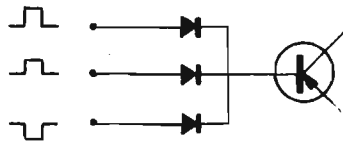


OUI



NON

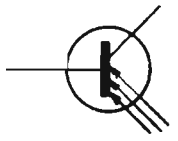
$$1 + 1 = 10$$

$$10 + 10 = 100$$

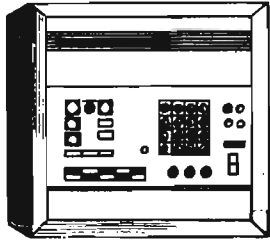
$$1000 - 100 = 100$$

$$11 \times 11 = 1001$$

ET



OU



INITIATION AU CALCUL ELECTRONIQUE

LES PÉRIPHÉRIQUES D'ORDINATEURS

(Suite — Voir n° 1308, 1313 et 1316.)

Les dispositifs d'affichage d'informations jouent un rôle primordial dans la vie moderne. Qu'il s'agisse du voyageur vérifiant l'heure de départ de son avion, de l'opérateur radar contrôlant le trafic aérien ou du programmeur en cours de dialogue avec son ordinateur, dans tous les cas, un moyen de visualisation est utilisé. Ces moyens peuvent varier suivant l'application, et vont du simple système mécanique à volets mobiles, aux systèmes à tubes cathodiques les plus compliqués.

Récemment, une nouvelle génération de dispositifs d'affichage, dits à « écrans plats » a fait son apparition. La visualisation est obtenue à partir de certaines propriétés physiques, que ne présentaient pas les systèmes classiques.

LES ECRANS A CRISTAUX LIQUIDES

On doit à l'Ecole allemande de Chimie la découverte de nombreuses substances organiques qui, placées dans des conditions de température convenables, fournissent des milieux physiques ayant des propriétés singulières jamais observées par ailleurs.

Le premier de ces corps, le benzoate de cholestéryle, fut découvert en 1888, par Reinitzer, qui mit en évidence deux points de fusion. En effet, à 145 °C, apparaît un liquide trouble, mais fluide, qui ne devient clair qu'à la température de 178 °C. En observant ce liquide trouble à l'aide d'un microscope polarisant, Reinitzer nota une forte biréfringence, comparable à celle d'un corps cristallisé.

L'année suivante, Gatterman obtint des résultats identiques

avec les esters méthyliques et éthyliques du p-azoxyphénol. Rapprochant l'anisotropie cristalline à la fluidité de la préparation, O. Lehmann donna alors à cette nouvelle phase la dénomination de « cristal liquide ».

Par la suite, Vorländer et ses élèves observèrent ces propriétés sur bien d'autres substances et actuellement, on connaît des milliers de corps organiques présentant la phase « cristal liquide ». Dès 1889, de nombreux cristallographes, parmi lesquels Mauguin, Friedel..., s'appliquèrent à déterminer la véritable structure de tels corps. Leurs travaux ont montré que ces liquides anisotropes représentent de nouveaux états de la matière, intermédiaires entre le corps cristallisé possédant un arrangement périodique d'atomes, et le corps amorphe, où l'on observe un chaos de molécules.

Toutefois, malgré leur appella-

tion, ces substances ne peuvent être considérées comme des cristaux, étant donné leur fluidité souvent très grande. De plus, le qualificatif « liquide » est impropre car certains d'entre eux se présentent à l'état solide. Pour rappeler la position intermédiaire de leur état, entre l'état cristallin et l'état amorphe, Friedel proposa de substituer à l'expression « cristal liquide » celle de « substance mésomorphe » ou « mesophase ».

Friedel distingua, dans les liquides anisotropes, trois états mésomorphes distincts :

- Les corps smectiques, à l'état trouble, visqueux, rappelant certaines propriétés de savon.

- Les corps nématiques, à l'état trouble, mais fluide.

- Les corps cholestériques, que l'on peut considérer comme un état particulier de l'état nématique.

D'après Vorländer, l'aptitude à fournir des cristaux liquides

dépend surtout de la forme des molécules, qui doivent être allongées, aussi rectilignes que possible, toute ramification de la molécule, toute chaîne latérale entraînant la diminution, ou même la suppression de la phase cristal-liquide.

Les corps smectiques (Fig. 4) possèdent des molécules de forme très allongée dont les directions d'allongement sont parallèles. Leur caractéristique essentielle est la tendance à se répartir en strates contigües d'épaisseur unimoléculaire, à l'intérieur desquelles elles se déplacent librement, leur axe restant normal au plan de la strate.

L'état nématique (Fig. 5) sur lequel a porté la majorité des travaux relatifs aux substances mésomorphes, comprend les liquides anisotropes les plus fluides et les plus voisins des liquides ordinaires. Les molécules de forme linéaire et très allongée, exercent les unes sur les autres, en plus d'attractions et de répulsions, comme dans tout liquide, des couples d'orientation mutuelle dont le rôle est fondamental. Sous cet effet, dans un certain domaine dénommé « monocristal liquide », elles tendent à s'orienter de façon que leurs directions d'allongement, ou axes, demeurent toujours parallèles. Dans un tel monocristal, elles peuvent se déplacer librement, en tout sens par translation ou rotation autour de leur axe, ce qui explique la grande fluidité de ces corps.

Quant à la nature de la phase cholestérique (Fig. 6), elle est sujette à controverse : certains voient dans cet état une modification de l'état smectique, d'autres une modification de l'état nématique : c'est cette dernière hypothèse qui semble être la plus

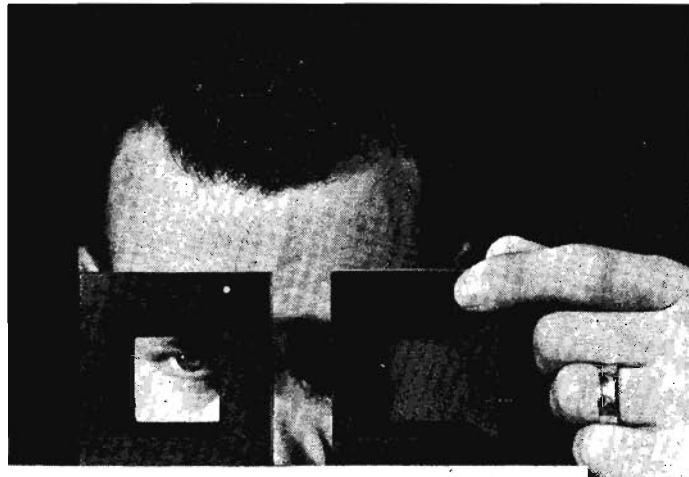


Photo 25. — Ce volet électronique est constitué par une couche de cristaux liquides entre deux électrodes. C'est le B.A. BA des écrans à cristaux liquides (cliché RCA).

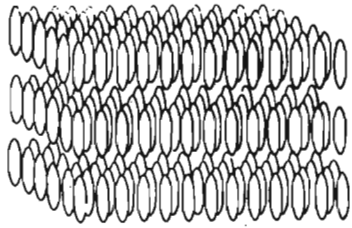


Fig. 4. — Structure des corps smectiques

probable. Plusieurs structures sont observées : la structure à coniques focales, obtenue, soit par fusion des cristaux, soit par refroidissement des liquides isotropes ; cette structure ne se présente que si le fluide n'est soumis à aucun mouvement, de sorte que l'observation en est rendue délicate. Une seconde structure, à plans, se produit lorsque le fluide est en mouvement.



Fig. 5. — Structure moléculaire des corps nématiques.

L'intérêt considérable soulevé par les cristaux liquides, en particulier par les substances nématiques, provient d'un effet nouveau mis en évidence par Heilmeyer, de la R.C.A., et qui a été dénommé par lui « dynamic scattering mode ». Cet effet est à la base de la plupart des applications des structures nématiques dans le domaine de l'électro-optique et de la visualisation.

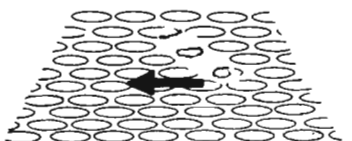
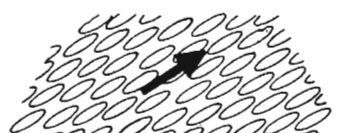
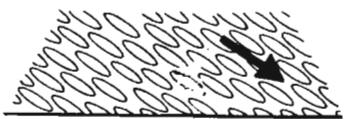


Fig. 6. — Corps cholestérique.

LA D.S.M. PERMET LA VISUALISATION

La « dynamic scattering mode » (D.S.M.) ou diffusion dynamique de la lumière est provoquée par l'application d'un champ électrique, accompagné du passage d'un courant. En l'absence de champ, une couche mince nématique est parfaitement transparente ; l'application du champ rend ce milieu fortement diffusant.

Le pouvoir diffusant d'une cou-

plupart des autres systèmes, le contraste et la luminosité augmentent avec le niveau d'éclaircissement ambiant (Fig. 8).

L'intérêt potentiel de l'affichage à cristaux liquides est rendu très grand par le fort bas prix de revient probable du dispositif.

DES TUBES D'AFFICHAGE A MEMOIRE

La phase nématique, dopée avec une faible fraction de sub-

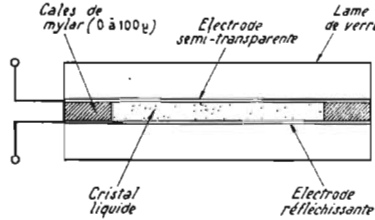


Fig. 7. — Cellule d'affichage alphanumérique à cristaux liquides.

che nématique est très élevé. Si l'on prend comme unité l'intensité diffusée par une lame mince de liquide isotrope, celle diffusée par la même lame d'une solution de macromolécules est de 10^2 à 10^3 , et celle diffusée par la même lame de nématique soumise à une tension est de 10^4 .

La cellule élémentaire de visualisation est formée d'un condensateur plan où le diélectrique est un film de nématique (Fig. 7). L'épaisseur du film est déterminée par deux cales de Mylar qui fixent l'écartement entre 6 et 100μ , dans le modèle développé par Thomson-C.S.F. Les électrodes sont constituées par des dépôts opaques ou transparents (métaux et oxyde d'étain).

stance cholestérique possède la propriété de visualisation avec mémoire. Cette mémorisation peut durer plusieurs semaines, ou même plusieurs mois. L'intérêt potentiel de telles mémoires est considérable. Leur extinction est assurée par des champs alternatifs encore importants à l'heure actuelle : 50 V efficaces, l'effacement se fait en une seconde.

La structure formée par la superposition d'une couche photoconductrice et d'une couche de cristaux liquides possède aussi des propriétés intéressantes. L'ensemble est placé entre deux électrodes transparentes, entre lesquelles on applique une tension électrique. Quand le photoconducteur est dans l'obscurité, sa résistance est importante et la plus

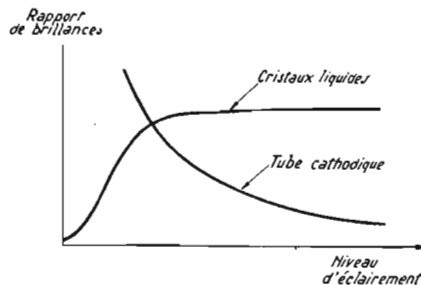


Fig. 8. — La luminosité et le contraste des unités d'affichage à cristaux liquides augmentent avec le niveau d'éclairage ambiant.

La visualisation par cristaux liquides est le procédé nécessitant le moins d'énergie. Pour atteindre le contraste maximum, il suffit d'une puissance de 20 à $100\mu W$ par cm^2 de surface diffusante. La visualisation par cristaux liquides présente deux caractères uniques : D'une part, il existe la possibilité de projection sur un grand écran. D'autre part, contrairement à la

grande partie du champ lui est appliquée. Eclairée, sa résistance chute et la tension se trouve reportée sur le nématique qui devient diffusant. Ce dispositif peut servir en particulier à la conception d'un nouveau tube à mémoire.

Thomson-C.S.F. en France, étudie et développe de tels systèmes d'affichage.

Des chercheurs du C.E.A., à Grenoble, ont annoncé, début mai, qu'ils sont parvenus à intégrer l'unité d'affichage et le circuit de commande, en déposant une couche de cristaux liquides sur la surface d'un circuit intégré M.O.S. Il en résulte une unité d'affichage alphanumérique plus petite que les unités réalisées jusqu'à présent en plaçant les cristaux liquides entre deux électrodes. Le circuit intégré est constitué d'un registre à décalage qui pilote une matrice de 35 points recouverts de cristaux liquides. Ces points ont 300μ de diamètre, chacun.

L'AFFICHAGE PIEZOELECTRIQUE VIENT D'ETRE DECOUVERT...

L'inconvénient majeur des unités d'affichage cathodique est leur faible stabilité thermique. Pour parer à cet inconvénient, la Firme américaine Kollsman Instrument Corp. vient de mettre au point une unité d'affichage piézoélectrique basée sur l'effet d'absorption de lumière par certains éléments céramiques piézoélectriques. Cette unité peut fonctionner dans une gamme de températures variant entre $-55^\circ C$ et $+75^\circ C$ (Fig. 9).

Le principe de base est le suivant : des éléments piézoélectriques sont posés contre une plaque mince de verre. La lumière pénétrant dans l'unité est absorbée par la céramique et l'écran semble être noir. Lorsqu'un signal est appliqué, le segment se contracte et s'éloigne de 5 à 10μ de la plaque de verre : la lumière ne traverse plus le segment en céramique, elle est réfléchiée par réflexion totale et le segment paraît ainsi clair.

... ET L'AFFICHAGE PHOTOCHROME EST COMMERCIALISE

Corning Glass Works en présentant, l'an passé, son unité d'affichage photochrome, introduisit une autre innovation dans le secteur des périphériques d'ordinateurs.

La dénomination de photochrome qualifie toute substance susceptible d'un changement de couleur réversible sous l'action de la lumière. Le changement de couleur est en général très net : on passe de l'incolore au pourpre, du rouge au vert...

Les espèces chimiques responsables de ce changement peuvent être des molécules ou des ions complexes. La photochromie peut avoir lieu en solution ou à l'état solide. Pour les matériaux photochromes en solution, il est possible d'obtenir un système solide en immobilisant la solution dans



Photo 26. — Des substances nématiques permettent de réaliser des affichages alpha-numériques à mémoire (cliché Marconi).

une matrice en matière plastique. On peut aussi faire appel à la silice ou à un verre poreux pour absorber la solution. Dans le cas des photochromes solides, on peut généralement obtenir des couches photochromiques par évaporation sous vide ou par croissance de cristaux en solution.

Les verres photochromes constituent une famille bien à part des matériaux photochromes. Ils se répartissent tout naturellement en plusieurs groupes :

- Les verres aux halogénures d'argent, formés d'une matrice de verre dans laquelle se trouve dispersé un halogénure d'argent ; la matrice est généralement constituée de borosilicates alcalins. Le processus de coloration est similaire au procédé de photographie classique, rendu réversible par le piégeage des halogènes au voisinage des grains métalliques formés.

- Les verres aux terres rares, composés de silice pure à laquelle ont été ajoutées de très faibles quantités de cérium ou d'europium. Par exposition aux ultraviolets, ils prennent une couleur bleu foncé et retournent à l'état transparent par absorption de lumière visible. Cependant l'effet de fatigue se fait sentir très rapidement et rend peu aisées les applications pratiques.

- Les verres au molybdène. Il semble que, là aussi, le problème de la fatigue constitue la difficulté majeure à toute application pratique.

- Les verres aux produits organiques. Des temps de réponse très courts (quelques microsecondes) et une longévité suffisante ont d'ores et déjà été annoncés pour ces verres.

THERMO ET ELECTROCHROMES

Certaines substances changent de couleur sous l'action de la chaleur ; certaines sont directement réversibles, c'est-à-dire qu'elles retournent à leur état initial par refroidissement à la température d'origine ; d'autres sont bistables et nécessitent une excitation supplémentaire (radiation, champ électrique...) pour retourner à leur état initial.

Un certain nombre de substances photochromes sont également thermochromes : aussi, dans beaucoup de transformations photochromiques, le retour à l'état initial se fait par thermochromie.

D'autres substances changent de couleur sous l'influence d'un champ électrique : ce sont des électrochromes. Le retour à l'état initial peut se faire sous l'action de la chaleur ou par absorption de lumière.

duit une variation du pouvoir réflecteur ou absorbant de cette électrode. L'application d'un champ électrique dans le sens opposé peut produire la redissolution du métal dans la solution : si l'électrode est discontinue, une

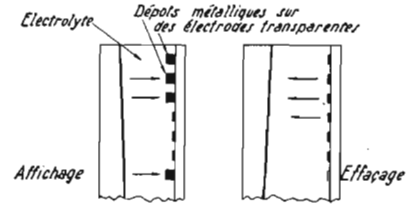


Fig. 10. — Affichage par électrolyse réversible.

Des systèmes électrochromiques peuvent également être obtenus par l'action d'un champ électrique provoquant une variation d'acidité d'un électrolyte contenant des indicateurs colorés. Ainsi certains systèmes d'affichage alphanumérique utilisent une solution aqueuse de méthylviologène ; cette solution, incolore, vire graduellement au rouge et au bleu foncé par application d'un champ électrique. Le contraste obtenu avec des lames de 10μ est excellent et vaut celui des meilleurs photochromes. Les tensions nécessaires sont de l'ordre de 2 à 5 V et les densités de courant de quelques microampères par centimètres carrés. Le temps de réponse est inférieur à la milliseconde. Le système est réversible et retourne à l'état transparent après suppression de la tension appliquée.

possibilité de sélection existe et une image peut être formée par une distribution convenable de potentiels sur les électrodes ; l'effacement s'obtient en renversant les potentiels (Fig. 10).

Un autre procédé original a été développé par la Firms américaine Tronetics : On y fait appel aux méthodes de microencapsulation introduites par la N.C.R., permettant d'obtenir des dispositions stables de gouttelettes de liquide dans un film de plastique. Le milieu sensible est constitué de gouttes d'huile renfermant des particules magnétiques aciculaires. Une distribution de champ magnétique à la surface de ce film produit une orientation sélective des particules magnétiques dans chaque capsule, d'où résulte un changement local des propriétés magnétiques du film. L'effaçage est obtenu par application d'un champ magnétique alternatif, qui provoque la dispersion des particules dans chaque gouttelette.

QUELQUES AUTRES TECHNIQUES EN DEVELOPPEMENT

La formation d'un dépôt métallique sur une électrode transparente, par électrolyse d'une solution d'un sel métallique, pro-

Dans un autre procédé magnétique, utilisant cette fois la magnétostriction, l'image est formée, cette fois, par une réaction chimique déclenchée localement par un champ magnétique. La réaction a lieu entre un réactif approprié, dispersé sous forme de gouttelettes, dans un film plastique, et un matériau magnétostrictif, également dispersé dans le film. La réaction est accompagnée d'un changement de couleur d'où résulte le contraste. L'émulsion sensible est formée d'une première couche de particules d'un matériau magnétostrictif, sur laquelle on a déposé une seconde couche, faite de la dispersion des gouttelettes réactives. Lorsque cette couche est placée dans un champ magnétique, les particules métalliques augmentent de volume (c'est la magnétostriction) produisant la rupture des capsules de gouttelettes immédiatement en contact avec elles. Il s'ensuit une réaction chimique localisée produisant un contraste image.

D'autres systèmes d'affichage font appel aux lasers, aux plasmas et aux circuits intégrés. Ils seront décrits dans un mois...

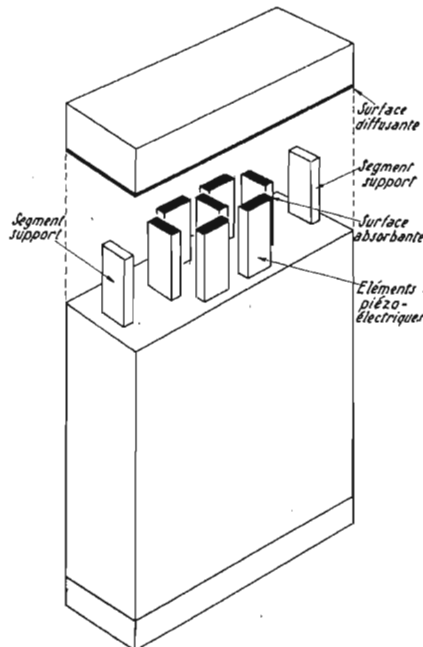


Fig. 9. — Unité d'affichage Kollsman Instrument Co.