

Le monde fantastique de l'état solide

MÉCANIQUE POPULAIRE

MARS 1962

MAGAZINE ECRIT POUR TOUS

VOL. 33

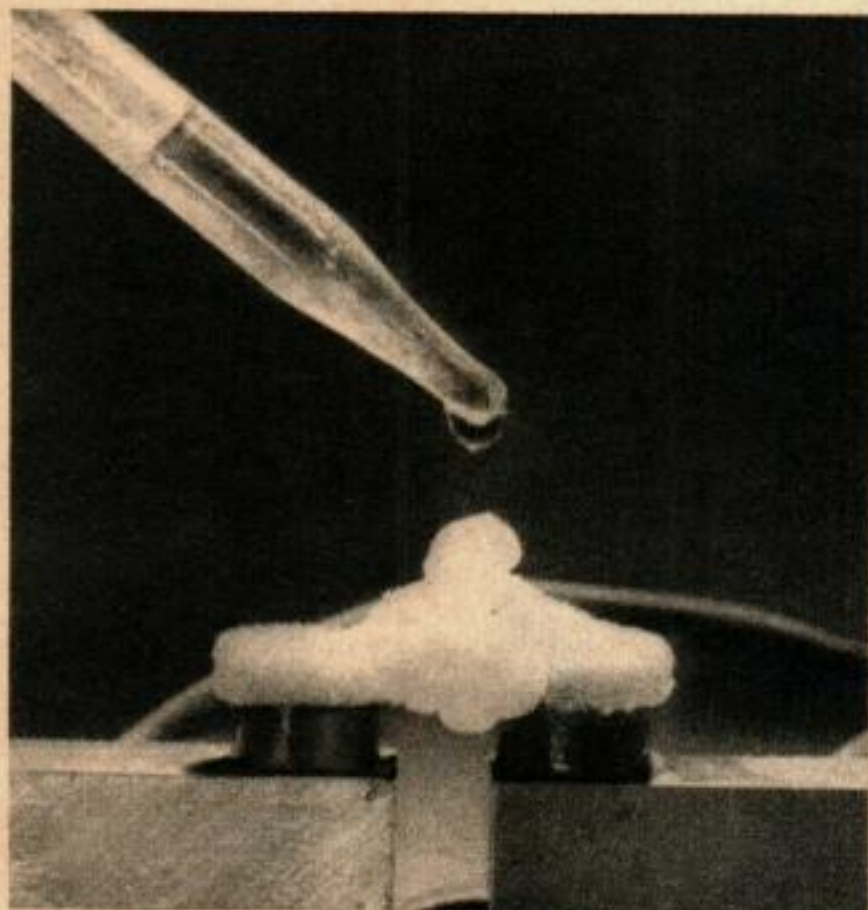
N° 3

par RICHARD DEMPEWOLFF

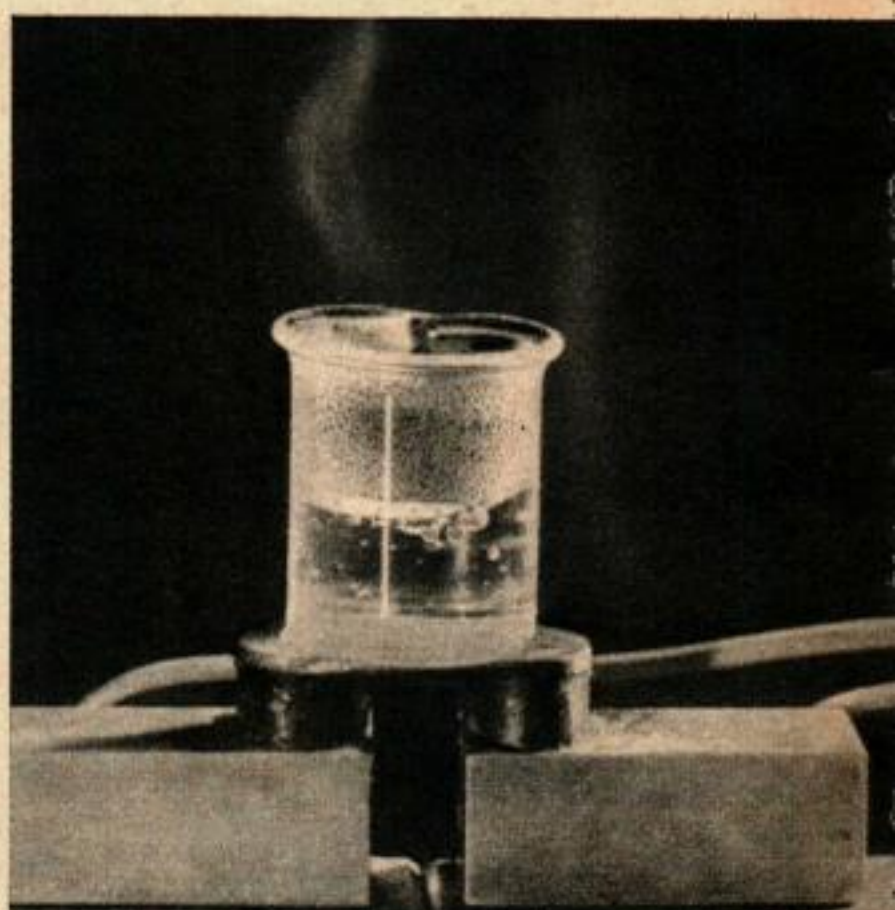
L'amplificateur saisi par la pince est plus petit qu'une petite pièce de monnaie, et il accomplit la même fonction que l'amplificateur traditionnel que l'on voit sur la table.



Cette stupéfiante science nouvelle produira bientôt des appareillages aussi incroyables qu'un amplificateur à haute fidélité de la taille d'une petite pièce de monnaie, un poste de télévision en forme de tableau accroché au mur et des machines à calculer aussi petites que des boutons.



Le réfrigérateur sans pièces en mouvement se refroidit lorsqu'un courant continu est appliqué sur la jonction de semi-conducteurs.



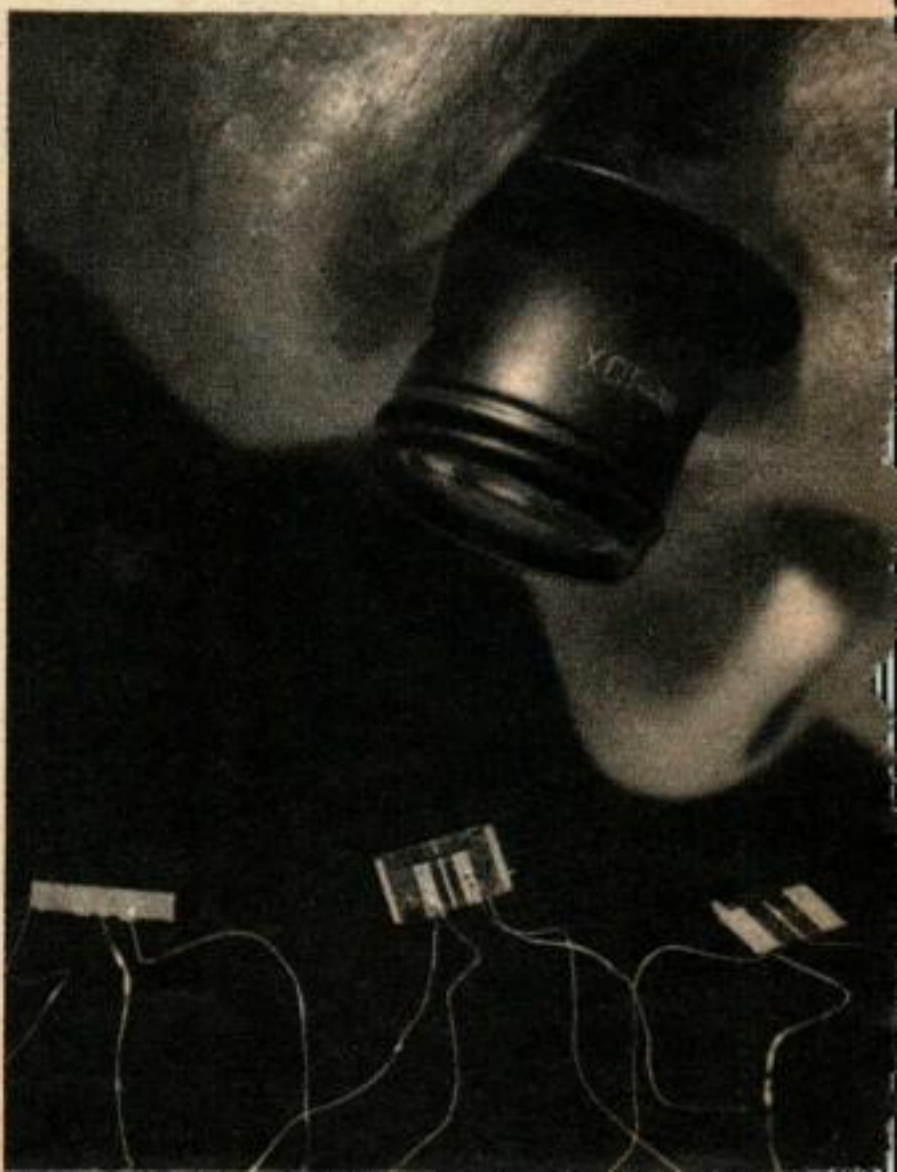
Ce chauffe-eau fait bouillir l'eau lorsqu'un courant continu est appliqué sur la jonction de deux matériaux thermo-électriques dissimilaires.

EN mars dernier, un technicien du Centre de Perfectionnement Aérien Wright, de Dayton, Ohio, étonna tout un groupe de journalistes en captant une douzaine de stations avec un poste de radio consistant en six « gaufrettes » semblables à des sequins posées sur une mince feuille de matière plastique de la taille d'une couverture de carnet d'allumettes. Depuis lors, un ingénieur d'un laboratoire électronique de l'Est des U.S.A. a fait la démonstration d'une pièce de matière massive de la dimension d'un gros plomb de chasse, qui contient toutes les entrailles d'un récepteur de radio à deux lampes.

A Dallas, un groupe de savants électroniques de la Texas Instrument Co. ont récemment présenté une calculatrice électronique de poche. Celle-ci avait à peu près la taille d'un paquet de cigarettes. Elle pouvait remplir toutes les missions remplies par une calculatrice transistorisée miniature (mise au point l'an dernier) qui est 150 fois plus grosse et 48 fois plus lourde. Si vous en désirez une, la nouvelle machine à calculer de 285 grammes coûte environ 150.000 NF.

Aux Laboratoires Westinghouse de Pittsburgh, Pennsylvanie, des techniciens vous montreront un aimant d'une livre de la forme d'un « beignet ». Celui-ci est 10 fois plus puissant que l'aimant de 20 tonnes de la taille d'une automobile de la grue magné-

Des circuits électroniques... blocs de matériaux massifs montés sur des conducteurs en « pattes d'araignée »... sont examinés de très près par un savant.



QUELQUES « ACROBATIES » DE LA TECHNIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE ET QUELQUES-UNS DES « OUTILS » QUI PERMETTENT DE LES EXÉCUTER

PHENOMENES	APPAREILLAGES	MISSIONS REMPLIES	APPLICATIONS PRATIQUES POSSIBLES
Semi-conductivité : propriété qu'ont certains matériaux qui ne sont ni isolants ni conducteurs de transmettre des courants sous certaines conditions. Effet de tunnel : faculté qu'ont certaines particules de traverser des barrières énergétiques à hautes vitesses. Effet de Hall : faculté qu'ont des matériaux semi-conducteurs de faire courber un courant qui les traverse, lorsqu'ils sont placés à l'intérieur d'un champ magnétique. En fusant par « grésillage » un matériau semi-conducteur sur des plaquettes de céramique, des boucles de circuit peuvent être établies. Des plaquettes sont empilées pour former des éléments de postes de radio, de machines à calculer électroniques, etc. Des techniques plus nouvelles consistent à traiter des zones de matériau semi-conducteur avec des impuretés qui leur permettent d'exécuter des fonctions différentes. Les résultats sont des blocs massifs qui deviennent des circuits indépendants.	Transistors. Diodes. Redresseurs à dispositif de contrôle au silicium. Diodes du type à tunnel. Génératrices de Hall. Circuits sur pellicule mince. Blocs monolithiques. Blocs moléculaires (blocs amplificateurs, « filtres à encoche », etc.).	Amplification, commutation, redressement, production de force électrique à haute fréquence, modulation de fréquence, conversion de la lumière en électricité, mise au point, excitation, fonctions logiques. Mesure des champs magnétiques et réglage d'écoulement, de pression et de température. Production expérimentale d'électricité. Amplification auditive et visuelle, circuits additionneurs, flip-flops, oscillateurs, inverseurs de phases, commutation, mise au point, réception radiophonique, production de force électrique, transmission.	Les minuscules postes de radio actuels et les postes de télévision portatifs plus petits qu'une boîte à chaussures. Des postes de télévision plus petits encore sont en cours de mise au point. Des machines à calculer électroniques de la taille d'un paquet de cigarettes ont déjà été montées grâce à ces appareillages. Il en est de même pour un cristal de la dimension d'une tête d'épingle, lequel contient toutes les entrailles d'un poste de radio à deux tubes. En cours de mise au point sont des postes de radio de la dimension d'une pastille de menthe ; des « haut-parleurs » de radio de la taille d'une pilule se portant dans chaque oreille, ce qui permet à l'auditeur d'emporter de la « stéréo-musique » partout où il se rend. Haut-parleurs incorporés au tissu des draperies, au papier peint et aux matériaux de plafonnage : téléphones sans fils conducteurs : minuscules calculatrices qui peuvent « penser » ; génératrices de force en micro-miniature pour les appareils ménagers.
Photo-électricité : faculté qu'ont les ondes lumineuses frappant un matériau semi-conducteur d'engendrer des effets électriques à l'intérieur du matériau.	Photo-conducteurs. Photo-diodes. Cellules (ou piles) solaires. Cellules (ou piles) photo-voltaïques.	Amplification lumineuse, dispositifs de commutation activés par ondes lumineuses, conversion de la lumière en électricité.	Dispositifs déclenchés par la lumière solaire et allumant ou éteignant les éclairages publics de votre ville. Ils le feront aussi bientôt dans votre maison. Et ils chargeront aussi des piles solaires qui actionneront des appareils ménagers.
Electro-luminescence : propriété qu'a le phosphore d'émettre de la lumière lorsqu'il est excité par un courant alternatif.	Panneaux électro-luminescents.	Projection pour les circuits d'appareillages à mémoire et à fonction logique ; amplification de la lumière (lorsque le panneau est doublé d'une couche photo-conductrice).	Constitueront des tubes de télévision plats comme un tableau mural ; des éléments d'éclairage d'intérieur faits de plaques murales ou de plafond, de planchers, de draperies. L'intensité de la lumière et de la couleur peut être réglée. Les panneaux chaufferont et éclaireront aussi votre maison.
Résonance moléculaire : faculté qu'ont certains matériaux de produire des faisceaux de lumière monochromatique pouvant être modulés.	Masers. Lasers. Iriseurs.	Amplification des ondes radio-micrométriques, des rayons infra-rouges et des ondes lumineuses.	Les communications de demain... sur les fréquences des ondes lumineuses. Des expériences indiquent qu'un seul faisceau laser peut transmettre plus d'un million de longueurs d'onde de télévision. L'étalement du faisceau produirait un simple cercle de 160 kilomètres sur la surface de la Lune. Le principe sera certainement la base de la communication spatiale.
Ferromagnétisme : propriété qu'ont certains cristaux de rester magnétisés (aimantés) après qu'un champ magnétique leur a été appliqué, puis a été enlevé.	Mémoires sur pellicule mince. Éléments à fonction logique. Noyaux à multiples ouvertures.	Mémoires pour calculatrices électroniques.	Calculatrices électroniques à plus grande vitesse pouvant emmagasiner plus d'informations et fournissant des réponses instantanées similaires à la pensée et au jugement humains.
Ferroélectricité : Propriété qu'ont certains cristaux de polariser et de demeurer magnétiques après qu'un champ magnétique leur a été appliqué, puis a été enlevé.	Dispositifs à mémoire et à fonction logique expérimentaux. Amplificateurs et modulateurs diélectriques.	Applications de l'aimant permanent.	
Piezoelectricité : faculté qu'ont certains cristaux d'engendrer une tension électrique lorsqu'ils sont pressés, courbés ou tordus.	Relais de transmission. Génératrices pour jauge de tension.	Contrôle (ou réglage), mesure, transmission par relais électriques.	Phénomènes connus depuis longtemps et utilisés dans les microphones, les pick-ups de phonographe, le sonar, le sondage de profondeur. Nouvelles applications : filtres radiophoniques à bande étroite sans bruits parasites.
Thermo-électricité : Effet de Seebeck : voltage électrique engendré lorsque deux matériaux dissimilaires sont joints et lorsque les jonctions sont maintenues à des températures différentes. Effet de Peltier : faculté qu'a un courant électrique, lorsqu'il passe à travers un circuit fermé fait de deux matériaux dissimilables, d'échauffer l'une des jonctions et de refroidir l'autre.	Génératrices thermo-électriques. Convertisseurs thermioniques. Diodes à pilsama.	Conversion directe de la chaleur en électricité. Réfrigération. Chauffage.	Chauffe-biberons, rafraichisseurs de boisson, petits groupes de réfrigération. En cours de mise au point : divers dispositifs tirant leur force d'une minuscule flamme de gaz ou d'huile lourde, lesquels pourront produire la force électrique pour la propulsion d'une tondeuse à gazon, l'électricité pour l'éclairage d'un chalet forestier, ou extraire des quantités d'électricité industrielles de la chaleur des piles atomiques.
Supraconductivité : propriétés qu'ont certains matériaux de perdre de la résistance électrique lorsqu'ils sont refroidis à une température proche du zéro absolu.	Cryotrons.	Montage de circuits micro-vitesse et exempts de bruits parasites.	L'établissement de boucles de circuits à état solide refroidis par l'hydrogène liquide permettra le montage de machines à calculer électroniques à grande vitesse, de radios exemptes de bruits parasites, de minuscules électro-aimants pouvant soulever des tonnes.

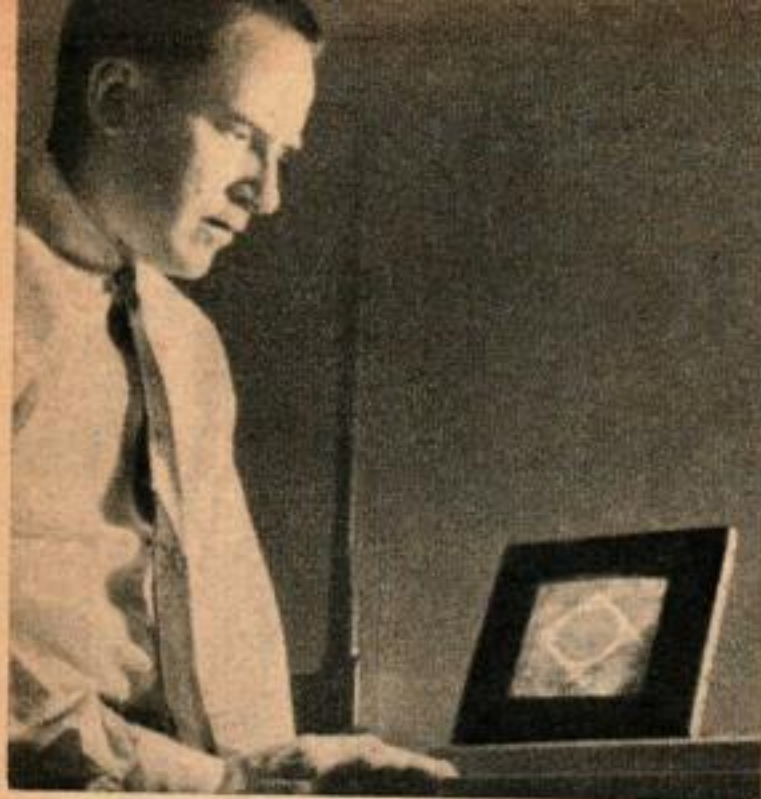


Expérimentation sur le laser : un cristal de rubis synthétique est essayé dans un élément de guidage des ondes, pour ajouter de la puissance au fantastique faisceau électronique.

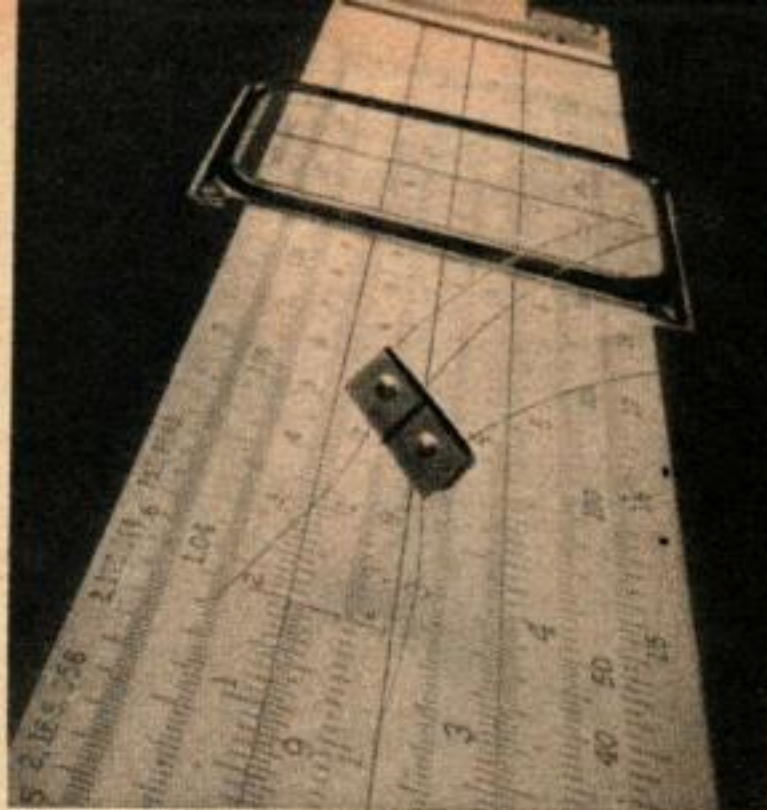
tique d'un dépôt de ferraille, mais il n'a que la moitié de la puissance d'un nouvel aimant encore plus petit, actuellement en fabrication dans ces mêmes laboratoires ! Au siège social de la General Electric Co., à Schenectady, Etat de New York, vous apprenez que, d'ici un an ou deux, vous écouterez des postes-radio à transistors de la taille d'une boîte d'allumettes fonctionnant sur l'électricité produite par la chaleur de votre corps. Il existe déjà un bateau propulsé par un moteur électrique qui est alimenté en courant produit par une minuscule flamme de gaz.

Utilisant une nouvelle et révolutionnaire sorte de faisceau concentré qui fonctionne comme le radar, des savants de la Compagnie Aéronautique Hugues, de Culver City, Californie, peuvent étudier les « pailles » des têtes de vis et de boulons de tables de cuisine et de brouettes se trouvant à plus de

11 kilomètres de distance. Revenant dans l'Est des U.S.A., à l'usine des Laboratoires Bell de Murray Hill, Nouveau Jersey, nous trouvons des savants en train d'utiliser le même dispositif pour vaporiser du carbone à 4.150° C. en un millionième de seconde et d'effectuer sur des lapins des opérations chirurgicales sans bistouri. Ces savants parlent d'utiliser leur fantastique faisceau pour « souder par points » les rétines décollées dans les yeux humains. Aux laboratoires de la General Electric, à Schenectady, des expériences de soudage de l'acier et d'usinage de précision utilisant le même équipement sont en cours. Les ingénieurs vous diront tranquillement que le faisceau peut transmettre simultanément un million de longueurs d'ondes de télévision aux fréquences des ondes lumineuses et qu'il assurera probablement les transmissions de demain à



Ce panneau électronique de moins de 13 mm d'épaisseur utilise le principe de l'électro-luminescence pour produire une image.



La règle à calculer. Une rondelle de silicium multiple et divise suivant le même principe que celui qu'utilisent les plus grandes règles à calculer traditionnelles.

travers l'eau, l'air et l'espace interstellaire. Et ceci n'est pas un « rêve d'opiomane ». Le faisceau est au point et n'attend que la fabrication des matériaux et des systèmes.

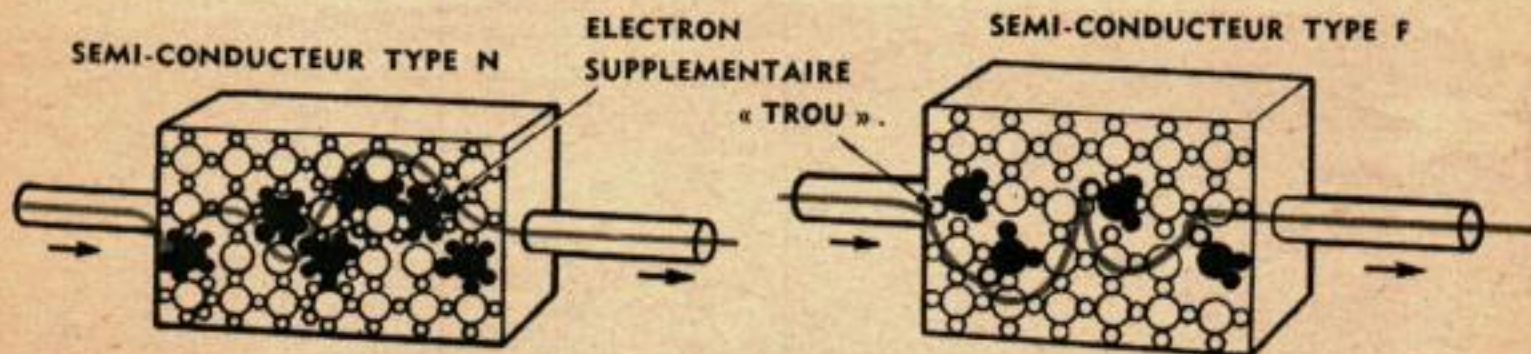
Dans les laboratoires électroniques à travers tous les Etats-Unis, règne une atmosphère de calme excitation, de nouvelles dé-

couvertes sont continuellement rapportées, et l'on parle de choses à venir qui auraient été qualifiées comme appartenant à la fiction scientifique il n'y a que peu d'années. Vous entendez parler de postes émetteurs de radio de la dimension d'un petit pois implantés

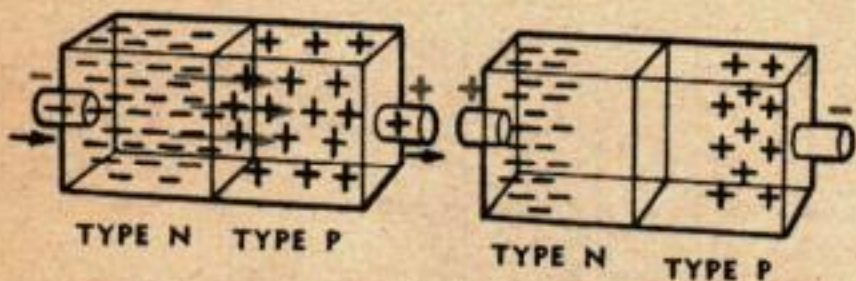
(Suite page 107)

Un semi-conducteur pur tel que le silicium, avec quatre électrons par atome, ne conduit pas l'électricité. Mais s'il est « drogué » d'une impureté à cinq électrons telle que l'arsenic, les électrons supplémentaires ne trouveront pas leur place et erreront à travers le cristal, agissant comme agents de transmission négative.

En additionnant des cristaux de silicium d'une impureté à trois électrons telle que l'aluminium, des « trous » égaux à des charges positives sont laissés ouverts dans la trame du cristal. Les électrons sautant d'un trou à l'autre peuvent alors transmettre le courant à travers le cristal.

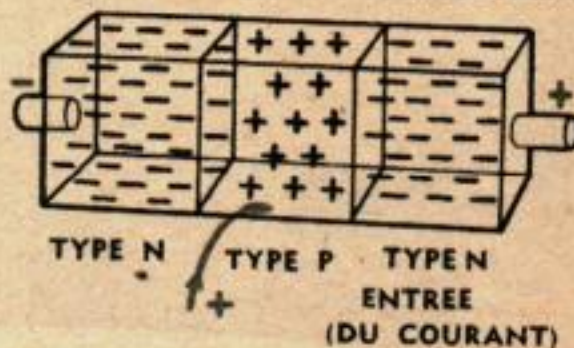


QU'EST-CE QU'UNE DIODE ?



Le courant négatif, à gauche, repousse les électrons dans la région n, et les chasse jusqu'à la région p, complétant le circuit. A droite, si le sens du courant est inversé, les charges des fils attirent des charges opposées du cristal, ce qui crée un vide interrompant le circuit à la jonction. Ceci fait qu'une diode est une valve électrique à sens unique.

QU'EST-CE QU'UN TRANSISTOR ?



Les forces n et p empêchent le courant de s'écouler dans un transistor au repos. Mais, lorsque celui-ci est activé par une minuscule charge positive, les électrons du courant principal sont attirés à travers les « barrières ». En cours de route, ils acquièrent des caractéristiques de contrôle du courant et renforcent celui-ci. Le résultat en est que ce transistor est un amplificateur.

Le monde fantastique de l'état solide

(Suite de la page 17)

dans le corps d'un malade et permettant au médecin d'écouter les battements de cœur d'un patient ou le rythme respiratoire d'un autre tout en faisant ses visites à 3 km de l'hôpital. On parle sérieusement de cerveaux électroniques possédant de la raison, du jugement, et réagissant à des stimuli, ou incitations, telles que le son, la lumière ou la douleur.

On bavarde tout naturellement de tubes de télévision plats comme des tableaux accrochés au mur, de parois et de draperies qui assureront l'éclairage, le chauffage et le rafraîchissement des intérieurs... tous commandés automatiquement par les conditions extérieures.

Nous sommes ici dans un monde étrange de confuse sémantique et d'inhabituel « charabia » composant un langage entièrement nouveau. Ecoutez en passant la conversation de la « pause pour le café » dans n'importe quel laboratoire électronique américain actuel, et vous vous emplirez les oreilles de « filtres à encoche », de « nanosecondes », de « nor-gates », de « flip-flops multi-stages », de demi-additionneurs, masers, lasers et irasers. Vous entendrez parler de « trous » qui sont simplement des électrons qui ne sont

pas là ; et des matériaux « n » et « p » qui sont le cœur de la plus grande partie de cette curieuse affaire.

Toutes ces merveilles nouvellement projetées sont soudainement devenues d'authentiques probabilités en raison du brusque développement d'une science possédant autant de têtes qu'une hydre et connue communément sous le nom de physique de l'état solide. En réalité, ce nom n'est pas exact. La physique de l'état solide a été un sujet d'étude depuis le temps déjà lointain où l'humanité a appris que toute matière était soit solide, soit liquide, soit gazeuse.

L'excitation qui se manifeste aujourd'hui est presque entièrement relative à de curieuses et utiles propriétés électriques de certains solides. Un meilleur nom pour la nouvelle science, suggéré par Rudy Koehler, de la General Electric, serait l'électronique de l'état solide. « Essentiellement », dit-il, « nous nous occupons de technique électrique parce que nous avons affaire à des phénomènes de changement de particules. »

Les utiles propriétés électriques de certains solides sont connues depuis plus d'un siècle. Mais ce ne fut que lorsque trois physiciens des Laboratoires Bell... W. H. Brittain, W. O. Shockley et J. Bardeen... mirent au point la chose appelée un transistor, en 1948, que la nouvelle science de la physique de l'état solide prit réellement son essor. Six ans plus tard, les semi-conduc-



dernières nouveautés « ARTS MÉNAGERS » Rodex LE RUST - REMOVER

L'ami de la ménagère : polit, nettoie, protège. Enfin un produit qui rénove réellement les surfaces émaillées et rend à l'émail jauni son blanc primitif !

RUST-RÉMOVER nettoie et fait briller : chrome, même piqué, cuivre, argent, étain, bronze, acier inoxydable ;

Pour tous usages : maison, voiture, bateau, appareils ménagers, vieux bronzes, etc...



LE PLASTIC-MENDER

C'est un produit spécial à base de polyvinyl, pour réparer en un instant les plastiques - vinyl (objets gonflables, ballons, bouées, baignoires, jouets, nappes, housses, imperméables, etc...)

De plus, PLASTIC-MENDER est une excellente colle adhérent au bois, métal, cuir, porcelaine, papier et tissus.

PLASTIC-MENDER, résiste à l'eau bouillante, à l'huile, à l'essence.

En vente grands magasins, drogueries, quincailleries spécialisées.

Documentation gratuite sur demande à :

S^{te} RODEX S.A.R.L.

49, avenue Montaigne - PARIS - 8^e - Tél : ÉLY 56-46

Distributeur exclusif des produits de la Woodhill-Chemical U. S. A.

Agents et concessionnaires demandés

teurs et autres dispositifs basés sur la technique de l'état solide commencèrent à jaillir sur un public émerveillé comme des feux de Bengale le jour du Quatorze Juillet.

Que sont donc ces « gadgets » (petits dispositifs mécaniques plus ou moins ingénieux) ? Que font-ils donc, et pourquoi le font-ils ?

Un étrange comportement

Dans tous les solides, les atomes sont tenus en une structure cristalline rigide appelée un treillis, une trame, liés à leurs voisins par des charges électriques positives ou négatives. C'est le curieux comportement de ces particules chargées de certains solides qui est le secret de toute l'affaire. Certaines réagissent à l'électricité en des façons uniques en leur genre, certaines réagissent à la lumière, d'autres à la chaleur et au froid, d'autres encore au magnétisme, à la torsion et au pliage.

Dans un bon conducteur tel que le cuivre, les atomes sont associés à des particules auxquelles ils ne sont liés que d'une manière non rigide. Ces particules peuvent sauter d'un atome à l'autre et être utilisées pour transmettre un courant électrique. D'autres solides tels que le diamant n'ont pas de particules libres et ne peuvent pas transmettre l'électricité. Ils font donc de bons isolants. Un petit nombre de matériaux spéciaux cependant, le silicium et le germanium entre autres, sont d'assez bons isolants à l'état pur, mais, s'ils sont additionnés de certaines impuretés, ils acquièrent des charges libres et deviennent conducteurs. Ce sont eux qui sont ces semi-conducteurs, cause de tout le tumulte.

Le secret de la chose réside dans le « droguage »... la cuisson, la « culture » ou la diffusion des impuretés dans le cristal. Si le silicium, avec quatre électrons par atome, est traité à l'arsenic, dont les atomes ont cinq électrons, les électrons d'arsenic supplémentaires deviennent mobiles dans la trame serrée du cristal et peuvent être employés pour transmettre du courant. Ceci donne un semi-conducteur négatif, ou du type n. Mais si le silicium est traité à l'aluminium, lequel n'a que trois électrons, des vides que l'on appelle des « trous » se produisent dans la structure cristalline. Et ces trous ont une commode façon d'absorber les électrons libres se mouvant à travers le cristal, puis de les laisser réapparaître. Dans un certain sens, on peut dire que le courant saute d'un trou à l'autre dans cette sorte de cristal type p. En aménageant des zones type n et des zones type p dans des régions différentes d'un unique cristal, les savants ont été capables d'obtenir que des minuscules parcelles de matériaux semi-conducteurs exécutent toutes sortes d'acrobaties électriques qui requéraient précédemment des quantités de tubes et d'appareillages volumineux enchevêtrés dans un labyrinthe de fils conducteurs. De simples diodes à deux régions ayant

le diamètre d'une pointe d'épingle peuvent recevoir un courant alternatif à l'un de leurs bouts et le faire ressortir à l'autre bout sous forme de courant continu. Un diode peut agir comme une valve électrique à sens unique dans la commutation électrique et dans d'autres missions utiles. Un transistor à trois régions, qui est en réalité deux diodes accouplées dos à dos et peut être produit dans des tailles de l'ordre de celle d'une tête d'épingle, a des propriétés encore plus complexes. Il ne conduira pas l'électricité tant qu'un minuscule courant appliqué à la région centrale des « sandwiches » n'excitera pas les électrons contenus dans le cristal (voir diagramme page 21). A ce moment, le courant principal peut passer. En cours de route, il acquiert les caractéristiques du faible courant d'excitation et devient une version amplifiée de celui-ci. Certains transistors peuvent accroître un courant d'excitation jusqu'à 40.000 fois ! Ceci est la magie qui est à la base de l'électronique... un faible courant en contrôlant un plus fort. En « empilant » des transistors les uns au-dessus des autres, un filet de courant émanant d'une faible source peut être multiplié des milliards de fois jusqu'à ce qu'il ait acquis assez d'énergie pour actionner un contact sur une ouverture de porte de garage, ou pour actionner un haut-parleur à partir du faible signal d'un pick-up à haute fidélité.

Les complexes circuits sur pellicule

En combinant une douzaine ou plus de régions n et p en un unique arrangement cristallin monté sur une feuille de silicium en utilisant un procédé appelé « grésillage », les savants de l'état solide sont déjà en train de créer des circuits d'une haute complexité qu'ils appellent des « films minces ». Un seul et unique de ces fantastiques « gadgets » peut comporter six transistors, autant de diodes, plus un certain nombre d'autres caractéristiques. Il peut recevoir un courant électrique et le commuter, l'amplifier, le fractionner, le faire changer de voltage et le « travailler » d'une douzaine de façons différentes. Et tout ceci se passe dans un dispositif de la taille d'un timbre-poste et d'une épaisseur de l'ordre du millième de millimètre. Ces petits bijoux peuvent être empilés pour former des installations électriques complètes. Et cependant, de nombreux physiciens ne les considèrent encore que comme des dispositifs intermédiaires. Le but idéal du savant de l'état physique est un unique et massif cristal comportant toutes les discrètes régions nécessaires pour accomplir la même mission incorporées directement à la structure même du cristal. Les Laboratoires Westinghouse et la Texas Instrument Co sont tous les deux déjà en train de produire des versions expérimentales de ces merveilles électroniques appelées diversement des blocs moléculaires, des dispositifs molelectroniques, des blocs monolithiques ou des circuits massifs, suivant la compagnie à laquelle vous rendez visite.

« Le jour est presque venu », dit John Stelmark, des Laboratoires Westinghouse, « où, pour confectionner un poste de radio ou de télévision, vous prélèverez de six à douze cristaux massifs... ayant chacun environ la taille d'un bouton de chemise... de l'étagère du magasin aux pièces détachées, et vous les connecterez. Dans quelque jour à venir, un millier de ces blocs convenablement branchés les uns aux autres pourront servir à monter n'importe quelle sorte de machine à calculer électronique. Nous avons déjà des blocs oscillateurs en une seule pièce, des blocs détecteurs, des valves à action logique, des amplificateurs de radio complets et des pré-amplificateurs. »

Un point qui est, pour les ingénieurs électroniques, beaucoup plus important encore que les fantaisies de miniaturisation que ces dispositifs permettent de réaliser est leur fantastique sûreté de fonctionnement. Il n'y a pas de fils pouvant se mettre en court-circuit, pas de branchements soudés pouvant se rompre. Et les éléments ont toute la durabilité de Mathusalem lui-même. « Nous avons des transistors fonctionnant expérimentalement depuis plus de 26.000 heures », révèle H. Brainard Fancher, de la General Electric Co. « Ceci représente neuf ans de fonctionnement à raison de huit heures par jour ; les tubes à vide du commerce ont une durée de « survie » de 80 % après 1.000 heures seulement. » Fancher et ses collaborateurs ont même tiré un paquet de circuits à l'état solide dans un mortier afin d'en essayer la résistance. « Ils ont fonctionné aussi bien après qu'avant », dit Fancher. « Le choc qu'ils avaient subi était de l'ordre de 15.000 G. »

Des pré-amplificateurs de la taille d'un petit pois

Aujourd'hui, aux Laboratoires Westinghouse, John Stelmark peut vous montrer un amplificateur de cinq watts qui ressemble à l'un des boutons de votre veste et un pré-amplificateur de la grosseur d'un petit pois. A eux deux, ils remplissent la même fonction que les deux appareillages de la dimension d'une boîte à chaussures équipant un moderne poste de luxe à haute fidélité. Et leur reproduction sonore est de tout premier ordre. Un circuit flip-flop complet, du type utilisé pour la commutation des calculatrices électroniques à grande vitesse, se présente maintenant sous la forme d'un cristal massif délicatement gravé et pas plus gros que l'une des grosses lettres estampées sur une pièce de monnaie.

Ceci n'est pas tout. En utilisant des blocs monolithiques appelés cryotrons à l'intérieur de bouteilles d'hélium liquide à -265°C . les physiciens peuvent rendre leurs circuits super conductifs. A cette température, toute résistance électrique disparaît dans la ma-



Si vous n'y arrivez pas avec ce que vous gagnez...

Si, malgré vos efforts vous n'arrivez pas à boucler votre budget, cessez de penser qu'en faisant attention cela irait mieux. Car il y aura toujours le loyer, les impôts, les vacances, la rentrée, les études des enfants, les cadeaux de Noël... et les imprévus. Vos dépenses ne diminueront pas, mais votre salaire peut augmenter.

Observez ce qui se passe autour de vous. Ceux qui gagnent plus ne sont pas plus capables que vous. Mais ils savent mettre leurs connaissances en avant. Réagissez ! Dites vous que ces connaissances, vous pouvez les avoir, vous aussi, et qu'avec le « bagage » que vous donnera le Centre International d'Etudes par correspondance vous deviendrez très vite un spécialiste dont on ne discutera pas la valeur.

Des milliers d'élèves du C.I.D.E.C. qui n'avaient pas pu faire des études même moyennes dans leur enfance, ont réussi, en quelques mois, à obtenir des situations très confortables. L'explication ? D'abord ceux qui s'inscrivent au C.I.D.E.C. ne sont plus des enfants qui étudient à contre-cœur. Ce sont des hommes et des femmes qui progressent vite parce qu'ils sont libres de choisir les cours qui les intéressent. Ensuite, au C.I.D.E.C. pas de théories inutiles : tout ce que vous apprenez chez vous, sans quitter votre emploi vous sert aussitôt à gagner plus dans votre spécialité ou dans une autre situation que vous procure le C.I.D.E.C.

Cette méthode d'avancement révolutionnaire est exposée dans l'ouvrage « A quoi tient la réussite ». Pour le recevoir gratuitement, faites ce geste qui sépare les rêveurs de ceux qui réagissent : marquez d'une croix la branche qui vous intéresse et postez ce bon.

Sans aucun engagement de ma part, je découpe ce bon pour recevoir gratuitement votre brochure « A quoi tient la réussite ? » et votre documentation sur la branche que j'ai marquée d'une croix.

Nom Age
Profession
Adresse complète

BON 90407/19

		☐ Ingénieur ☐ Chef de garage ☐ Technicien Diesel	☐ Ingénieur ☐ Spécialisations Bâtiment et Travaux Publics
		ÉLECTRICITÉ ☐ Monteur ☐ Electro-Technicien ☐ Dessinateur ☐ Ingénieur ☐ Radio-Télégraphiste	CHAUFFAGE ☐ Monteur ☐ Chef Monteur ☐ Dessinateur ☐ Sous-Ingénieur ☐ Ingénieur
AVIATION ☐ Contrôleur-Mécanic. ☐ Dessinateur ☐ Sous-Ingénieur ☐ Ingénieur ☐ Pilote	ELECTRONIQUE ☐ Radio-Technicien ☐ Spécialiste Télévision ☐ Sous-Ingénieur-Electronicien	CHIMIE INDUSTRIELLE ☐ Aide Chimiste ☐ Chimiste ☐ Technicien Chimiste ☐ Ingénieur Chimiste	
AUTOMOBILE ☐ Motoriste ☐ Contrôleur-Mécanic. ☐ Dessinateur ☐ Sous-Ingénieur	BÉTON ARMÉ ☐ Surveillant de Travaux ☐ Conducteur de Travaux ☐ Dessinateur ☐ Sous-Ingénieur	MATIÈRES PLASTIQUES ☐ Technicien en matières plastiques ☐ Ingénieur	
FRANCE 5, Rte de Versailles LA CELLE ST-CLOUD (Seine-et-Oise) Tél. 969-20-62	BELGIQUE 62, quai Bonaparte Liège	SUISSE 5, Bd des Philosophes Genève	

**CENTRE INTERNATIONAL
D'ÉTUDES
PAR CORRESPONDANCE**

SUPER TUNER STÉRÉO



Adaptateur FM 7 lampes. Grande sensibilité: 1 microvolt
Sortie Hi-Fi
Basse impédance

Cadran démultiplié - Réglage par « Ruban Magic » - Coffret blindé givré OR émail au four - 110/220 V. Permet la réception **NORMALE** ou en **STÉRÉO-PHONIE** double canal - Standard français R.T.F. des émissions en stéréo sur FM. Livrés avec tous les circuits sélecteurs et séparateurs incorporés, 2 sorties de modulation. Antenne comprise.

MAGNETIC-FRANCE

175, rue du Temple - Paris-3^e - Téléphone : ARCHIVES 10-74

ÉCOUTEZ TOUTES LES ÉMISSIONS STÉRÉO

COMPLET EN ORDRE DE MARCHÉ

GARANTIE TOTALE : 1 AN

PRIX CATALOGUE..... NF 298

REMISE SPÉCIALE 20 %... NF 60

PRIX NET..... NF 238

**CARTON
STANDARD KIT**

NET 194 NF

Absolument complet, en pièces détachées. Bobinages pré-réglés et plans de montages.

tière, et même le plus mince filet de courant se déplace à perpétuité, à une vitesse proche de celle de la lumière. Dans un cryotron, la commutation s'effectue en une question de milliardièmes de seconde. Dans les complexes problèmes de tactique militaire qui requièrent des jours de programmation de calculs électroniques, des heures peuvent être gagnées en réduisant de quelques fractions de seconde chacune des phases de l'opération.

C'est aussi la super-conductivité qui est le secret derrière le puissant aimant nain déjà mentionné. Les électro-aimants ordinaires se fusionneraient d'eux-mêmes en des masses de cuivre s'ils fonctionnaient sous toute leur puissance possible.

L'aimant de taille réduite Westinghouse ne sera pas utilisé pour soulever des poutres en acier pour les constructeurs de ponts... quoiqu'il pourrait l'être. Au lieu de ceci, il sera utilisé pour essayer de contrôler la puissance de la bombe à hydrogène, en accélérant des particules atomiques et en les comprimant jusqu'à ce qu'elles se fassent et libèrent leur énergie en puissance. Il pourrait aussi ouvrir de nouveaux domaines dans la génération de force électrique et donner de nouveaux moyens de propulsion des fusées à travers l'espace.

Si tout ceci vous semble quelque peu « hors de ce monde », tenez-vous bien. Ceci n'est que le commencement d'une nouvelle

ère de magie électronique. Sous le vaste titre d'état solide, un vaste assortiment de systèmes et dispositifs encore plus extraordinaires sont déjà avec nous et au travail (voir page 19).

Des calculatrices électroniques sous forme de cartes à jouer

De minuscules dispositifs thermo-électriques utilisant les mêmes « régions » n et p qui sont la base du fonctionnement d'une diode convertissent directement la chaleur en électricité. Similairement, des matériaux photo-électriques produisent de l'électricité à partir d'une source de lumière dirigée sur eux et amplifient la lumière à peu près de la même façon qu'un transistor amplifie l'électricité. Des phosphores électro-luminescents microscopiques qui luisent lorsqu'ils sont excités par un courant électrique produisent de la lumière dans de minces feuilles de verre et de matière plastique, qui ont des dizaines d'utilisations dans l'éclairage des intérieurs et dans les panneaux de projection tels que des tubes de télévision plats.

Le monde de l'état solide sera, ainsi que l'exprime un physicien américain, « comme un dépôt de matériaux de construction. Vous aurez dans ce dépôt de nombreux matériaux qui pourront être combinés de différentes manières pour former différentes structures pour différents usages. Deux ou



COMMENT PROTÉGER L'EXTÉRIEUR ET DÉCORER L'INTÉRIEUR DE VOTRE HABITATION ?

SPECTROL

Peinture hydrofuge murale
vous apporte la solution !



● **PROTECTION EXTÉRIEURE :** son pouvoir hydrofuge et son excellente résistance, quelles que soient les intempéries, l'ont fait classer par tous les Professionnels du Bâtiment comme une peinture de PROTECTION incomparable.

266 millions de mètres-carrés appliqués en 10 ans, en sont la meilleure garantie.

Envoi gracieux sur demande de : carte de nuances, documentation et liste de nos Distributeurs.

SPECTROL

est livrée dans 35 nuances prêtes à l'emploi.

SPECTROL

est également une peinture FACILE pour tous, aussi bien dans sa PRÉPARATION que dans son APPLICATION. Enfin, son prix et son pouvoir couvrant en font une peinture ÉCONOMIQUE.

● **DÉCORATION INTÉRIEURE :** par son aspect mat et velouté, dans une riche gamme de nuances allant des tons les plus vifs aux pastels les plus tendres, Spectrol permet les plus belles réalisations dans la DÉCORATION moderne.

Nous vous conseillerons pour vos problèmes de peinture, sans aucun engagement de votre part.

Écrivez-nous : **SPECTROL** Service "MP" - 21, rue de la Paix - Paris-2^e

trois minuscules pièces reliées les unes aux autres vous permettront un jour de monter, par exemple, une combinaison montre-bracelet-poste de radio. En ajoutant des grilles thermo-électriques à des matériaux électroluminescents, les murs et les plafonds chaufferont et rafraîchiront les maisons, tout en les éclairant. »

De tout ceci devrait ressortir... si les expérimentateurs à l'esprit habituellement modéré voient juste... un coffre au trésor de commodités et de merveilles telles que l'homme n'en a jamais connu. Même les plus simples de ces dispositifs n'ont pas encore commencé à utiliser toutes leurs possibilités d'une manière quelque peu pratique. « Les diodes », fait remarquer R. W. Solinger, de la General Electric Co., « seront un jour, utilisées pour monter des distributeurs d'allumage automobile à l'épreuve des pannes et durant aussi longtemps que la voiture. Elles remplaceront les starters à courte durée de vie des éclairages fluorescents. Des redresseurs à éléments de contrôle au silicium (supertransistors) réduiront l'éclairage de votre intérieur au lieu de le couper... avec des dispositifs sensitifs photo-électriques contrôlant automatiquement toute l'affaire, suivant la brillance de l'éclairage extérieur. »

« Des dispositifs de contrôle des phases des moteurs électriques corrigeront les erreurs des compagnies d'électricité affectant les lignes de transport de force. Ces dispositifs pourraient aussi donner la solution du problème de la voiture électrique. Nous aurons bientôt un « caddy » de golf électronique. Vous appellerez vos clubs de golf et ils viendront à vous. »

Les moyens de réalisation de tout ceci sont disponibles dès maintenant. Il ne reste plus aux industriels qu'à les adopter et à les utiliser. Et les possibilités sont illimitées : « Une chose très intéressante », dit Fred Hedding, des Laboratoires Westinghouse, serait de relier une force thermo-électrique sous neuf volts à des diodes du type à tunnel. Vous obtiendriez ainsi un dispositif d'alarme d'incendie thermo-électrique dans lequel la chaleur activerait la génératrice thermo-électrique, laquelle produirait le courant activant le diode à tunnel qui ferait à son tour retentir une sirène. »

Des costumes climatisés

Hedding, un électronicien-expert, envisage un champ d'applications illimité. « Les réfrigérateurs des capsules spatiales », dit-il, « devront être thermo-électriques. » Mais nous pourrions aussi les utiliser avec avantage dans l'aviation. La machinerie de base du réfrigérateur d'un appareil de transport consisterait en un bloc de matériau massif d'un encombrement total de 5 à 6 cm³, utilisant des thermo-couples de la taille d'une graine de gazon mettant le dispositif en marche et l'arrêtant automatiquement. Nous

AMATEURS DE MODÈLES RÉDUITS

voici

les 2 grandes nouvelautés 1962



« FRANCE » le plus long paquebot du monde. Splendide maquette d'exposition au 1/450 moulée plastique aux couleurs exactes. Longueur hors tout 710 mm. Assemblage facile. En boîte richement décorée. avec plan, notice et colle **99 NF**
(franco port et emballage)



« LE CAPTIF » avion en plastique de haute résistance pour vol circulaire et acrobatique. Télécommandé. Moteur à explosion de 1,5 cc. Envergure 550 mm. Longueur 450 mm. Assemblage ultra rapide par quelques boulons. En boîte avec le moteur ... **79,50 NF**
Carburant, le bidon **4,60 —**
(franco port et emballage)

A LA SOURCE DES INVENTIONS

60, Boul. de Strasbourg - Paris X^e

où vous trouverez également
tous les autres modèles réduits
d'avions, de bateaux, chemins
de fer, autos, etc.

Demandez dès maintenant notre
DOCUMENTATION GÉNÉRALE N° 21
sur le Modélisme en France - 132 pages,
près de 1 000 photos. Franco contre 3 NF.

avons déjà mis au point une « chaudière » pouvant se porter sur le dos et fonctionnant au gaz propane pour produire l'électricité actionnant une soufflerie faisant circuler de l'air chaud dans une combinaison thermo-électrique ou aspirant la chaleur hors de celle-ci et insufflant une circulation d'air frais dans la combinaison. Le jour viendra où nous disposerons de costumes climatisés pour notre habillement de tous les jours. Ceux-ci vous maintiendraient dans le confort sur une gamme de température allant de -40°C. à 38°C. A la maison, une chaudière de la taille d'un tonneau à huile et utilisant le propane, le bois, l'huile lourde ou le gaz naturel comme combustible produira quelque jour elle-même l'électricité qui actionnera sa soufflerie, et elle mettra en marche et arrêtera tout le dispositif elle-même. »

Le plus stupéfiant de tous les nouveaux « outils » de la technique actuelle de l'état solide est probablement le maser... qui produit le fantastique faisceau mentionné plus haut. Le mot est fait des initiales de : Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplification des Ondes Micrométriques par Emission Stimulée de Radiations), et l'incroyable dispositif soulève parmi les techniciens encore plus d'intérêt que n'en souleva le transistor il y a dix ans.

Le rayon de la mort

Les masers peuvent capter des ondes radio-phoniques ou lumineuses (ils sont alors appelés masers optiques, ou lasers), les amplifier des centaines de fois, puis les émettre en un faisceau puissamment concentré. L'intensité de la lumière engendrée dans le cône est de plus d'un million de fois supérieure à l'intensité de la lumière solaire. Cette lumière est également assez chaude pour brûler un trou à travers n'importe quoi, depuis une lame de rasoir jusqu'à une personne. Elle pourrait, en fait, être un authentique « rayon de la mort ». Des versions portatives du dispositif ont déjà été construites.

L'angle du cône du faisceau est si aigu que certains lasers, émis à travers un télescope à partir de la terre, pourraient envoyer sur la lune un faisceau lumineux illuminant sur celle-ci une zone circulaire de moins de 1.500 mètres de diamètre.

L'appareillage est remarquablement simple. L'un des modèles consiste en une petite tige en rubis d'une longueur de 25 à 100 mm. avec une lampe flash enroulée en spirale autour d'elle. Un autre modèle est un tube de verre rempli de néon et d'hélium. Lorsqu'ils sont activés par un éclair de lumière, les atomes à haute énergie contenus dans ces éléments sont excités par la stimulation et amplifient les ondes lumineuses tandis qu'elles rebondissent de côté et d'autre entre les miroirs qui forment les extrémités du cristal ou du tube. Soudainement, la charge d'ondes arrive à un niveau énergétique qui lui fait traverser le miroir de l'un des bouts.

Et le faisceau lumineux est projeté dans l'espace... en un rayon de lumière cohérent émis sous forme de pulsations espacées d'environ un millionième de seconde. Ceci signifie que le faisceau peut être modulé comme les ondes radiophoniques... une chose qui n'avait jamais été possible auparavant avec l'incohérente dispersion de la lumière.

Cent millions d'appels

Grâce à la fréquence fantastiquement élevée du faisceau, les savants envisagent des pas de géants dans le perfectionnement des transmissions. Contenu dans une sorte de tunnel de guidage des ondes comportant des miroirs pour le faire rebondir dans les tournants, un unique faisceau de masers pourrait transmettre simultanément cent millions d'appels téléphoniques. Les câbles océaniques actuels n'en transmettent que cent à la fois. Similairement, plus d'un million de longueurs d'ondes de télévision différentes pourraient être ainsi transmises simultanément. Le dispositif peut aussi transmettre la lumière des fréquences vertes sur plusieurs kilomètres au-dessous de l'eau... ce qui laisse entrevoir des possibilités de communications sous-marines.

En raison de la mise au point fortement concentrée du faisceau du maser (celui-ci peut être « resserré » à travers un trou de 100 millionièmes de centimètre de diamètre) des expériences médicales sont actuellement conduites sur des lapins au Groupe de Recherches Techniques de Long Island, Etat de New York. Le laser a permis d'enlever une tumeur de la rétine sur l'un des animaux. L'étroit faisceau pointé sur l'œil fut réduit encore par « l'objectif » de l'œil lui-même, et il frappa un minuscule point de la rétine pendant un millième de seconde... ce qui fut suffisant pour réussir l'opération sans infliger de dommages.

Pendant très longtemps, les masers n'ont pu être utilisés pratiquement parce qu'ils n'émettaient que de courtes « poussées » de rayonnement. Mais, il y a quelques mois, les Laboratoires Bell ont annoncé qu'ils avaient réussi à obtenir l'émission continue du faisceau, et les expériences ont, de ce fait, repris de plus belle.

Aux laboratoires de recherche de la Marine des U.S.A., des masers accouplés à des radio-télescopes ont déjà été utilisés pour mesurer les ondes énergétiques émanant de la surface de Jupiter, établissant la température de cette surface à 100°C. environ. Un radar à maser utilisant une antenne de 10 cm peut obtenir une définition plus nette qu'un radar ordinaire à ondes micrométriques fonctionnant avec un « panier » de plus de 18 mètres. On parle déjà d'un « outil » qui permettrait de réaliser la cartographie de la lune et des planètes avec la précision d'une pointe d'épingle. Si cet instrument se réalise, comme c'est probable, le maser se qualifiera alors réellement comme le plus « hors de ce monde » de tous les dispositifs basés sur la technique de l'état solide.