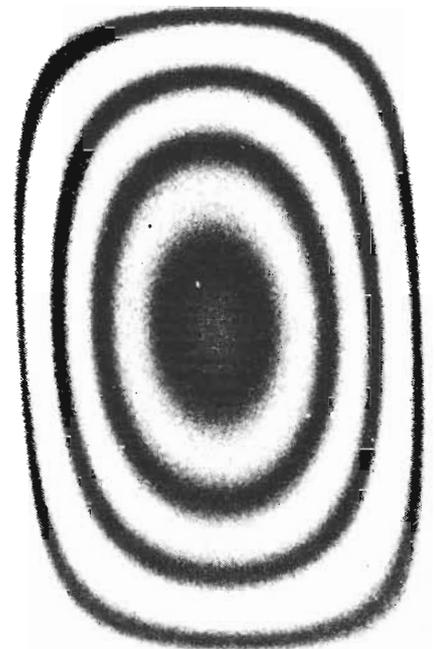


LES LASERS



Marc FERRETTI

DES ALIGNEMENTS SURS ET PRÉCIS

LES propriétés physiques du rayonnement cohérent produit par un laser peuvent se résumer en trois caractéristiques essentielles : une bonne définition géométrique du pinceau lumineux permettant donc une localisation précise dans l'espace ; une grande monochromaticité donnant, grâce à l'emploi de filtres appropriés, un contraste important par rapport à la lumière ambiante ; une longueur de cohérence appréciable, autorisant une référence de phase significative.

Ces trois propriétés ouvrent au laser la voie des applications métrologiques.

Pour résoudre les problèmes d'alignement, on n'utilise que les deux premières propriétés du faisceau laser.

de la galerie en cours de forage. Un laser, placé à demeure à l'origine de la galerie, matérialise l'axe de celle-là et permettra ce positionnement à vue. On peut avoir des précisions du centimètre sur de grandes distances.

Un autre procédé de forage des galeries met en œuvre un système dans lequel un jeu de miroirs, installés sur la machine de forage,

renvoient la tache lumineuse d'un faisceau émis par un laser à porte fixe, sur un écran situé devant le conducteur de cette machine. Le positionnement de la tache lumineuse, par rapport à un réticule tracé sur l'écran, permet le guidage de l'engin. Certains tronçons du R.E.R., le métro express régional parisien, ont été réalisés de cette façon. Lors de la réalisation

de la tour Maine-Montparnasse, des lasers verticaux ont été utilisés : l'émetteur, logé dans les fondations du bâtiment, matérialise une verticale.

Les Charbonnages de France emploient, au fond des mines, des lasers d'alignement en enceinte anti-déflagrante pour la mise en place de convoyeurs.

QUELS PROBLÈMES D'ALIGNEMENTS ?

Un premier exemple d'applications où se pose le problème d'alignement est donné par le forage de galeries. Lorsque le forage s'opère à l'explosif, le mineur qui attaque le front de taille doit disposer ses charges suivant un gabarit dont la position est parfaitement définie par rapport à l'axe

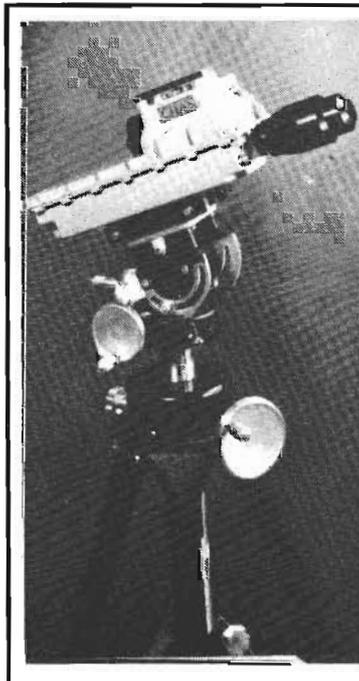


Photo n° 1 : Laser portable pour chantiers et mines, agréé par le Cerchar ; il est équipé d'un système afocal. Ce modèle existe avec accumulateur incorporé (autonomie : 8 heures).

Application typique : alignement de courroies de bandes transporteuses. (Cliché : Laboratoires de Marcoussis).

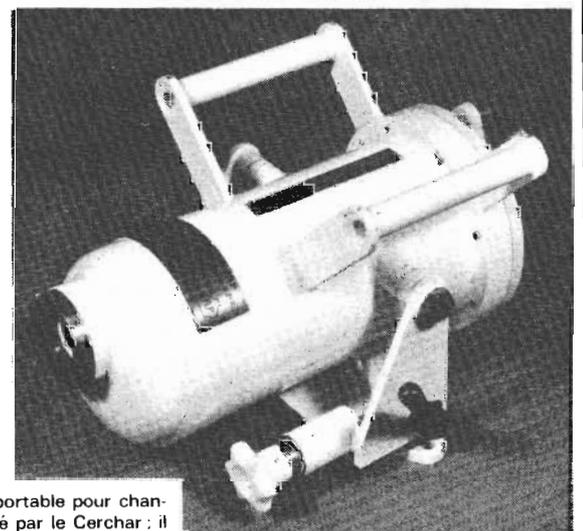


Photo n° 2 : Laser scellé dans un boîtier étanche ; il sert au fond des mines de charbon. (Cliché : IRD).

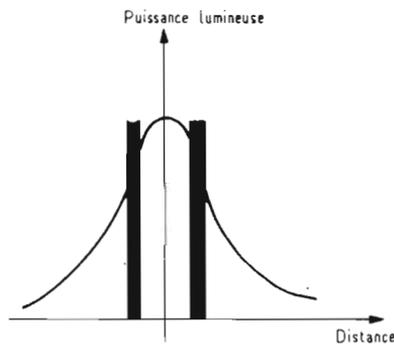


Fig. 1

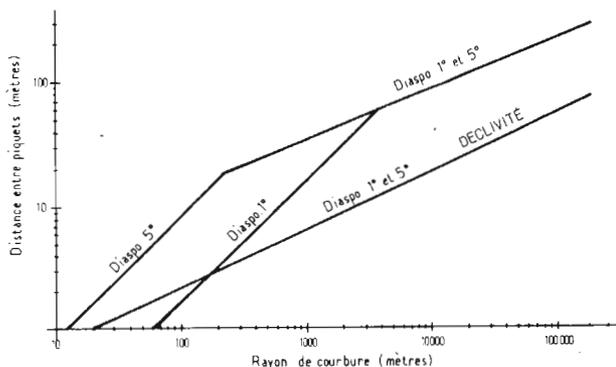
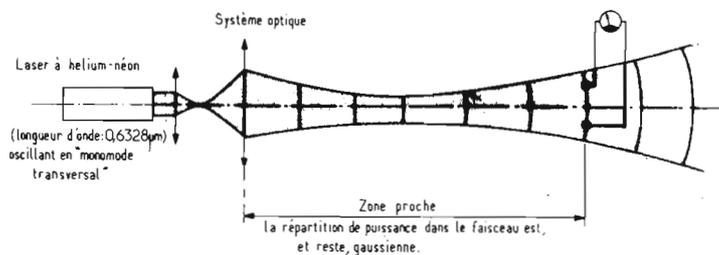
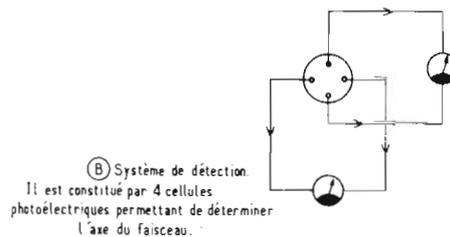


Fig. 3



(A) Système optique.



(B) Système de détection.
Il est constitué par 4 cellules photoélectriques permettant de déterminer l'axe du faisceau.

Fig. 2

L'alignement à vue peut être perfectionné et automatisé par l'introduction de récepteurs photo-électriques. Dans ce cas on commence par réaliser un laser dont la puissance soit maximale sur l'axe géométrique du faisceau et décroisse suivant une répartition « gaussienne » à mesure que l'on s'écarte de cet axe (fig. 1). Un système optique quasi-afocal est disposé sur le trajet du rayon laser afin de diminuer sa divergence : sur une distance relativement importante (par exemple 2 000 mètres), le faisceau a un diamètre inférieur à celui de la pupille de sortie du système afocal ; en ou-

tre, la répartition lumineuse dans le faisceau reste gaussienne autour de l'axe du faisceau.

Un système de détection, constitué de quatre cellules photo-électriques disposées sur un cercle (fig. 2) et branchées en opposition deux par deux permet, par exemple, de déterminer l'axe du faisceau en le faisant coïncider avec le centre du cercle sur lequel sont disposées les quatre cellules. Cette détermination se fait avec une précision relative supérieure au centième du diamètre du faisceau. L'alignement photo-électrique se prête à la réalisation d'automatismes. Ce pas a été franchi

dans le cas de la conduite de finisseuses, engins destinés à épandre le dernier tapis de bitume sur les autoroutes en construction. L'un des problèmes essentiels consiste à ce que le niveau final de la couche de bitume déposée soit à la cote fixée au préalable : l'un des moyens utilisés a été d'implanter des piquets le long de la route en chantier et de tendre un fil entre eux, ce fil matérialisant le niveau final de bitume. L'introduction de la technique laser a consisté à remplacer le fil par un faisceau de lumière cohérente.

Cette technique a été développée en collaboration entre la

Compagnie française Blaw-Knox et la Compagnie industrielle des lasers (la Cilas). Elle a donné naissance à un système commercialisé sous le nom de « Laserway ».

« LASERWAY »

Dans le « Laserway » l'émetteur est un laser à hélium-néon, donnant une émission dans la région rouge du spectre. Afin de rendre le récepteur insensible aux sources de lumière ambiante, le faisceau laser est modulé par un découpage à 1 800 Hz. Le récepteur est ensuite accordé sur cette même fréquence.



Photo n° 3 : Le Laserway assure automatiquement le guidage en nivellement des engins de travaux publics. On voit, au premier plan, l'émetteur laser ; le récepteur est fixé sur l'engin. Le système est fabriqué par la Cilas et commercialisé par la société française Blaw-Knox.

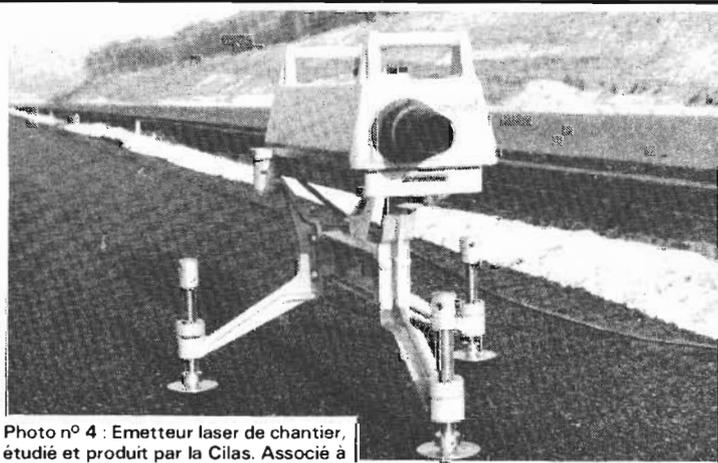


Photo n° 4 : Emetteur laser de chantier, étudié et produit par la Cilas. Associé à un récepteur photo-électrique fixé sur une épandeur de bitume, il permet d'en assurer le guidage en nivellement de façon à obtenir une couche de finition parfaitement plane. (Cliché : Laboratoires de Marcoussis).

Le récepteur est solidaire de l'outil à guider ; il a pour rôle de suivre parfaitement le rayon en agissant sur les vérins ou les organes déterminant la position en hauteur de l'outil. La face avant du récepteur comporte cinq paires de cellules différentielles, côte à côte. Chaque cellule est elle-même précédée d'un collecteur à miroir. La paire de cellules recevant le rayon laser élabore un signal électrique différentiel, exploité pour corriger instantanément l'écart existant par rapport à la référence. La mise en parallèle des cinq paires de cellules permet le déplacement latéral de la machine dans les virages. Un pupitre placé devant le conducteur indique, par allumage de lampes, la position de la machine par rapport au rayon de référence.

En cas de coupure du faisceau, ou lorsque le faisceau atteint les cellules extrêmes du récepteur, un signal sonore est déclenché. Lorsque le faisceau est interrompu, aucun ordre n'est donné à la machine et l'outil de nivellement reste dans sa position initiale.

Une cellule photo-électrique d'ambiance est incorporée au récepteur de façon à modifier la polarisation du détecteur suivant l'éclairage ambiant.

Lorsqu'il se présente un changement de plan ou une courbe, le faisceau lumineux est dévié par points de façon à approcher la courbe par une succession de segments de droite. Les déviateurs utilisés (ce sont des « diasporamètres ») sont composés de deux

prismes circulaires accolés et mobiles en rotation, afin de ne former qu'un prisme unique d'angle variable. Le rayon peut donc être dévié de façon quelconque à l'intérieur d'un cône de demi-angle au sommet égal à celui du prisme (dans le cas présent : 1 et 5). Comme il s'agit de petits angles, un léger déplacement fortuit du diasporamètre complet est sans effet sur la direction du rayon.

La détermination des points de déviation peut être établie sur plans, en utilisant un abaque, donnant les distances entre déviateurs, en fonction des rayons de courbure en plan et en long (fig. 3) les diasporamètres sont ensuite mis en place par fixation sur des potences. Il ne reste plus qu'à aligner le faisceau pour qu'il traverse chaque diasporamètre, ce qui se fait de proche en proche, à l'aide d'une mire qui rend visible la trajectoire du rayon.

Les possibilités d'emploi du Laserway sont multiples : autoroutes, routes, voiries, parking, terrain d'aviation, etc. ; on peut également l'utiliser là où il y a impossibilité de mettre un fil en place, par exemple, pour le renforcement de chaussée sous circulation (tableau 1).

Le Laserway s'emploie sur tout engin de travaux publics dont un organe peut être guidé en nivellement : finisseuse, niveleuse, calibreuse de forme, « slip-form paver », poseuse de tuyaux, draineuse, etc.

Signalons, parmi les autres produits industriels de la Cilas,

l'écartomètre type EA 4 ; c'est une tête de détection photo-électrique qui associée à un laser à hélium-néon, permet de mesurer, suivant deux axes perpendiculaires, les écarts de position entre le récepteur et l'axe du faisceau laser. Il s'emploie pour les alignements de précision, l'alignement d'arbres de machines, de bâtis d'assemblages, d'éléments de coffrage, ou encore le réglage de bancs de machines-outils ou de structures de grandes dimensions.

La tête de détection de l'écartomètre est constituée par un photo-détecteur à quatre quadrants. Ce récepteur est précédé d'un filtre interférentiel conçu pour ne pas laisser passer qu'une étroite bande autour de la longueur d'onde émise par le laser et, donc, éliminer les rayonnements parasites extérieurs à cette bande.

D'AUTRES SYSTEMES D'ALIGNEMENT

Plusieurs industriels européens et américains ont développé et commercialisé des systèmes d'alignement à laser. C'est le cas, par exemple, de Bendix, aux Etats-Unis qui a travaillé sur un système de guidage d'engins pour mines. En Grande-Bretagne, la firme Marconi-Elliott Avionic Systems Ltd propose, depuis quatre années un système portable, la Laserline, pourvu d'un laser à hélium-néon de 1 mW.

La firme suédoise Aga Geotronics AB a réalisé un système qui

TABLEAU I

LES AVANTAGES DU « LASERWAY »

- Economie sur le coût d'implantation :
 - nombre réduit de points nivelés,
 - rapidité de mise en place,
 - temps de travail du géomètre diminué,
 - possibilité de préparer l'implantation en bureau d'études,
 - réduction du nombre de personnes pour réaliser l'implantation.
- Amélioration de la précision :
 - référence rectiligne (pas de chaînette),
 - grande sensibilité du récepteur,
 - possibilité de guidage en direction,
 - précision accrue sans risque d'erreur.
- Facilité d'emploi :
 - pas d'enclavement du chantier (les camions peuvent couper le rayon),
 - pas de piquets à planter (simples potences à poser sur le sol),
 - réglage simple (impact du rayon visible),
 - élimination des risques de heurts par absence de fils.



Photo n° 5 : Les voyants lumineux de ce boîtier de contrôle indiquent la position de l'engin par rapport au faisceau de référence. (Cliché : Blaw-Knox).



Photo n° 6 : Le Laserline de Marconi-Elliott trouve de multiples usages dans les travaux publics : pose de canalisations, construction de builgins, observation des mouvements de train dans les tunnels et les mines, etc.

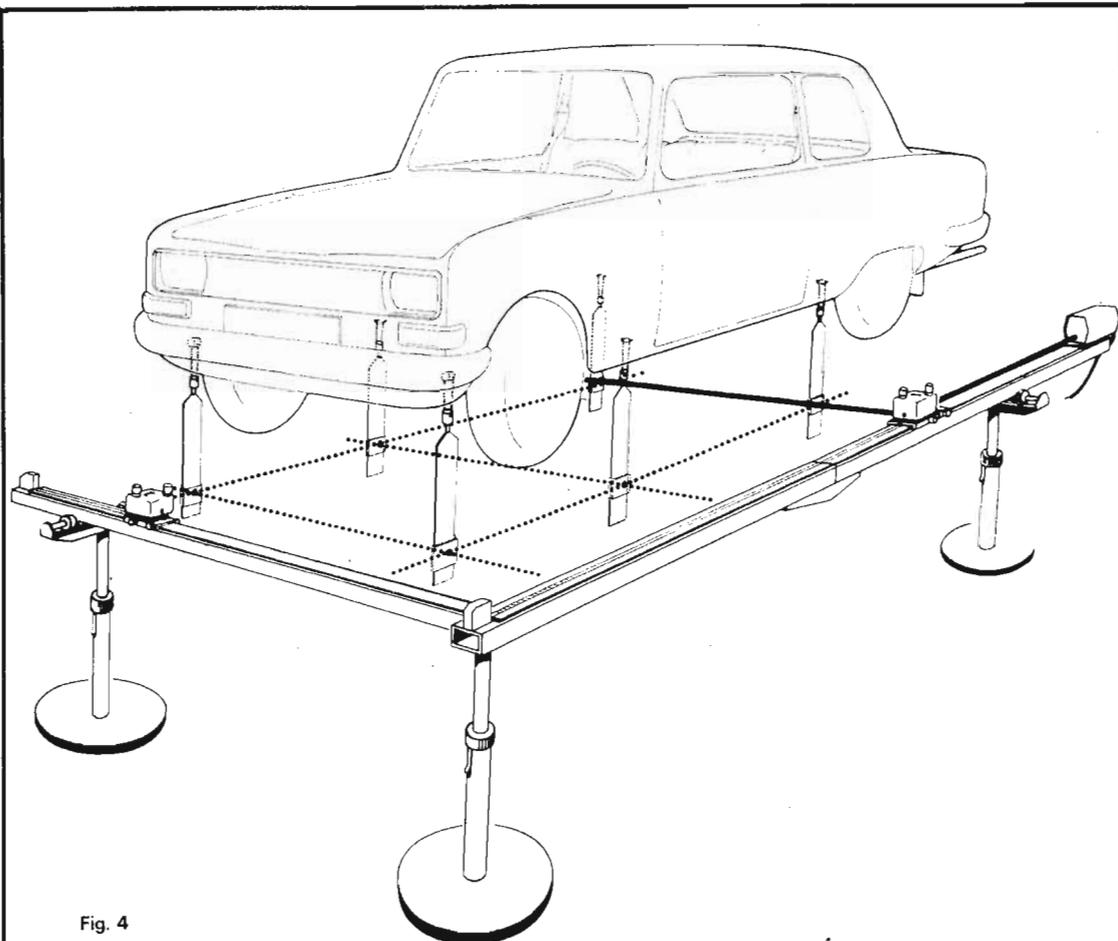


Fig. 4

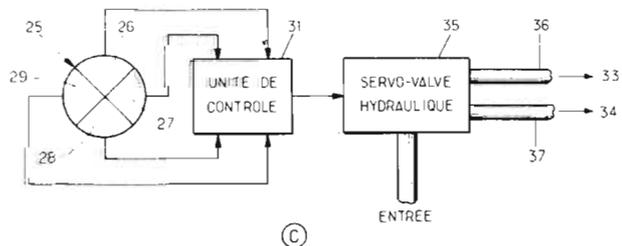
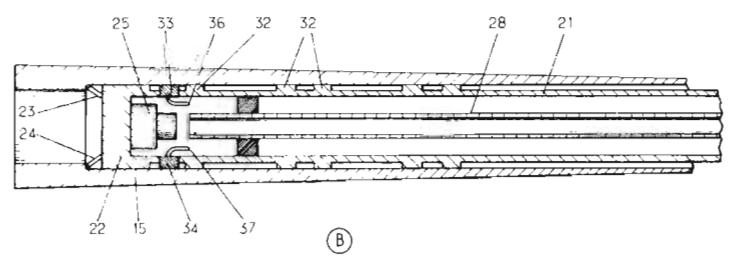
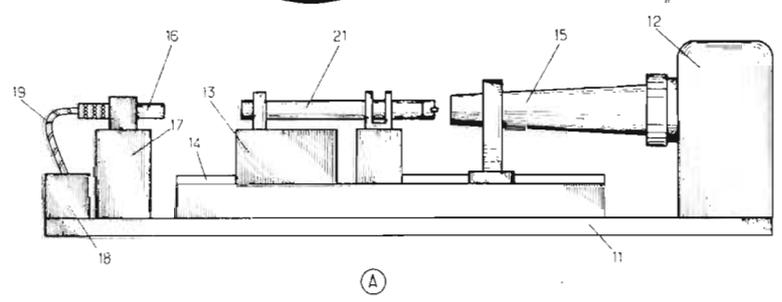


Fig. 5

engendre un plan de référence : le Geoplane-Aga 300 renferme un laser à hélium-néon qui émet toujours verticalement, vers le haut, même si l'axe de l'appareil n'est pas parfaitement vertical. Le faisceau laser est envoyé sur l'arête d'un prisme, tournant à une vitesse de 10 ts/s ; celui-là engendre deux faisceaux qui passent par deux diaphragmes diamétralement opposés, l'un situé légèrement au-dessus d'un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, l'autre légèrement en-dessous de ce plan. L'observateur situé à proximité du plan de référence aperçoit une lumière clignotante ; l'observateur situé exactement dans ce plan perçoit 20 éclairs lumineux par seconde. Les applications du Geoplane se placent, ici aussi, dans le domaine des travaux publics : construction de digues et canaux, tranchées pour canalisations, fondations, nivellement de fondations spéciales, etc.

Aga fabrique également un appareillage destiné au contrôle de l'alignement de châssis d'automobiles : l'Aga-Chassi Master (fig. 4), développé en coopération avec la Folk-Sam Insurance Company. L'expérience montre que les voitures ayant subi de graves dégâts accidentels, présentent souvent d'importants défauts d'alignement : c'est donc pour les voitures ayant été accidentées que le Chassi Master a été mis au point. Il est constitué d'un rail, à l'extrémité duquel repose un laser à hélium-néon de 0,5 mW. Le faisceau lumineux est parallèle au rail, sur lequel peut coulisser un prisme de déviation : ce dernier divise en deux le faisceau laser et dirige l'un des deux faisceaux vers un point de référence du châssis. Un jeu de règles graduées, mises en contact du châssis, facilitent l'opération de détermination de l'alignement. On peut, au moyen de ces règles, vers lesquelles est pointé successivement le faisceau laser, déterminer la position exacte du châssis en différents points de référence. En déplaçant le prisme, on éclaire, l'une après l'autre, chacune des règles graduées.

Un autre système d'alignement a été breveté aux Etats-Unis : il sert au guidage d'outils de perçage de trous profonds, par exemple de canons de fusils. Le canon, cylindrique, est disposé sur un tour ; l'outil de coupe est creux et possède un récepteur photo-électrique qui commande un servomécanisme de correction si l'outil vient à dévier (fig. 5).



Photo n° 7 : L'opérateur détermine, avec le Chassi Master-500, des défauts d'alignements d'un millimètre, au moins (Cliché Aga).

Toujours outre-Atlantique, une importante compétition se livre entre deux constructeurs de systèmes à laser Spectra-Physics et Coherent-Radiation ; leur but commun est de conquérir le marché de l'alignement de surfaces planes dans les constructions immobilières : ces systèmes d'alignement servent à la mise en place et au contrôle de planchers bétonnés et métalliques, ainsi qu'aux travaux de nivellement pour passage d'ouvertures dans les murs ou cloisons : fenêtres, gaines de ventilation, canalisations, balcons, supports de baies vitrées... Chacune des deux firmes américaines peut proposer un système : Gradobeam chez Coherent Radiation, Rotolite chez Spectra-Physics. Leur principe de fonctionnement est similaire à celui du Geoplane de Aga : le faisceau est mis en rotation au moyen d'un prisme tournant, définissant ainsi un plan lumineux. Spectra-Physics, qui serait, selon la revue « Laser Focus », le premier fournisseur de tels systèmes, est en quête d'applications nouvelles, essentiellement dans la construction de buildings à grand nombre d'étages.

Marc FERRETTI

TABLEAU II

A LIRE POUR EN SAVOIR DAVANTAGE...

● « Lasers et automatismes » par H. Maillet - La Technique moderne, février 1974.

● « Métrologie par laser appliquée aux systèmes mécaniques »

par H. Maillet - Automatismes, n° 6-7, juin-juillet 1972.

● « Coherent Radiation bids for a share of the market in ceiling alignment » - Laser Focus, août 1973.

TABLEAU III

QUI TRAVAILLE DANS L'ALIGNEMENT PAR LASER ?

- Aga Corp.
- American Optical.
- Ati Inc.
- Bendix Research Laboratories.
- Broomer Research.
- Cilas.
- Coherent Radiation.
- Davison Optronics.
- Dynabeam.
- EG & G.
- Ep-Sum Consultants.
- International Research.
- Jodon Engineering.
- Jungner Instrument.
- Laser-Comp.
- Laser Electronics.
- Laser Image Systems.
- Marconi-Elliott.
- Metron Corp.
- Nihon Kagaku Corp.
- Nippon Electric.
- Optel Instruments.
- Optics Technology.
- Osti.
- Perkin-Elmer.
- RCA Corp.
- Scientifica & Cook.
- Sci-Metrics.
- Siemens.
- Spectra-Physics.
- Survey & General Instruments.
- TSN Co.
- Zygo.

NOTRE CLICHÉ DE COUVERTURE

L'AMPLIFICATEUR KA335 ET LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

B.S.T. EN KIT

L'AMPLIFICATEUR BST KA335

Amplificateur de 2 x 15 Weff, présenté dans un coffret noir mat avec sérigraphie sur la façade avant, réponse en fréquence : 20 Hz à 20 000 Hz \pm 3 dB.

Entrées : PU magnétique, Tuner, magnéto, 2 entrées micro à niveau réglable par potentiomètre à déplacement linéaire. Entrée égaliseur. Filtre d'aigus. Correcteur physiologique. Commutateur mono/stéréo. Prix casque sur la face avant de l'appareil. 4 sorties HP (8 Ω).

Cet appareil est loué en kit complet à monter.

LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

L'enceinte 2 voies 15 W

Cette enceinte prévue pour une puissance de 15 W contient un haut-parleur PF 85 HC Qet un tweeter PK 22K, son impédance est de 8 Ω et la réponse en fréquences s'étend de 50 Hz à 20 000 Hz. C'est l'enceinte idéale pour les petites chaînes. Ses dimensions sont : 380 x 260 x 200 mm.

L'enceinte 2 voies 25 W

Prévue pour une puissance max. de 25 W, elle est équipée d'un haut-parleur boomer de 19 cm de diamètre et d'un tweeter de 60 mm, son impédance est de 8 Ω et la réponse en fréquences s'étend de 30 Hz à 20 000 Hz. Ses dimensions sont : 420 x 260 x 220 mm.

L'enceinte 3 voies 30 W

Cette enceinte est prévue pour une puissance max. de 30 W, elle contient : pour la reproduction des fréquences graves un boomer de 19 cm de diamètre, un haut-parleur de 15 cm de diamètre pour la reproduction des médiums et un tweeter de 60 mm. Son impédance est de 8 Ω et la réponse en fréquences s'étend de 30 à 20 000 Hz. Des filtres soigneusement calculés aiguillent les différentes fréquences du spectre vers le haut-parleur qui leur correspond. Les dimensions de l'enceinte sont : 500 x 300 x 230 mm.

L'enceinte 3 voies 45 W

Cette enceinte, de par sa conception, peut aussi bien être utilisée avec une chaîne Hi-Fi que pour la sonorisation d'une salle de spectacle. Elle a été étudiée pour accepter une puissance de 45 W. Elle contient un haut-parleur boomer de 285 mm de diamètre, un haut-parleur médium de 150 mm, et deux tweeters de 60 mm. Les filtres sont des plus élaborés et le niveau des aigus est ajustable. Son impédance est de 8 Ω , la réponse en fréquences s'étend de 30 Hz à 20 000 Hz. Ses dimensions sont : 640 x 410 x 280 mm.

CATALOGUE GÉNÉRAL sur demande à :

BISSET - B.S.T.

30-33, quai de la Loire, tél. 607.79.30

37-39, av. Jean-Jaurès, tél. 607.06.03

75019 PARIS