

LES

LASERS,

UN MARCHÉ ...

T Maiman, l'un des inventeurs du laser, qualifia sa découverte de l'expression : « solution en quête d'un problème ».

Bien des problèmes ont été depuis résolus grâce au laser. L'évolution du marché des produits ayant trait aux lasers le montre aisément : 188 M\$ (*), l'an passé, et près de 215,7 M\$ en 1973, soit un taux de croissance de l'industrie des lasers, dans son ensemble, voisin de 14,7 %.

C'est ce qui ressort d'une étude économique entreprise par la revue américaine « Laser focus ». D'autres chiffres significatifs de cette étude indiquent que :

- 167 700 chercheurs et ingénieurs, dans le monde entier, travaillent dans le secteur des lasers (soit une progression de l'emploi de 6 % sur l'an passé).

- Le marché est dominé essentiellement par les applications militaires. La croissance du marché militaire entre 1972 et 1973, évalué à 13,9 % (1972 : commandes militaires évaluées à 102 M\$; 1973 : 116,2 M\$), est un peu moins forte qu'entre 1971

et 1972 (15,5 %). La part militaire dans le marché global des lasers est en déclin léger ; ce déclin est cependant moins accentué que prévu l'an passé.

- Le secteur « recherches » (scientifique et industrielle) va croître moins vite que le secteur « production ». Près des trois quarts des dépenses militaires seront consacrées à la recherche.

L'EUROPE DYNAMIQUE

Le facteur mis le plus en évidence dans l'étude de « Laser focus » est « l'internationalisation » des activités dans le domaine des lasers. Le marché total, dans l'Europe de l'Ouest et au Japon, est passé de 33 M\$ en 1970 à 49 M\$ trois années plus tard. Les principaux producteurs (et simultanément utilisateurs) de lasers sont l'Allemagne fédérale, la France, la Grande-Bretagne et le Japon (les Etats-Unis restant en tête de ce peloton). Dans plusieurs branches technologiques, l'avance européenne ou japonaise est très marquée. Ainsi :

- Dans les hautes puissances, la C.G.E. possède une avance incontestable ;

- En Grande-Bretagne, les applications des communications optiques ont été envisagées pour un avenir proche.

- Les laboratoires de recherches de Philips, situés à Hambourg étudient des unités de commutation optique pouvant être insérées dans des ensembles de calcul digital.

- D'importants résultats ont été obtenus au Japon, en deux ans seulement, en matière de fusion par laser.

DES APPLICATIONS NOUVELLES EMERGENT

La fusion par laser est, aux Etats-Unis, une technologie sur laquelle on fonde beaucoup d'espoirs puisque trois laboratoires de l'Atomic Energy Commission [le « Los Alamos Laboratory », les « Sandia Laboratories » et le « Lawrence Livermore Laboratory »] développent les moyens de réaliser la fusion par laser et d'exploiter l'énergie délivrée lors de la fusion. Cet organisme américain sous-traite, en outre, une partie des études à des universi-

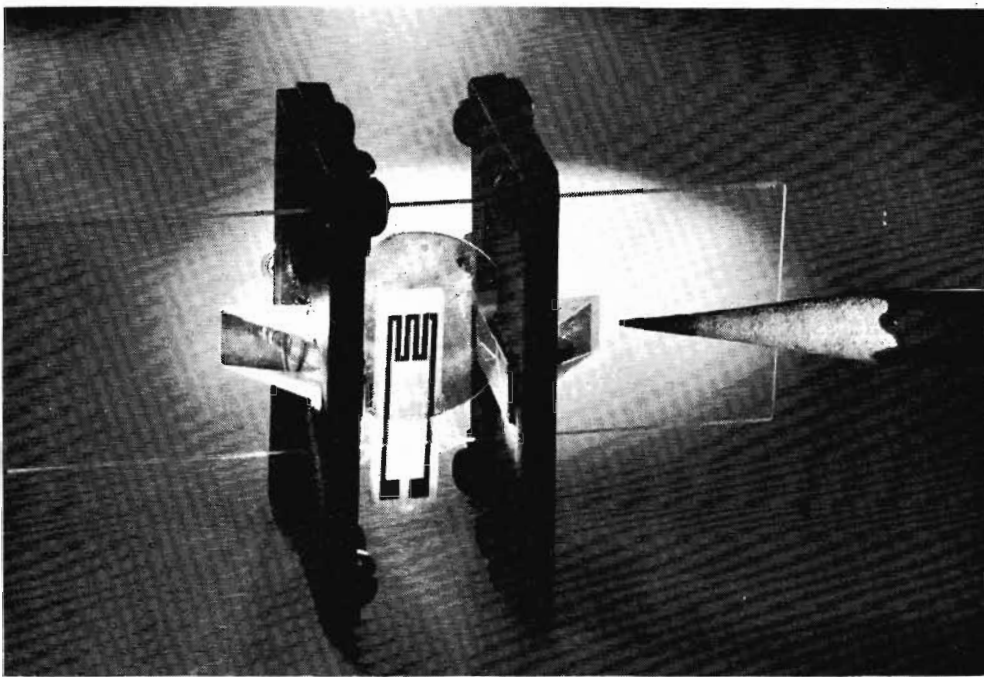
taires, essentiellement des Universités de Stanford et de l'Arizona, ainsi qu'au Massachusetts Institute of Technology.

Les dépenses américaines dans ce secteur, essentiellement militaires, seraient d'environ 46 M\$; la moitié de la somme serait consacrée à l'emploi du laser en fusion, l'autre moitié étant réservée aux méthodes magnétiques de confinement.

Dans les applications civiles nouvelles des lasers, le traitement des informations apparaît comme étant particulièrement privilégié : le marché américain est estimé, pour 1973, à 37 M\$, soit un accroissement de 28,9 % sur l'an passé.

Près de 80 % des fonds consacrés à ce secteur proviendront du Gouvernement fédéral. Par exemple, le tri du courrier va être accéléré au moyen d'une unité de balayage optique à laser ; l'U.S. Navy va automatiser la paie du personnel grâce à des unités similaires. D'ici une année, la Nasa devrait lancer un satellite contenant une mémoire holographique dont la capacité atteindrait le million de mégabits, tandis qu'un satellite d'exploration des ressources terrestres emportera en orbite de multiples capteurs électro-optiques.

(* Dans le cours de l'article, l'unité monétaire sera le « million de dollars » symbolisé par M\$.



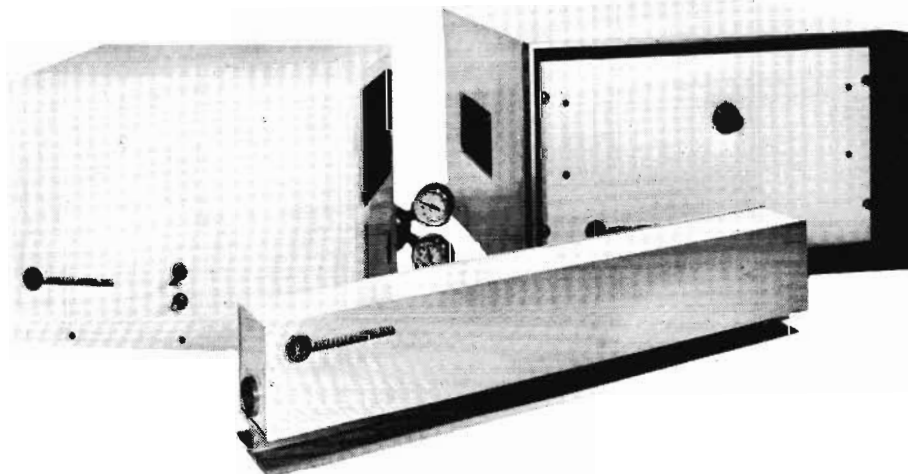
1

Photo n° 1. — Commutateur de faisceau laser : un tel appareil sera utilisé dans les futures communications optiques. (Cliché Bell Telephone Laboratories)



2

Photo n° 2. — Laser portatif à grenat d'yttrium-aluminium : à travail par impulsions de 100 millijoules, à la cadence d'une impulsion (durée 100 μ s) par seconde. Ses applications se trouvent en télémétrie. (Cliché Raytheon)



3

Photo n° 3. — Ce laser à gaz carbonique délivre 12 W en continu. Les applications se situent dans le travail des matériaux (découpage, ajustage, perçage). (Cliché Apollo Lasers)

Toujours dans le domaine des matériaux électro-optiques, l'un des plus importants marchés est celui du visiophone. Aux Etats-Unis, le système Picturephone de téléphone-télévision est déjà en place dans la région de Pittsburgh et il sera étendu à d'autres régions cette année : ce système utilise des céramiques ferroélectriques électro-optiques développées aux Sandia Laboratories. En France, la C.G.E. et Thomson-C.S.F. s'intéressent à des systèmes semblables de téléphone-télévision, avec transmission des images télévisées par fibres optiques, au moyen de lasers.

Les machines de reprographie de bureau vont également faire appel aux lasers : les photocopieurs des firmes Xerox-Corp., Savin Business Machine Corp., I.B.M. Corp., Saxon Industries Inc. et de Singer Co., aux U.S.A., ainsi que de Canon et Minolta au Japon, pourraient, dans un avenir très proche (en tout état de cause, d'ici 1974 pour certains d'entre eux) être équipés d'un laser.

Le copieur de Xerox dénommé Rudicon devrait, en principe, être introduit à la fin de l'année, ou au début 1974. Il contiendra une « mémoire » en matériau polymère déformable, qui sera adressée au moyen d'un faisceau électronique, lue par un laser et effacée par voie thermique. Cet appareil pourrait produire des microfilms en plus des photocopies.

En remplaçant le polymère thermoplastique par un élastomère, Xerox espère, ultérieurement, accélérer le processus d'effacement (celui-ci n'ayant plus de caractère thermique).

Pour la télétransmission d'images, des dispositifs de balayage électro-optiques permettront de réduire considérablement (de quelques minutes à quelques secondes), la durée de lecture des documents à transmettre. Aux Etats-Unis, Image Information Inc. développe un tel ensemble dit de « fac-similés », destiné aux besoins météorologiques (transmission rapide de cartes météorologiques); au Japon, c'est Matsushita Graphic Communications Systems Co. qui met au point un appareillage de transmission d'images pour les rédactions de journaux.

L'impact le plus important de toutes ces techniques de lecture ou d'écriture d'informations graphiques devrait concerner les unités de sortie d'ordinateur sur microfilms. Memorex Corp., depuis plusieurs années, commercialise un tel périphérique, dans lequel les informations sont initialement affichées sur une matrice électroluminescente, puis transférées vers un microfilm au moyen de

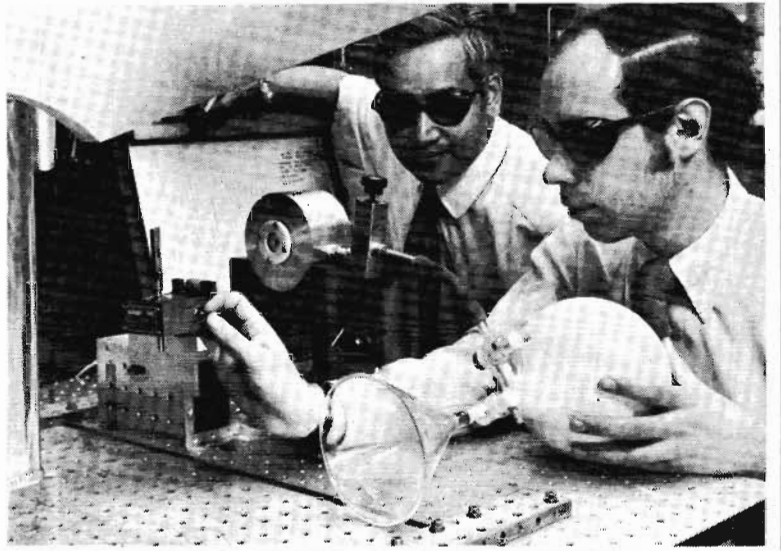


4a

Photos n° 4 (a). — Dans la lutte contre la pollution atmosphérique...

4b

Photos n° 4 (b). — ...Le laser permet de mesurer de façon rapide et précise, la teneur de l'air en oxydes d'azote. (Clichés Bell Telephone Laboratories)



fibres optiques. D'autres firmes, telles que Datagraphix ou Zenith étudient la mise au point d'imprimantes ultra rapides sur microfilms, contenant un fin pinceau laser modulé par des informations digitales et éclairant une surface photographique.

Alors que le marché des ordinateurs est partagé par des firmes multinationales, le premier fournisseur de mémoires optiques est une petite société américaine

spécialisée dans les matériels de vérification de cartes de crédit : Optical Data Systems Inc. analyse actuellement l'intérêt de mémoires holographiques pour de tels matériels, dans une chaîne d'hôtels et dans une compagnie aérienne.

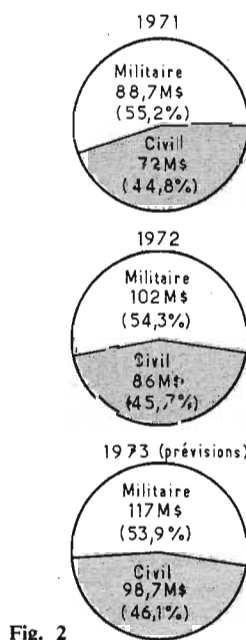
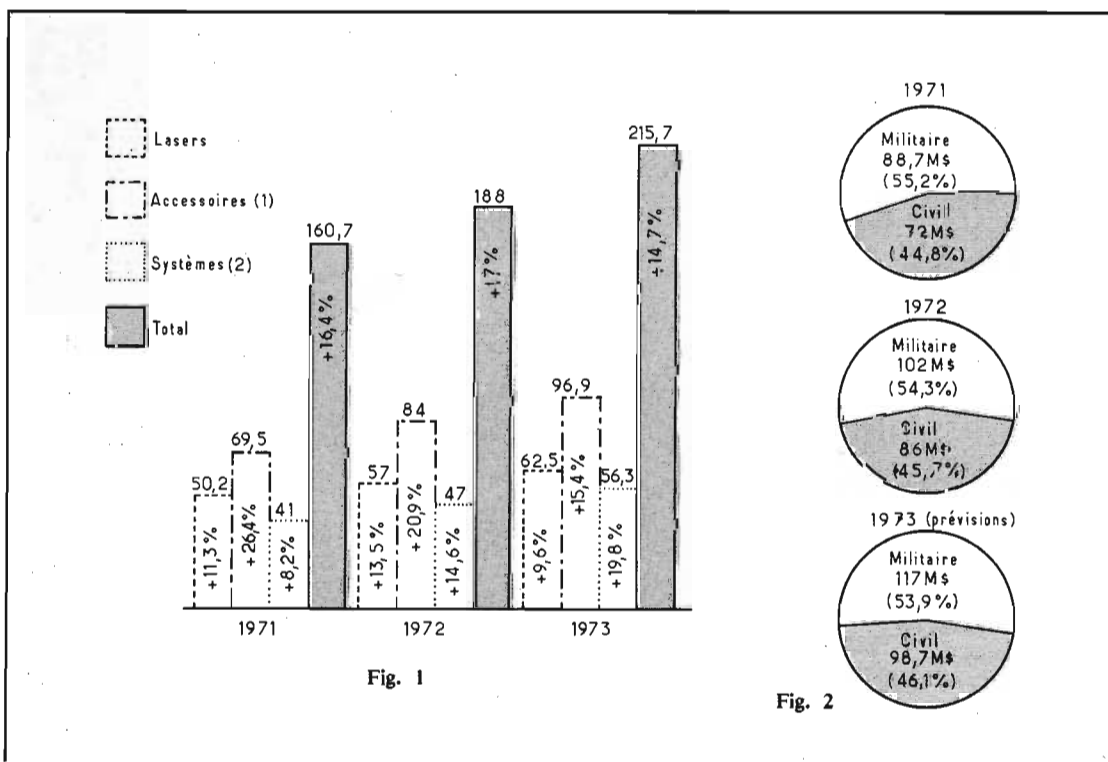
Les mémoires optiques de grande capacité sont développées dans de nombreux laboratoires, dans le monde entier : I.B.M. Corp., R.C.A. Corp., Honeywell

Inc. et North American Rockwell aux Etats-Unis ; Siemens A.G., AEG-Telefunken et Agfa-Gevaert en Allemagne ; Thomson-C.S.F. en France ; I.C.L. Ltd en Grande-Bretagne ; Philips Gloeilampenfabrieken N.V. aux Pays-Bas ; enfin Nippon Electric Co., Hitachi Ltd et Fujitsu Ltd au Japon.

Malgré cette diversité dans l'action, il semble que si les mémoires classiques à tores de ferrite doivent être remplacées, au

cours des deux ou trois années à venir, ce n'est pas par des lasers ou des hologrammes, mais plutôt par des semi-conducteurs. Divers matériels électro-optiques vont certes être insérés dans les mémoires d'ordinateurs (leur marché est estimé à 16 M\$ pour cette année), mais leur emploi ne sera pas généralisé aussi vite que certains industriels l'espéraient.

Optical Data, prouve ainsi que si l'holographie n'est pas destinée immédiatement aux ordinateurs, elle peut être mise à profit dans l'industrie de l'identification (cartes de crédit, cartes d'identité, cartes d'abonnements...). Optical Data a commercialisé le système Holo-Dac, produisant automatiquement des hologrammes à partir d'informations digitales enregistrées sur bandes magnétiques. Un lecteur d'hologrammes est en cours d'études, qui coûterait 7 500 francs environ, et qui serait en liaison avec des consoles (caisses enregistreuses, terminaux de points de vente) bon marché (1 250 francs). Le marché de tels lecteurs équipés de lasers est estimé par Ivan Courtright à des milliers d'unités : une chaîne de supermarchés requiert au moins une centaine de lecteurs ; les chaînes d'hôtels et de restaurants, les compagnies aériennes et bancaires, les stations-service distribuant l'essence aux automobilistes figurent parmi les clients potentiels d'Optical Data System. En France, voici deux années, la C.I.T., en collaboration avec les Laboratoires de Marcoussis de la C.G.E., ont présenté un système analogue. Cependant les résultats techniques obtenus ont incité les industriels français à reprendre



l'ensemble de leurs études, afin d'améliorer la qualité des hologrammes, et d'étendre leurs travaux au cadre de l'archivage holographique.

LE MARCHE MILITAIRE

Les commandes militaires de lasers vont croître de 13,9 % cette année, et atteindre 116,2 M\$. L'an passé, la croissance dans ce secteur était un peu supérieure (15,5 %). La compétition entre industriels est très vive des deux bords de l'Atlantique.

Aux U.S.A., Hughes Aircraft a reçu sa première commande importante de télémètres à lasers en rubis pour équiper des tourelles de chars M60. L'an passé, le marché des télémètres militaires a atteint 15 M\$, et l'armée américaine en possède plus de 2 000 unités.

En Europe, où le marché militaire représente près de 70 % du marché total des lasers, la demande peut être satisfaite par les constructeurs européens eux-mêmes : les télémètres à laser en verre dopé ou néodyme, destinés à l'avion franco-britannique Jaguar seront fournis par Ferranti Ltd (Grande - Bretagne) et la C.G.E. (France); les télémètres destinés à l'avion MRCA proviendront de l'Eltro A.G. (Allemagne) et de Hawker Siddeley Aviation Ltd (Grande-Bretagne).

L'armée de terre britannique, comme celle des Etats-Unis, adopte des télémètres à lasers en rubis, alors que en Allemagne, ce sont des lasers en verre dopé au néodyme qui équipent les chars Leopard.

Plusieurs développements de systèmes laser sont en cours pour les besoins militaires : les missiles à laser, les systèmes de brouillage à laser et les radars à laser. Les systèmes de brouillage sont destinés à tromper les radars ennemis ou à « forcer » leurs moyens de communications ; le marché de tels équipements pourrait, d'ici quelques années, atteindre 500 M\$. Quant aux radars à laser, ils seraient produits d'ici trois ans.

Les spécialistes militaires s'intéressent également aux lasers à haute énergie : les dépenses, ici, vont s'accroître de 20 % en 1973, et atteindre 78,4 M\$.

LES APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE ET LE BATIMENT...

Les lasers émettent un faisceau fin et rectiligne servant à l'obtention d'alignements quasiment par-

(Suite page 90)

TABLEAU I. — LES APPLICATIONS DES LASERS

Familles de lasers	Type	Energie	Durée d'impulsion	Puis. sance	Applications	
	<i>Laser de grande puissance</i> 1 coup/5 minutes.....	500 J	30 ns	16 MW	Production de plasmas denses et chauds. Diagnostic des plasmas. Photo-chimie.	
	Matériau : verre dopé au néodyme. Longueur d'onde : $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$	250 J	5 ns	50 MW		
Laser solide à cristaux et verre	<i>Lasers de moyenne puissance à cadence de répétition</i>				Evaluation du relief de la lune. <i>Télémétrie précise des satellites.</i> — Les expériences de triangulation par laser à partir des bases d'Hammaguir, Saint-Michel-de-Provence et de Grèce ont utilisé des lasers de ce type. <i>Télémètres terrestres et aéroportés.</i> Guidage terrestre et spatial à grande distance. Guidage terrestre et spatial à moyenne distance. Soudure et usinage.	
	1 c./3 sec.....	Matériau : rubis $\lambda = 0,6943 \mu\text{m}$	3 J	30 ns		100 MW
	1 c./sec.....		1 J	30 ns		30 MW
	1 c./sec.....	Matériau : yttrium, aluminium, grenat Dopé au néodyme $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$	0,3 J	30 ns		10 MW
10 c./sec.....	0,5 J		30 ns	16 MW		
	100 ou 1 000 coups/seconde					
	1 coup/1 seconde à 1 minute	10^{-2} à 10^{-3} J	30 ns	0,3 MW		
	<i>Lasers continus</i>				Guidage. Spectrophotométrie Raman. Soudure. Applications médicales (chirurgie du cerveau).	
	Rubis..... Yttrium, aluminium, grenat			1 W 100 W		
	Lasers comportant un doublement ou un quadruplement de fréquence par passage de l'onde dans un milieu non linéaire (cristaux de phosphate monopotassique, par exemple).....		25 ns	4 à 400 MW	Production de plasmas. Télémétrie de satellites à très grande distance. Détection dans l'eau. Photo-chimie.	
Familles de lasers	Type	Energie	Durée d'impulsion	Puis. sance	Applications	
Lasers à gaz	<i>Lasers ioniques</i> Ondes engendrées dans la bande ultraviolette et optique			20 W	Photo-chimie. Guidage. <i>Spectrophotométrie Raman.</i> Holographie rapide.	
	Laser à argon ionisé. $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ bleu-vert. Rendement : un dix-millième.					
	<i>Lasers atomiques</i> Hélium-néon. $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$. Rendement : un millième.			100 MW		
Laser à liquide	<i>Lasers moléculaires</i> $\text{CO}_2\text{-N}_2$ $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ Rendement : un dixième.			1 kW	Thermo-chimie. Soudure. Guidage et télécommunications. Production de hautes températures.	
	Solution du néodyme dans un solvant lourd	1 J	30 ns	30 MW	Télémétrie.	
Laser semi-conduct. à arseniure de gallium	Fonctionnement à puissance constante seulement obtenu à basse température (77°K au moins).... Fonctionnement en impulsion à la température ordinaire			Quelques watts En crête : 10 W	Télécommunications et télémétrie à courte distance.	

LES LASERS UN MARCHÉ

(Suite de la page 86)

faits. Jusqu'alors, deux constructeurs de lasers, Spectra Physics Inc. et Laser Alignment Inc., se partageaient cette voie ; depuis quelques mois, un troisième constructeur les a rejoint : Coherent Radiation.

Dans le secteur industriel des contrôles non-destructifs, les techniques interférométriques et holographiques commencent à se développer ; leur marché est encore faible (3 M \$ l'an passé) mais les possibilités uniques de ces techniques devraient contribuer à une forte croissance. A cette instrumentation viendront s'ajouter des comparateurs holographiques et des unités de balayage par faisceau laser, destinées à la détection de défauts, imperfections..., ainsi que des vélocimètres à laser chargés d'analyser des écoulements continus de fluides.

Le montant global des ventes d'instruments de mesure et de détection à laser pour l'industrie atteindra, en 1973, 19,8 M \$, soit une progression de 19,5 %. On doit ajouter les matériels à laser chargés du travail des matériaux (soudage par exemple), dont le marché atteindra 11,9 M \$, en expansion de 16,9 %.

... ET DANS LES LABORATOIRES

Dans l'instrumentation de précision, le marché des lasers, en expansion de 15,2 %, atteindra 18,7 M \$ cette année.

L'instrument « à la mode » devient le laser à colorants, capable d'être accordé dans une plage de longueurs d'ondes, et ouvrant

la voie à la « spectrométrie accordable ». Trois firmes se distinguent : Spectra Physics, Coherent Radiation et Control-Laser, Orlando Inc.

Les spectrophotomètres sont des appareils classiques pour l'analyse par infrarouges, par effet Raman et par fluorescence ; l'introduction de la lumière cohérente des lasers améliore, d'un facteur dix, la précision des mesures ; l'introduction de la possibilité d'accorder la longueur d'onde ouvre la voie à l'analyse d'une grande variété de molécules, sans avoir à changer de lasers.

De nouvelles applications des lasers apparaissent également en biomédecine. Coherent Radiation Inc. a vendu, dans le monde entier, pour 3 M \$ de photocoagulateurs à laser à argon ; le marché purement américain pour ce type de matériels approcherait de la saturation, tandis que le marché européen s'ouvrirait plus lentement à cette technique nouvelle ; les ventes de tels photocoagulateurs devraient plafonner à 200 unités par an.

En Allemagne de l'Ouest, un scalpel chirurgical est mis au point : son marché potentiel global a été estimé à 20 000 unités.

A l'Université de Californie, une application des lasers a été trouvée pour le revêtement des dents par un matériau donnant une protection infinie. Cette application, à laquelle s'ajoute la possibilité de photo-coagulation des nerfs avec un laser à argon, et d'effectuer des travaux de soudage au moyen de laser à gaz carbonique, montrent que les dentistes peuvent être vivement intéressés par l'emploi des lasers.

Marc FERRETTI