune



Un tir laser sur la Lune à l'Observatoire du plateau de Calern (ex-CERGA).

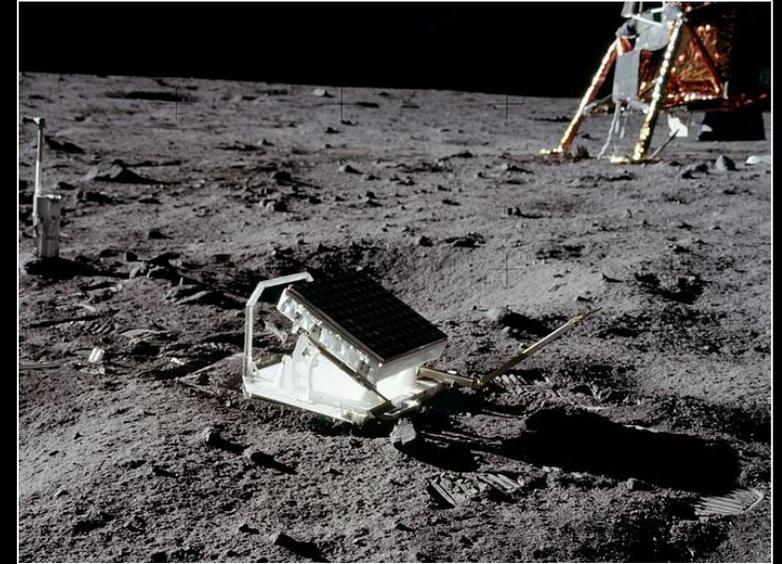
Faisceau = 0,64 seconde d'arc

Si on ne tient pas compte des atmosphères :

- Diamètre de la tâche laser à 1 m = $3 \mu\text{m}$
- Diamètre de la tâche laser sur la Lune = 1 km

En prenant en compte la diffusion par les atmosphères :

- Diamètre de la tâche laser sur la Lune = 10 km

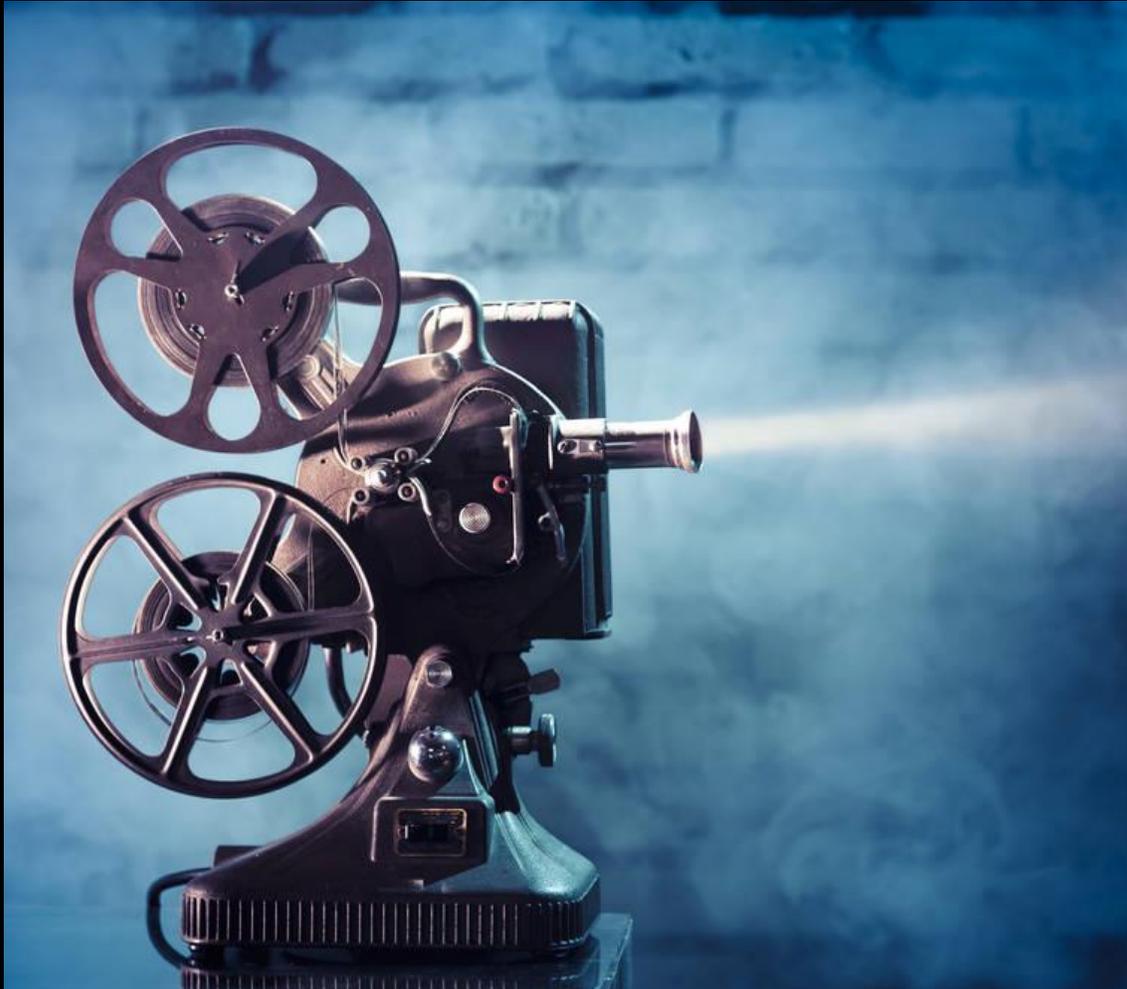


1969 : l'équipe Apollo 11 dépose des déflecteurs sur la Lune

Surface $\approx 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 0.16 \text{ m}^2$



Le viseur point rouge



Extrait de « *Tuer n'est pas jouer* », 1987, EON Productions



James Bond est envoyé en Tchécoslovaquie pour aider le général russe Georgi Koskov à passer à l'ouest. A l'aide d'un fusil-sniper, il doit veiller à ce que le général s'évade sans qu'il soit tué.

<https://www.youtube.com/watch?v=GEP-O33dvHY>



Le viseur point rouge

Le fusil de précision Walther WA 2000



<http://www.imfdb.org>

- Lunette
- Vision nocturne
- Viseur point rouge



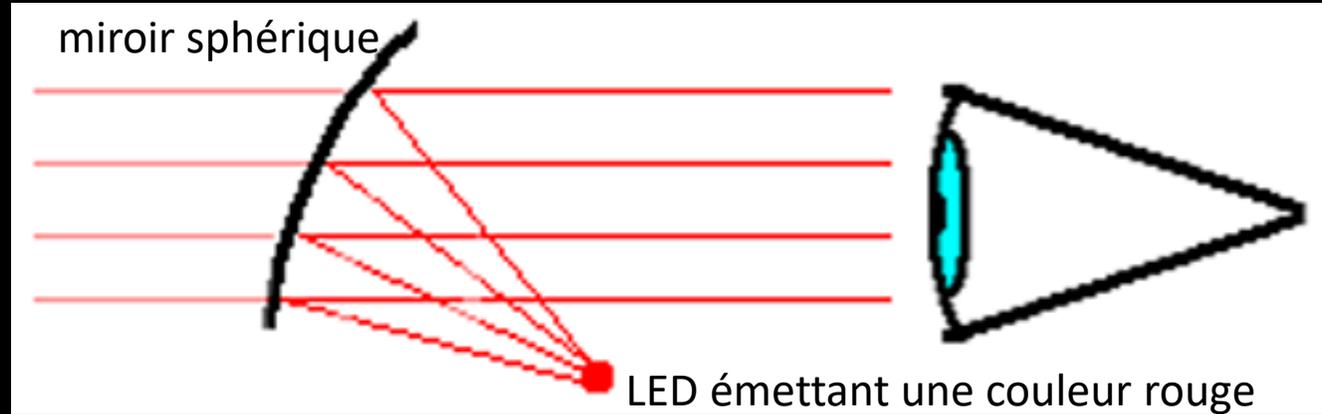
Le point rouge ne correspond pas à un laser pointé sur la cible.

Cela ressemble à un réticule lumineux sur la lunette de visée.



Le viseur point rouge

Principe du viseur point rouge



La LED dans le foyer du miroir sphérique crée une image virtuelle de "point" à l'infini.

Avantages :

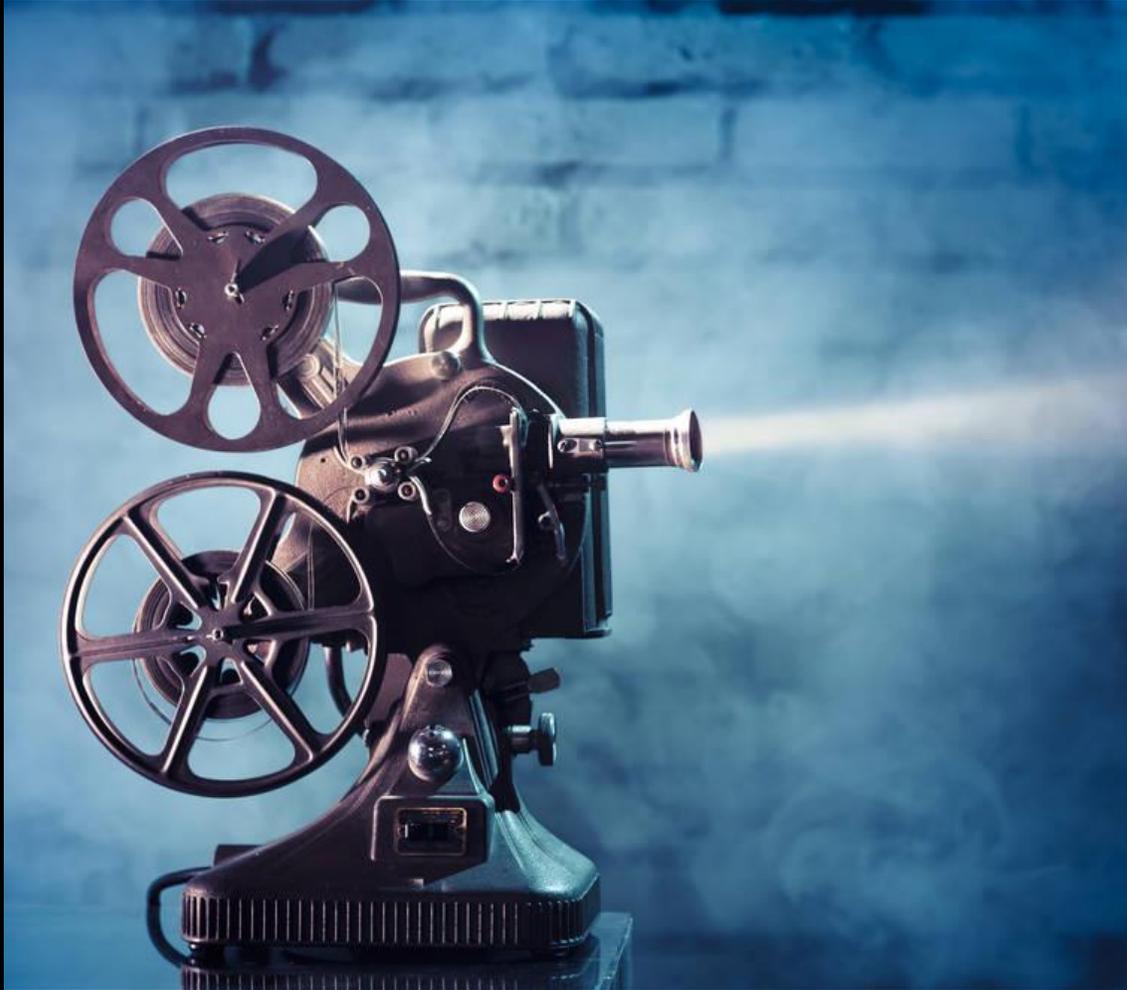
- Alignement des organes de visée simplifié.
- Réticule visible dans un environnement de faible luminosité.
- Pas de lumière projetée sur la cible.



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large white projection screen at the far end. The screen is illuminated and displays the text '5. Le pistolet laser' in a bold, blue, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is that of a quiet cinema or lecture hall.

5. Le pistolet laser

Le pistolet laser



Extrait de « *Moonraker* », 1979, EON Productions

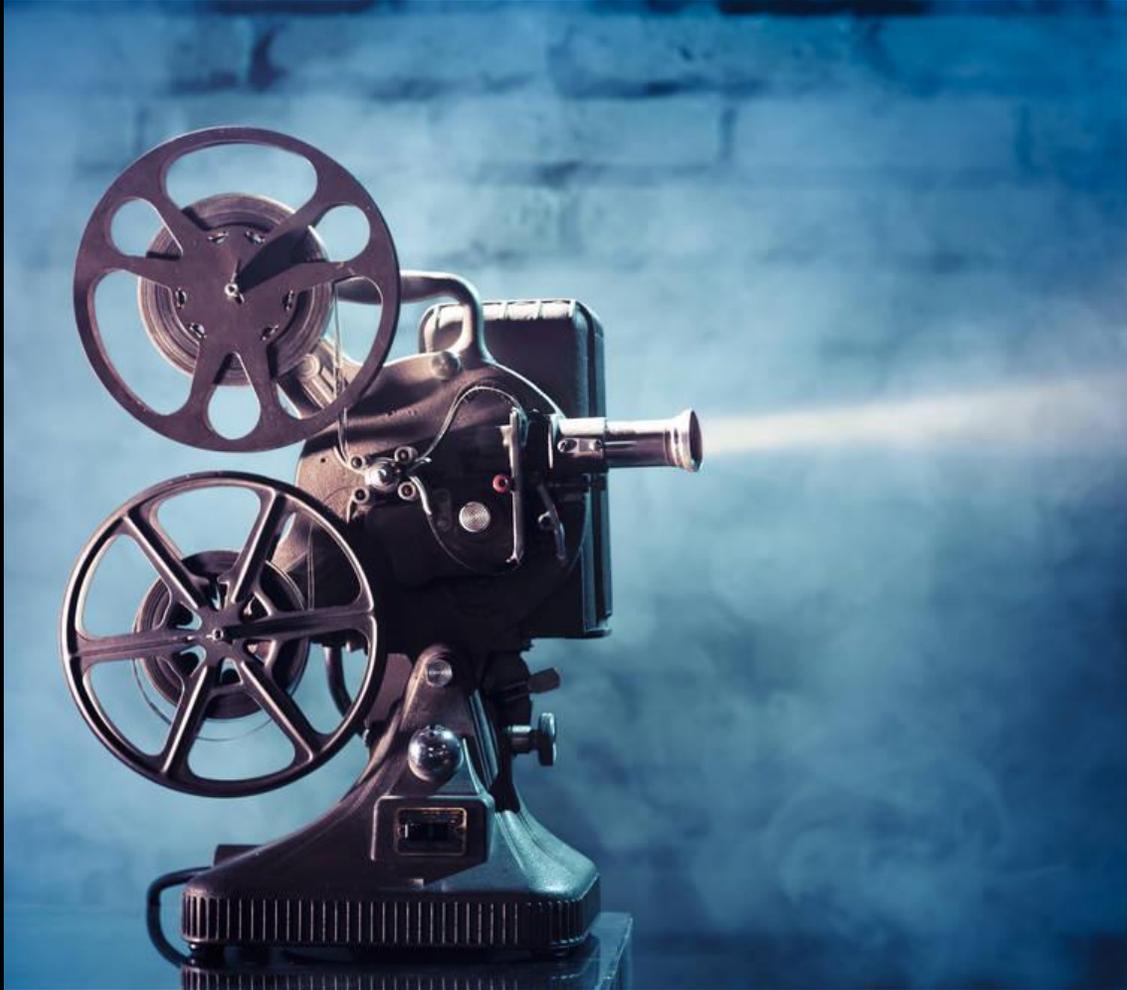


James Bond rejoint un département Q en Amérique du Sud. Il assiste à une démonstration du pistolet laser.

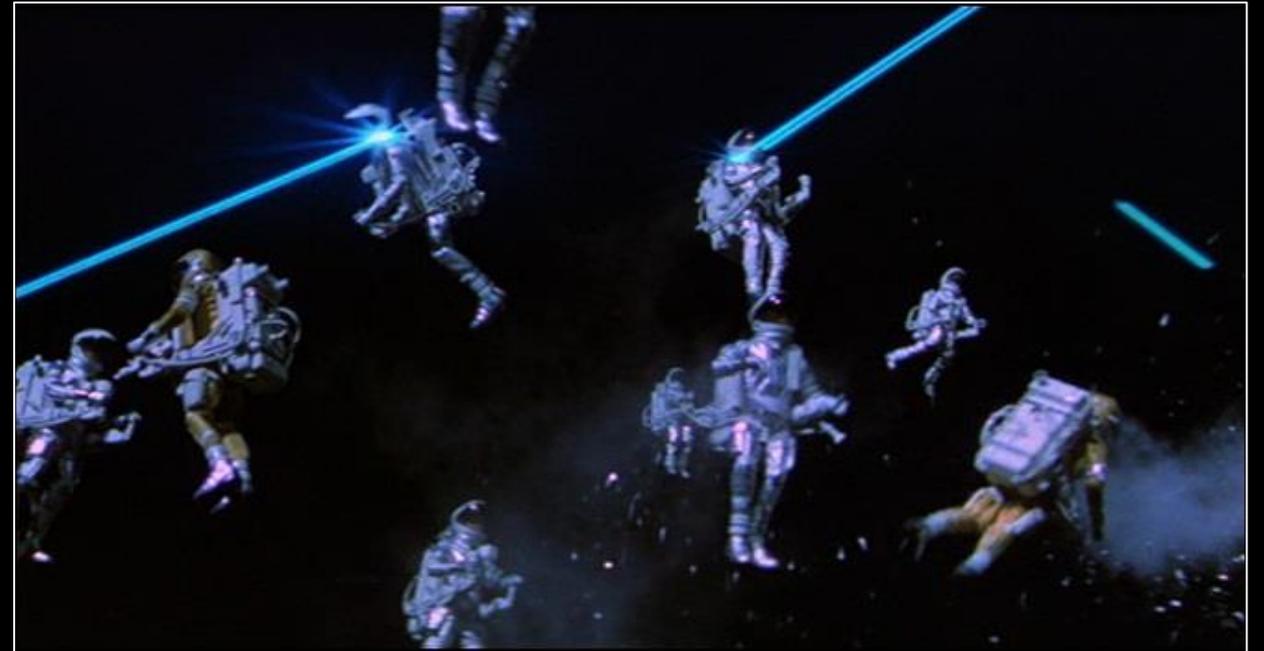
<https://www.youtube.com/watch?v=tdXshjACQx8>



Le pistolet laser



Extrait de « *Moonraker* », 1979, EON Productions



Bataille dans l'espace entre les astronautes anglais et les hommes d'Hugo Drax.

<https://www.youtube.com/watch?v=pG5v7ng0o4A>



Pourquoi utiliser un pistolet laser ?

Pourquoi les astronautes utilisent un pistolet laser pour faire la guerre dans l'espace ?



Pourquoi utiliser un pistolet laser ?

Pourquoi les astronautes utilisent un pistolet laser pour faire la guerre dans l'espace ?

Pour copier sur StarWars ?



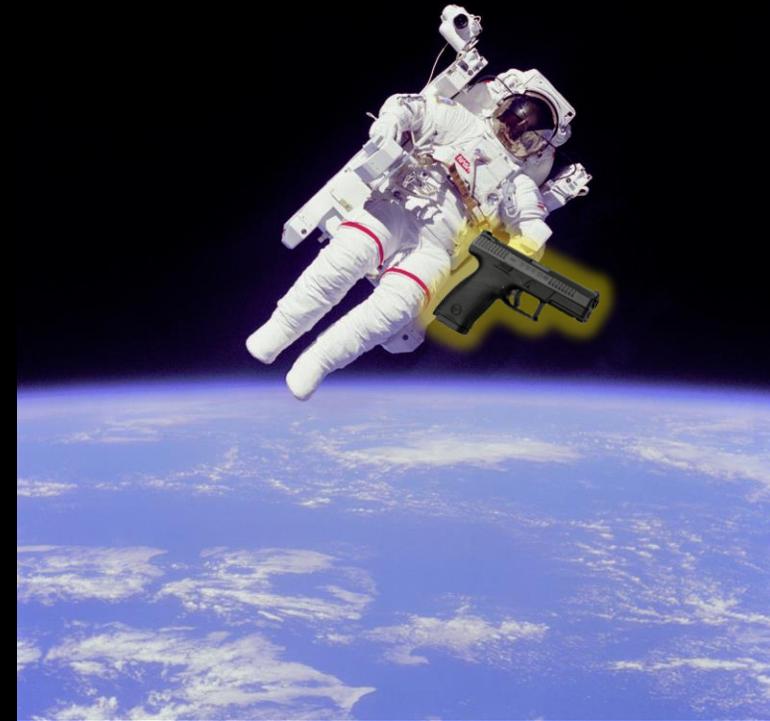
Pourquoi utiliser un pistolet laser ?

Pourquoi les astronautes utilisent un pistolet laser pour faire la guerre dans l'espace ?

Pour copier sur StarWars ?

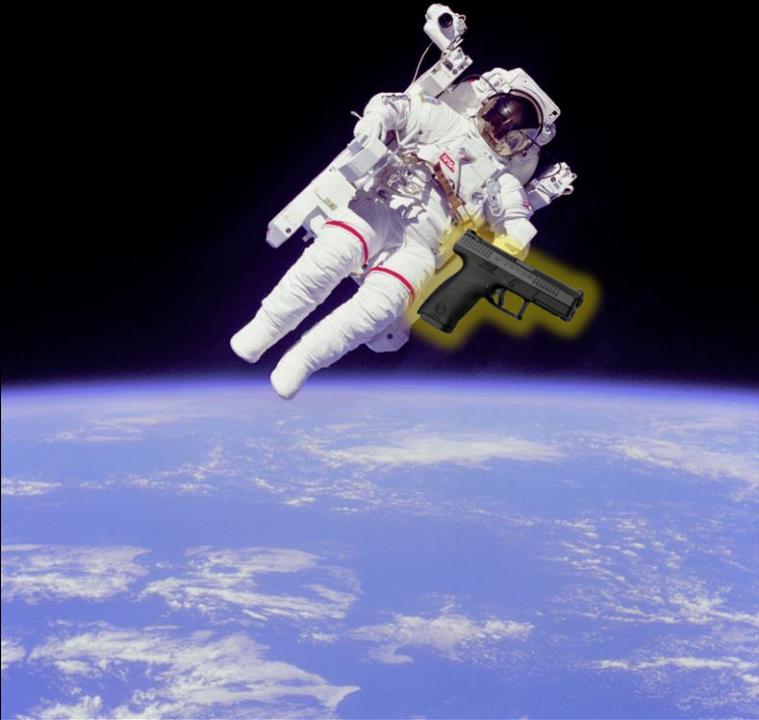


Pourquoi les astronautes n'utiliseraient pas une arme à feu classique comme un pistolet ?



Pourquoi utiliser un pistolet laser ?

Pourquoi les astronautes n'utiliseraient pas une arme à feu classique comme un pistolet ?



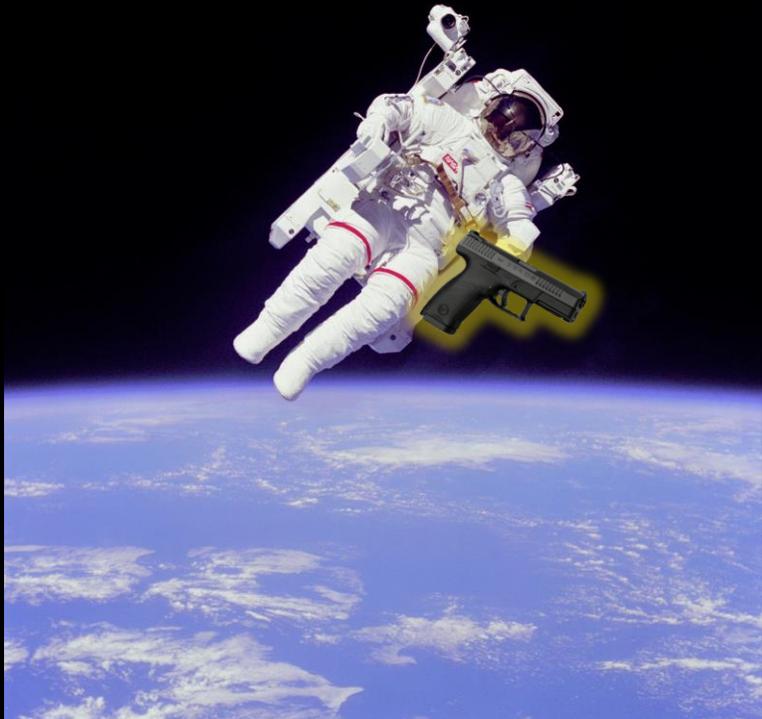
Première idée :

- Arme à feu = réaction entre combustible et comburant (air).
- Dans l'espace il n'y a pas d'air donc une arme à feu ne peut pas fonctionner.



Pourquoi utiliser un pistolet laser ?

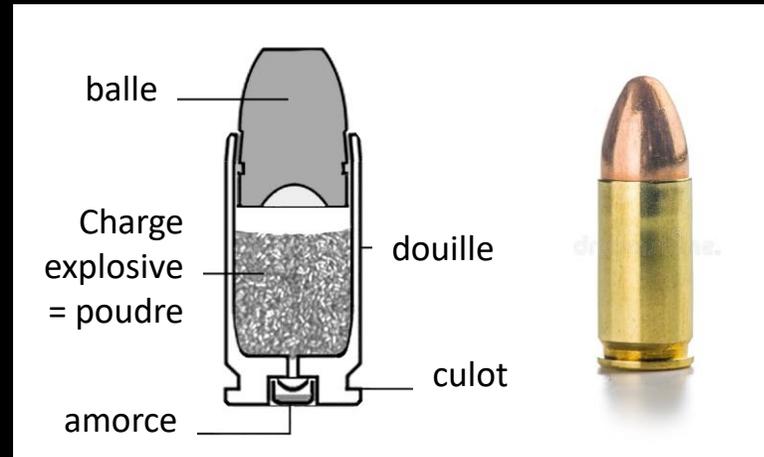
Pourquoi les astronautes n'utiliseraient pas une arme à feu classique comme un pistolet ?



Première idée :

- Arme à feu = réaction entre combustible et comburant (air).
- Dans l'espace il n'y a pas d'air donc une arme à feu ne peut pas fonctionner.

FAUX !



La poudre contient du nitrocellulose qui est riche en air (comburant).

On peut utiliser un pistolet dans le vide ou dans l'eau.



Pourquoi utiliser un pistolet laser ?

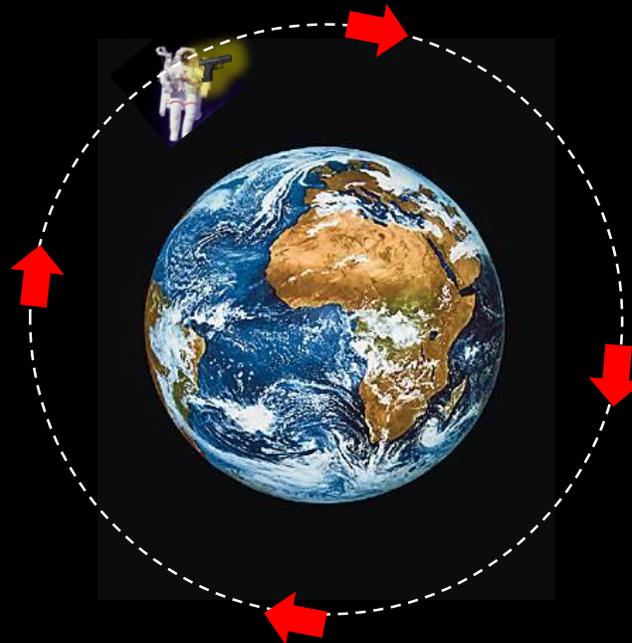
Pourquoi les astronautes n'utiliseraient pas une arme à feu classique comme un pistolet ?

Inconvénient n°1 : le recul



Principe de l'action et de la réaction

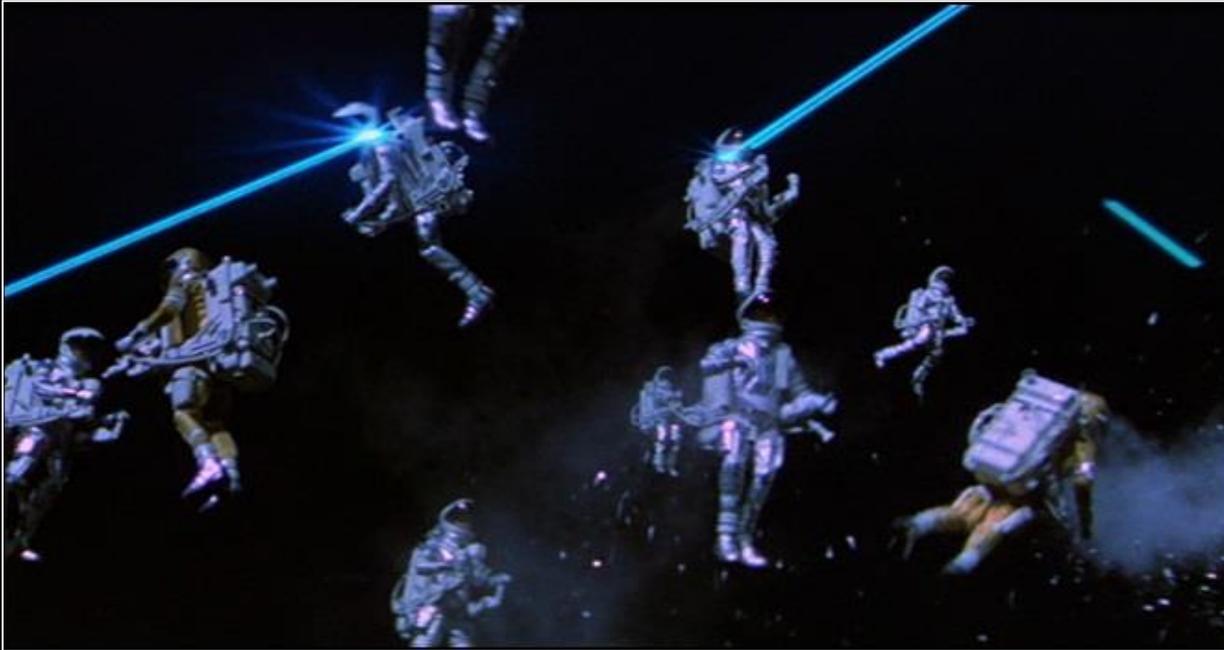
Inconvénient n°2 : la trajectoire de la balle



Autre propriété : pas de son dans l'espace



Le pistolet laser



Avantages du pistolet laser par rapport au pistolet traditionnel :

- Pas de recul
- Le laser part en ligne droite (déviaton par la matière négligée)

Les erreurs du film :

- On ne doit pas voir le faisceau se propager car il voyage à la vitesse de la lumière.
- Le faisceau est invisible dans le vide.
- Pas de son dans le vide.

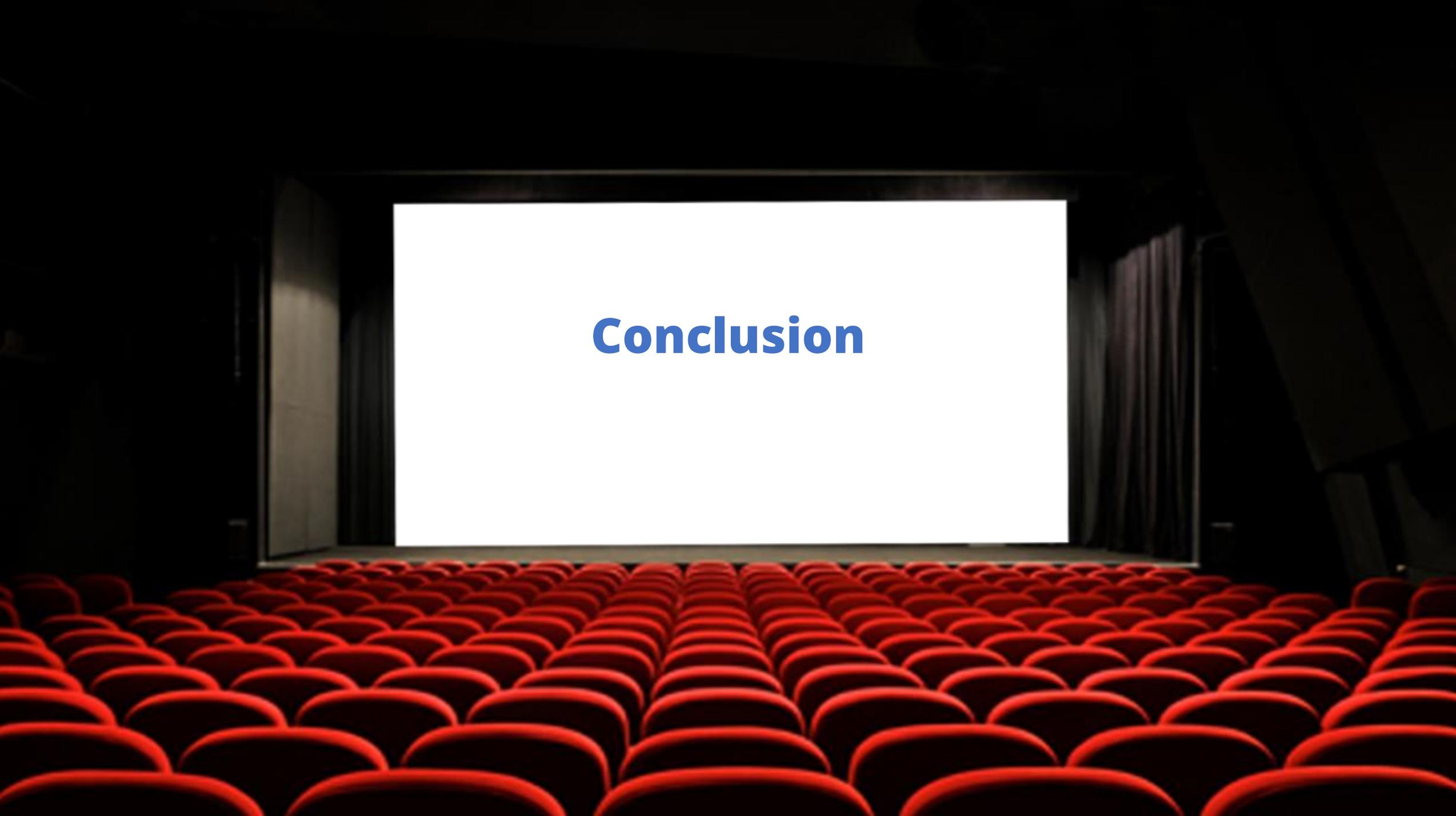


Le pistolet laser

Pas besoin d'un « pistolet » : un pointeur laser avec une puissance suffisamment intense suffit.

- Avec le faisceau généré, vous percez rapidement la combinaison spatiale de votre ennemi.
 - la dépression de l'air le propulse dans l'espace (cf : Iron Man dans le film « Seul sur Mars »)
 - il meurt par le phénomène de décompression ($P_{\text{combinaison}} \rightarrow P_{\text{vide}}$) dans l'espace et manque d'oxygène.
- Si on maintient le faisceau, le laser brûle les tissus et pénètre dans le corps avec une certaine vitesse. → On ne meurt pas instantanément. La cible a le temps de bouger.
- Pour tuer un ennemi le rapidement possible, il faudrait passer par l'œil et de bouillir sa cervelle.
- Attention à la réflexion spéculaire et diffuse.



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large, bright white screen at the far end. The screen is centered and displays the word "Conclusion" in a bold, blue, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is quiet and focused.

Conclusion

Conclusion

- **Notion de physique étudiée** : le faisceau laser (light amplification by stimulated emission of radiation)
 - Ses propriétés.
 - Comment il est généré.
- **Le laser au cinéma** : 1^{ère} représentation cinématographique de la technologie dans Goldfinger en 1964
 - Invisible dans le vide. Possiblement visible dans l'air grâce à la diffusion Rayleigh.
 - Se faire transpercer par un faisceau laser n'est pas instantanée : vitesse de découpe.
- **Utilisation du laser dans les aventures de James Bond** :
 - Découpe laser de métaux (laser de Goldfinger ou la montre de James Bond)
 - Sciage et façonnage au laser pour les diamants naturels (laser de Gustav Graves)
 - La visée laser pour améliorer la précision du tireur (ne pas confondre avec le « point rouge »)
 - Le pistolet laser (dans Moonraker)



Conclusion

Autres applications possibles du laser (liste non exhaustive)

→ le laser est partout !

- Mesure de distance :
 - Télémètre
 - LIDAR (radar fonctionnant avec un laser)
 - Mesure de la distance Terre-Lune
- Transfert d'informations
 - Télécommunications via réseaux de fibres optiques
 - Transmission inter-satellitaire
- Lecture optique
 - Lecture des codes barres
 - Lecture des supports CD / DVD / Bluray
- Domaine de la recherche
 - Refroidissement des atomes
- Traitement des matériaux :
 - Découpage, perçage, décapage
 - Soudage
 - Durcissement
- Militaire :
 - Désignation laser
 - Visée laser
- Médecine :
 - Décollement de la rétine
 - Epilation laser
 - Déatouage
- Artistique :
 - Spectacle « son et lumière »
 - Projection d'image sur écran
- Impression :
 - Impression laser
 - Gravure



Physique
pour Tous !

Saison 4
2021-2022

Cycle
« Physique & Cinéma, édition spéciale 007 »

JAMES BOND DOIT-IL
TOUJOURS SOIGNER SON
AÉRODYNAMISME ?



Mardi 12/10/2021, de 18h15 à 19h45, amphi Fresnel