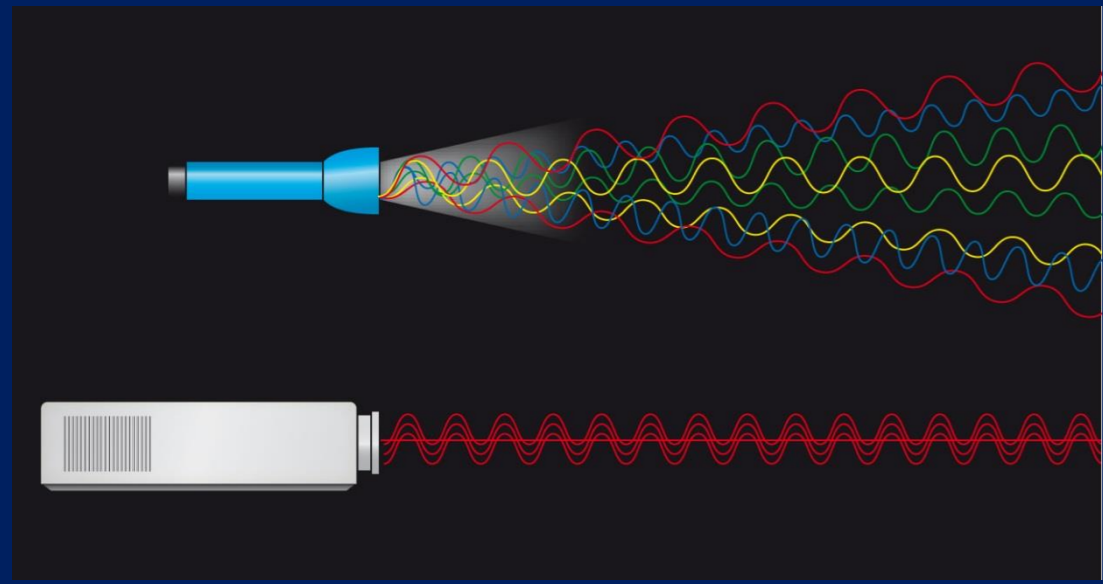


« Le laser* est une invention de théoricien qui n'aura sûrement jamais d'applications. »
Ainsi parlait-on en 1960 de cette nouvelle lumière, étrangère à la nature et domestiquée par les scientifiques !

* Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
(amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement)



La lumière d'un laser est différente de celle d'une ampoule. Elle est :

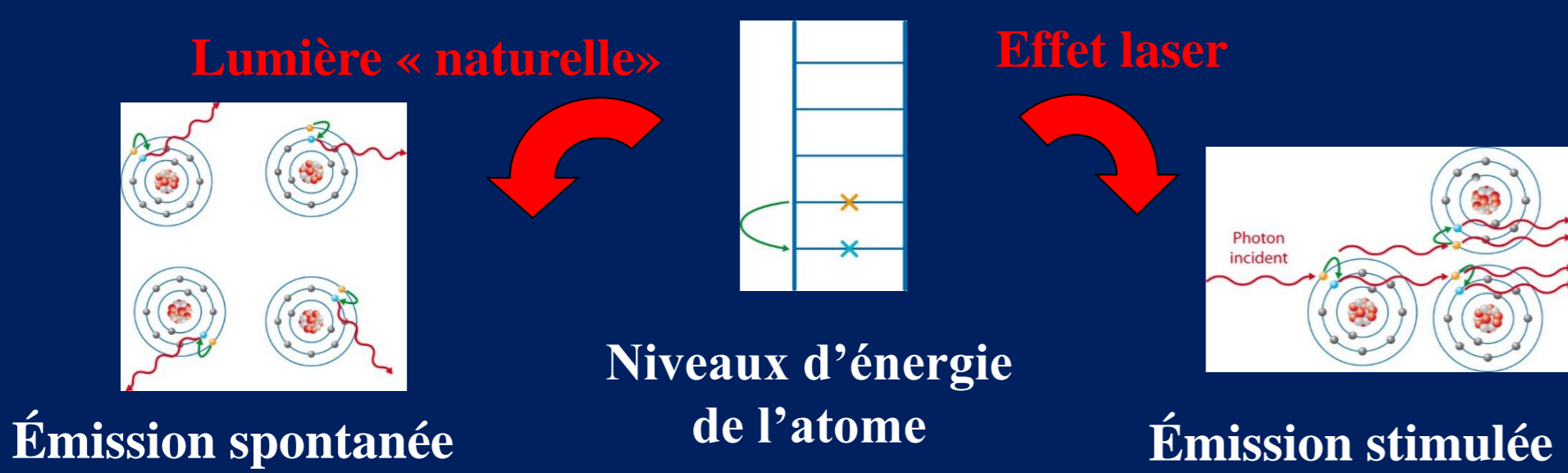
- ▶ directionnelle
- ▶ monochromatique (une seule « couleur », une seule longueur d'onde)
- ▶ cohérente (toutes les ondes lumineuses sont en phase).

D'où ses propriétés inédites.

Le laser en quelques dates :

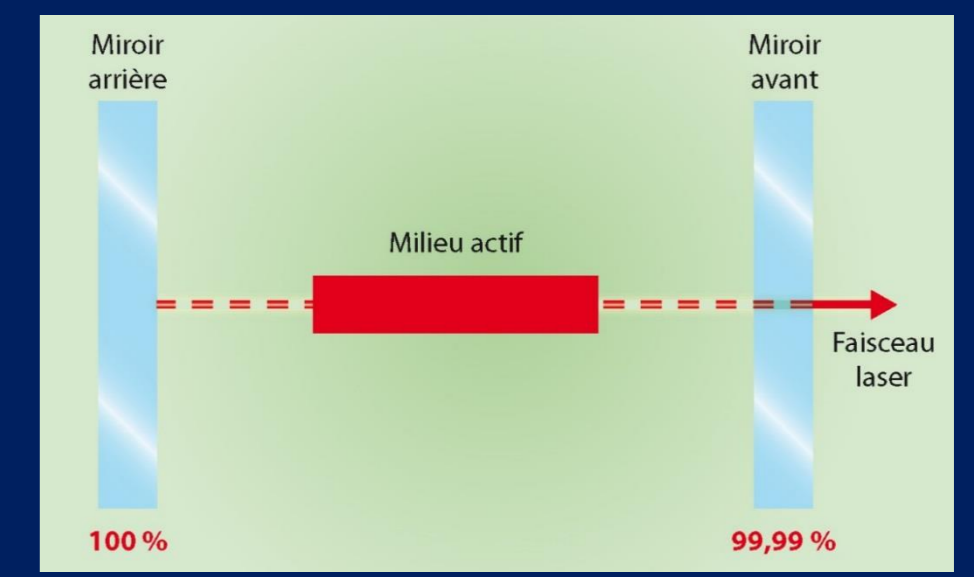
- 1917 : A. Einstein prédit l'émission stimulée.
- 1950 : A. Kastler réalise le pompage optique qui permet d'avoir plus d'atomes dans un état excité que dans l'état fondamental (inversion de population).
- 1960 : T. Maiman met au point le premier laser. Le milieu actif est un cristal de rubis.
- 1963 : F. et N. Legay, au Laboratoire d'Infrarouge, contribuent à la mise au point des premiers lasers moléculaires.

Un atome excité se désexcite...



Il faut préparer un grand nombre d'atomes dans l'état excité... (méthodes de « pompages optiques »)

... et amplifier le phénomène
(grâce à de nombreux allers-retours dans la cavité laser fermée par 2 miroirs)



La découverte orcéenne

1963 : François Legay et Nicole Legay-Sommaire sont chercheurs au Laboratoire d'InfraRouge (LIR) qui sera ensuite intégré dans le Laboratoire de Physique Moléculaire et Applications (LPMA) puis dans le Laboratoire de PhotoPhysique Moléculaire (LPPM) et aujourd'hui dans l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (ISMO).

Ils montrent que l'on peut obtenir une émission intense de lumière infrarouge en faisant vibrer des molécules de CO₂, CO et N₂O et utiliser cette méthode pour réaliser le premier laser moléculaire. Contrairement au laser à rubis qui repose sur une transition électronique entre deux niveaux atomiques (ce qui correspond à une longueur d'onde visible), les lasers moléculaires, dont le laser à CO₂, sont basés sur une transition vibrationnelle, qui correspond au domaine infrarouge (plus grande longueur d'onde).

Pour obtenir un grand nombre de molécules dans l'état excité, les chercheurs ont utilisé la technique suivante : une décharge haute-fréquence dans l'azote moléculaire produit un grand nombre de molécules de N₂ excitées (azote activé). Par collision avec les molécules de CO₂, elles leur transfèrent leur énergie.

1964 : les mêmes chercheurs montrent que l'utilisation de l'azote activé doit permettre la réalisation de lasers à gaz moléculaires très efficaces, en particulier avec CO₂.

Ils vérifient leurs prévisions et cela est confirmé par C. K. N. Patel aux Bell Laboratories (Etats Unis) : le laser à CO₂ - N₂ est né.

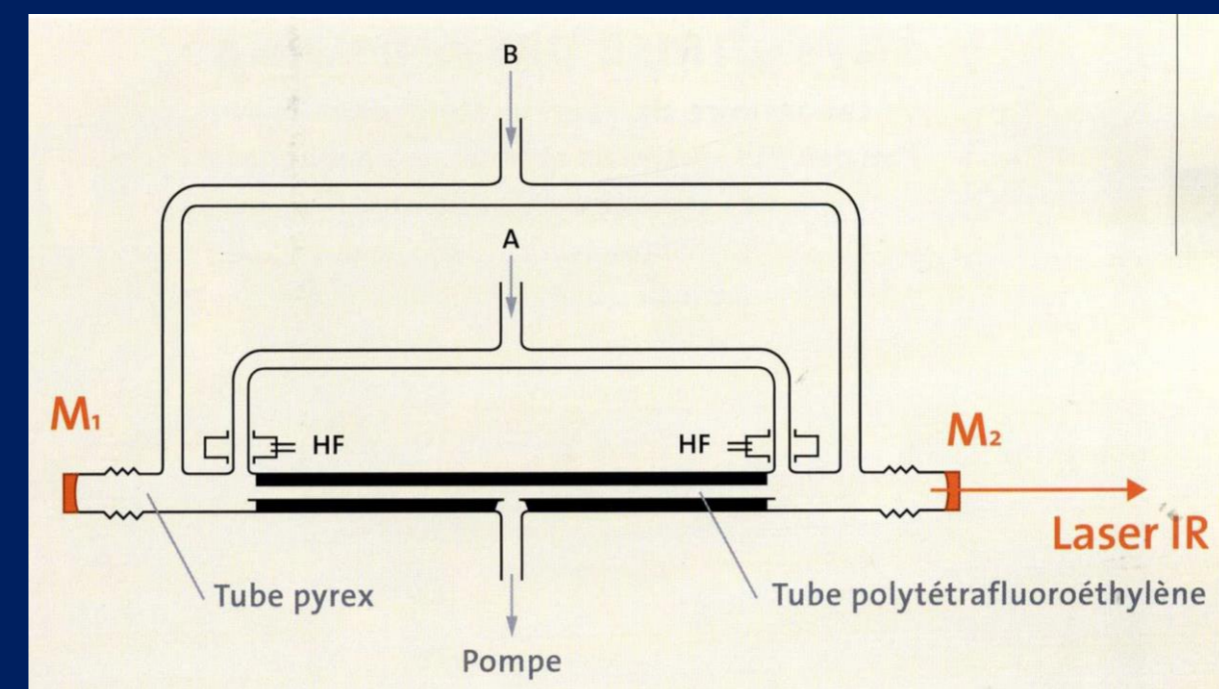
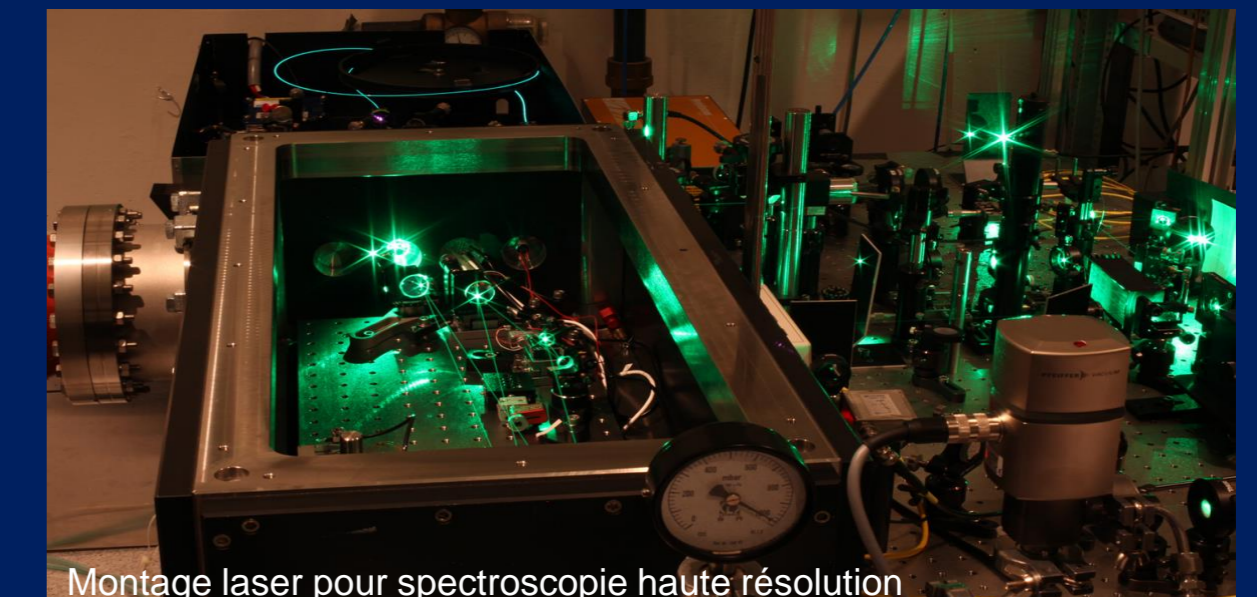


Schéma du laser à CO₂ issu de la publication de F. et N. Legay

L'azote est introduit par l'entrée A et pénètre dans le tube de réaction après avoir traversé une cavité haute fréquence (HF). Le gaz CO₂ est introduit par l'entrée B et se mélange à l'azote activé dans la cavité optique. Les miroirs concaves M₁ et M₂ de la cavité sont espacés de 125 cm.

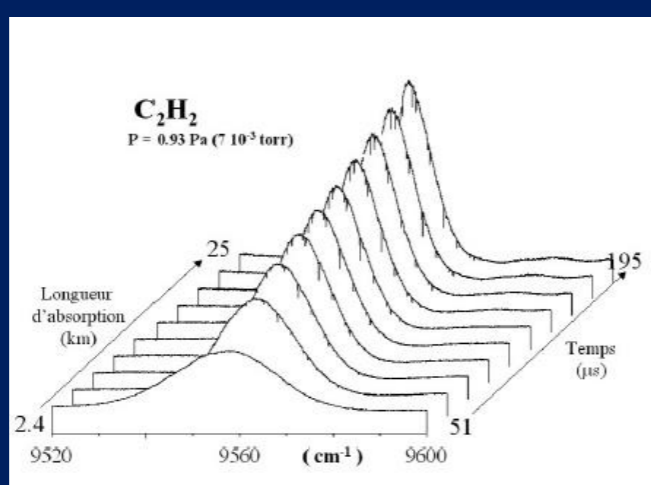
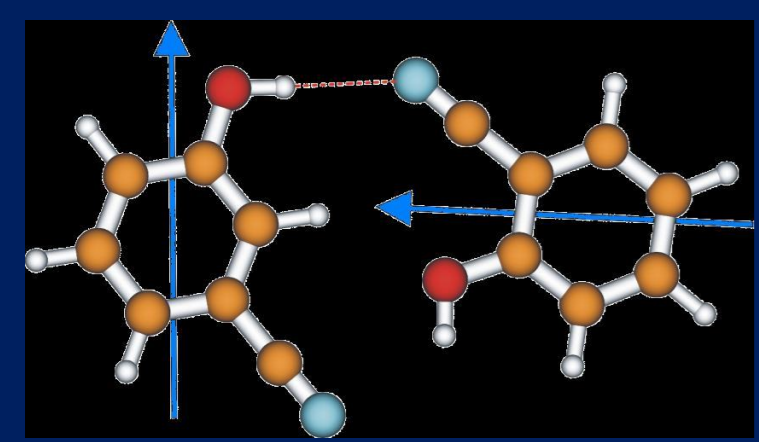
Les utilisations actuelles du laser à CO₂ :

en recherche fondamentale (spectroscopie haute-résolution, optique non linéaire, pompage de nouveaux milieux lasers, synthèse de nouveaux matériaux), détection de traces de polluants atmosphériques, microchirurgie, **mais surtout dans l'industrie** : perçage, soudage, découpe de matériaux pilotée par ordinateur.



Les lasers à l'ISMO en 2018

Un des piliers de la recherche à l'ISMO est la photophysique moléculaire, c'est-à-dire l'étude des atomes et des molécules, puis de leurs assemblages (agrégats, surfaces), grâce à la lumière. L'ISMO dispose d'un parc lasers très important car ils constituent des outils de choix pour ces études.



Spectroscopie

De la même façon que les empreintes digitales, voire ADN, caractérisent un individu, une molécule est caractérisée par la façon dont elle absorbe ou émet la lumière.

Connaître le spectre d'une molécule, c'est :

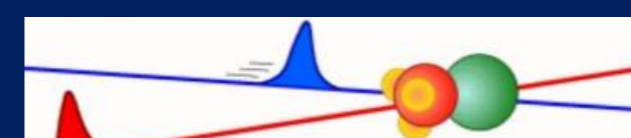
- ▶ obtenir des informations sur sa structure (qui détermine en grande partie sa réactivité chimique)
- ▶ disposer d'une « signature » de la molécule qui permettra de la reconnaître n'importe où, par exemple à l'état de traces dans l'atmosphère dans le cas d'un polluant, ou bien dans l'atmosphère d'une autre planète ou dans les nuages interstellaires.

Image à la résolution nanométrique d'une cellule tumorale de souris

Microscopie

Les lasers peuvent être utilisés comme source de lumière pour faire de l'imagerie. Au laboratoire, on met au point des méthodes de caractérisation de cellules tumorales, par exemple.

Laser pompe : induit la réaction

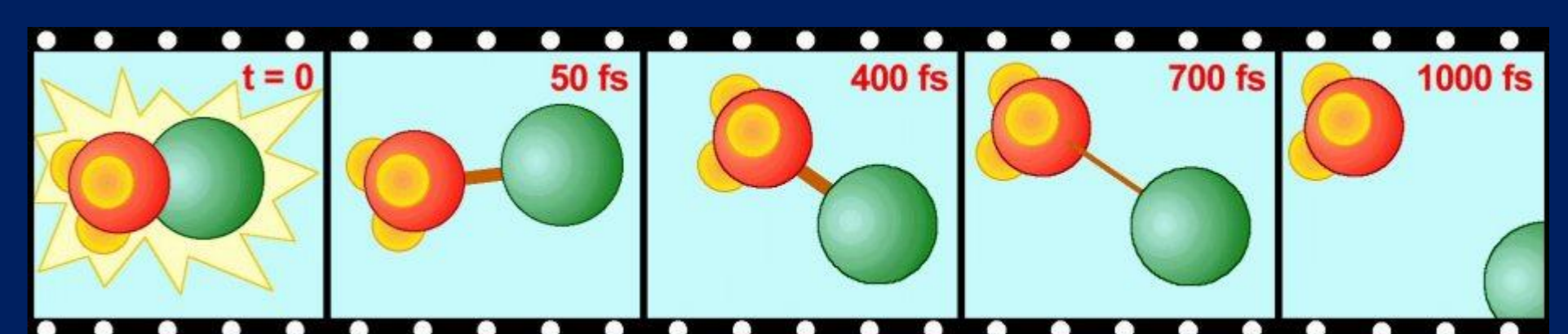


Laser sonde retardé : « photographie » la réaction

Dynamique

Certains types de lasers peuvent émettre leur lumière pendant un temps extrêmement bref (quelques femtosecondes : 10⁻¹⁵ s*).

On peut les utiliser pour observer le comportement des molécules ou de leurs assemblages à des échelles de temps très courtes.



* 1fs = 10⁻¹⁵s = 1 milliardième de milliardième de seconde