

LES

LASERS

LES LASERS CHIMIQUES

A la fin de 1964 s'est tenue, à San-Diego, Californie, une conférence dont le but était de définir et d'étudier un groupe spécial de lasers : les lasers chimiques.

A cette date, aucun laser chimique n'avait encore été réalisé. Cette conférence se devait de répondre à la question : est-il possible d'obtenir une inversion de population des états excités, d'atomes ou de molécules, par une réaction chimique ?

Une seconde, plus large, englobe tous les phénomènes dans lesquels il y a réalisation ou destruction de liaisons chimiques, indépendamment de l'origine de l'énergie nécessaire à cette réaction.

Peu de temps après la mise au point des premiers lasers chimiques, Pimentel, dans la

revue *Scientific American*, publia une étude générale sur ce type de lasers. Les phénomènes d'émission sont très différents selon les constituants formés au cours des réactions chimiques :

● Lorsqu'il s'agit de molécules dans un état excité, l'énergie est généralement sous forme vibrationnelle ;

● Pour les atomes, l'énergie est sous forme électronique.

Certains lasers chimiques possèdent les caractéristiques d'émission de lasers moléculaires (leur rayonnement est dans l'infrarouge), alors que d'autres lasers chimiques se caractérisent par un rayonnement dans l'ultra-

QU'EST-CE QU'UN LASER CHIMIQUE

Une semaine après la conférence de San-Diego, G. G. Pimentel et J. V. Kasper, de l'Université de Berkeley, annonçaient la naissance du premier laser chimique. Ce dernier reposait sur la réaction de combinaison du chlore et de l'hydrogène, donnant naissance à de l'acide chlorhydrique. Ici, le pompage chimique résulte de la conversion directe de l'énergie de réaction en une excitation de l'un des constituants produits (l'acide chlorhydrique dans ce cas), réalisant ainsi l'inversion de population.

C'est une première définition, très stricte du laser chimique.

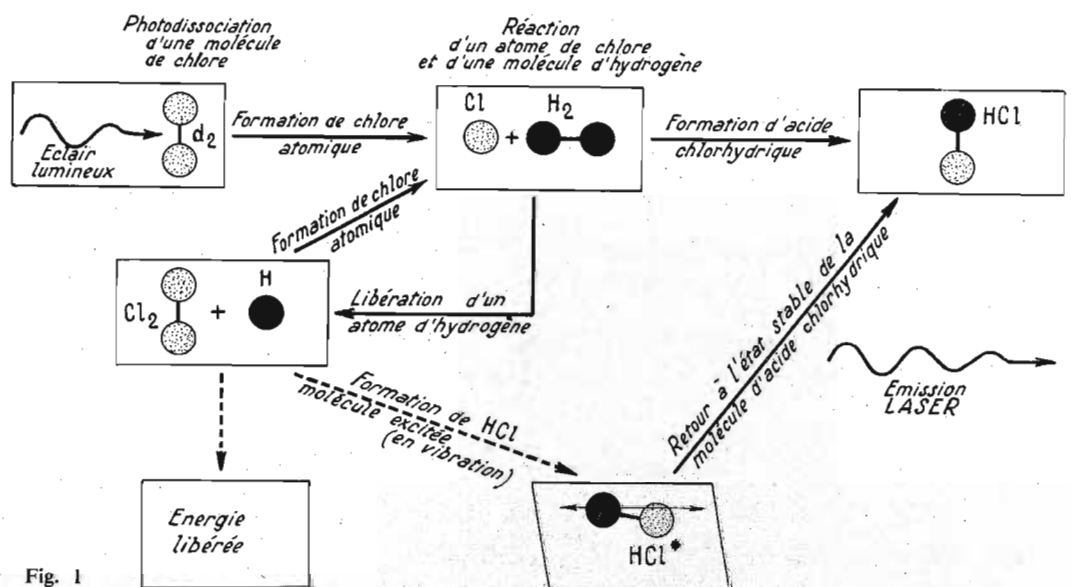


Fig. 1

violet ou dans le spectre visible, comme les lasers ioniques.

Considérons un mélange chimique constitué par deux substances, que l'on désigne par A et BC, où A, B, C représentent des atomes ou des fragments de molécules. Si elles réagissent ensemble, ces substances donneront naissance, par exemple, au composé AB, avec libération de C. Cette réaction chimique s'accompagnera éventuellement d'un dégagement de chaleur (la réaction est exothermique). S'il faut fournir de la chaleur au mélange A + BC, la réaction est dite endothermique.

Si la réaction est exothermique, l'énergie peut produire quatre formes distinctes d'excitation des molécules et atomes :

- L'excitation électronique est liée à des phénomènes très énergétiques. Les électrons vont changer d'orbite. Le photon capable d'exciter à ce point la molécule se situera dans la gamme visible, ou dans l'ultraviolet. Lorsque la molécule se désexcitera, elle émettra un photon très énergétique, se situant dans le spectre visible.

- L'excitation de vibration correspond à des phénomènes moins énergétiques, dans l'infrarouge.

- Si l'excitation est encore plus faible, elle ne parviendra qu'à engendrer la rotation de la molécule sur elle-même. Les échanges d'énergie se manifestent par des longueurs d'onde micrométriques.

- Enfin, l'excitation de translation est la forme associée à l'agitation thermique des molécules.

Si le produit d'une réaction chimique place les molécules dans des états d'énergie correspondant à une excitation de vibration, on a alors un renversement des densités normales de population des différents états excités : il y a eu un pompage

chimique. Le retour à l'équilibre se fera suivant le processus de l'émission stimulée : on observe l'effet laser.

On pourrait évidemment envisager de porter les molécules à un état d'excitation moindre, correspondant à leur rotation. En principe, si l'on y parvenait, on aurait réalisé là aussi une inversion de population, se traduisant par l'effet laser lors du retour à l'état normal. En fait, la durée de vie de l'état d'excitation par rotation est extrêmement brève, et les collisions entre molécules sont cause de l'égalisation des énergies. Les temps de relaxation sont de l'ordre de la milliseconde au moins, pour les énergies électroniques et de vibration, de l'ordre de la microseconde pour les autres énergies, et en particulier pour l'énergie de rotation : excitée avec la seule énergie de rotation, une molécule n'a pas le temps de revenir à son état stable par rayonnement : elle perd son surplus d'énergie dans les chocs avec d'autres molécules.

DES LASERS A IMPULSIONS

Il est nécessaire que la durée de la réaction chimique soit inférieure au temps de relaxation de l'excitation électronique ou de l'excitation de vibration ; de même la réaction doit être amorcée par un phénomène extérieur (impulsion lumineuse), sous forme d'une impulsion énergétique extrêmement brève. Les lasers chimiques sont donc des lasers à impulsions ; ils sont souvent désignés comme des lasers à photodissociation.

DE NOMBREUSES REACTIONS POUR LASERS CHIMIQUES

Le laser à HCl de Kasper et Pimentel est le premier qui

répond à la définition la plus stricte des lasers chimiques. Il a été réalisé dès 1965 ; il peut être classé parmi les lasers moléculaires.

Le mélange à volume égal de chlore et d'hydrogène, à des pressions comprises entre 1 et 50 torrs*, est soumis à l'éclairement d'une lampe à éclairs, d'énergie électrique comprise entre 200 et 2000 joules. Une succession de raies d'émission stimulée est observée dans les 30 microsecondes qui suivent le déclenchement de la lampe à éclairs : l'émission se produit sur une longueur d'onde située dans l'infrarouge (3,773 μm) avec une puissance de 10 W, et une durée d'environ 15 μs , dans une enceinte longue de 60 cm, et 14 mm de diamètre, avec environ 15 torrs dans le mélange hydrogène-chlore.

L'effet laser à partir de la photodissociation de composés iodés a été observé à la même époque, par la même équipe de chercheurs : Kasper, Pimentel et Parker. L'émission stimulée est observée sur une transition de l'iode atomique, cette transition correspondant à une variation de niveaux d'excitation électronique. Ainsi, la photodissociation de trifluorométhiodine (de formule CF_3I) donne naissance à un atome excité d'iode, qui, en revenant à son état fondamental, donne naissance à une émission laser.

Les mêmes résultats sont obtenus avec d'autres composés iodés, de formules chimiques diverses : $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$, $1-\text{C}_3\text{F}_7\text{I}$, CH_3I , $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$, $1-\text{C}_3\text{H}_7\text{I}$, $1-\text{C}_4\text{H}_9\text{I}$. Les émissions laser sont plus intenses avec les composés fluorés ; leurs énergies diminuent pour les hydrocarbures à mesure que la complexité moléculaire croît.

Avec CF_3I , les émissions laser ont atteint des puissances de 300 W, sur des durées de l'ordre

de 10 μs , pour une longueur d'onde de 1,315 μm , avec une lampe à éclair de 2 600 joules.

Polanyi et son équipe de l'Université de Toronto ont étudié la transformation de l'acide iodhydrique HI, en présence de chlore, en acide chlorhydrique ; cette transformation conduit aussi à un effet laser.

Aux Bell Telephone Laboratories, Pollack a cherché à optimiser la pression des divers composés fluorés pour obtenir les meilleurs effets lasers : il a obtenu ainsi des puissances de l'ordre du kilowatt, pendant quelques microsecondes ; les optima de pressions sont :

- 24 torrs pour CH_3I ;
- 116 torrs pour CF_3I ;
- 88 torrs pour $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$;
- 128 torrs pour $1-\text{C}_3\text{F}_7\text{I}$;

avec une lampe à éclairs de 800 joules ; au-dessus de 800 joules, Pollack a observé des phénomènes de saturation.

A la recherche de très hautes énergies, A.-J. de Maria a obtenu, par photodissociation de CF_3I , des impulsions de 100 kW, sur une durée de 1,5 μs . La pression du mélange est de 15 torrs, et le rendement global de 0,15 %.

Aux laboratoires de Bell Téléphone, M.-A. Pollack a provoqué l'émission stimulée par photodissociation de sulfure de carbone (formule : CS_2) en présence d'oxygène. On obtient de l'oxyde de carbone (CO) dans un état d'excitation de vibration et de rotation, qui donne une émission laser de 10 à 20 μs de durée, 15 μs après le déclenchement de la lampe à éclair.

L'excitation vibrationnelle d'oxyde d'azote NO est obtenue par photodissociation de chlorure de nitrosyle NOCl. L'émission laser se produit sur des longueurs d'onde comprises entre 5,95 et 6,30 μm ; l'impulsion laser a une durée de 4 μs avec une puissance de 10 W, pour un éclair de pompage de 1 000 joules.

L'excitation de vibration-rotation de CN est observée à partir de la photodissociation de C_2N_2 ; elle donne une émission laser sur des longueurs d'onde voisines de 5,2 μm . Ce type de laser autorise un fonctionnement répété : cela est dû à la recombinaison de deux groupes CN, en une molécule C_2N_2 .

A.-H. Adelman, en 1966, a étudié la décomposition de vapeurs organiques par des impulsions provenant de lasers à rubis : des vapeurs de tetrachlorure de carbone, d'hexane, d'acétone, ..., à des pressions de 100 torrs ont donné des émissions sur les états excités des atomes de carbone (C , C^+ , C^{++}), de chlore (Cl^+) et d'oxygène (O^+).

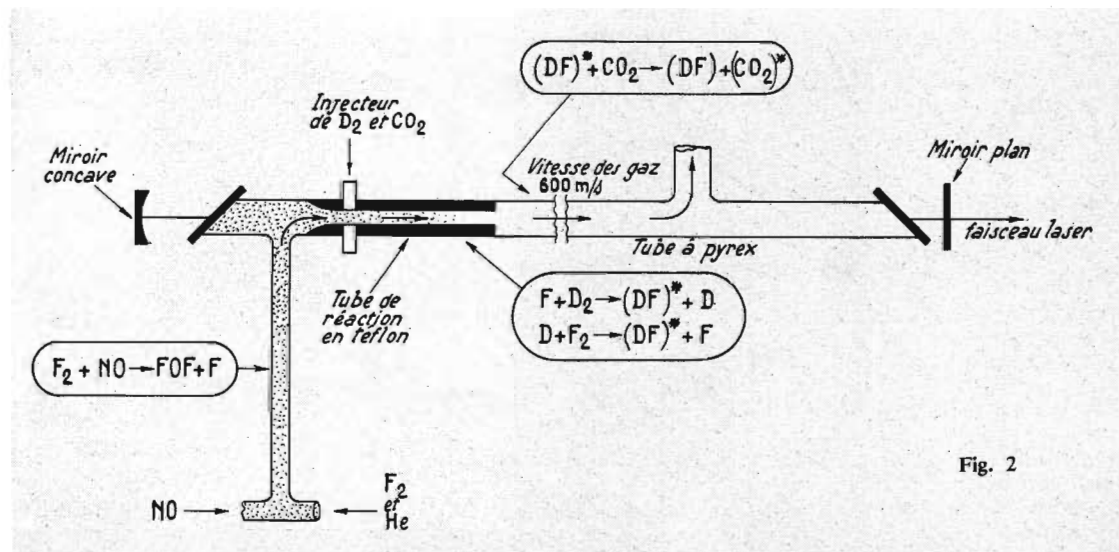


Fig. 2

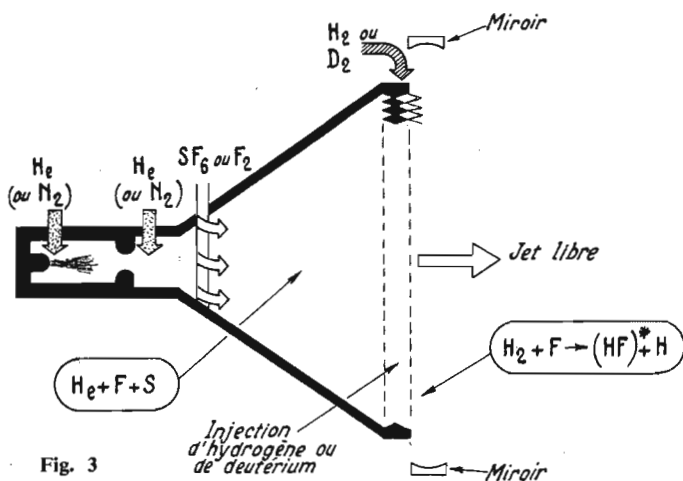


Fig. 3

Chez Raytheon, Thomas Deutsch a utilisé une réaction de photodissociation avec l'oxychlorure de soufre (OCIS) pour obtenir l'effet laser. C. Pimentel et Karl L. Kompas ont obtenu l'effet laser dans un mélange d'hexachlorure d'uranium et d'hydrogène : l'éclair lumineux a pour résultat de dissocier un atome de fluor qui réagit avec l'hydrogène, pour donner de l'acide fluorique.

LE LASER CONTINU

Ce n'est qu'à la fin des années 60 qu'apparurent les premiers lasers chimiques continus : l'Aerospace Corp., a étudié un laser à fluor-hydrogène nécessitant un chauffage par arc électrique ; pour sa part, Avco Corp. a mis au point un laser similaire, fonctionnant dans un tube à choc. Au cours de la conférence de l'American Physical Society, qui s'est tenue au début de 1970, Terril A. Cool présentait le premier laser chimique portable travaillant en continu : développé sous l'égide de la N.A.S.A., il est bien entendu destiné aux applications spatiales. Ce laser tire entièrement son énergie des réactions chimiques internes, alors que les autres lasers requièrent au moins une source externe de pompage. Le laser de Cool est entièrement autonome.

Il s'agit là d'un laser à DF-CO₂ fonctionnant à la longueur d'onde correspondant à l'excitation de l'oxyde de carbone (soit 10,6 μm). La puissance de sortie atteint 8 W. cor-

respondant à un rendement de conversion voisin de 4%. Selon Cool, il serait possible, en améliorant son laser, d'atteindre des rendements de 15%, c'est-à-dire proches de ceux des lasers conventionnels à gaz carbonique.

Le laser à DF-CO₂ fonctionne avec du deutérium, du fluor, du gaz carbonique et de l'oxyde d'azote. Le processus débute par une réaction entre le fluor et l'oxyde d'azote, l'hélium servant de catalyseur : des atomes libres de fluor sont ainsi libérés qui réagissent avec le deutérium pour donner du fluorure de deutérium (DF) dans un état d'excitation par vibration. Cette énergie d'excitation est alors transférée aux molécules de gaz carbonique (CO₂) qui se trouvent, de la sorte, dans un état de vibration-rotation.

T.-A. Cool a également étudié un laser chimique hydrogène-fluor travaillant à des longueurs d'onde de 2,6 à 3 μm, ainsi qu'un laser deutérium-fluor, à 3,7/4 μm.

L'ATTENTION DES MILITAIRES !

Aux Etats-Unis, les lasers chimiques semblent devoir bientôt sortir de leur stade d'enfance : l'U.S. Army a, dans le courant 72, dépensé 6 millions de dollars pour ses travaux dans ce domaine ; cette somme représente le double de ce qui a été dépensé, en 1971, par les trois armes, pour le développement des lasers chimiques.

A ces 6 millions de dollars, il faudrait ajouter les sommes (non publiées) consacrées en 1972, par l'U.S. Navy et l'U.S. Air Force, pour déterminer le montant global des investissements, outre-Atlantique, dans les lasers chimiques. Une autre source de financement du développement de ces lasers est l'A.R.P.A. (Advanced Project

Research Agency), l'équivalent en somme de notre D.R.M.E. Jus qu'alors seule l'A.R.P.A. finançait les lasers chimiques : que les forces armées participent aussi, semble démontrer que les lasers chimiques sont sur le point d'être opérationnels.

L'U.S. Air Force appuie, actuellement, essentiellement les travaux de l'Aerospace Corp. Deux firmes américaines, l'United Aircraft Corp. et T.R.W. Inc. développent des lasers similaires à celui de l'Aerospace Corp., mais l'arc est remplacé par un phénomène de combustion.

Selon Donald J. Spencer, de l'Aerospace Corp., le laser chimique pourrait dans certains cas, remplacer le laser à CO₂, déjà industrialisé : ainsi, un laser à fluor, dont le diluant est l'hydrogène, fournit 300 kJ d'énergie par kilogramme de gaz le traversant ; en comparaison, l'A.V. C.O. Corp. dispose d'un laser à CO₂, de puissance voisine de 60 kW et dont la puissance spécifique (rapport entre la puissance et le débit de gaz) n'est que de 4,4 kJ/kg. L'intérêt du laser chimique réside donc, pour une grande part, dans sa puissance spécifique très élevée.

C'est là un secteur technologique à surveiller !

Marc FERRETTI.

EXCEPTIONNEL



BATTERIES SOLDEES pour défauts d'aspect
VENDEES AU TIERS DE LEUR VALEUR

avec échange d'une vieille batterie

EXEMPLES : 2 CV. Type 6 V 1	44,15
4 L. Type 6 V 2	51,60
Simca. Type 12 V 8	69,95
R 8 - R 10 - R 12 - R 16-204	
304. Type 12 V 9	70,60
403 - 404 - 504. Type 12 V 10	78,80

Tous autres modèles disponibles

VENTE SUR PLACE UNIQUEMENT

ACCUMULATEURS ET EQUIPEMENTS

2, rue de Fontarabie, 75020 PARIS
Tél. : 797.40.92

et en PROVINCE :

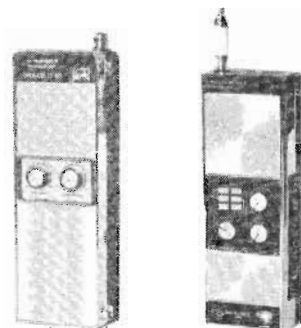
Angoulême : tél. (45) 95.64.41
Aix-en-Provence : tél. (91) 26.51.34
Bordeaux : tél. (56) 91.30.63
Bourg-les-Valence (Valence) : tél. (75) 43.15.64
Chalon-sur-Saône : tél. (85) 48.30.39
Dijon : tél. (80) 30.91.61
Fourchambault (Nevers) : tél. (83) 68.02.32
Gravigny (Evreux), 38 ter, av. A.-Briand

Grenoble : tél. (76) 96.53.33
Lyon : tél. (78) 23.16.33
Mandelieu (Cannes) : tél. (93) 38.82.11
Mantes : tél. 477.53.08 - 477.57.09
Mcrtargis : tél. (38) 85.29.48
Nancy : tél. (28) 52.00.11
Nice : tél. (93) 88.16.28
Pau : tél. (59) 33.15.50

UNE OCCASION UNIQUE
DE VOUS EQUIPER A BON MARCHÉ...

matedi

29 et 29 bis, rue des Pavillons
92 PUTEAUX
506-25-13 - 506-29-31



Emetteur - Récepteur
3 watts
OVERLAND 13475
450 F H.T.

Emetteur - Récepteur
5 watts
OVERLAND 13675
650 F H.T.



VOTRE INSTALLATION DE RADIO-TÉLÉPHONES "OVERLAND" PAR VOUS-MÊME POUR 2 900 F

COMPRENANT :

- 1 poste Fixe-Station base
- 1 alimentation secteur
- 1 poste mobile pour votre véhicule
- 1 antenne fixe
- 1 antenne mobile
- Accessoires
- Instructions de montage.

matedi

29, RUE DES PAVILLONS
92-PUTEAUX
Tél. : 506-25-13 et 506-29-31