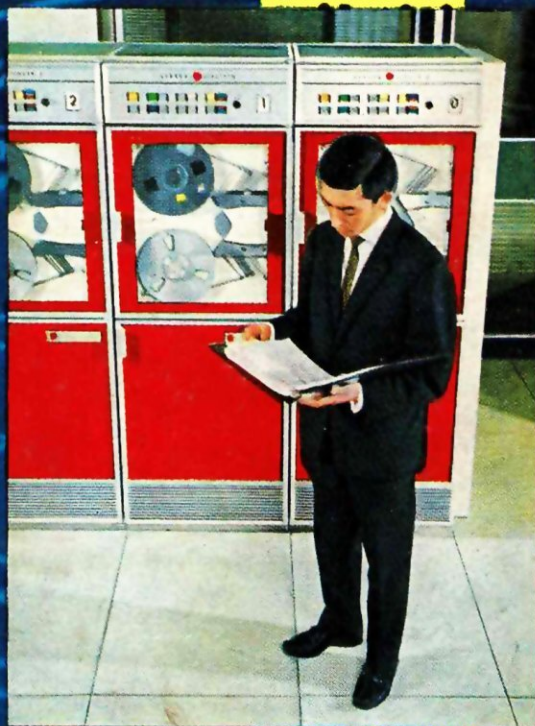


# SCIENCE *et* VIE

ÉDITION TRIMESTRIELLE N° 69 4 F

NUMERO HORS SERIE



# l'automatisme

*le moyen d'améliorer votre situation*

R. L. Dupuy GAM005

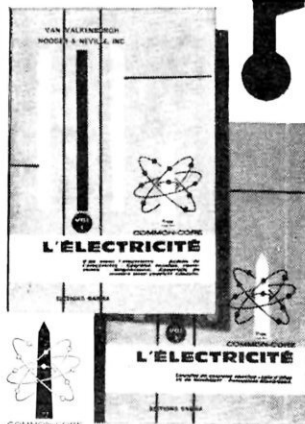
# comprendre

**à fond l'électricité et  
l'électronique quelle que soit  
votre formation de base**

**COURS COMMON-CORE**

**Enseignement visuel par le livre**

**(d'après la méthode d'instruction semi programmée)**



Cette méthode, à la fois simple et révolutionnaire, vous permet de vous perfectionner chez vous, sans professeur. Pas de matériel coûteux ou encombrant.

Les illustrations abondantes font vivre devant vos yeux les connaissances que vous avez acquises.

Les Cours COMMON-CORE ont été élaborés, à la demande de la Marine des U.S.A., par la Firme VAN VALKENBURGH, NOOGER & NEVILLE Inc, conseillers en organisation et en formation. Les auteurs de cette méthode ont suivi quatre grands principes :

1 - Établissement d'une analyse du travail des techniciens de l'Électro-technique et de l'Électronique afin de déterminer les connaissances nécessaires à la bonne exécution de leurs tâches.

2 - Division de toutes les difficultés en autant de parcelles qu'il est nécessaire afin de rendre plus aisée la compréhension de chacun des points exposés.

3 - Présentation de tous les éléments sous deux formes : un texte et une illustration.

4 - Expérimentation du programme avec des individus, des groupes, des classes. Des milliers d'étudiants ont participé à l'élaboration du Programme COMMON-CORE.

Les cours ne font appel à aucune connaissance mathématique.

On n'emploie que les équations les plus élémentaires permettant de travailler sur les formules fondamentales de l'électricité. Pourtant, rien d'essentiel n'a été omis et même les questions les plus difficiles n'ont pas été esquivées. Ainsi, les lecteurs qui auraient une formation de base un peu poussée ne trouveraient dans ces livres rien qui puisse les freiner dans leurs progrès. S'ils ne cherchent pas à former des hommes capables d'inventer et de perfectionner, ils forment des hommes capables de faire fonctionner les équipements décrits, d'en assurer l'entretien et d'effectuer les premières réparations.

Par la simplification, unique à ce jour, d'un certain nombre de problèmes complexes, par les illustrations et les textes, ces livres mettent à la disposition de leurs lecteurs la plus extraordinaire méthode qui ait jamais été réalisée pour apprendre les éléments de base de l'électricité et de l'électronique.

Sur 100 lecteurs du 1<sup>er</sup> volume ÉLECTRICITÉ, 86 ont décidé d'acheter la collection complète.

ÉLECTRICITÉ : 5 volumes - ÉLECTRONIQUE : 6 volumes - SYSTÈMES DE SYNCHRONISATION et SERVOMÉCANISMES : 2 volumes. Chaque volume : 9,50 F

En vente : chez votre libraire ou aux ÉDITIONS GAMMA, 1, rue Garancière - PARIS 6<sup>e</sup> - C.C.P. PARIS 20.290.97.

Frais de port à joindre au montant de la commande : 1 F par envoi (quel que soit le nombre de volumes).

Demandez une documentation en envoyant le bon ci-dessous

Veuillez m'adresser gratuitement la documentation SV 12 sur la collection COMMON-CORE.

NOM : .....

**BON** à découper  
ou à recopier

ADRESSE : .....

PROFESSION : .....







Hier, il était inquiet, soucieux, préoccupé par son avenir - Il se sentait "négatif".

Puisqu'en notre siècle de civilisation technique, celui qui veut "arriver" doit se spécialiser, votre avenir dépend du choix de cette spécialisation.

Or, de tous les domaines de l'industrie, celui qui peut le mieux satisfaire vos ambitions légitimes, est celui de l'Électronique. Science-clé du monde moderne, sans laquelle n'existeraient ni radio, ni télévision, ni satellites artificiels... son essor est si considérable qu'elle envahit tous les domaines de l'industrie et la plupart des usines devront bientôt avoir leurs spécialistes en Électronique.

Des carrières de premier plan attendent ceux qui auront acquis une connaissance approfondie de la radio-électricité, base de l'électronique. Pour vous permettre d'entreprendre cette étude, quelles que soient vos connaissances et votre situation actuelles, EURELEC a mis au point une forme nouvelle et passionnante de cours par correspondance qui remporte un succès considérable : créé en 1959, EURELEC compte déjà plus de 70 000 adhérents.

Associant étroitement leçons théoriques et montages pratiques, EURELEC vous donnera un enseignement complet, et vous adressera plus de 600 pièces détachées, soigneusement contrôlées, avec lesquelles vous construirez notamment trois appareils de mesure et un récepteur de radio à modulation de fréquence,



Il est aujourd'hui, l'un des 70 000 élèves d'EURELEC - Il se prépare un avenir "positif".

d'excellente qualité, qui vous passionneront et resteront votre propriété.

Si vous avez déjà des connaissances en radio, EURELEC vous propose son Cours de Télévision qui vous donne la possibilité de vous perfectionner encore davantage. 14 importantes séries de matériel contenant plus de 1000 pièces détachées vous permettront de construire un Oscilloscope professionnel et un Téléviseur ultra-moderne, tout en devenant l'excellent technicien TV que le succès de la télévision rend chaque jour plus indispensable.

Grâce à notre enseignement **personnalisé** vous apprendrez avec facilité, au rythme qui vous convient le mieux. Enfin, notre formule révolutionnaire d'inscription **sans engagement** (avec paiements fractionnés que vous êtes libre d'échelonner ou de suspendre à votre convenance) est pour vous une véritable **"assurance satisfaction"**.

**NOUVEAU!** Encore un cours EURELEC. Consacré à l'étude des **TRANSISTORS**, il vous apprendra **TOUT** sur ces nouvelles techniques et vous permettra d'être à l'avant-garde du progrès.

**EURELEC**   
INSTITUT EUROPÉEN D'ÉLECTRONIQUE

Toute correspondance à :  
**EURELEC - DIJON (Côte d'Or)**  
(cette adresse suffit)

Hall d'information :  
31, rue d'Astorg - PARIS 8<sup>e</sup>  
Pour le Bénélux : Eurelec-Bénélux  
11, rue des Deux Eglises - BRUXELLES 4

**BON**

(à découper ou à recopier)

Veuillez m'adresser gratuitement votre brochure illustrée SC 1-809

NOM .....

ADRESSE .....

PROFESSION .....

(ci-joint 2 timbres pour frais d'envoi)

# SAVEZ-VOUS PARLER A DES MACHINES?

Non — ce n'est pas le titre d'un roman surréaliste, mais bien une question posée par un directeur clairvoyant à un aspirant pour un poste de programmeur ou codeur, ayant la faculté de transmettre, sous forme de cartes perforées ou de programmes codés des ordres, chiffres et données à l'équipement électronique conçu pour traiter et enregistrer des informations à une vitesse folle.



## 300 000 SPECIALISTES DE LA MECANOGRAPHIE FONT DEFAUT

Avez-vous aussi la chance de devenir, un beau jour, un de ces spécialistes particulièrement bien rémunérés et fort recherchés ?

A cet égard, nous tenons à souligner le fait que des milliers de personnes des deux sexes et de tout âge, avec une simple formation scolaire se sont faites instruire dans le domaine de la mécanographie et du traitement de l'information par notre institut et, après avoir terminé le Cours, ont trouvé d'excellentes positions. De nombreuses personnes ignorent le talent qu'elles possèdent pour l'accomplissement de la tâche imposée aux opérateurs, programmeurs ou codeurs du traitement moderne de l'information.

Aujourd'hui, la formation exigée par ce nouveau métier est à la portée de tous les êtres actifs et persévérants, sans que ceux-ci disposent d'une connaissance préliminaire, grâce au Cours par correspondance.

### Saisissez votre chance !

N'hésitez pas à vous mettre en rapport avec nous.

Nous vous envoyons, avec plaisir — gratuitement et sans engagement — une documentation détaillée sur le Cours. Vous n'avez qu'à nous adresser le bon ci-dessous.



**Institut International d'enseignement**

par Correspondance pour la mécanographie  
et le traitement de l'information.

Siège principal : Baden/Suisse Case postale 68

**B O N**

**II 13**

pour matériel de documentation détaillée concernant les possibilités pour la formation en tant que spécialiste en cartes perforées et traitement de l'information.

Nom \_\_\_\_\_  
Profession \_\_\_\_\_  
Rue \_\_\_\_\_  
Ville / Dpt. \_\_\_\_\_

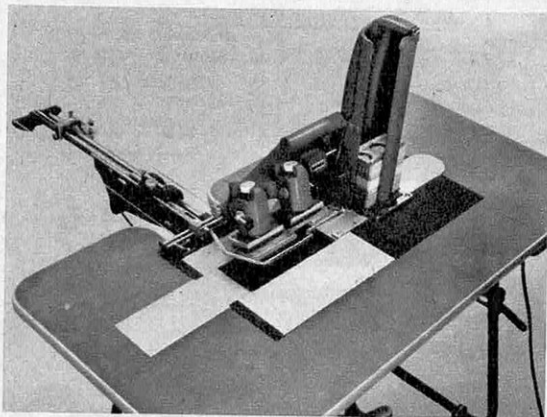


Actuellement et de plus en plus, les entreprises de gros et de demi-gros sont à la recherche de solutions susceptibles de réduire au maximum leurs frais généraux, donc d'organiser, de rationaliser, de mécaniser le travail au stade des différents services de l'entreprise.

Dans une certaine mesure, le grossiste est amené à vendre les articles par unité ou multiple d'unité, par exemple 1, 2, 4 casiers, 15, 30, 45 cartons, etc.

Cette discipline relative étant absolue, le travail et le rendement des différents services d'exécution se trouve considérablement amélioré tel que la préparation des commandes, la livraison, la tenue des stocks et en particulier le travail de facturation.

L'esprit d'unité de vente étant institué, il devient extrêmement facile d'utiliser des bons de commande pré-imprimés sur lesquels figurent la totalité des articles, le code de chaque article ainsi que les différentes unités de vente prévues pour chacun des articles. Ce bon de commande pré-imprimé aura pour avantage d'accé-



lérer considérablement la prise des commandes et la préparation et de permettre l'extraction des plaques-articles pour la facturation dans un minimum de temps.

A ce stade intervient le système de facturation CSM. Le problème de facturation particulièrement devient alors un problème mineur. Une plaque de facturation est établie par unité de vente prévue. Cette plaque correspond en fait à une ligne de facturation pré-calculée et ventilée par nature de renseignements, taxe, Régie, statistiques, etc.

Ces plaques sont alors codifiées et classées numériquement dans l'ordre du bon de commande. Dès réception de ce bon de commande, les plaques-articles seront extraites du fichier pour l'impression immédiate de la facture dans un minimum de temps et sans aucun risque d'erreur.

Les différentes colonnes de la facture seront purement et simplement additionnées à l'aide d'une additionneuse à bande imprimante.

# L'AUTOMATISME AU SERVICE DE LA FACTURATION

Les plaques-articles et plaques-clients seront reclassées après chaque facture et ainsi de suite.

## RENDEMENT

Les multiples organisations réalisées à ce jour ont prouvé qu'une opératrice peut imprimer au minimum dans la journée environ 2 800 lignes de facturation.

## SÉCURITÉ

Ce système de facturation est le seul permettant d'assurer une sécurité absolue dans le travail de facturation et de ventilation.

Le travail de chiffrage des commandes et de contrôle des factures se trouve purement et simplement supprimé.

## SIMPLICITÉ

Ce système est d'une extrême simplicité et ne demande aucun personnel spécialisé.

## ROBUSTESSE



Ce matériel exempt de pannes ne demande aucun entretien particulier.

Il n'est pas interdit de penser que la méthode de « pré-fabrication » des factures puisse promouvoir des initiatives dans ce sens dans des secteurs

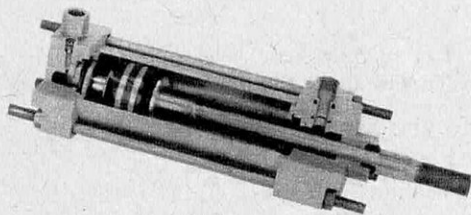
d'activité industrielle ou commerciale, du moins à certains échelons de la distribution.

Il est évident que ce bref article ne peut vous donner qu'un aperçu du problème, aussi nous nous tenons à votre entière disposition pour tout renseignement complémentaire.

**La CSM - Département facturation  
CITOGRAF & BRADMA**

31, rue Lafayette - PARIS 9<sup>e</sup> - TRU 98-71

## Le muscle de l'AUTOMATION



le cylindre

**KOENIG-AUTOMATION**  
MULHOUSE (Tél. 45.81.38)

Ceci n'est qu'un atout de notre  
production de **cylindres et valves**

**UNE RÉPUTATION**  
*mondiale*

**MEIRIX 460**  
10.000Ω/V

*Contrôle*

- Intensités : de 0 à 1,5 A continu et alternatif
- Tensions : de 0 à 750 V continu et alternatif
- Résistances : de 0 à 2 MΩ

*Et il tient dans la poche !*

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE MÉTROLOGIE  
B. P. 30 - ANNECY - FRANCE - TEL 45.45.00

LA PLUS FORTE PRODUCTION ET EXPORTATION FRANÇAISE  
BUREAUX DE PARIS : 54 AVENUE EMILE-ZOLA - XV - BLO 63.26

**AUTRES FABRICATIONS METRIX**

• Contrôleurs Universels	• Générateurs BF - HF - VHF
• Voltmètres Electroniques	• Wobulateurs TV - Mires
• Ponts d'impédances	• Oscilloscopes
• Lampemètres	• Mégohmmètres
• Transistormètres	• Electropinces

# intégralement télécommandé auto**MALIK**

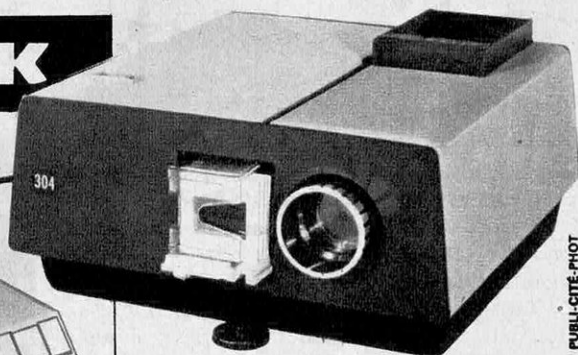
## 304

- Ambisecteur 110x220 V
- Objectif VARIMALIK 85/135
- Ventilation par turbine jusqu'à lampe 500 W
- Prise de synchronisation magnétique
- Editor pour repositionnement d'une vue en cours de projection
- Utilise plusieurs types de paniers-classeurs

**480<sup>F</sup>** + lampe

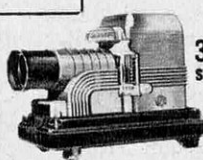
**CLAVIER  
DE TÉLÉ  
COMMANDE**

- Changement de vue
- Marche avant ou arrière
- Mise au point
- Allumage lampe de salle

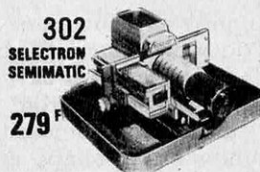


# MALIK

CONSTRUIT PAR L'USINE **MALIK DE LIBOURNE**  
(LA PLUS FORTE PRODUCTION DANS LA SPÉCIALITÉ)  
**L'AUTOMALIK 304** BÉNÉFICIE DE L'EXPERIENCE TOTALE MALIK. IL EST, EN TOUS POINTS, DIGNE DE SES AINÉS QUI POURSUIVENT LEUR TRIOMPHALE CARRIÈRE.



**300  
STANDARD**  
**198<sup>F</sup>**



**302  
SELECTRON  
SEMIMATIC**  
**279<sup>F</sup>**

**CHEZ TOUS LES CONCESSIONNAIRES AGRÉÉS**



VOUS AUREZ VOTRE

# *situation assurée*

QUELLE QUE SOIT  
VOTRE INSTRUCTION  
préparez un

**DIPLOME D'ETAT**

C.A.P. B.E.I. - B.P. - B.T.  
INGENIEUR

avec l'aide du  
**PLUS IMPORTANT  
CENTRE EUROPEEN  
DE FORMATION  
TECHNIQUE**

***PAR CORRESPONDANCE***

Méthode  
révolutionnaire (brevetée)  
Facilités : Alloc. familiales,  
Stages pratiques gratuits  
dans des Laboratoires  
ultra-modernes, etc...

NOMBREUSES REFERENCES  
d'anciens élèves et des  
plus importantes entrepri-  
ses nationales et privées

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE A. 11 à :

en devenant  
**TECHNICIEN**  
dans l'une de ces  
*branches  
d'avenir*  
lucratives et  
sans chômage

ELECTRONIQUE - ELECTRICITE -  
RADIO - TELEVISION - CHIMIE -  
MECANIQUE-AUTOMATION-AU-  
TOMOBILE-AVIATION-ENERGIE  
NUCLEAIRE-FROID-BETON AR-  
ME-TRAVAUX PUBLICS-CONS-  
TRUCTIONS METALLIQUES, ETC.



**ECOLE TECHNIQUE  
MOYENNE ET SUPERIEURE**

**36, rue Etienne-Marcel - Paris 2°**

Pour nos élèves belges :

BRUXELLES : 22, Av. Huart-Hamoir - CHARLEROI : 64, Bd. Joseph II

# L'AUTOMATISME... A LA PORTÉE DE TOUTE ENTREPRISE

De plus en plus, il s'avère nécessaire d'utiliser, dans toute entreprise, des moyens modernes de simplification, qu'ils soient mécaniques, électromécaniques ou électroniques.

Vous pouvez équiper vos services :

## COMPTABLES

**De machines superautomatiques de 2 à 55 compteurs**, qui peuvent travailler en autonomie ou bien servir de base à la constitution d'ensembles mécanographiques ou électroniques, tels que :

### ENSEMBLE TM 20

Constitué d'une machine comptable CSM ASCOTA de 5 à 45 compteurs et d'une unité de calcul électronique à transistors, cet ensemble réalise des multiplications instantanées de 2 facteurs de capacité  $10 \times 10$ . La commande du TM 20 est réalisée automatiquement par l'organe de programme de la machine comptable. Il est possible de compléter cet ensemble par l'utilisation d'un groupe de facteurs constants.

L'unité de calcul du TM 20 peut servir simultanément une ou deux machines.

### ENSEMBLE TS 36

Constitué d'une machine comptable CSM ASCOTA de 5 à 45 compteurs et d'une unité de lecture automatique des données par piste magnétique, cet ensemble permet, sans intervention de l'opérateur, la reprise automatique des données figurant au recto et au verso d'un compte.



C'est pendant le temps d'introduction et la recherche automatique de la ligne d'écriture, temps extrêmement court, que s'effectue la reprise et le contrôle des impulsions magnétiques.

### ENSEMBLE TMS

Constitué d'une machine comptable CSM ASCOTA de 5 à 45 compteurs, d'une unité de calcul électronique à transistors (TM 20) et d'une unité de lecture des données par piste magnétique (TS 36), cet ensemble permet de réaliser simultanément des travaux comptables nécessitant la reprise d'anciens éléments et des calculs automatiques.

### ENSEMBLE 1700

Constitué d'une machine comptable CSM ASCOTA de 5 à 45 compteurs et d'une unité

de lecture de cartes perforées (80 colonnes), cet ensemble permet sans aucune intervention de l'opérateur, d'enregistrer directement de la carte à la machine les opérations contenues dans cette carte. Il peut être également doté d'une unité de calcul électronique.

## COMMERCIAUX - SECRÉTARIATS

### De machines d'organisation : PROGRAMAT

Rapide, simple, cette machine à écrire automatique commandée électriquement par bandes ou cartes perforées, répond aux exigences modernes d'organisation de tous les services d'une entreprise : comptabilité, fabrication, publicité, etc. Elle peut s'intégrer aux ensembles mécanographiques. L'adjonction supplémentaire de lecteurs ou perforateurs élargit encore le champ d'application de ce matériel.



## FACTURATION

### De machines à facturer : NOTATRONIC

Facturière électronique, cette machine réalise la multiplication instantanée. Dès l'introduction des facteurs, les résultats apparaissent immédiatement sur la facture.

De manipulation facile (simple pression sur une touche pour passer d'un programme à l'autre), elle ne demande aucune formation spéciale du personnel. Elle répond aux exigences les plus modernes de la facturation.

## EXPÉDITIONS, PUBLICITÉ, etc.

### De machines à adresser et à transcription automatique des données : CITOGRAF & BRADMA

Utilisé comme machines d'organisation, ce matériel trouve sa place dans tous les problèmes de répétitions d'éléments fixes (service facturation, expédition, lancement de fabrication, personnel, etc.). Utilisé comme machines à adresser, il est à sa place dans tous les services, notamment à la publicité, aux services prospection, expédition (journaux ou revues), etc. Ces machines vont du petit modèle à main jusqu'à la plus complète des machines électriques. Elles peuvent être dotées d'un grand nombre de dispositifs accélérant leur rendement (plus de 7 000 impressions/heure) et augmentant leur champ d'application (facturation par exemple).

Cette page d'information ne contient qu'une partie de notre matériel, si vous désirez plus amples renseignements, voulez-vous prendre contact ou demander la visite, sans engagement, de l'un de nos collaborateurs.

**La CSM - Service R.E.**

**31, rue Lafayette - PARIS 9<sup>e</sup> - TRU 97-71**



numéro hors-série

# l'automatisme

## sommaire

• L'AUTOMATISATION EST-ELLE UNE RÉVOLUTION? ...	8
PAR ANDRÉ LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT	
• ASPECTS TECHNIQUES DE L'AUTOMATISATION .....	12
• L'AUTOMATISME EN MANUTENTION .....	28
• MACHINES-OUTILS ET AUTOMATISME .....	44
• MESURE, CONTRÔLE ET TRI AUTOMATIQUE .....	54
• L'AUTOMATISATION DANS LES CHEMINS DE FER ....	61
• L'AUTOMATISME DANS L'AUTOMOBILE .....	72
• L'AUTOMATISME DANS L'AVIATION ET L'ESPACE ....	82
• L'AUTOMATISME DANS LA PRODUCTION D'ÉNERGIE ..	92
• L'AUTOMATISME EN SIDÉRURGIE .....	102
• L'AUTOMATISME DANS LA VIE QUOTIDIENNE .....	112
• L'AUTOMATISME EN MÉDECINE .....	132
• L'AUTOMATISME AU BUREAU .....	140
• TRADUCTION, DOCUMENTATION, ENSEIGNEMENT AUTOMATIQUES .....	148

Directeur général : Jacques Dupuy

Directeur : Jean de Montulé

Rédacteur en chef : Jean Bodet

Direction, Administration,  
Rédaction : 5, rue de la Baume,  
Paris-8<sup>e</sup>. Tél. : Élysée 16-65.  
Chèque postal : 91-07 PARIS.  
Adresse télégr. : SIENVIE PARIS.

Publicité : 2, rue de la Baume,  
Paris-8<sup>e</sup>. Tél. : Élysée 87-46.

New York : Arsène Okun, 64-33,  
99th Street Forest Hills, 74 N. Y.  
Tél. : Twining 7.3381.

Londres : Louis Bloncourt,  
17, Clifford Street,  
London W. 1. Tél. : Regent 52-52.

## TARIF DES ABONNEMENTS

### POUR UN AN :

	France et États d'expr. française	Étranger
12 parutions .....	25, — F.	30, — F.
12 parutions (envoi recom.) .....	37, — F.	41, — F.
12 parutions plus 4 numéros hors série .....	38, — F.	45, — F.
12 parutions plus 4 numéros hors série (envoi recom.) .....	55, — F.	60, — F.

Règlement des abonnements : SCIENCE ET VIE, 5, rue de la Baume, Paris C.C.P. PARIS 91-07 ou chèque bancaire. Pour l'étranger par mandat international ou chèque payable à Paris. Changement d'adresse : poster la dernière bande et 0,50 F en timbres-poste.

Belgique et Grand-Duché (1 an)	Service ordinaire .....	FB 180
	Service combiné .....	FB 330
Hollande (1 an)	Service ordinaire .....	FB 200
	Service combiné .....	FB 375

Règlement à Edimonde, 10, boulevard Sauvenière, C.C.P. 283.76, P.I.M. service Liège.  
Maroc, règlement à Sochepress, 1, place de Bandoeng, Casablanca, C.C.P. Rabat 199.75.

# ***L'automatisation***

par A. LÉAUTÉ

**D**'aucuns, en un temps qui n'est pas bien lointain, ont cru trouver en l'automatisation la recette miraculeuse qui résoudrait les problèmes de toutes les industries et en guérirait tous les maux. Pour un peu, elle leur fût apparue comme une incarnation de l'invincible Walkyrie qui assurait sans coup férir la victoire de ses protégés. Mais ceux qui ont le plus imprudemment présenté l'automatisation sous ce jour s'étaient-ils assez interrogés sur ce qu'elle est au juste ? Avant de saluer en elle la grande révolution du moment, il eût fallu contrôler avec sang-froid quelle était l'ancienneté de son entrée en scène et, dans des pays comme le nôtre, quelles étaient ses limites. Or, précisément, c'est l'objectif du présent ouvrage que d'apporter, après trop d'anticipations en porte-à-faux, des éléments concrets de jugement, j'entends par là des exemples réels d'automatisation, cueillis à dessein dans des branches très diverses.

## ***Définir l'automatisation***

Je devrais, tout le premier, m'appuyer essentiellement sur les monographies réalistes de cet ouvrage ; mais je les précède et dois être lu avant elles. Heureusement pour moi, un travail de notre Académie des Sciences va suffire, je pense, à me fournir les appuis nécessaires. A la suite de très approfondis débats en commission et séance plénière, la Compagnie a élaboré une définition de l'automatisation qui contribuera à éclairer ma voie. Il n'est que de m'y reporter.

« L'automatisation couvre, avec toutes les dépendances qu'elles impliquent, les actions tendant à effec-

« tuer, sans le concours de l'homme « ou avec son concours réduit, des « opérations diverses, informationnelles ou matérielles, notamment « scientifiques, industrielles ou administratives, qui précédemment étaient « davantage exécutées par l'homme, « à condition que cette transformation « vise un progrès technique, économique ou social. »

Longue phrase, certes ! Pour bien ordonnée qu'elle soit, on s'étonne d'abord qu'on l'ait chargée d'autant d'incidentes et d'épithètes entre virgules. L'Académie des Sciences n'a guère coutume d'accrocher son style aux buissons du chemin, il faut qu'elle ait beaucoup tenu à éviter tout malentendu pour s'alourdir de tant de précisions. Celles-ci se révèlent bien utiles dans mon cas ; elles vont m'aider à déchirer le fallacieux déguisement qui voudrait travestir l'automatisation en une révolution.

## ***Les critères des révolutions***

Au fait, à quoi reconnaît-on une révolution ? Son premier critère me semble être qu'elle se localise dans un court laps de temps et y produit brusquement une perturbation profonde. Un autre trait, rien moins qu'accessoire, est qu'à l'ordinaire cette perturbation s'accompagne d'ennuis sérieux pour une classe préférentielle de la société. Ces deux critères réclament de moi dans ma réponse un primo et un secondo.

### ***Primo : lointaines ascendances***

Où donc trouver dans l'automatisation la brusquerie, l'éclatement explo-



# ***est-elle une révolution ?***

sif qui justifieraient, s'agissant d'elle, qu'on pensât à une révolution ? La mécanisation l'a précédée sans qu'il y ait entre elles de frontière nette. En 1870, Privat-Deschanel, dans son dictionnaire, écrivait déjà à l'article « Machines » que, malgré leur faible rendement, « ces appareils (les machines) « sont d'un immense secours pour les « arts et l'industrie, parce qu'ils per- « mettent de substituer à la force in- « telligente et dispendieuse de l'hom- « me des forces brutes et de peu de « valeur ». N'était-ce pas donner pour la mécanisation une définition que bien des gens accepteraient aujourd'hui pour l'automatisation ? Ces deux phases de l'histoire industrielle se soudent donc sans couture, et l'origine de l'automatisation est aussi reculée que celle de la mécanisation, avec quoi elle se confond.

La définition forgée par l'Académie est assurément plus complète que celle de Privat-Deschanel, mais elle mène aux mêmes vues. Elle inclut dans l'automatisation toutes les actions, à quelque époque qu'elles aient eu lieu, qui ont diminué le concours de l'homme dans une opération informationnelle ou matérielle. Me refusera-t-on de convenir que le télégraphe optique de Chappe, en annonçant à la Convention la victoire de Dumouriez, « automatisait » l'opération informationnelle du coureur de Marathon ? Voilà qui fait reculer l'automatisation à cent soixante-dix ans en arrière. Pourquoi m'arrêteraient-je en chemin ?

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Amontons utilisa la force élastique de l'air chauffé pour élever l'eau sans avoir, disait-il, à supporter la perte ou le dépérissement des chevaux. Motif d'argent ou mouvement de pitié ? Peu importe ! Au béné-

fice commun de l'homme et de son plus noble compagnon, Amontons « automatisait » déjà. L'automatisation, une révolution ? Allons donc ! les révolutions déferlent, elles ne mettent pas deux siècles à s'accomplir.

## **Action par petites touches**

Pour qu'elle s'apparentât à une révolution, il faudrait aussi que l'automatisation eût produit un bouleversement profond des méthodes en action avant elle. Mais on serait bien empêché de mettre en lumière ce bouleversement qui n'a pas existé ! Il est vrai qu'il y a une dizaine d'années, à l'étranger, on a lancé quelques tambourinages sur des automatisations prétendues « totales » qui auraient jeté sur le marché des objets fabriqués de toutes pièces par des usines mécaniques sans le concours d'aucun ouvrier. Si ces vues avaient eu une correspondance avec la réalité autrement qu'en quelques essais désastreux, on aurait pu voir là avec raison une révolution. Mais, vraiment, il faudrait se boucher les yeux pour ne pas convenir que, dans les pays où l'industrie existe depuis longtemps et s'est fortement développée, au vrai dans les pays qui nous intéressent parce qu'ils ressemblent au nôtre, l'automatisation est en pratique toujours fractionnée et partielle. Il y est exceptionnel que l'on remplace par du neuf de grands ensembles en pleine activité. Des changements aussi radicaux ? ce sont toujours de très puissants facteurs économiques qui les provoquent : par exemple, l'épuisement des sources de matières premières ou l'appauvrissement relatif de leur teneur, ou encore l'in-

trusion de nouvelles formes d'énergie, bref, un bouleversement des données de base. Mais l'automatisation ne suit presque jamais des impératifs de cette sorte ; dans la très grande généralité des cas, elle ne fait que croître où elle existait déjà et il ne s'agit que d'ajoutages. Ceux-ci peuvent même être minimes et souvent répétés, le talent du maître d'œuvre étant de distinguer à chaque moment ceux qui s'imposent avec le plus d'opportunité. Bien plutôt que l'éclatement subit d'une révolution, cette allure de marche de l'automatisation dans les contrées fortement industrialisées évoque l'idée d'une évolution progressive qui lie ses pas d'un fil continu comme le sont les grains d'un chapelet.

### ***Secundo : bénéfique promotion***

Après ce primo, qui, naïvement peut-être, me semble péremptoire, quel besoin aurais-je d'un secundo ? la cause n'est-elle pas entendue ? Mais, puisque annoncé, et surtout pour la joie de combattre un préjugé détestable, qu'on me laisse encore — je le demande — pourfendre un épouvantail, plus dénué de consistance que de nocivité : celui de la classe ouvrière vouée au sacrifice par l'automatisation. Bien sûr, il faut que toute révolution trouve son Iphigénie ! Ce serait à la classe ouvrière que serait dévolu ce rôle touchant ; mais elle n'y est aucunement consentante, et le danger serait que, prenant cette chimère au sérieux, elle se dressât préventivement contre l'automatisation. Ici se découvre l'intérêt du débat.

Abordons-le par un retour historique sur ces temps derniers. Depuis la

dizaine d'années que l'automatisation est hissée au rang de révolution fulgurante, elle aurait eu le temps de meurtrir profondément le prolétariat si elle avait vraiment la vocation de s'opérer à ses dépens. Mais où sont les victimes qu'elle a causées ? En France — on connaît son pays mieux que les autres — passons en revue quelques récents conflits sociaux. Viennent à l'esprit Decazeville, les houillères du Nord, les mines de l'Est, Saint-Nazaire... et, pour les causes, l'insuffisance d'un gisement, la concurrence irrésistible du pétrole, la découverte outre-mer de riches minerais de fer, la crise des transports maritimes... ; on y cherche en vain l'automatisation. Les faits l'absolvent. Peut-être eût-elle même permis çà et là des atténuations aux drames, si elle avait été plus poussée en temps voulu.

Au vrai, dans la plupart des cas, c'est dans les saisons d'expansion économique que l'automatisation fleurit. Et c'est au mieux ainsi, car alors, saine-ment préparée elle produit surtout, au lieu de licenciements, des déplacements internes à effectif constant. Son passionnant intérêt réside dans le sens général de ces mouvements qui se font d'activités strictement manuelles vers de plus cérébrales ; les services de prévision, de contrôle, de surveillance, d'entretien, de dépannage, d'autres similaires, s'enrichissent tandis que la production s'accroît. Une crise survient-elle ? — car on ne peut les éviter toutes — la communauté intéressée en porte le poids sans qu'une minorité ouvrière en soit la victime privilégiée. Sans doute, la façon de voir que j'expose suppose-t-elle que l'automatisation soit toujours conduite avec sagesse. Mais n'est-on pas



en droit de l'espérer? un cheval de sang se monte sans éperons. C'est le rôle de centres interprofessionnels ou d'économie mixte de donner à cette fin des conseils aux usagers et de faire comprendre que, loin de pointer une menace à l'encontre de la classe ouvrière, l'automatisation est destinée à lui être bénéfique. Je retrouve ici la définition académique à laquelle je me suis reporté plusieurs fois; d'après ce texte, in fine, l'automatisation, sous peine de n'être plus elle-même, est tenue de viser un progrès technique, économique ou social. L'automatisation perdrait son efficacité et son sens si elle dressait les ouvriers contre elle; il est bien vrai qu'elle s'en prend aux manuels, mais c'est pour les promouvoir.

### ***Le temps de conclure***

Faisons donc litière de propos qui ont été lancés en l'air comme billevesées, sans support concret. Deux phantasmes ne se renforcent pas, ils accusent mutuellement leur irréalité! Condamnons comme solidairement fausses l'attribution de caractères révolutionnaires à l'automatisation et l'idée que la classe ouvrière doive en être l'inévitable victime. L'automatisation, une révolution? Nenni. La révolution du siècle? Encore moins: quelque chose de plus sérieux et de beaucoup plus intéressant que cela. La qualification de révolutionnaire n'a d'effet publicitaire que sur le grand public, les techniciens avisés se défient au contraire de ce qu'elle implique d'excessif et de ce qu'elle présume de coûteux rebroussements. Bien plutôt qu'elle ne soit une révolution, l'automatisation s'identifie à une évo-

lution continue dont l'origine est très lointaine et qui poursuit aujourd'hui sa marche, sans qu'on puisse en prévoir la fin de sitôt, ni peut-être jamais. Vous ne la liez donc pas, me dira-t-on, à l'électronique? assurément non: certaines de ses réalisations modernes, sans s'interdire systématiquement l'électronique, donnent la prépondérance à la pneumatique, au magnétisme, à l'optique ou à d'autres disciplines encore. Elles apportent surtout un péremptoire exemple de la puissance que confère une alliance intime de techniques bien à tort séparées dans le passé.

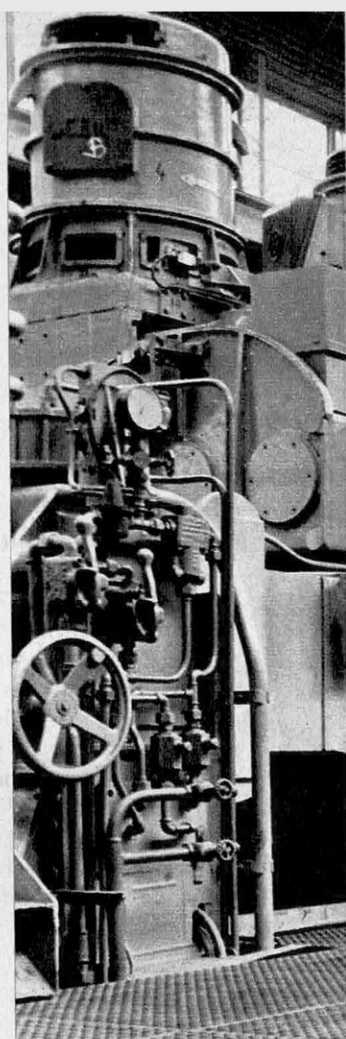
Je me représente l'automatisation comme un des canaux multiples, longs et continus, tantôt larges et tantôt encaissés, par où coule le progrès technique — que dis-je? le progrès de l'homme en son entier, car l'automatisation inclut des « opérations diverses, informationnelles ou matérielles, notamment scientifiques, industrielles ou administratives. » Je la vois aussi, si l'on préfère, comme un vieil et précieux outil de l'homme qui l'a lentement poli par l'usage et lui a donné aujourd'hui une patine magnifique. L'automatisation lui a servi et lui servira encore à s'éloigner de l'exercice direct de sa force musculaire, où il était inférieur à nombre d'animaux; elle l'aide à se hisser de plus en plus au-dessus d'eux et, peu à peu, elle lui fait conquérir une étonnante domination sur le monde matériel.

Oh! n'exagérons rien cependant: une domination encore et toujours limitée...

**A. LÉAUTÉ**

Membre de l'Institut  
Président d'Honneur  
du Centre National de l'Automatisation.

Dans la fabrication des glaces,  
la transparence s'obtient  
par polissage simultané  
des deux faces du ruban douci,  
à l'aide d'une série de machines.  
Aux glaceries de Saint-Gobain, à Chantereine,  
l'arrivée de la potée nécessaire,  
le réglage de son débit,  
les mouvements des patins de feutre,  
tout est automatique.



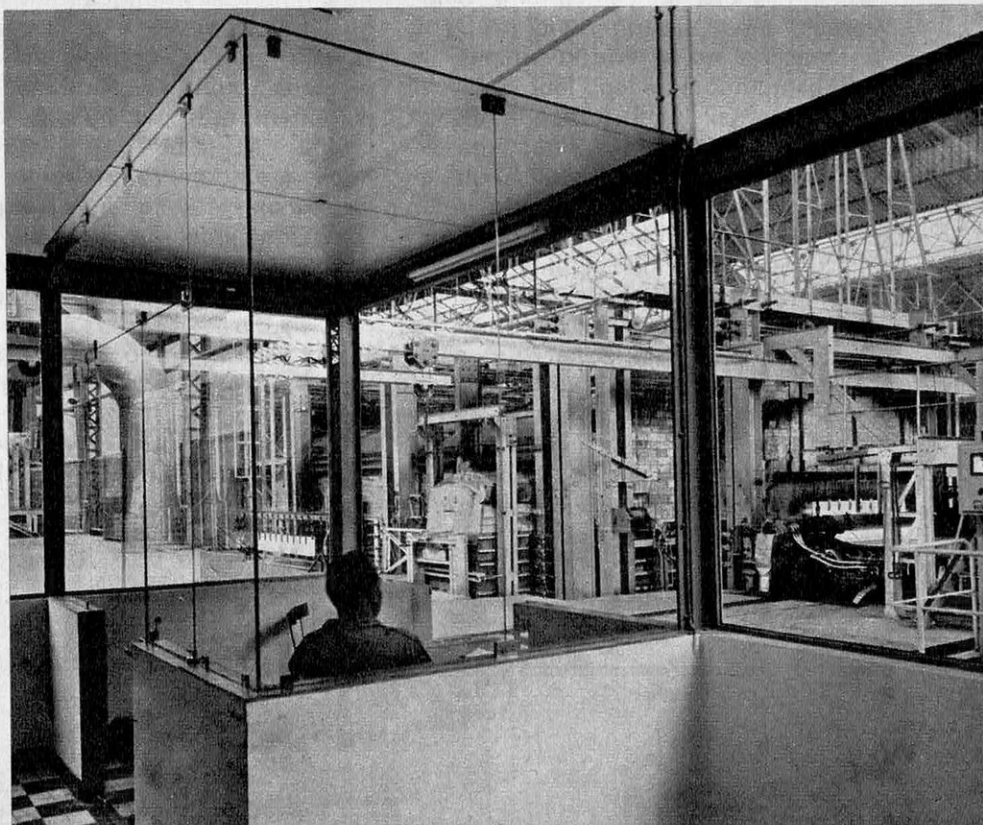
La Photothèque

# Les aspects techniques de l'automatisation

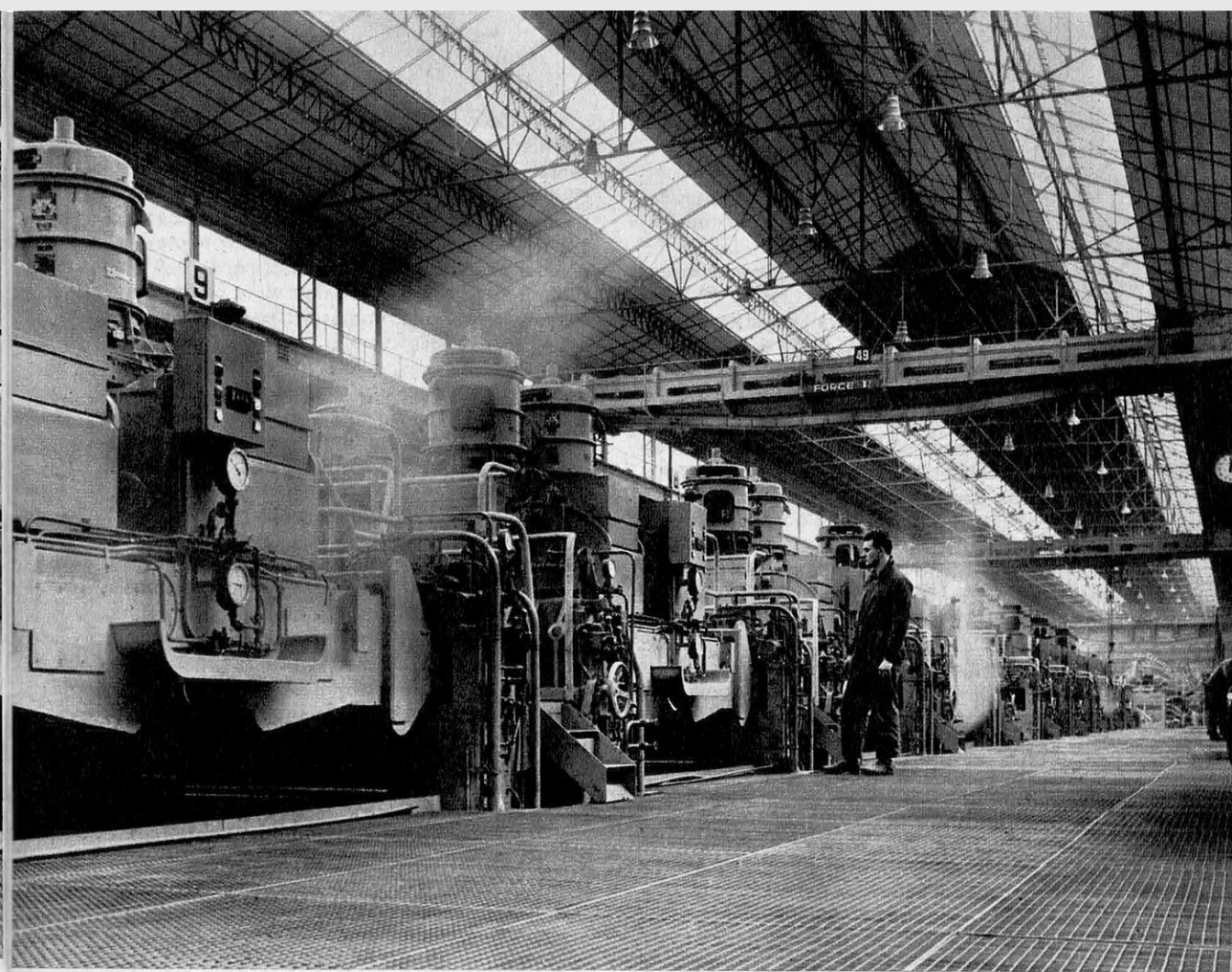
*par Marcel Chalvet*

A la glacerie  
de Chantereine,  
un seul homme  
surveille la marche  
automatique  
du four.

A droite,  
on aperçoit  
la coulée de verre  
et son passage  
entre  
les deux rouleaux  
de la  
lamineuse.







**N**otre sujet est d'une immensité à donner le vertige. Il nous plonge, en effet, dans l'univers des activités humaines, tant industrielles qu'artisanales, voire domestiques et individuelles. De quoi s'agit-il pour elles? Tout simplement d'automatiser le travail, ce qui n'est pas si simple, nous le ferons assez sentir. Nous voici maintenant fixés sur le caractère purement utilitaire de l'automatisation. Visant à réduire la peine de l'homme, c'est-à-dire sa fatigue, à alléger ses servitudes professionnelles de toute nature, elle améliore son bien-être et assure son élévation. Tout ceci progressivement, puisqu'il s'agit d'un mouvement continu, s'accomplissant pas à pas au rythme du progrès, même quand celui-ci s'accélère fort, comme de nos jours.

Rien, ni personne, n'est en mesure d'arrêter l'automatisation, car elle correspond aux aspirations profondes de l'humanité; celle-ci la redoute cependant comme tout apprenti sorcier confronté avec sa puissance. De fait, l'automatisation

a d'énormes conséquences économiques et sociales; de par son but même, elles sont bénéfiques; mais il faut savoir les discipliner et les orienter, et ceci comporte des implications politiques, au sens noble du terme. On commence seulement à y songer, semble-t-il; la crainte vaine, et cependant toujours ancrée, du chômage technologique en est la meilleure preuve.

Tous ces points ont été longuement traités dans le chapitre précédent. Il n'était cependant pas inutile de les rappeler succinctement, chacun devant les avoir en permanence à l'esprit. Ceci est vrai surtout depuis que deux Américains, M. Harder, Vice-Président de la Ford Motor Company, en 1947, et M. John Diebold, mieux connu dans notre pays, en 1952, le second ignorant le premier, ont cru nécessaire de créer un mot nouveau, « automation », avec deux sens distincts. Ambigu de naissance, ce terme a cependant trouvé une forte résonance en France, où tout le vocabulaire anglo-saxon est aspiré avec avidité, alors que nos voisins d'Europe con-

tinental, les Allemands, continuent tout uniment à parler d'« Automatisation », mot aisément compris de tous.

Quoi qu'il en soit, notre entrée en matière permet d'élargir la définition du mot « automatisation » donnée par l'Académie, sans la déflorer bien entendu, pour la ramener au concept fondamental. Nous dirons alors que :

« L'automatisation du travail consiste à remplacer l'homme par une machine dans l'exécution d'une tâche. »

En sa simplicité, cette formule lapidaire est lourde de conséquences ; les moindres ne sont pas celles qui vont se dégager au fil des commentaires, lesquels au début vont procéder par affirmations destinées à se justifier.

Le premier réside dans l'observation évidente que la substitution de la machine à l'homme pour une tâche définie peut être soit partielle, soit totale (le plus souvent, on dit alors intégrale). En l'état actuel des techniques, l'automatisation est presque toujours partielle. *L'automatisation intégrale* est une exception, pour ne pas dire une rareté. Les microcentrales, centrales d'appoint que l'E.D.F. a installées au bord des riantes rivières du Val de Loire, pour en exploiter l'énergie vive, constituent un exemple des plus typiques.

Définissons-nous toujours de l'expression « automatisation intégrale ». Vous allez bientôt comprendre pleinement pourquoi. Notre second commentaire de la définition en fournit une première raison.

La tâche automatisée, plus ou moins complètement, est elle-même le plus généralement fraction d'un tout. Sur ce point, le distinguo est parfois délicat. Tentons de le faire comprendre en laissant de côté les cas litigieux.

La construction mécanique fournit un excellent terrain pour expliciter notre façon de voir ; observons que les fabrications électriques et électroniques y sont incluses ; ceci justifie l'existence de la « Direction des Industries Mécaniques et Électriques » au Ministère de l'Industrie qui les couvre toutes. Avec cette espèce d'industries, il s'agit d'usiner des pièces élémentaires destinées à être assemblées pour constituer le produit commercial. Dans la plus grande majorité des cas, pour ne pas dire presque toujours, et dans tous les pays quelle que soit leur puissance démographique ou leur évolution industrielle, l'usinage complet d'une pièce nécessite son passage sur plusieurs machines-outils successives ; ceci s'appelle usinage en reprise, et plus généralement, puisque l'éventail est beaucoup plus ouvert, travail en reprise.

Il est bien évident que chacune des machines en cascade accomplit une tâche partielle, même si elle est totalement automatique, ce qui n'est pas encore si fréquent pour des raisons qui vont bientôt nous apparaître.

Par ailleurs, l'usinage complet d'une pièce, depuis l'état brut sous forme soit de demi-produits (barre, tube, planche...) soit de pièces ébauchées par formage (fusion, forge, laminage...) jusqu'à l'état fini la rendant apte à être assemblée avec d'autres parvenues au même état, n'est-il pas lui-même un travail partiel ? Assurément si, puisque le montage vient en fin, pour fournir le produit commercial destiné à la vente.

On trouve des cas de conscience analogue dans d'autres espèces d'activités, telles les industries chimiques et parachimiques. Bornons-nous à le signaler ici.

En fin de compte, on bute sur la notion d'*usine automatique*. Celle-ci demande à être bien définie, ce que l'on omet généralement de faire. Posons-nous à son sujet un certain nombre de questions.

Serait-elle usine automatique celle où, après réception d'une commande, les machines-outils ou, plus généralement, les unités de production devraient d'abord être préparées et réglées, l'ensemble de la chaîne adapté, les matières à travailler approvisionnées ? le tout par l'homme, sans compter la programmation du travail et sa planification.

Un tel stade pouvant être jugé insuffisant, faut-il qu'une usine automatique exécute une commande après simple dépôt de cette dernière dans une boîte à lettres adéquate, la commande étant ensuite déchiffrée et ordonnancée sans aucune intervention de l'homme, dans une entreprise qui en serait totalement dépourvue ?

Il y a bien des intermédiaires entre ces stades dont le premier n'est même pas au début de la lignée, puisque l'existence d'un personnel d'entretien, invisible mais vigilant, est une autre servitude.

Au demeurant, voici quelques années, les raffineurs de pétrole américains, s'étant réunis en session à Houston (Texas), concluaient ainsi leurs débats :

« La raffinerie automatique capable de démarrer et de s'arrêter par action sur un bouton, en réparant d'elle-même dans une certaine mesure ses erreurs, n'est ni économiquement désirable ni techniquement réalisable. Il y a encore de nombreuses chausse-trapes sous les pieds des chercheurs qui y songent. »

Et le raffinage est cependant très automatisé, les problèmes étant relativement simples.

En définitive, et sauf cas exceptionnels, l'usine automatique n'est pas pour un avenir prochain. Comment pourrait-il en être autrement ?

Les obstacles vont s'ordonner d'eux-mêmes en entrant maintenant dans le vif du sujet, qui est d'assurer l'automatisation du travail.

Le but suprême est de remplacer l'Homme par un Automate équivalent, faisant au moins aussi bien que lui. Cette entité est souvent qualifiée de Robot ; le mot est d'origine tché-



coslovaque, ce qui augmente son attraction en France; la remarque ici faite vaut non seulement pour le public, épris de merveilleux, mais aussi, hélas, pour le producteur de dispositifs automatiques, artisan ou industriel, voire « grand industriel », lequel pense trouver dans cette désignation son meilleur argument publicitaire.

## Les deux problèmes fondamentaux posés par l'automatisation

L'objectif étant fixé, l'automatisation du travail a toujours eu et aura toujours deux problèmes à résoudre, puisque, de source, une œuvre comporte inéluctablement : une partie musculaire, ou mécanique, et une partie cérébrale, ou de réflexion.

La remarque vaut pour toute tâche, sans exception, même pour celle du manœuvre de force, appelé « gros bras » en manutention, ou du balayeur. Elle s'applique donc *a fortiori*, pour la grand-mère « tricotant machinalement » en commerçant avec sa voisine; cette aïeule a sûrement dans son cerveau une « mémoire électronique » pour aussi bien faire.

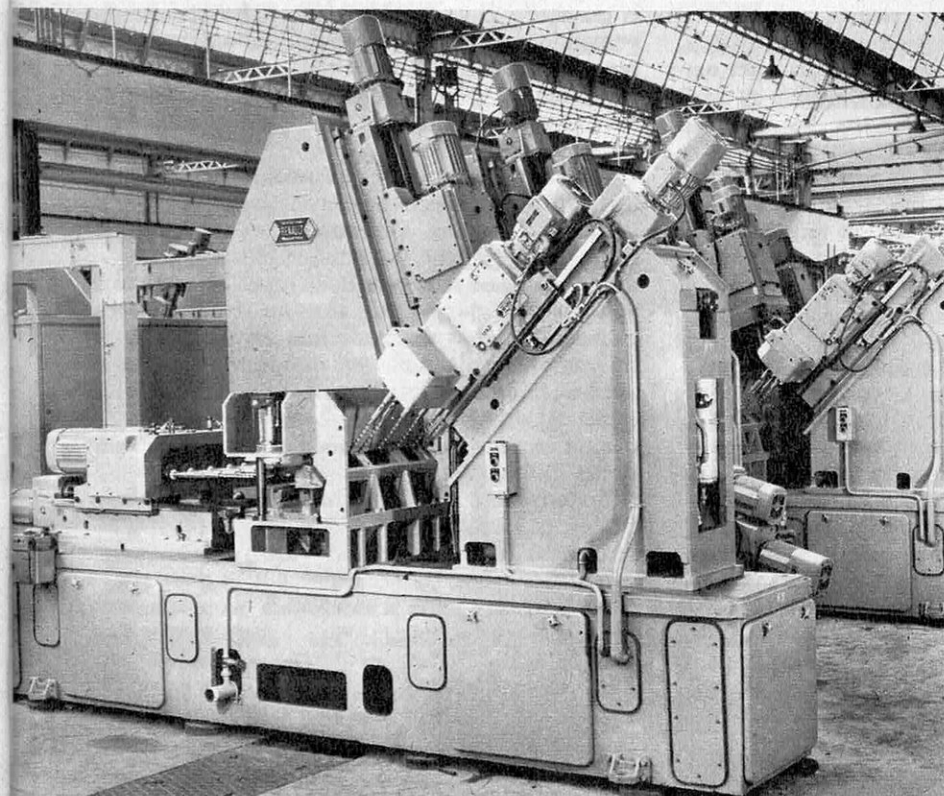
Notre remarque vaut autant à l'autre extrémité où se place le chercheur ou le savant confiné dans son laboratoire; quoiqu'il pense, il lui faut accomplir un minimum de gestes accordés à ses cogitations.

En définitive, seul le dosage des deux constituants varie, dans de fortes proportions d'ailleurs, ne le cachons pas. Et l'Automate complet est ainsi par nécessité un *Automate Pensant*, comme l'appelait déjà Voltaire.

A la même époque, mais non par l'effet du seul hasard, le baron Van Kempelen présentait son célèbre Joueur d'échecs, lequel passionna toute l'Europe, dans son parcours au travers de frontières apparemment plus fluides que celles d'aujourd'hui. Il s'agissait d'un automate truqué renfermant un nain, joueur prestigieux, battant presque toujours ses partenaires les plus valeureux. Même s'il s'est alors agi d'illusionisme, dont on saurait se passer à l'ère des calculateurs électroniques, le fait ne trompe pas sur les aspirations permanentes de l'homme, ce « roseau pensant » comme l'a qualifié Pascal, inventeur et créateur d'automatismes.

Il faut ici ouvrir une parenthèse. Les Automates qui atteignirent sans doute leur apogée à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, à l'âge de l'illustre Vaucanson, créateur des plus remarquables d'entre eux, sont en dehors de notre sujet; effectivement ils ne participent pas à l'automatisation du travail. C'est un fait dont nous convenons volontiers; mais si, comme on l'a souvent proclamé, ils furent uniquement des « automatismes futiles », c'est parce que les plus illustres ingénieurs mécaniciens ayant pu les créer ne disposaient pas pour les rendre « automates utiles » des « moyens technologiques » voulus; cette dernière expression très usitée nous déplaît certes, mais elle a l'avantage d'être entendue par tous.

A l'appui de notre affirmation concernant les automates, rappelons cette sentence d'Aristote : « Si les navettes tissaient toutes seules, il n'y aurait plus d'esclaves. » Elle est des plus significative sur les aspirations humaines.



Une machine transfert Renault pour l'usinage des culasses de moteurs d'automobiles.

En fin de compte, il est clair que l'automatisation constitue un mouvement vers le mieux-être dont les origines se situent dans la plus haute antiquité. Très ambitieux dans ses visées, il a piétiné durant plusieurs millénaires pendant lesquels croissait la somme de connaissances humaines sans profit immédiat pour l'homme. En tout état de cause, il s'est poursuivi en permanence, d'une manière continue et sans hiatus, sinon sans points de transition.

Revenant aux deux problèmes à résoudre pour aboutir, il est clair qu'ils sont de nature distincte.

## Automatisation du travail matériel

Le problème visant à *automatiser le travail matériel* nécessitait que l'homme fût maître de l'Énergie, c'est-à-dire conçût un moteur dont il pût disposer à sa guise, à tout moment et en tout lieu.

En 1774, la solution fut apportée par la machine à vapeur de James Watt, ingénieur écossais. Quand ils en parlent, les Anglais, gens positifs, n'hésitent pas à la qualifier de première machine à vapeur commerciale; nous la déclarerions maintenant rentable, pour exprimer que son bilan économique est bénéficiaire.

Faisons valoir que Watt mit dix ans pour sortir sa machine, par lents perfectionnements successifs. Il avait été inspiré par les antériorités de son compatriote Newcomen, dont les machines servaient dans les mines, et celles du Français Denis Papin, réfugié politique en Allemagne pour protestantisme sous Louis XIV. Denis Papin avait construit un bateau à vapeur qui fut détruit un certain hiver par la guilde des bateliers de la Weser, les quels craignaient qu'il ne les mène au chômage. Les canuts lyonnais s'attaquant plus tard (1801) aux métiers à tisser de Jacquard pour la même raison ont donc eu des prédécesseurs. Et des successeurs, les quels ne sont pas tous morts.

Insistons sur la question capitale du moteur.

Le moteur est l'unique fondement de l'automatisation du travail matériel. Il a fait naître la machine-outil; celle-ci devient automatique dès qu'elle est mue par lui et non par le pied de l'homme, comme le tour du potier encore utilisé de nos jours.

La machine-outil a fait naître l'industrie moderne, vers 1802, disent encore les Anglo-Saxons, donc au temps du Consulat. Quoi qu'il en soit, l'industrie a substitué le travail en équipes, dans lesquelles chacun a sa tâche, au travail du compagnon, maître d'œuvre. Là se situe la Révolution Industrielle, celle que l'on qualifie souvent de « première », encore qu'elle ne soit pas finie; en effet, elle se manifeste toujours sporadiquement, tout comme les éruptions de certains volcans en sommeil.

Une des chaînes automatiques d'usinage des pistons aux usines Ford de Cleveland avec alimentation des postes de travail par convoyeur à bande.

Une autre observation éclaire la puissance d'une transformation économique qu'il nous faut suivre.

Du seul fait de son existence, le moteur à vapeur est beaucoup plus puissant que l'homme, son créateur, lequel ne peut pas déployer plus de 0,1 cheval-vapeur au travail, en service très discontinu d'ailleurs, puisqu'il lui faut souvent se reposer.

Sur la base précédente, dont les artilleurs navals devaient se souvenir pour calculer leurs affûts pointés à bras, l'on se rend compte du potentiel représenté par une machine-transfert du genre de celles utilisées chez les grands constructeurs d'automobiles pour usiner de bout en bout, à partir du brut de fonte, un bloc-cylindres pour automobile. En France, qui souvent sert de modèle dans le genre, un tel matériel a la taille d'un vaste atelier avec une puissance de 300 chevaux; il requiert seulement une vingtaine d'ouvriers, la plupart chargés de l'entretien et de la surveillance, pour lesquels l'homme demeure encore irremplaçable; il accomplit le travail de quelque 10 000 à 15 000 ouvriers réduits à leurs seuls bras, maniant marteau et burin.

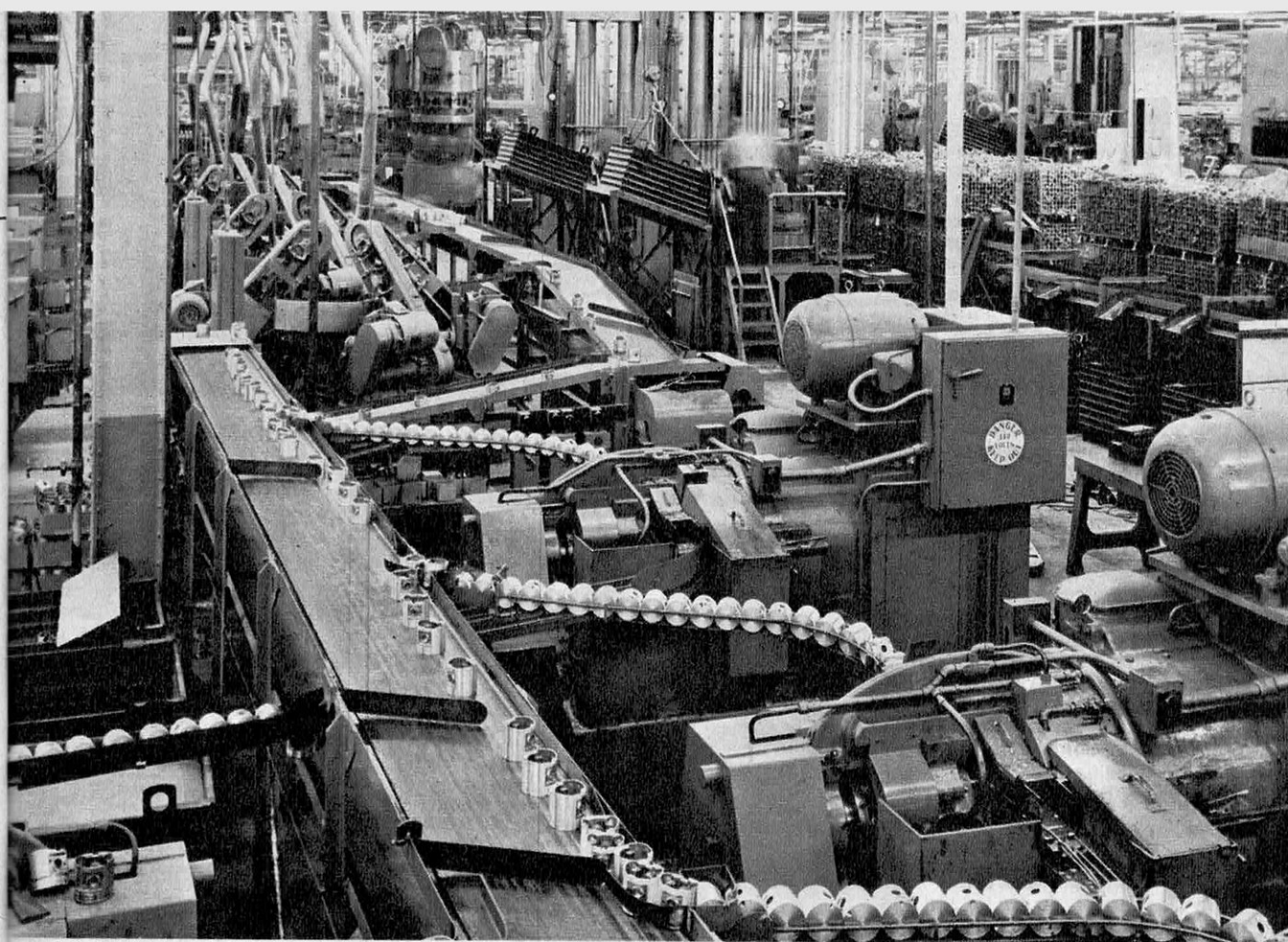
Sans automatisation, il n'y aurait pas d'automobiles, ni en telle abondance tous les biens de consommation.

Ceci étant, tout progrès du moteur provoque une automatisation plus poussée des machines. A cet égard, l'automatisation a profité successivement des apports du moteur à combustion interne, ou moteur Diesel (1893), et du moteur à explosion (1875-1885), d'où l'aviation est sortie, sans compter le moteur à réaction et le moteur nucléaire, plus récents.

Mais la plus précieuse des innovations est venue du moteur électrique inventé en 1872 par l'ingénieur liégeois Gramme, alors établi en France où il vécut. Le moteur électrique est d'une souplesse sans pareille: il est à démarrage automatique par appui sur un bouton; sa gamme de puissance est infinie, en partant du micromoteur d'à peine quelques watts, pour aller au moteur fractionnaire ayant une puissance égale à une fraction de cheval ( $1/10$ ,  $1/4$ ,  $1/2$ ) et aboutir aux monstres développant plusieurs millions de chevaux.

Notons enfin que la machine électrique revêt des aspects très divers. Nous nous arrêterons seulement sur les moteurs « autosynchrones », dénommés selsyns, les quels, accouplés deux par deux, jouissent de la remarquable propriété de constituer un « arbre électrique », comme disent





les Allemands auxquels nous sommes redevables de leur invention (1896). L'expression entend signifier que le récepteur, ou les récepteurs s'il en est plusieurs, suivent exactement le transmetteur en rotation, tous les rotors occupant donc à un instant la même position angulaire. Cette propriété remarquable est utilisée non seulement pour les télétransmissions d'ordres ou d'indications, donc pour la télémesure, mais pour la *télécommande synchrone* de moteurs lourds. Il y a là deux exemples d'automatisation des plus remarquables.

Si nous en devons avancer un autre, nous le trouverions dans le moteur à impulsions; sa naissance se situe dans les premières années de ce siècle. Devant son nom à ce qu'il avance pas à pas, par  $1/12$ ,  $1/24$ , ou quelque autre fraction de tour, à chaque impulsion de commande, il vient de trouver une faveur nouvelle par la commande numérique des machines dont nous allons bientôt parler.

### Automatisation du travail cérébral

De nos jours, la notion d'impulsions est surtout chère aux électroniciens. Enchaînons donc pour aborder un point capital. Si l'électronique

a beaucoup apporté à l'électricité, elle a surtout fourni la seule solution pratique au problème de *l'automatisation du travail cérébral*.

L'électronique est née en 1907 avec la découverte de la lampe à trois électrodes due à l'Américain Lee de Forest, mort il y a environ un an. Son tube, pour utiliser le vocabulaire courant, apportait une possibilité nouvelle, celle d'amplifier la puissance instantanée appliquée à l'entrée et d'en suivre les modulations. N'est-ce pas là le levier qu'Archimède réclamait pour soulever le monde?

Comme pour la machine à vapeur, il a fallu environ un demi-siècle pour que l'électronique commence à gagner l'industrie. Même de nos jours, malgré ses immenses débouchés, l'on parle plus d'électronique industrielle qu'on n'en fait; c'est que ses applications sont très variées; mais chacune d'elles pose un problème particulier rendant plus séduisante l'exploitation de la « radio » et de la « TV ». Les dites applications concernent notamment : la mesure et la télémesure, la commande et la télécommande des machines, l'usinage par électroérosion ou par ultrasons de métaux réfractaires, le matériel chirurgical, ceci dans le seul domaine du travail matériel.

La composition automatique d'un journal quotidien (le South Bend Tribune) à l'aide d'un ordinateur IBM 1620. Les textes sont frappés sur une bande perforée, qui, lorsqu'elle est terminée, est lue à grande vitesse par l'ordinateur. Celui-ci, à raison de 5 millisecondes par caractère, élabore une seconde bande en assurant automatiquement la « justification » (ajustage des longueurs de lignes) et le placement éventuel de tirets en fin de lignes. Cette bande est fournie à une linotype automatique sélectionnée par l'ordinateur parmi les machines disponibles correspondant au genre de caractères et à la justification prévus.



Les raisons du succès de l'électronique résident dans la souplesse de sa mise en œuvre, dans sa rapidité d'action, et surtout dans sa faculté de pouvoir recourir à des éléments miniaturisés à l'extrême. Ces éléments s'assemblent maintenant en blocs compacts solides et robustes appelés micromodules, c'est assez dire qu'on en peut tenir un copieux paquet dans le creux de la main.

Arrêtons-nous un instant sur les techniques de miniaturisation.

L'électronique n'est certes pas la seule branche industrielle à s'y prêter; mais elle est celle s'y adaptant le mieux, si bien que, pour elle, l'on a créé, voici peu d'années, le terme nouveau de *microminiaturisation*.

Observant alors que la construction électronique relève des constructions mécaniques, c'est là un fait indéniable, l'on ne doit pas s'étonner

d'entendre parler maintenant des fabrications de *micromécanique*; la montre, ou « petite horlogerie », en est le tenant depuis beaucoup plus d'un siècle, sans avoir trouvé d'émules ailleurs que dans les fusées d'artillerie, et, plus récemment, dans la mécanique des missiles.

Seule la miniaturisation poussée à l'extrême permet le développement des *calculateurs électroniques*, agents puissants de l'automatisation du travail cérébral, inconcevable sans eux.

Le calculateur électronique descend de la machine à calculer dont la première à avoir pu être utilisée en pratique est due à Blaise Pascal (1645); cet ancêtre purement mécanique fut perfectionné par divers inventeurs, notamment par l'Allemand Leibniz, trente ans après, pour devenir peu à peu électromagnétique; elle s'est muée en monstre à mesure que ses possibilités de mémoire s'accroissaient. Voici bien-



tôt une vingtaine d'années, l'électronique la tira de l'ornière pour en faire par étapes une machine automatique destinée à se répandre bientôt jusque dans la petite et moyenne entreprise.

Le calculateur électronique est d'abord un puissant cerveau mathématique capable des opérations les plus compliquées, pratiquement inaccessibles à l'esprit humain. Pour fixer les idées, citons deux faits : les tables de calcul pour tir contre avions demandaient 18 mois de travail à un opérateur humain très entraîné ; elles s'établissent en quelques heures maintenant. De même, il est possible de mener vite les calculs de systèmes optiques ou ceux intéressant la résistance des matériaux pour lesquels l'ingénieur compétent devait jusqu'ici se rabattre sur des formules simplifiées, lentes à traiter. Citant ces faits, nous demeurons dans le sujet, puisque la *gestion automatisée* des entreprises consiste à profiter de cet apport pour tirer le maximum de renseignements d'une comptabilité, destinée à devenir prospective.

Le calculateur électronique opère en utilisant l'arithmétique binaire, basée sur le système à base deux ; celui-ci, on le sait, permet d'écrire tous les nombres avec seulement deux signes : 0 et 1. Dans cette arithmétique, aussi facile à pratiquer que celle du système décimal, 2 s'écrit 10, 4 devient 100, 8 se pose 1 000, etc. L'algèbre de Boole en est née.

Le système binaire a été adopté parce que le calculateur électronique est un assemblage de relais statiques, relais sans contact, donc sans pièce basculante, mais ayant deux états comme les relais usuels ont deux positions : « ouvert » et « fermé ». L'une des positions représente 0, et l'autre 1 ; mais ce peut être aussi bien « oui » et « non ». De là découle qu'un calculateur élec-

tronique est capable de conduire un raisonnement logique.

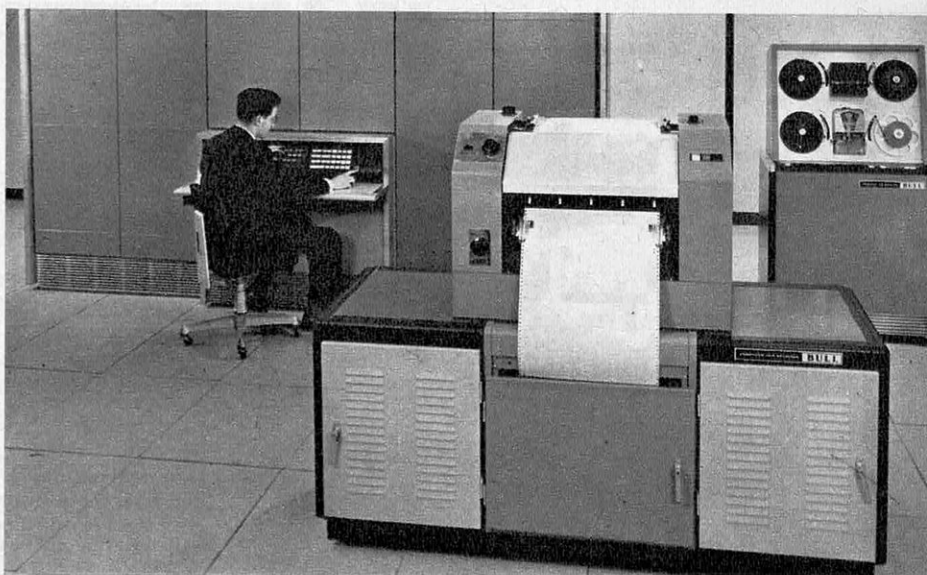
Et nous voici devant l'*ordinateur* appelé à résoudre aussi les problèmes de direction d'entreprise dans lesquels l'homme se noie par fatigue cérébrale. On peut ainsi déterminer le meilleur programme de fabrication à adopter, le meilleur parc de machines à prévoir pour une fabrication déterminée, faire des études de marché, etc. Tout ce que l'on appelle *recherche opérationnelle* est ici couvert, d'autant plus que cette expression séduisante est assez vague ; nul n'en disconvient.

Et voici l'*ordinateur-calculateur* promu au rang de « cerveau ». Mais ne nous y trompons pas. C'est toujours une machine ; laquelle est bête, souverainement bête. Ce caractère est d'autant plus frappant qu'elle sait raisonner plus vite et mieux qu'un être humain, mais seulement dans la mesure où l'on a inscrit, dans ce qu'il faut bien appeler sa mémoire, laquelle peut être immense, tous les éléments des travaux qui lui seront demandés. Rien ne doit être oublié dans l'enchaînement, sans quoi elle déraile et reste bouche bée. Ce dernier cliché est juste, depuis qu'il est mis sur le marché des ordinateurs répondant de vive voix aux questions posées, à condition, bien sûr, qu'elles aient été prévues.

Le *programmeur* humain apparaît donc comme son Maître ; c'est à lui qu'incombe la lourde tâche de ne commettre aucune erreur et de ne laisser aucune faille dans le programme qu'il élabore, eu égard aux objectifs fixés.

Comme l'a fait observer voici bientôt dix ans M. Thomas J. Watson, alors Président du Conseil Américain de la Chambre de Commerce Internationale, à cette machine manquera toujours l'étincelle divine de l'imagination.

Un ensemble électronique de traitement de l'information destiné principalement aux entreprises moyennes. Il comprend, sous un encombrement réduit une gamme complète d'éléments d'entrée, de sortie et de mémoires externes, avec, en particulier, une mémoire rapide de 10 000, 20 000 ou 40 000 caractères alphanumériques. Il peut traiter, par une technique de programmation simple, des calculs scientifiques ou technologiques et tous problèmes comptables ou administratifs.



Gamma 30 - Bull

Parlant ainsi, il n'est pas permis d'oublier que l'on sait faire composer de la musique à un calculateur électronique; il suffit d'inscrire dans sa mémoire les règles de l'harmonie et de la composition, celles qu'enseignent les professeurs. Le résultat n'est pas déplaisant, il est même agréable, comme ont pu le constater, en 1963, les visiteurs du Salon du Matériel de bureau, le SICOB, où cette attraction figurait. Mais voilà ! le génie des grands musiciens, Beethoven, Berlioz, et autres, a été de ne pas se plier aux règles scolastiques. Ils ont introduit des *innovations*, comme aiment à dire les économistes. Et ceci encore est dans la nature du progrès.

Les observations précédentes répondent aux questions telles que celle posée un jour par M. Georges Duhamel : du « robot » ou de l'homme, qui dominera l'autre ?

En poursuivant notre revue, nous n'allons pas tarder à voir pourquoi et comment l'ordinateur-calculateur, lui-même machine, va s'insinuer jusqu'aux abords des machines-outils, quelles qu'elles soient, puisque, dans le sens extensif où nous employons ce terme, toute activité humaine doit avoir les siennes propres.

Ainsi revenus à la machine, nous sommes de nouveau en face d'une évidence : puisque la machine est un automatisme par essence, tout progrès de l'automatisation résulte d'un progrès de la machine.

Cette remarque élémentaire va constituer

notre fil d'Ariane dans un survol de l'industrie.

Pour la commodité de l'exposé, nous considérerons que notre machine pose deux problèmes et deux seulement, à savoir :

- l'automatisation de son alimentation en matières premières qu'elle traite;
- l'automatisation de son fonctionnement.

## Automatisation de l'alimentation et manutention

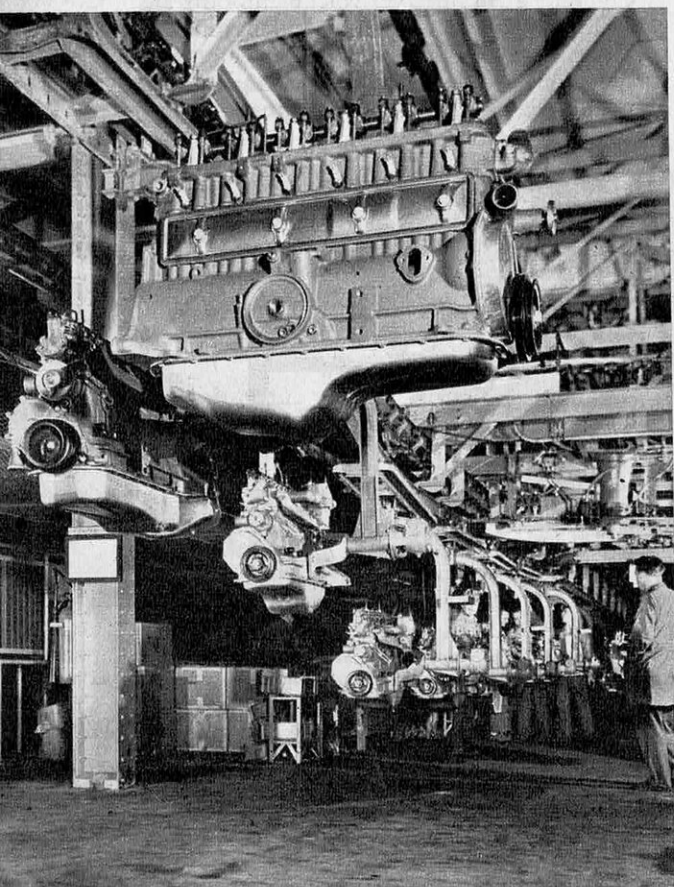
L'automatisation de l'alimentation d'un matériel soulève des questions variées. Toutes intéressent la manutention qui, sur le plan le plus général, véhicule des matières premières ou des substances, des pièces ou des éléments, des organes, des ensembles ou des produits, des caisses ou des colis, dans lesquels les marchandises sont empaquetées.

La manutention est ainsi protégée; elle est partout et s'attaque à tout. Le vocabulaire concernant ses divers aspects n'est pas absolument fixé. Il nous importe cependant au premier chef. Après le 7<sup>e</sup> Congrès de la Manutention, tenu à Lyon en avril dernier, nous sommes d'avis de distinguer les cas suivants, les plus commodes à considérer du point de vue des problèmes d'automatisation :

- 1<sup>o</sup> le *transport* couvre essentiellement le déplacement des biens d'une entreprise à l'autre;
- 2<sup>o</sup> la *manutention* vise plus spécialement les mouvements de biens à l'intérieur d'une entreprise, notamment d'une machine à une autre;
- 3<sup>o</sup> la *manipulation* s'applique aux manœuvres de présentation des pièces à saisir par la machine;

4<sup>o</sup> le *transfert*, enfin, concerne les matériels dont les postes de travail multiples interviennent à tour de rôle, au moment où la pièce progresse de l'un à l'autre. La machine-transfert est le type le plus connu de ces matériels; la France en fait de remarquables, réputées dans le monde entier. Ajoutons surtout que les machines-outils liées en chaîne posent des problèmes de transfert similaires.

Dans notre présentation, il faut laisser de côté les problèmes de l'automatisation des transports. Nous nous en voudrions cependant de ne pas faire allusion à la conduite automatique des véhicules automobiles par câbles hertzien enterrés au long de leur parcours. Un Américain prédit vers 1955 que les routes de son pays seraient ainsi grées vers 1980. En attendant, le système est d'ores et déjà utilisé



Aux usines Ford de Cleveland, le convoyage automatique des lourds moteurs six-cylindres des postes de montage aux bancs d'essais.



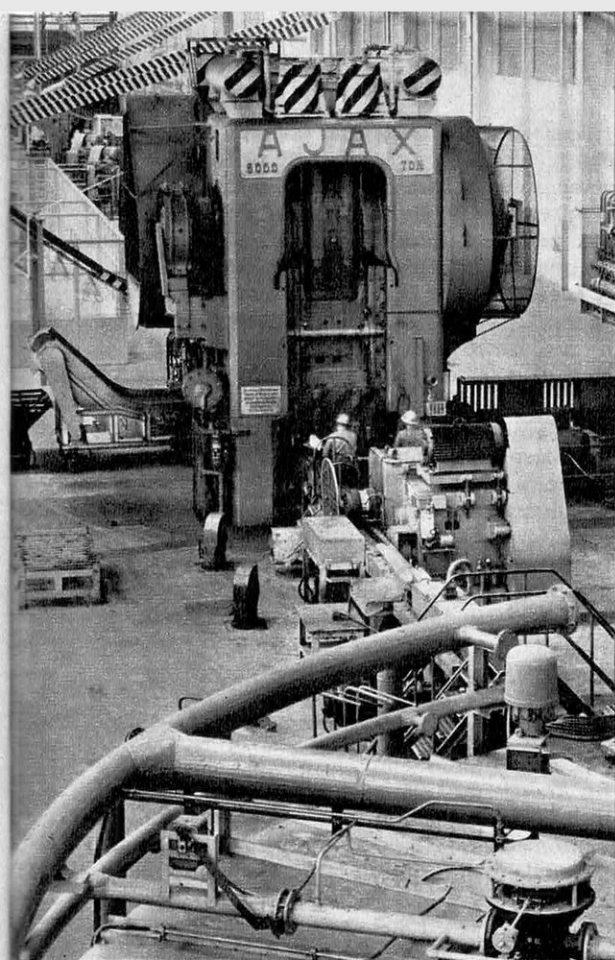


Photo Opel

dans les entreprises pour la commande automatique des véhicules, des chariots isolés ou en train.

A ce que nous avons énoncé plus haut, il apparaît avec clarté que l'alimentation automatique d'une machine prend des aspects techniques très différents selon l'un des deux cas possibles :

Machine travaillant la forme des pièces ; la machine-outil à métal en est le type ;

Machine traitant une autre caractéristique que la forme, comme les unités chimiques, les hauts fourneaux, les fours de traitement, etc.

L'alimentation automatique des machines ne

Une presse de 6 000 tonnes forge en deux passes le vilebrequin d'un moteur d'automobile sur la ligne de fabrication automatisée. Les barres d'acier à 1 250° C sont extraites automatiquement du four tournant au premier plan et transférées par convoyeurs à un bain de nettoyage haute pression puis à des rouleaux d'étirage. L'opérateur n'intervient que pour ramasser la barre et la placer dans la presse.

Des bancs d'essais de moteurs automatisés : un convoyeur à rouleaux amène les moteurs aux bancs libres et les en retire l'opération terminée. Les différents branchements : alimentation en essence, en liquide réfrigérant, etc. sont partiellement faits automatiquement. Un enregistreur horaire vérifie le temps de rodage.

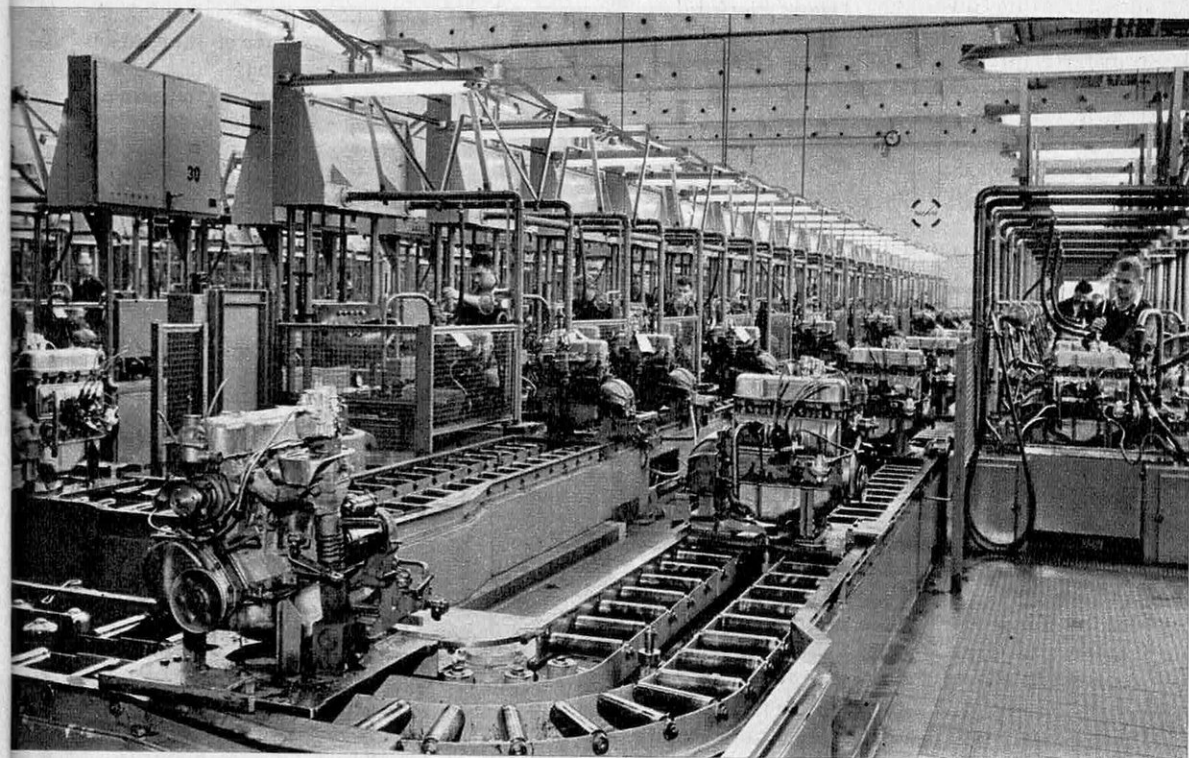


Photo Opel

s'attaquant pas à la forme ne pose généralement pas de grands problèmes. Entendons-nous ; rien n'est simple dans l'automatisation, mais pour le point en cause, nous verrons surgir ailleurs les grosses difficultés.

Lorsque les matières sont fluides, soit donc des liquides ou des gaz, l'on va discipliner leur écoulement dans les conduites en réglant pression, vitesse, ou toute autre caractéristique ; évitons d'employer le verbe « réguler » qui a une tout autre signification.

Si les matières sont solides, quelle que soit leur granulométrie, susceptible de varier fort depuis l'impalpable farine jusqu'aux morceaux de charbon, on les déplace sur un convoyeur approprié, une bande transporteuse en général, encore qu'il existe des convoyeurs d'autre nature. Pour assurer l'uniformité du débit, on pourra, soit pratiquer la régulation directe du niveau de la matière déversée sur la bande, soit opérer par pesage continu d'une certaine longueur de cette bande avec rétroaction sur l'ouverture de la vanne d'alimentation.

Incontestablement, le pesage continu pose des problèmes beaucoup plus délicats que le *pesage automatique des charges*.

Le plus simple des problèmes de cette nature est posé par l'automatisation du pesage d'un poids ou d'une dose déterminée de denrée alimentaire (farine, sucre, riz, huile, bière, vin...), tâche dont s'acquittait jadis l'épicier. Les choses ont changé ; tous ces produits se vendent maintenant en paquets ou en flacons tout préparés par les automates que constituent les *machines d'emballage et de conditionnement*. Dans celles-ci, les transferts internes se font sans recours à l'homme. Il en va de même pour les *machines de conserverie* (viande, poissons, légumes...), lesquelles opèrent jusqu'au voisinage des lieux de culture (petits pois) et à vive allure, la denrée mise en boîte étant le plus souvent très périssable.

Des problèmes analogues se retrouvent dans le chargement automatique des wagons-citernes, pour lequel des installations remarquables existent, en France même. Là encore le facteur vitesse est important.

En plus complexe, l'ingénieur s'est trouvé confronté avec la nécessité du pesage automatique des constituants d'une composition dosée. Le plus généralement, il s'agit de préparer une charge de poids déterminé en vue de la traiter dans un mélangeur, ou un broyeur, ou un malaxeur. Le schéma opératoire est le suivant : chaque constituant est stocké dans son silo, ou dans sa trémie ; à un instant donné on en pèse automatiquement la quantité voulue au sortir de ces magasins, pour le déverser sur une bande transporteuse l'acheminant vers la machine de traitement. Le cycle se renouvelle de lui-même autant que de besoin.

Voici une décennie que la méthode s'est répandue. Entre temps, on a pu réaliser le changement automatique de la composition grâce à la mise en œuvre de cartes perforées, lesquelles, aux yeux de l'industriel intéressé, ont le grand avantage de conserver le « secret des formules ».

L'automatisme de la manutention ainsi équipée va très loin puisque, dans une verrerie moderne, il en existe plusieurs en France, il n'y a pour ainsi dire personne entre, d'une part, les points du déchargement des matières premières, automatisé tout comme la mise en silo, et d'autre part la sortie du four d'où la glace s'écoule en nappe continue.

Un autre type remarquable est la chaîne automatique de manutention avec tri ; on en trouve sur les aéroports, tels Orly, ou dans les centres postaux, lesquels envisagent pour un assez proche délai la lecture automatique des adresses.

## Machines travaillant la forme

L'alimentation automatique des *machines-outils* travaillant la forme, soulève des questions techniques beaucoup plus complexes. Puisque l'automatisation doit se traduire par un bilan bénéficiaire, puisque c'est une économie, non un luxe, il faut bien reconnaître ceci : ce qui coûte cher, c'est de saisir mécaniquement les pièces l'une après l'autre pour les sortir du vrac et les présenter en bonne position devant un outil. Ce même problème de préhension automatique rend assez exceptionnelles aussi, les *machines de montage automatique* en fabrication mécanique, puisqu'il est à sa base.

Il est généralement admis que le chargement automatique est seulement économique pour l'usinage en grande série, lequel n'est, en proportion, pas plus pratiqué aux U.S.A. qu'en Europe ; c'est un fait. Encore ce genre d'alimentation ne se trouve-t-il pas toujours à l'entrée des

Le pupitre de la centrale thermique de Saint-Ouen a été conçu en vue de la conduite entièrement automatique de la centrale. On y voit les indicateurs et enregistreurs pour les variables principales utilisées en permanence pour la conduite et on distingue, à son extrémité, la machine à écrire sur laquelle le conducteur peut « appeler » les variables dont il veut suivre l'évolution. La frappe est provoquée automatiquement par un calculateur numérique en cas de valeur anormale et fait aussi apparaître les informations prioritaires d'un détecteur de défauts susceptibles d'entraîner un déclenchement. A la base du tableau latéral, au fond, on voit les machines à écrire de statistiques inscrivant toutes les heures les pressions, débits, température, etc. des différentes zones.



plus réputées machines-transfert, à l'intérieur desquelles on n'hésitera pas, cependant, à changer automatiquement l'orientation de la pièce pour la présenter correctement aux outils successifs.

Ceci étant, les petites pièces sont généralement versées en vrac dans une trémie, d'où les vibrations ou la force centrifuge les font sortir en position convenable. Plus souvent encore, l'opérateur dépose une à une les pièces à la main dans l'entrée d'une goulotte d'où elles se rendront d'elles-mêmes une à une sous l'outil, ceci à l'appel de la machine. On ravitaillera ainsi pour une heure, ou davantage, le matériel; nous dirons alors qu'il est alors à *cheminement automatique*.

Remarquons maintenant que l'éjection automatique ne présente aucune difficulté, puisque la pièce usinée sort toujours dans une même et bonne orientation. On comprendra alors que si lesdites pièces étaient recueillies dans un magasin intermédiaire, le chargement automatique de la machine-outil aval serait facilité. Il faudrait y penser aussi dans le bureau d'études, pour en tenir compte dans le dessin de la pièce.

Nées aux U.S.A., et dans la construction automobile, les *machines de montage automatique* se rencontrent maintenant dans tous les pays industriels; mais, si elles ont gagné jusqu'à l'industrie des roulements à billes, elles sont encore des exceptions. Elles multiplient effectivement les écueils liés à la préhension et à la manipulation automatique des pièces, ce pourquoi l'œil qui voit tout d'un coup et l'habile main humaine sont des merveilles que la mécanique

remplace imparfaitement, même secourue par l'électronique.

Le « robot-monteur », appelons-le ainsi puisque nous ne le flattons pas, n'a ni esprit, ni sens. Avant de le mettre en œuvre, il faut tout prévoir. S'il s'agit de visser, par exemple, il faut s'assurer que la tige filetée est bien là, qu'elle est bien pourvue de son filet; il faut « contrôler la présence ou l'absence », comme on l'a dit. Il faut aussi répartir le vissage entre deux postes; le premier est à action rapide et légère; le second donne le dernier demi-tour avec toute l'énergie voulue, ce que l'ouvrier fait de lui-même.

## Automatisation du fonctionnement

L'automatisation du fonctionnement de la machine est plus complexe encore dans ses variétés: un examen même sommaire de ses aspects techniques devrait nous conduire loin, si nous ne schématisions pas à l'extrême.

Toute machine est conçue pour accomplir une certaine nature ou catégorie de travail, puis, une fois équipée et réglée, une tâche bien déterminée. Son créateur doit se préoccuper de réduire à l'extrême le *temps de préparation* pour changer d'ouvrage; quoique d'importance primordiale, ce point a longtemps été négligé... et l'est assez souvent encore. En tout état de cause, à partir du moment où elle est prête, elle l'est pour bien œuvrer dans des conditions fixées. Ce que j'appelle alors sa *marche fonctionnelle* s'automatise par des méthodes différentes selon que nous sommes en face d'un processus opératoire *continu* ou d'un processus opératoire *cyclique*. Ces deux termes sont des plus significatifs.

## Processus continu et régulation automatique

Nous disons qu'un procédé opératoire est continu lorsqu'il se poursuit régulièrement de la même façon; c'est le cas, par exemple, d'une opération de raffinage, de distillation, de laminage en continu, de cuisson continue dans un four tunnel, etc. Ces exemples pourraient être multipliés dans les industries chimiques, parachimiques, alimentaires, dans celles de production d'énergie, voire dans la métallurgie, dans les traitements de métaux, etc., où l'on en trouve de plus en plus. L'on considère, en effet, accomplir un progrès en automatisation chaque fois qu'une machine à processus continu peut être substituée à une machine opérant par chargements successifs. A l'appui, citons quelques récentes conquêtes: la diffusion continue dans l'eau du sucre contenu dans la betterave obtenue en faisant circuler en contre-courant dans une conduite appropriée les cossettes de betterave et l'eau; l'extraction en continu de l'huile contenue dans les arachides ou autres oléagi-



neux ; le pétrissage continu dans les biscuiteries, la coulée continue de l'acier, en attendant celle de la fonte, etc.

Les processus continus trouvent leur automatisme dans la *régulation*. En voici le principe. On a jugé, ou déterminé, que pour obtenir un produit ayant les qualités requises, il fallait maintenir constante la pression dans le réacteur, la température de combustion ou de traitement, un niveau, ou toute autre caractéristique. On mesure alors celle-ci en permanence en sorte que tout écart de la valeur réelle par rapport à la « valeur de consigne », aussitôt détecté, permette par asservissement d'agir sur une vanne d'alimentation, sur le régulateur d'une flamme, etc.

La régulation a tenté depuis longtemps les automaticiens. Dès la Renaissance, le baille-blé permettait de régulariser l'arrivée du grain sur la meule dans les moulins. Les auteurs en Automatismes en font grand état, de même que du « régulateur à boules » imaginé par Watt pour sa machine à vapeur.

Mais malgré les efforts d'ingénieurs, chercheurs et techniciens, poursuivis surtout dans la seconde partie du XIX<sup>e</sup> siècle, c'est seulement depuis la seconde guerre mondiale que les techniques d'asservissement sont vraiment au point.

La *régulation automatique* est pleine de traquenards. Ainsi l'on arrive rarement au résultat satisfaisant en donnant au servo-mécanisme une « action proportionnelle » à l'écart, comme il a été supposé dans notre explication simplifiée. Il faut le plus souvent lui combiner une « action dérivée », une « action intégrale », par rapport à l'écart, voire les deux. Il le faut pour obtenir une régulation fine alliant précision et rapidité, tout en étant dépourvue de pompage ou d'oscillations.

Les derniers progrès ont permis de réaliser des *régulations en cascade* et des *régulations complexes* ; leur intérêt est évident dans une chaîne d'opérations dépendantes ; c'est un cas fréquent dans l'industrie moderne.

D'un autre point de vue, ayant été longtemps pneumatique, ou encore hydraulique, voire électromécanique, la régulation a accepté les services de l'électronique laquelle se marie excellentement avec la pneumatique et quelques autres techniques.

## Processus cyclique et commande-programme

La seconde espèce de procédé opératoire est le procédé cyclique ; on peut le nommer encore processus discontinu, procédé discret, procédé séquentiel. Cyclique est explicite ; discontinu procède d'une idée voisine mais, s'opposant à continu, souligne qu'il n'est que deux états pour les processus ; discret est, selon Littré, synonyme de discontinu, et cependant les élec-

troniciens ont tiré ce mot de l'anglais ; séquentiel met en lumière un enchaînement d'opérations se faisant suite.

L'automatisation du cycle est ici assurée par *commande-programme*. Dans une machine-outil à métal prise en exemple, cette commande assurera en grandeur et vitesse le mouvement de l'outil, ou des outils, chacun intervenant alors à son tour, isolément ou en même temps qu'un autre. Il est plusieurs espèces de commandes-programmes. Voici les principales :

- commandes par cames montées sur un arbre ;

- commande par reproduction à partir d'un gabarit ou d'une pièce modèle ;

- commande par butées et contacteurs ; ceux-ci actionnent des micro-rupteurs destinés à alimenter des relais électriques provoquant les mouvements désirés, puisque chacun a sa fonction ;

- commande par perforation ; c'est ici l'emplacement d'un trou à un endroit déterminé du support perforé qui déclenche telle action désirée.

Nous avons simplifié l'énuméré des commandes-programmes, les espèces élémentaires dégagées ci-dessus étant susceptibles de se combiner ; la machine-outil à métal est le principal utilisateur des commandes-programmes, mais non le seul ; il s'en faut de beaucoup.

La naissance de l'automatisation par cames doit se situer à 1872 quand naquit le tour à décolleter, dit tour suisse. Depuis, cette technique a trouvé d'autres débouchés, notamment dans la régulation programmée, celle de la température d'un four de traitement, par exemple. Et nous voyons par là que régulation et commande-programme sont compatibles.

Laissons de côté la reproduction automatique des formes, dont la machine-outil à métal use universellement, pour en venir à la commande automatique des machines par support perforé. Elle est très ancienne, puisque inventée par le français Bouchon, en 1725, pour un métier de passementerie ; elle a trouvé son premier grand succès dans le métier à tisser Jacquard, né en 1801, et toujours pratiqué.

Entre temps, la commande automatique par perforation a connu deux autres triomphes. L'un est le piano mécanique, qui s'est épanoui dans l'orchestre limonaire des manèges de foire avant qu'ils dussent être muets. L'autre a été introduit dans les machines statistiques que l'Américain Hollerith imagina en 1880 pour dépouiller plus vite les résultats du recensement qui venait de se terminer aux U.S.A. De là, elles ont gagné les machines mécanographiques de gestion comptable, puis les machines à écrire, celles à calculer, enfin les calculateurs électroniques comme organes d'entrée et de sortie.



La commande-programme à support perforé des machines cycliques a connu une première réalisation, vieille d'une vingtaine d'années; celle-ci consiste à utiliser un tableau perforé, comme celui d'un standard téléphonique manuel; on y introduit convenablement des fiches, attachées ou non à un cordon, et destinées à provoquer telle ou telle action grâce à des relais, c'est-à-dire des électroaimants; elles les excitent à tour de rôle par le jeu d'interrupteurs tournants.

La forme ultime de cette automatisation est la *commande numérique*; pour celle-ci, une bande portant une suite de perforations codées défile continûment devant un jeu de palpeurs ayant pour tâche d'interpréter un à un la suite de ses « blocs d'ordre »; ceux-ci portent notamment l'indication de la position que doivent occuper à chaque instant les chariots de la machine; cette position est définie par la distance, ou coordonnée, mesurée à partir de certaines origines. De là, le nom de cette commande-programme; elle déborde considérablement le cadre de la machine-outil à métal. On l'aura compris par ses antériorités et par d'autres exemples déjà cités: pesage automatique, machines comptables, calculateurs électroniques, etc.

Revenant aux machines-outils à métal, et matériels similaires, sur lesquels elle s'est installée avec retentissement, voici une dizaine d'années, deux cas de mise en œuvre doivent être distingués :

- machines usinant en coupe discontinue, telles celles permettant l'alésage des trous dans une plaque ou dans un carter;

- machines usinant en coupe continue, telles celles faisant des pièces de forme, aubes de turbines, par exemple.

Un peu partout dans le monde, la première de ces espèces se répand dans les ateliers. Pour la seconde, l'on hésite davantage, car elle exige l'association d'un calculateur électronique des trajectoires d'outils, et on s'interroge sur sa rentabilité; celle-ci est assurée, selon nous, beaucoup plus souvent qu'on ne le suppose; mais un bilan est difficile à bien conduire.

## **Automatisation du contrôle et calculateur de fabrication**

A fortiori, hésite-t-on devant le pas suivant, ultime en vérité.

Qu'il s'agisse de processus continus ou de processus séquentiels, les conditions de marche d'une machine varient avec le temps pour de multiples raisons.

De ce fait, le produit qu'elle livre se dégrade quant à sa qualité, fixée par des tolérances dans la fourchette desquelles il faut se tenir. De deux choses l'une, alors :

Ou bien les aberrations de la machine sont suffisamment faibles vis-à-vis des tolérances admises pour n'en voir jamais sortir le produit. La machine peut alors opérer à *circuit ouvert*. C'est le fin du fin.

Ou bien les aberrations sont telles que l'on va sortir plus ou moins vite des tolérances. Il faut alors contrôler le produit à intervalles plus ou moins rapprochés, jusqu'à le faire en continu, pour rétroagir à la demande sur les réglages. Dans cette seconde éventualité, de beaucoup la plus fréquente, on déclare travailler en *boucle fermée*.

Puisque boucle il y a, celle-ci peut être fermée par l'opérateur, ou bien par un dispositif de *contrôle automatique*. Les machines autocontrôlées ou autoréglées sont assez rares encore, pour la simple raison qu'il est difficile de mettre en œuvre des appareils de mesure possédant les qualités requises.

Dans un autre domaine, celui de la machine-outil, seules celles de l'espèce abrasive (rectifieuses, rodeuses, pierreuses) peuvent être économiquement autoréglées; les tours, les aléseuses, les fraiseuses, pas.

Au surplus, sauf cas exceptionnels, tels que ceux à l'instant évoqués, la relation entre les qualités « chiffrées » du produit et la valeur des paramètres opératoires n'est pas simple. La mise en œuvre d'un calculateur va donc s'imposer; on voudra lui demander tout aussitôt de déterminer à chaque instant les meilleures conditions de marche, eu égard au but économique fixé (qualité maximale, production maximale, prix...). C'est ce que l'on appelle optimiser le fonctionnement; le *calculateur d'optimisation* doit, comme l'on dit, opérer en « temps réel », c'est-à-dire « traiter l'information » au fur et à mesure qu'il la reçoit.

Deux conditions préalables doivent être remplies. En premier lieu, la mesure doit être développée à l'extrême, jusqu'à la débauche ne faut-il pas hésiter à écrire, pour se bien faire entendre. Afin de fixer les idées, il y a des milliers de points de mesure dans un réacteur nucléaire. L'importance de la mesure se trouve ainsi en vedette une bonne fois : elle est la condition sine qua non de toute automatisation.

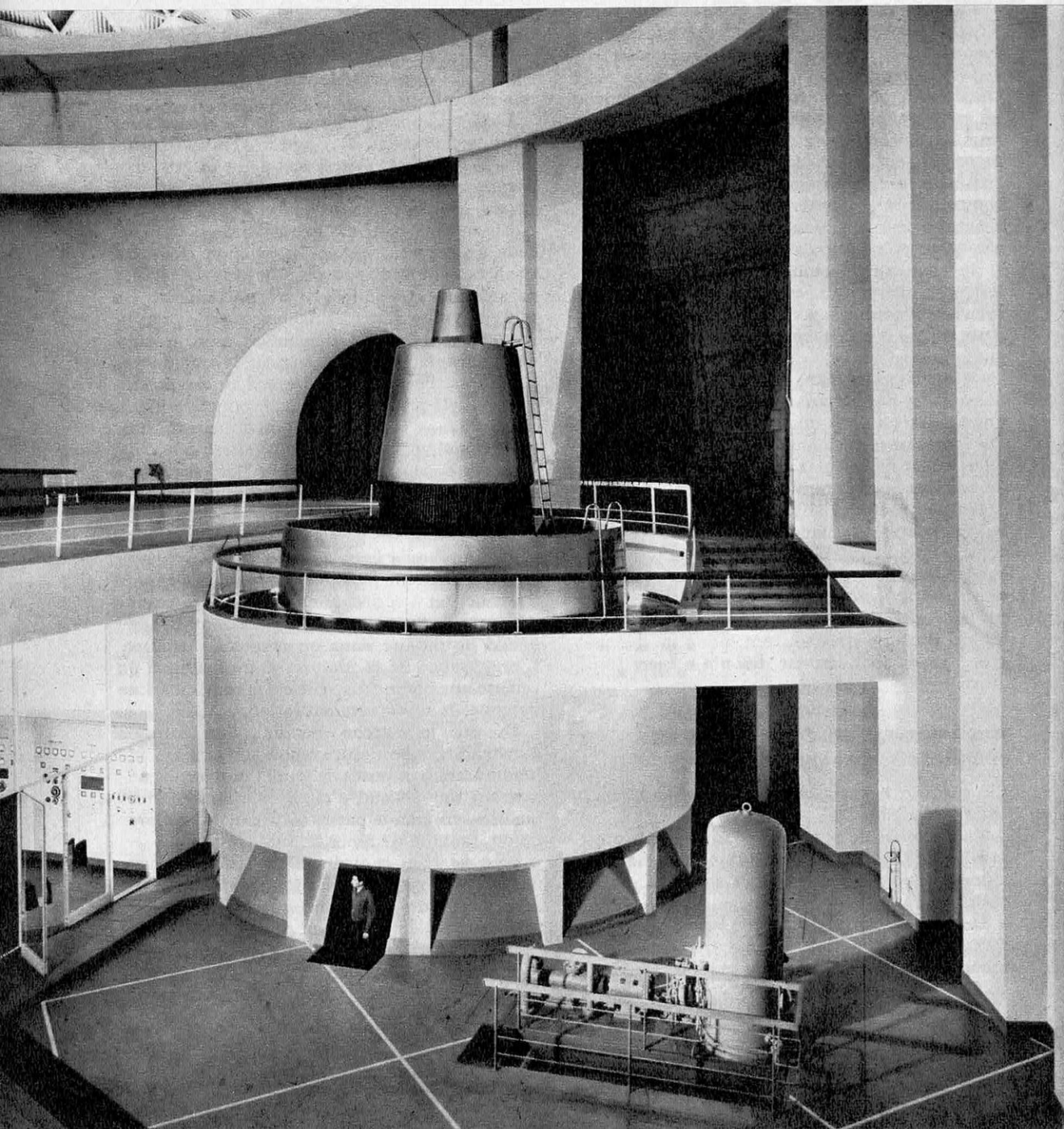
Or, sur le marché mondial, l'on manque d'instruments de mesure répondant aux besoins innombrables et variés de toute l'industrie, considérant que chacun d'eux doit posséder trois qualités, en grande partie contradictoires : précision, rapidité de réponse, robustesse.

Pour se bien convaincre des énormes obstacles, songeons aux délicates analyses de produits chimiques, aux difficiles dosages des métaux élaborés en aciérie, au milieu vulcanesque des hauts fourneaux dans lequel il faudrait pouvoir placer des capteurs.

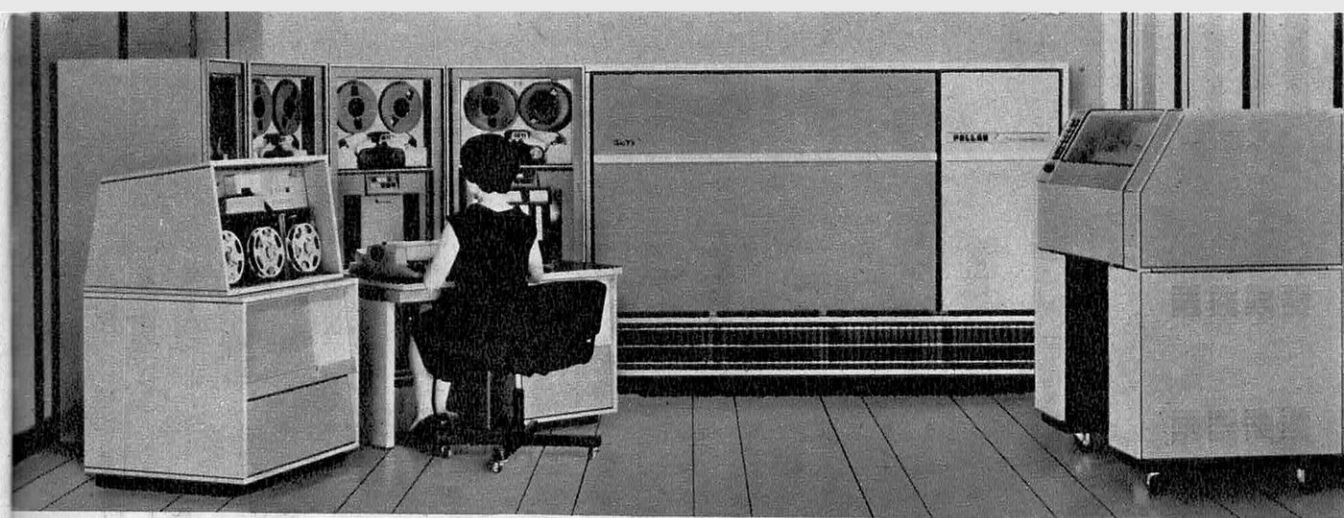
Les *capteurs* sont le fondement et la partie

Dans une usine hydraulique, le démarrage des groupes fait appel aux automatismes séquentiels, plus simples que pour une centrale thermique, le nombre des auxiliaires à mettre en marche successivement étant beaucoup moindre et les circuits de commande intéressant seulement les pompes de graissage et quelques circuits électriques. Le principal automatisme est celui de la régulation de la vitesse de rotation par asservissement du débit, par ouverture de la vanne d'admission d'eau, à la puissance demandée au groupe. On voit ici un des deux groupes à axe vertical de 34 000 kW de l'usine de Grandval qui produit annuellement 150 millions de kWh.

La structure modulaire de cet ensemble de gestion permet de l'adapter aux besoins des utilisateurs, grâce à trois séries d'unités centrales connectables à une gamme étendue d'équipements d'entrée et de sortie : lecteurs et perforateurs de cartes, imprimantes rapides, dérouleuses de bandes, disques et tambours magnétiques, etc... La puissance des unités centrales et la capacité de leur mémoire peut varier suivant la nature des problèmes traités. La conception logique de l'ensemble permet d'exécuter simultanément des travaux indépendants suivant des programmes distincts, par exemple un calcul scientifique en même temps qu'un travail de gestion.







Pallas-Seti

sensible de tout instrument de mesure; de plus en plus, il faut les miniaturiser pour pouvoir les faufiler partout.

Le second préliminaire est de connaître les *équations dynamiques* des processus. A cet égard, l'on parle plutôt de *modèle mathématique*.

Le calculateur doit traiter ces équations, mises en mémoire, pour en donner à tout instant la meilleure solution et rétroagir là où il convient. Or, les phénomènes dynamiques n'ont pas encore été tellement étudiés jusqu'à ces dernières années, et le modèle mathématique complet peut comporter plusieurs dizaines d'équations.

On ne doit donc pas s'étonner que les « calculateurs de fabrication » soient encore peu nombreux dans le monde. Il y en avait seulement 25 en 1959, contre 300 en 1963; la France se trouvait placée au second rang, derrière les U.S.A. Souhaitons pouvoir conserver cette « médaille d'argent ».

On prévoit qu'il y aura 1 000 de ces calculateurs en service vers 1967-1968. La progression s'accroîtra ensuite certainement, considérant que, dans un premier stade, par dépouillement statistique d'essais méthodiques, le calculateur peut élaborer lui-même le modèle mathématique.

Mais déjà l'on va plus loin, et pas seulement en esprit. On a songé à utiliser des *calculateurs hiérarchisés* comme l'est la Direction d'une entreprise. De tels calculateurs communiquent entre eux; ils s'informent mutuellement, se répartissent les tâches, les plus élevés envoient des instructions que leurs subalternes interprètent et répercutent sous forme d'ordres, jusqu'en fin de chaîne.

Déjà au moins une aciérie britannique a mis en action cette année une telle batterie. En France, l'E.D.F. songe à se lancer dans cette voie pour exploiter au mieux son réseau de centrales.

De tout cela, que conclure? Devant l'impossibilité de découvrir tous les aspects d'un domaine universel comme celui de l'automatisation, nous avons dû rester dans les généralités. Nous n'avons pas parlé des merveilles que sont destinées à devenir bientôt la documentation automatique, la traduction automatique, l'enseignement automatique. Ce dernier ne vise pas à transformer l'homme en robot, usons encore une fois du terme; loin de là, son destin est d'amplifier l'action des professeurs, devenus insuffisants en nombre, et de faciliter l'assimilation des connaissances par l'élève.

Car l'automatisme doit aussi servir l'homme dans son individualité et jusque dans sa vie domestique. Les appareils électroménagers sont là pour le prouver; seuls les esprits chagrins peuvent penser qu'ils ne sont pas dignes de compter dans l'automatisation.

Et ce sera l'occasion d'affirmer une fois pour toutes que, du point de vue professionnel, l'automatisation est à la portée de toutes les entreprises, depuis l'artisan et la petite affaire jusqu'à la grande société. L'on ne s'en rend pas encore assez compte, et pas seulement en France. C'est que l'automatisation connaît des solutions accessibles à tous. A leur sujet, il ne faut pas parler « d'automatisation à bon marché », comme on le fait trop souvent.

Et ceci nous conduit à la constatation que l'automatisation connaît des solutions mécaniques, pneumatiques, hydrauliques, auxquelles participent l'électricité et l'électronique, ces deux dernières techniques différant par leurs concepts.

De fait, l'automatisation est toujours constituée par une association de techniques. Nulle d'elles n'a le droit de se prétendre d'essence divine, fût-ce la régulation ou l'électronique; des techniques comme la pneumatique ont trouvé là un heureux renouveau.

Et la subtilité de ces heureuses associations contente notre esprit.

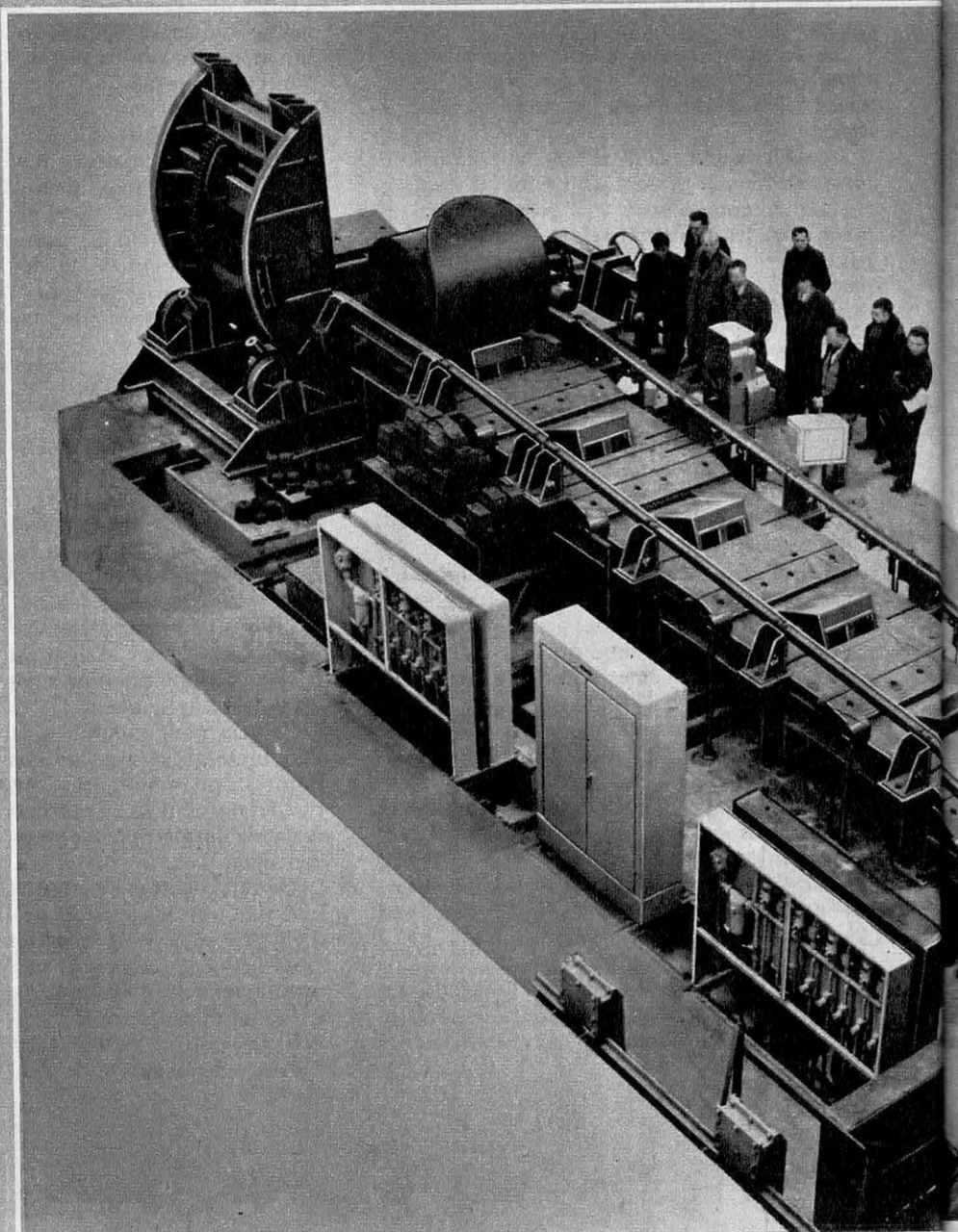
**M. C.**

# L'automatisme en manutention

*par Yves Logé*

La ligne d'alimentation en bobines de tôle pour la fabrication en continu de tubes soudés à la Société des Tubes de Maubeuge. Le but est la reprise en stock des bobines et leur manipulation pour les présenter d'une façon automatique à l'entrée de la dérouleuse alimentant la ligne de fabrication. Le poids des bobines varie de 8 à 12 tonnes. On voit ici, de gauche à droite, un basculeur positionnant les bobines pour que leur axe soit horizontal, une rampe en escalier à marche automatique avec des taquets commandés par cellules photoélectriques, un dispositif pour la pesée automatique au passage de chaque bobine, une plaque tournante et un poussoir pneumatique pour l'introduction des bobines dans la dérouleuse.

Ets Lecq-Douai





**P**our la manutention comme pour bien d'autres formes d'activités, l'automatisation n'est pas une nouveauté; des impératifs de sécurité — sécurité du personnel, protection du matériel — l'ont imposée dès que les cadences de circulation des produits ont atteint un seuil où des risques sont apparus du fait soit de la vitesse de cheminement, soit de l'importance des charges déplacées.

Par la suite, d'autres impératifs : accroissement de la productivité, cadence sans cesse accrue des unités de production, procédés nouveaux imposant des manutentions et ma-

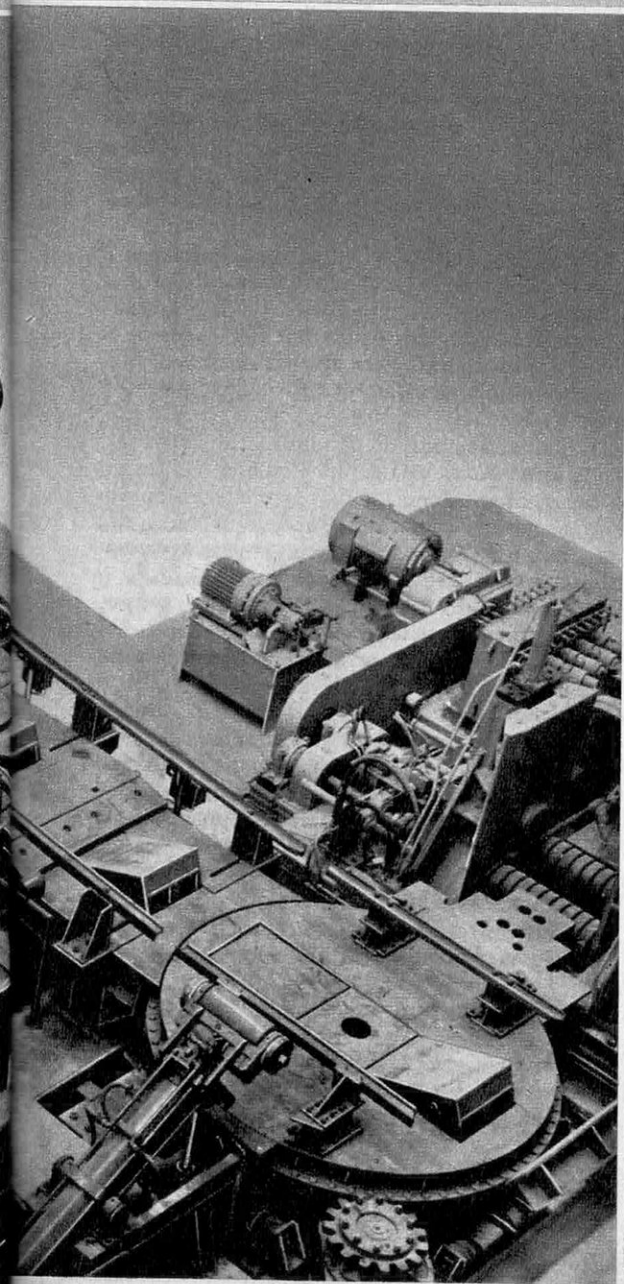
nipulations délicates, travaux en atmosphère nocive, etc., ont exigé que l'on pousse bien au delà des simples commandes séquentielles (skip de chargement de haut fourneau, par exemple) et des classiques asservissements « amont-aval » de sécurité pour les démarrages et arrêts en charge de chaînes de transporteurs. Cette promotion a pris plusieurs aspects spécifiques de la manutention sur lesquels il est bon de mettre l'accent dès le début.

Par son caractère d'universalité, la manutention a fait entrer l'automatisme dans toutes les sphères d'activités; il n'est, en effet, pas de secteur économique qui ne fasse appel à un matériau — dans le sens le plus large du terme — dont il faut s'approvisionner, qu'il faut ensuite faire circuler; nous trouvons donc partout des réalisations spectaculaires de manutention automatique.

On remarque par ailleurs des analogies très grandes entre des problèmes de manutention se rapportant à des activités très dissemblables; par exemple, tel équipement de convoyage aérien à commande-programme mis au point pour l'industrie mécanique, sera adopté jusque dans le détail pour la circulation des quartiers de viande dans la salle des ventes d'un grand abattoir.

Par sa nature même, la manutention est, dans de nombreux cas, l'un des actes professionnels qui demande de la part de l'exécutant le moins de technicité et une absence presque totale d'initiative; sous cet angle, la manutention s'accommode donc très bien de dispositifs simples, parfois ingénieux, qui empruntent à toutes les technologies, de la mécanique à l'électronique en passant par l'électromécanique, la pneumatique et l'hydraulique; par contre, étroitement intégrée bien souvent au processus de production ou de distribution qu'elle dessert, elle imposera parfois un équipement très élaboré faisant intervenir l'ordinateur ou le calculateur électronique, derniers nés des moyens d'équipement en matière d'automatisation.

Enfin, si, comme il est dit ci-dessus, la manutention est souvent la plus simple des interventions professionnelles, il n'en demeure pas moins qu'elle constitue actuellement la limite à l'automatisation complète de certains procédés de fabrication ou même de distribution. Dans le circuit de manutention d'une fabrication en grande série, les milliers de pièces acheminées se trouvent souvent « en vrac » à l'un quelconque des postes de production : en sortie de machine à grande cadence, après traitement par immersion, en sortie de forge,



etc. Or l'opération qui consiste à prélever ces pièces et à les orienter ne peut être exécutée le plus souvent que par la main de l'homme. Malgré les très intéressants travaux sur la main artificielle, effectués à l'institut des sciences nucléaires Boris Kidrich de Belgrade, avec la collaboration de l'Institut d'anatomie de la Faculté de Médecine, il semble vain de compter, pour un proche avenir, sur une main mécanique susceptible non seulement de saisir une pièce parmi plusieurs en vrac, mais aussi d'« élaborer » et « exécuter » la succession de mouvements nécessaires à sa réorientation et à sa localisation sur une machine ou dans un chargeur.

Les possibilités et limites de l'automatisation en manutention étant ainsi définies dans leurs grandes lignes, voyons maintenant par quoi tout cela se matérialise. Nous avons dit plus haut qu'il n'est pas de secteur d'activité dans lequel on ne déplace quelque chose : produits de carrières acheminés en vrac, produits « en cours » et produits finis de l'industrie mécanique, de l'industrie chimique, de l'industrie alimentaire, imprimés et documents dans les services administratifs, etc. Nous allons prospecter ces domaines, délaissant pour cela les classifications conventionnelles opposant le transport « en vrac » à celui des charges fractionnaires, ou encore la manutention continue à la manutention discontinue. Nous adopterons un découpage par centres d'intérêt, moins orthodoxe, mais permettant une plus large prospection.

## Industrie de l'extraction

Cette activité se caractérise, pour ce qui nous concerne tout au moins, par une grande uniformité dans les problèmes posés; il s'agit presque essentiellement de manutentions « en vrac » à débits toujours considérables.

Les arrêts et départs des grandes bandes transporteuses d'alimentation des concasseurs ou cribles posent de très sérieux problèmes qui nécessitent la mise au point de systèmes asservis et temporisés assurant la mise en route « aval-amont », tous les engins démarrant à vide, et l'arrêt « amont-aval », avec temporisation pour assurer la vidange complète des engins avant leur mise hors service.

Nous retrouvons ces sujétions et des réalisations de cette sorte chaque fois que des produits granuleux ou pulvérulents, ou même des charges fractionnées sont acheminés par une suite de transporteurs; il ne s'agit pas là d'une automatisation de processus, comme ce sera le cas pour les descriptions qui vont suivre, mais d'une automatisation de systèmes, propre à satisfaire certaines considérations de sécurité au même titre que les dispositifs anti-col-

lision des ponts roulants, par exemple. Il fallait signaler cette famille d'applications, sur laquelle nous ne reviendrons pas, en la rattachant à son champ d'application le plus vaste; des milliards de tonnes de minerais de toutes sortes sont ainsi acheminés sur transporteurs continus asservis : pour 1956, par exemple, 2 milliards de tonnes de charbon tout venant.

L'automatisation du processus interviendra ici dans la commande des opérations intermédiaires, les premiers traitements après extraction, par exemple : lavage, tri, criblage, stockage, reprise. Tel lavoir moderne de tout venant doit satisfaire un débit de 100 t/h, le crible de grains lavés un débit de 60 t/h; des commandes-programmes sont nécessaires et des asservissements doivent être prévus pour obtenir une régulation parfaite de l'ensemble distributeur-broyeur en vue d'assurer une charge régulière de ce dernier.

Nombreux sont par ailleurs les problèmes qui nécessitent la mise au point d'équipements spéciaux « manutention-production » combinés, tels que ces transporteurs magnéto-vibrants assurant pendant le cheminement l'égouttage du mélange charbon-eau provenant du rinçage des wagons, ou l'égouttage du sable fin dans les sablières.

Nous trouverons fréquemment annexées à certaines carrières des installations de traitement, comme les cimenteries ou les fours à chaux, très automatisés du fait des cadences à satisfaire et du caractère spécial du travail; les opérations de manutention y entrent pour 60 à 80 %.

L'acheminement de la production au fond de la mine donne également lieu à la réalisation d'équipements spectaculaires; un ensemble entièrement automatisé assure, pour un trafic de 7 000 tonnes/jour, l'acheminement du charbon arrivant des tailles par transporteurs à bande jusqu'au système d'ensilage, le chargement optimal des berlines par avance progressive de celle-ci, l'acheminement des trains de berlines jusqu'au point de culbutage, et, à ce point, leur désaccouplage et leur basculage. Une partie des sujétions particulières que doit satisfaire cet équipement réside dans le fait que le remplissage des berlines et la formation des trains sont discontinus, à partir d'un approvisionnement continu, et que l'on désire assurer une évacuation continue en sortie de culbutage des berlines; il faut donc effectuer un rattrapage entre la dernière berline du train en cours et la première berline du train suivant.

## Traitement des métaux

Sidérurgie, fonderie, forge, laminage, tréfilage, ici nous retrouvons en début de cycle des manutentions en vrac : chargement des



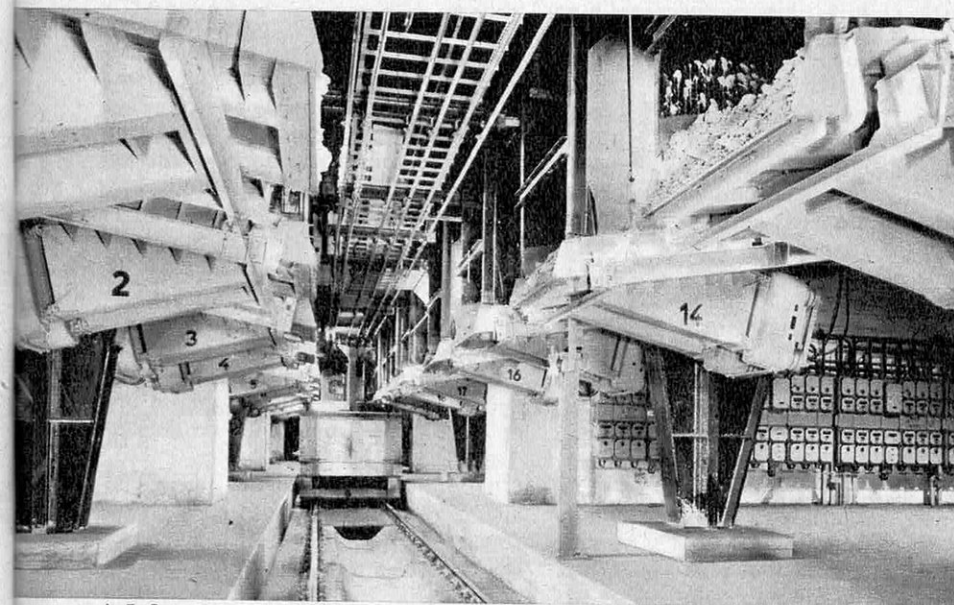
hauts fourneaux, approvisionnement, évacuation, recyclage des sables de fonderie, puis, dans la suite du processus, nous manutentionnerons des charges isolées souvent lourdes, et à grand débit.

Les débits, cadences et poids des charges déplacées sont considérables et les équipements sont à la taille du problème qui est souvent complexe, la plupart du temps gigantesque.

L'ensemble de laminoirs, fours, planeuses et cisailles des laminoirs roumains de Galetti, destinés à produire 1 million de tonnes de tôles fortes dans sa version définitive, sera à commande automatique de vitesse, de positionnement, etc., avec programmation par cartes

une commande-programme réalisée par ordinateur électronique. Il s'agit là d'alimenter deux hauts fourneaux par l'intermédiaire de bandes transporteuses reliant les extracteurs aux gueulards; l'unité centrale de commande ou « programmeur » provoque l'extraction des matériaux — coke, agglomérés, minerais, castine — depuis un bloc de 6 accumulateurs munis chacun d'un extracteur. Les programmes de chargement peuvent varier; il suffit pour cela de modifier les instructions mémorisées sur les pistes d'un tambour magnétique.

Décrire le fonctionnement de cet ensemble dans le détail nous conduirait trop loin; signalons seulement que de nombreux contrôles



A. E. G.

Une partie d'une installation de 120 distributeurs vibrants, chez Krupp à Rheinhausen, chaque élément assurant un débit maximum de 750 t de minerai, 600 t de calcaire et 200 t de coke à l'heure.

perforées; un système de pistage automatique suivra chaque produit et transmettra toutes les informations nécessaires pour mener à bien la transformation de 400 brames.

Des ensembles spécifiques ont dû être étudiés pour des problèmes locaux tels que l'acheminement des bobines de tôles en sortie de laminage ou l'approvisionnement de ces mêmes bobines au dérouleur; les charges à manutentionner pèsent couramment 10 tonnes; il faut les orienter, les positionner, les déplacer pas à pas en respectant une cadence rigoureuse.

A ces remarquables réalisations mécaniques qui se recommandent d'automatismes séquentiels à l'appareillage robuste du fait des conditions d'ambiance qui leur sont imposées, nous pourrions opposer les équipements où le traitement de l'information est beaucoup plus élaboré. C'est ainsi que le chargement des hauts fourneaux d'Usinor, à Dunkerque, a recours à

sont effectués automatiquement de manière à garantir la stricte observance des programmes; les pesées sont effectuées sur deux bascules successivement et l'on compare les résultats, chaque pesée étant elle-même transmise à deux compteurs dont on compare également les résultats. Par ailleurs, le programmeur corrige constamment les poids de consigne théoriques des matériaux à extraire pour tenir compte des quantités réellement extraites.

Des manutentions en vrac aux manutentions des bobines et paquets de tôles et profilés en passant par le transport des éprouvettes, les problèmes sont divers; c'est ainsi qu'à la Compagnie des Forges de la Loire, un réseau de tubes pneumatiques permet de transporter les éprouvettes d'acier de l'aciérie au laboratoire et de renvoyer les résultats d'analyse du laboratoire à l'aciérie et au blooming, ainsi que d'envoyer des messages directement du bloo-

ming à l'aciérie et au laboratoire; un autre réseau, à l'intérieur de la halle de laminage, permet d'envoyer des ordres écrits du planning du blooming à chacun des postes de travail de l'ensemble du laminage.

## Industrie mécanique

Après la production des biens d'équipement, nous abordons celle des biens de consommation et par là même la fabrication de série. Ce n'est pas dire que l'industrie mécanique ne produit que des biens de consommation; elle a à son actif les machines-outils, les outils de traitement et toutes les machines de production, du train de laminage au four de trempe. Si nous mettons en avant le premier type de fabrication de grande série qui va de l'automobile à la machine à laver, c'est que nous y trouvons le secteur d'activité qui a été à l'origine de la vertigineuse poussée vers une mécanisation généralisée.

L'industrie automobile a donné le ton avec les machines transfert, ces ensembles où l'usinage et la manutention sont étroitement intégrés et qui sont à rapprocher, dans l'esprit, de l'équipement également très spécialisé du train de laminage évoqué plus haut. Les machines transfert nous ont certainement appris beaucoup sur la rentabilité de l'automatisation; elles n'ont, en contrepartie, du fait de leur grande spécialisation, apporté que très peu d'enseignements en matière d'appareillage de manutention. C'est l'automatisation type Détroit, par assemblage de moyens d'acheminement standards ou non, asservis entre eux, également adoptée et développée dans la fabrication automobile, qui a été un facteur puissant tant pour la recherche et la mise au point de nouveaux moyens que pour leur divulgation, leur adaptation et leur introduction dans des secteurs aussi étrangers que l'industrie alimentaire, l'industrie textile, la distribution, etc.

Un exemple de ce mode d'équipement, dans lequel on accepte à certains moments une rupture de charge, un acheminement libre du produit, nous est donné par la ligne d'usinage des pistons « Aronde » aux usines SIMCA. La machine transfert, rappelons-le, n'admet pas de rupture de charge dans l'acheminement des produits, et la position relative de ces derniers par rapport aux outils des différents postes d'usinage est connue en permanence; se libérer de cette contrainte supposait que l'on soit à même de réorienter une pièce prélevée dans une position quelconque, opération délicate et impossible dans bien des cas, obstacle à l'automatisation complète signalée dans le préambule. Les pistons, par leur forme géométrique simple, permettent cette interven-

tion; la ligne d'usinage comporte six machines à cycle automatique desservies par un ensemble de transporteurs réalisant trois fonctions: acheminement, stockage intermédiaire, orientation des pièces. La cadence est de 200 pièces à l'heure.

Comparé à ce que serait une machine transfert monobloc et d'exploitation rigide, cet équipement type « mécano » est réutilisable en partie lorsque le produit change de caractéristiques; le stockage intermédiaire admet l'arrêt momentané de l'une des machines d'usinage; les machines peuvent être d'un modèle standard adapté pour la circonstance; l'implantation nécessite par contre une surface au sol plus importante que pour la machine transfert.

Qu'il s'agisse de l'acheminement vers les postes de traitement de surface et éventuellement de l'exécution de ce traitement lui-même lorsqu'il se fait par immersion, de l'entreposage intermédiaire et de la reprise, de l'évacuation des copeaux et de tous traitements avant expédition ou de l'approvisionnement des chaînes de montage, nous sommes assurés de trouver des réalisations remarquables d'équipements automatisés. Une installation d'évacuation de copeaux, par exemple, assure sans intervention humaine aucune le ratissage le long des postes d'usinage, le broyage, la séparation (corps ferreux, corps non ferreux), l'essorage pour récupération des huiles de coupe, le briquetage et le stockage en attente de chargement sur camion ou wagon.

L'alimentation, le chargement puis l'évacuation des pièces usinées ont par ailleurs fortement influencé la technologie de la machine-outil.

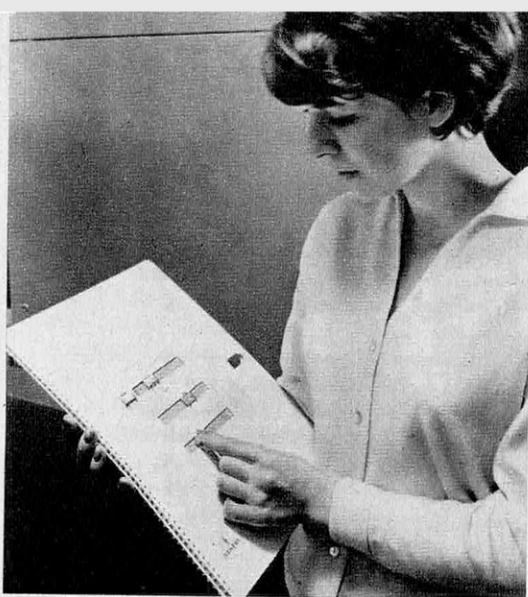
## Production d'énergie

Parce qu'il s'agit toujours d'importantes unités de production demandant une grande quantité de matières premières, les manutentions nécessitent, dans ce secteur, des moyens mécaniques importants qu'il est apparu très rapidement rentable d'automatiser.

Les problèmes de vrac rencontrés dans les centrales thermiques ou les cokeries sont identiques à ceux des chantiers d'extraction ou des hauts fourneaux; il s'y greffe bien entendu, en plus, des problèmes spécifiques liés à la nature du processus en cause.

Les installations de manutention en vrac du combustible doivent satisfaire des mouvements se chiffrant en milliers de tonnes par jour, mais nous trouvons d'autres équipements de manutention, en vrac également, pour des quantités infimes de produits, nécessitant des extracteurs doseurs et alimenteurs à réglage très fin. Il s'agit là d'équipement de traitement des





L'acheminement des documents entre les divers bureaux d'une entreprise ou d'une administration peut s'effectuer automatiquement par bande transportant des pochettes munies d'un index d'affichage de leur destination. La pochette est placée debout sur une courroie qui l'entraîne par adhérence entre deux parois verticales formant couloir. L'affichage provoque la commande de dispositifs automatiques de transfert entre des voies parallèles ou entre la voie considérée et la station de réception.

eaux des chaudières par addition dans des proportions rigoureuses de produits chimiques en poudre; le débit des distributeurs doseurs à sole tournante généralement utilisés est asservi au débit d'eau à traiter.

Depuis ces dernières années, des problèmes d'un tout autre genre, et plus délicats à résoudre, se sont posés pour les centrales nucléaires, dont celui du chargement et déchargement des cartouches de combustibles pendant le fonctionnement du réacteur.

Au réacteur G2, le chargement impose de passer les cartouches neuves de l'ambiance atmosphérique à une enceinte remplie de gaz carbonique sous  $15 \text{ kg/cm}^2$  où règne un rayonnement intense; problème inverse au déchargement où les cartouches irradiées doivent être ramenées à la pression atmosphérique pour leur évacuation vers l'usine de récupération du plutonium.

Les précautions thermiques et biologiques qu'imposent ces manœuvres sont justifiables de la télécommande avec télécontrôle ou de l'automatisation; ici le chargement est effectué par l'intermédiaire de deux sas (à magasin barrillé de 32 cartouches) suspendus à un portique qui en assure le positionnement précis.

Le portique se déplace horizontalement et chacune des passerelles supportant les sas ver-

ticalement, ces deux mouvements s'effectuant parallèlement à la face de chargement. Des palpeurs électromécaniques placés au sol contrôlent le déplacement du portique, d'autres palpeurs placés sur le portique contrôlent le mouvement des passerelles. Lorsque le canal à charger a été sélectionné, des cames interviennent pour provoquer le passage de la vitesse rapide ( $4,5 \text{ m/mn}$  pour le portique et  $3 \text{ m/mn}$  pour les passerelles), à la vitesse lente ( $0,45$  et  $0,11 \text{ m/mn}$ ), puis l'arrêt avec une précision de  $\pm 15 \text{ mm}$ . Les deux sas à eux seuls représentent une charge de 112 tonnes du fait de l'importante protection nécessaire contre les rayonnements.

De même, pour l'opération de chargement elle-même — introduction de la cartouche dans le réacteur —, des palpeurs interviennent pour corriger la position du sas par rapport à l'axe du boisseau.

Ce cas, qui n'est pas unique, nous le retrouvons en particulier dans l'industrie chimique et pour certaines opérations de traitement de métaux dans l'industrie mécanique, où l'automatisation est rendue nécessaire par l'éloignement de l'opérateur; des deux solutions qui s'offrent : téléafficher des mesures et faire agir un opérateur par télécommande, ou exploiter directement dans un système asservi les informations recueillies par les appareils de contrôle, il semble que la deuxième formule obtienne la préférence.

Les interventions automatiques ne se limitent pas, dans les centrales nucléaires, au seul chargement de la pile; des problèmes annexes tels que la confection et le désassemblage des cartouches (tube contenant un assemblage combiné d'éléments actifs et neutres) par exemple, justifient la mise au point de machines spécifiques de manutention et manipulation à commande-programme. Rapprochons cela de quelques chiffres; pour une pile dont la mise en activité doit intervenir bientôt, on doit envisager la réalisation d'un millier de cartouches à 800/900 éléments; par tube, cela nous conduit à manipuler environ un million d'éléments; aussi, la composition des cartouches étant étudiée sur ordinateur, cherchera-t-on à exploiter directement (ou indirectement mais en automatique) les données ainsi élaborées par un traitement mécanique de l'information, pour commander la « machine » de confection des réglettes; l'intermédiaire sera la carte ou la bande perforées.

Comme il s'agit de produits dangereux à manipuler, le tube pneumatique sera largement adopté pour transporter des éléments radioactifs; ces transporteurs pneumatiques seront à indexage automatique, leurs postes d'extrémité seront équipés de manipulateurs spéciaux.



## Agriculture et industrie alimentaire

Avec les produits de consommation courante, nous nous trouvons devant le circuit matière qui est sans contestation possible le plus important de ceux qu'il nous sera donné d'étudier.

Nous trouvons la manutention en vrac pour le stockage et la reprise des céréales, le blé tout particulièrement, dont des quantités considérables transitent par les grands ports. Des silos de grande capacité, 50 000-60 000 tonnes, seront desservis par des équipements de manutention assurant des débits de l'ordre de 500 tonnes/heure de manière à décharger ou charger dans le temps le plus court les grands navires céréaliers (jusqu'à 20 000 tonnes), et à limiter l'immobilisation de l'équipement à quai (portiques munis de suceuses au débit de 100 t/h). Cela impose un rythme de travail qui dépasse les possibilités d'un opérateur humain; la commande-programme des transferts, ensilages et transilages devient une nécessité. Les différentes interventions seront provoquées par la lecture des données contenues par une bande perforée ou un jeu de cartes perforées, celles-ci étant lues pas à pas. Un programmeur recherchera l'itinéraire optimum à faire emprunter au grain en fonction des autres opérations en cours; il provoquera les mises en marche et arrêts et produira un compte rendu imprimé des opérations effectuées.

Dans d'autres cas, il s'agit de manutention de charges isolées. Dans une brasserie automatisée, les palettes de bouteilles vides, en retour du détaillant, sont désassemblées et les colis décaissés automatiquement; les bouteilles et les caisses empruntent des chemins différents; les premières sont acheminées au travers des postes de lavage, mirage, remplissage, vérification, étiquetage automatiques; les secondes accèdent à un basculeur automatique pour évacuation des corps étrangers et nettoyage; bouteilles et caisses convergent ensuite vers un poste d'encaissage puis vers un poste de palettisation. Une charge unitaire de transport est alors prête à être livrée. Aucune intervention humaine dans ce processus, si ce n'est pour contrôler le bon fonctionnement de la chaîne.

Les minoteries, qui traitent également de grandes quantités de matières, automatisent leurs circuits de manutention et cela aboutit souvent, après un ensachage automatique, à la palettisation également automatique des sacs; ces palettiseurs sont d'un modèle différent de ceux utilisés en brasserie, du fait de la nature de la charge en cause; ici c'est la palette qui se présente en position de réception des sacs, le point de chute étant constamment le même;

on réalise des chargements particulièrement stables par la disposition cul contre tête et cul sur tête des sacs.

Toutes les fabrications à processus continu, et l'industrie alimentaire en compte beaucoup, — sucreries, malteries, biscuiteries, usines d'aliments pour animaux — pousseront très loin l'automatisation des manutentions, et, ces dernières années, un problème commun à beaucoup d'activités, celui de la fabrication des produits composés, a trouvé une solution originale universellement adoptée avec la commande par carte perforée.

La lecture de cette carte, sur laquelle se trouve mémorisée la composition du produit, nature et poids des différents éléments, provoque l'extraction de ces derniers et leur acheminement vers le malaxeur. Ce mode de commande présente de sérieux avantages :

1<sup>o</sup> la composition du produit étant enregistrée dans une mémoire fidèle, les productions de différentes dates seront strictement identiques; on évite les erreurs pouvant provenir d'un affichage manuel (par rotacteur, par exemple) à recomposer pour chaque préparation;

2<sup>o</sup> l'affichage est rapide, il dure le temps d'introduction de la carte dans le lecteur;

3<sup>o</sup> le passage d'une fabrication à une autre est accéléré, la carte de la fabrication suivante en attente sera lue dès que la quantité désirée, également affichée, pour la production précédente aura été atteinte;

4<sup>o</sup> le codage de la composition d'un mélange permet de garantir le secret de la formule.

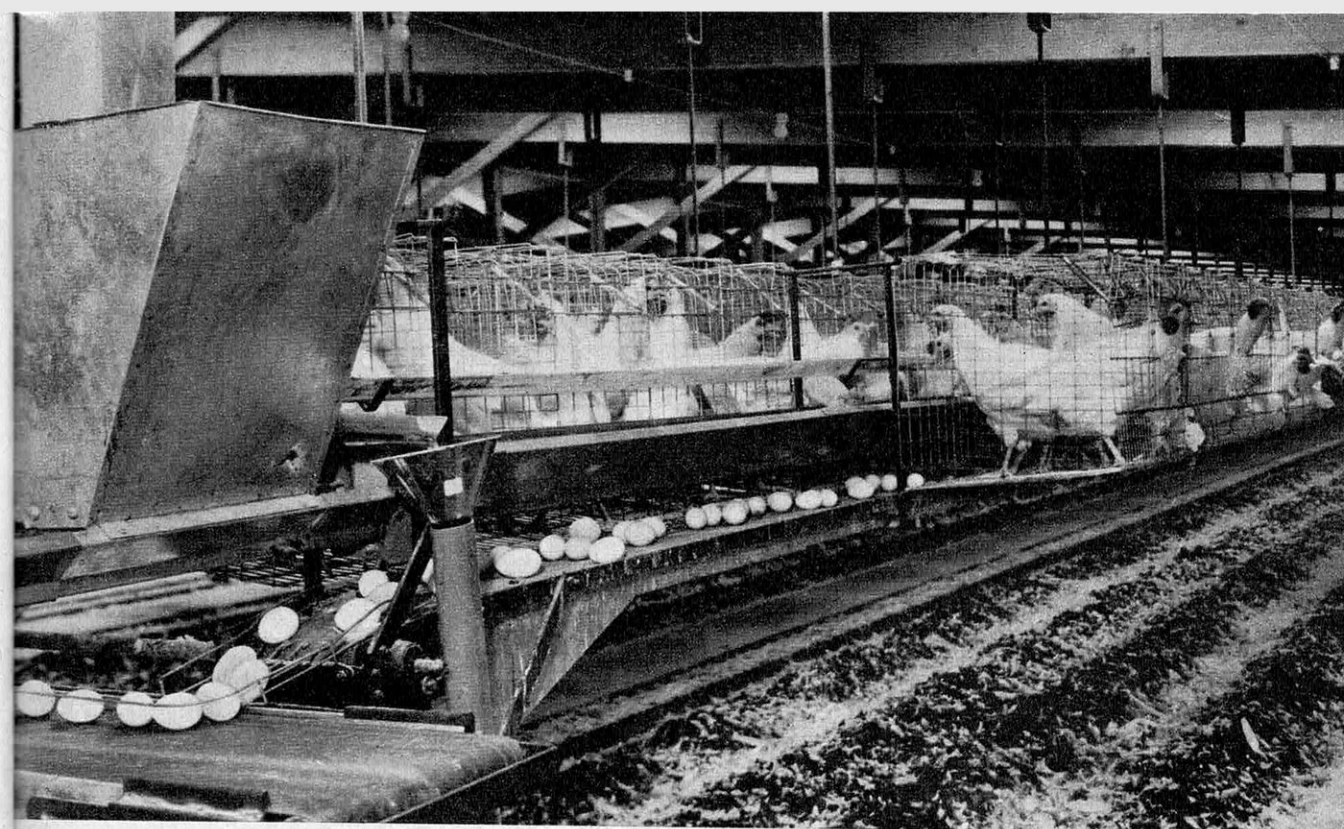
## Industrie textile et habillement

Parce que Jacquard a inventé la commande-programme, l'industrie textile est actuellement l'une des plus mécanisées. Son action s'est située dans le tissage, mais sans doute les possibilités nouvelles qu'elle a offertes dans ce secteur de base a-t-elle été à l'origine de l'essor des filatures comme celui de l'industrie de l'habillement.

Il a fallu attendre longtemps, sans doute parce que ce n'était pas indispensable, avant que la manutention ne devienne automatique, alors que les machines à filer et tisser l'étaient intégralement et travaillaient à des cadences considérables.

Depuis ces dernières années cependant, le convoyeur aérien, les transporteurs à chaîne dont l'industrie mécanique a accéléré la mise au point, y ont fait leur entrée et c'est ainsi que dans une grande filature de l'Est, l'acheminement du fil de retors vers les différents ateliers de finition, blanchiment, mercerisage, teinture, puis vers l'emballage et le stockage est effectué par transporteurs à charges indexées; 1 800 m de convoyeurs distribuent les en-cours à 1 700 m



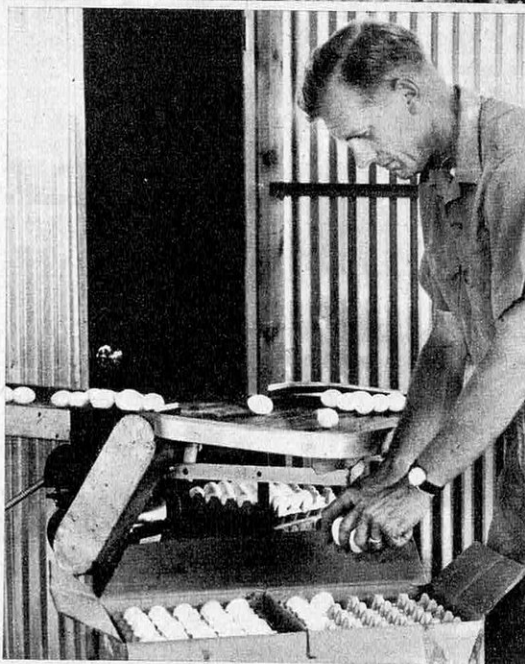


de monorails de desserte des ateliers; pour une production journalière de 6 000 kg de produits finis, cela représente environ 35 000 kg à manutentionner, compte tenu des différentes reprises entre postes.

Chaque charge est accompagnée d'un dispositif d'affichage de sa destination; cet affichage, effectué par le personnel de l'atelier expéditeur, consiste essentiellement à faire basculer certains des 6 index mobiles du dispositif, ce qui permet la sélection d'un poste parmi 63. La lecture de cette information par des dispositifs appropriés, situés en amont des différents ateliers, aura pour effet, si l'atelier abordé est le point de destination, de commander l'aiguillage de déviation pour changement d'itinéraire et de déclencher un signal avertissant l'atelier de l'arrivée d'une charge. L'information qui a ainsi été exploitée et qui devient sans objet, sera par ailleurs automatiquement détruite par un dispositif d'effacement qui remet tous les index dans une position neutre. Si une charge se présente à un aiguillage alors que la charge précédente n'est pas évacuée, un dispositif de contrôle provoque l'arrêt complet du circuit.

La remise en circuit des balancelles vides est automatique; celles-ci demeurent en attente au poste de réengagement où elles sont appelées et engagées dans le circuit seulement lorsqu'un taquet d'entraînement libre se présente.

L'industrie de l'habillement, par contre,



USIS

Quelque 15 000 pondeuses sont réunies dans cette exploitation à Corona, en Californie. Nourriture et boisson y sont distribuées automatiquement par les procédés classiques, mais l'automatisation s'étend à la collecte des œufs qui roulent du fond incliné des cages sur des bandes transporteuses en feutre et sont amenés à un collecteur général. Acheminés vers la salle d'expédition, ils sont brossés, comptés, pesés et triés automatiquement.

admet différemment l'automatisation; certes de nombreux postes — coupe, piquage — ont été mécanisés, mais leur assemblage en une chaîne de production automatisée tarde à se généraliser et c'est par la manutention que l'automatisme entre dans ce secteur. L'acheminement par convoyeurs aériens ou au sol de charges indexées y est très généralisé; l'ouvrière ayant terminé la tâche qui lui revient sur un produit, place celui-ci dans un bac ou sur un transporteur, ou encore l'accroche sur un cintre, puis affiche la destination du produit dont elle a connaissance par la fiche suiveuse accompagnant cette production; la charge sera évacuée au poste ainsi indiqué. Dans certains cas de fabrications à processus très stabilisé, cet affichage s'effectue automatiquement en sortie du poste expéditeur.

### Industrie chimique, verrerie, miroiterie

C'est le domaine de la fabrication continue par excellence, donc des processus très stabilisés et entièrement automatisables; certaines unités de production doivent de plus travailler 24 heures sur 24. Ainsi, dans la verrerie par exemple, un four doit pouvoir fonctionner pendant des années sans arrêt, même pour entretien ou réparation; on ne le rallume pas s'il est éteint, on doit le détruire et le reconstruire.

Encore plus étroitement intégré à la production que pour toute autre activité industrielle, le circuit manutention est ici hautement mécanisé et nous retrouvons tous les problèmes déjà évoqués de la manutention du vrac presque toujours destiné à des malaxeurs après

extraction dosée, à la manutention de charges isolées vers des postes de finition puis de conditionnement, et enfin vers le stockage.

Dans une des grandes glaciers modernes, celle de Saint-Gobain à Chantieraine, ce circuit part d'un entrepôt comportant 21 cases de 300 m<sup>3</sup> chacune, et les manutentions d'approvisionnement de cet entrepôt à partir des péniches et wagons sont entièrement automatiques. Il s'agit ensuite de prélever, toujours automatiquement et en respectant un dosage précis, des matières aussi variées que : sable, calcaire, dolomie, feldspath, carbonate et sulfate de soude, acide arsénieux, charbon de bois, verre broyé, pour alimenter la tour de mélange et les fours.

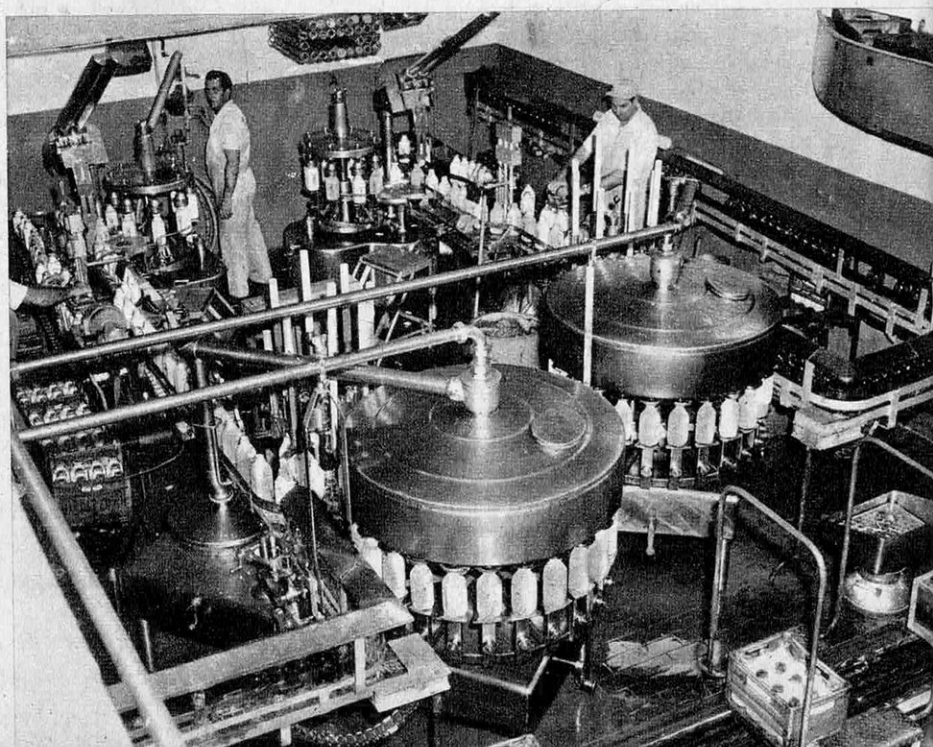
L'acheminement du ruban de verre sur la ligne de refroidissement, doucissage et coupe, également automatique, est effectué par un ensemble composite que nous rattachons à la famille (qui s'agrandit) des équipements spécifiques combinés du type machine-transfert et train de laminage où manutention et production sont étroitement liées.

Dans cette industrie où l'activité principale consiste à réunir et à malaxer des produits, les problèmes sont à l'échelle de la variété des matières premières et des processus de fabrication :

- alimentation en matière granuleuse ou en fragments pouvant atteindre une granulation de 200 mm avec distribution sur le ruban de pesage par transporteur électromagnétique;

- alimentation en produits fins à écoulement très rapide (thermoplastiques) et matières fibreuses volumineuses (substances de remplissage pour les thermoplastiques);

Un jeu de machines automatiques remplissant les bouteilles de lait, posant les capsules, les rangeant par douze dans les caisses dirigées aussitôt vers les véhicules de livraison



USDA Photo



— alimentation en produits pulvérulents très légers (matières synthétiques) s'écoulant facilement;

— addition de liquide commandée par le débit solide d'un produit en pour cent de ce dernier, ou addition d'un produit solide commandée par le débit d'un liquide en pour cent du débit momentané de ce dernier.

Autant de cas particuliers dans une grande diversité de problèmes qui nécessitent des mises en œuvre spécifiques ayant toutes trouvées une solution automatique.

## Bâtiment et travaux publics

Cette activité, qui est par essence itinérante, ne bénéficie pas de ce fait de l'atout certain que représente, dans les autres industries, la possibilité d'observer, de tester, d'améliorer des installations fixes aux processus entièrement stabilisés. L'organisation rationnelle du travail est difficile pour ces activités qui s'exercent la plupart du temps en plein air; c'est donc (ironie du sort) dans les professions où le travail apparaît être le plus pénible et le plus dangereux (le bâtiment comme la pêche) que les interventions manuelles demeurent le plus longtemps indispensables. Et cependant, l'automatisme est présent sur les chantiers.

Pour la construction des barrages, qui nécessite la mise en œuvre de quantités considérables de béton, on utilise fréquemment les alluvions du fleuve; cela justifie l'installation de chantiers d'extraction, concassage et criblage, dont le fonctionnement en continu est automatique.

Les grands chantiers, qui durent souvent plusieurs années, utilisent également des tours à béton à cycle automatique de prélèvement dosé des matières au stock, de malaxage puis de transfert et déversement au gros œuvre, directement par wagonnets ou bennes aériennes; un transporteur carrousel déverse sans relâche cette manne « terrestre » sur l'ouvrage en construction. Il s'agit encore ici d'automatismes séquentiels à cycle continu.

Dans le même ordre d'idée, mais à l'usage cette fois de « petits » consommateurs, les centrales à béton tendent à se généraliser dans les grands centres où de multiples entreprises et tâcherons viennent s'approvisionner en « béton tout fait ».

La tour à béton dont il était question précédemment doit être comprise comme un équipement démontable, de reprise, dosage, malaxage pour composition de béton sur chantiers de moyenne ou grande importance; elle traite généralement un gamme limitée (définie tout au moins pour un chantier) de bétons; la centrale à béton, par contre, est un équipement fixe destiné à fabriquer des bétons très

diversifiés destinés à des clients ayant chacun leurs sujétions propres; la commande-programme par carte perforée tend de ce fait à s'y généraliser.

Un béton donné peut, par exemple, nécessiter 2, 3, 4 ou 5 agrégats différents pour des quantités allant de 2 tonnes à 200 kg, par pesées pour lesquelles il n'est pas exigé une grande précision; des ciments pour 350 kg avec une certaine précision dans la pesée (produit coûteux); des adjuvants pour 7 à 8 kg. Cette disparité, qui conduit en principe à trois organes distinctes de pesage, et la grande diversité des compositions, justifient que l'on ait recours à un moyen de mémorisation très sûr des qualités de production exigées par le client, que cette mémorisation offre éventuellement une garantie de non divulgation (un codage peut y pourvoir), que le moyen de mémorisation adopté soit directement utilisable pour l'affichage des données et que cet affichage soit rapide; la carte perforée satisfait ces impératifs.

Des équipements spécialisés ont été mis au point à cet effet; l'un d'eux comporte un lecteur-bloc pneumatique; la carte utilisée, de format courant, est plastifiée, ce qui autorise la manipulation par du personnel de chantier peu soigneux. L'introduction de la carte déclenche, après contrôle lumineux de positionnement du lecteur, la reprise automatique des agrégats sous silos et trémies dans les proportions voulues, compte tenu de la qualité demandée et pour une quantité globale préaffichée.

## Industrie du papier, presse, édition

Nous avons tous, sinon vu, tout au moins lu une description des rotatives qui déversent les milliers d'exemplaires des quotidiens qui nous dispensent l'actualité; si l'approvisionnement (et l'évacuation) n'étaient pas automatiques, il n'y aurait pas de rotatives.

La production des papiers et cartons se recommande elle-même de processus continus à très grand rendement; il faut préparer une pâte à partir de matières en vrac et la traiter, puis, le papier ou carton produit, il faut le stocker; cela représente dans une grande papeterie, pour une production annuelle de 200 000 tonnes, le million de tonnes de matières à déplacer; aussi ne s'étonnera-t-on pas que les lignes de production se caractérisent, comme tant d'autres processus continus, par une intégration poussée de la manutention aux opérations de transformation.

Le classement des bobines de papier, qui atteignent jusqu'à 750 kg, a été traité automatiquement aux papeteries de la Chapelle; elles sont, en sortie de fabrication, acheminées par



Doc. Durkopp

- 1 Une installation de distribution automatique dans un atelier de couture. L'ouvrière place les produits en cours dans un bac libre en attente et pousse celui-ci sur le premier plateau libre qui se présente, composant à l'aide du clavier solidaire de ce plateau l'indicatif du poste destinataire. Si le premier poste destinataire n'est pas libre pour recevoir la charge, celle-ci poursuit son chemin et en cherche un autre du même indicatif.
- 2 Dans cet atelier de confection automatisé, les charges sont accompagnées d'un dispositif d'affichage, indicatif 5, par exemple. La lecture de l'information ainsi mémorisée provoque la commande d'effacement du cliquet retenant le cintre; celui-ci tombe sous son propre poids et glisse sur la rampe de réception.
- 3 Le tri automatique des pièces dans une teinturerie. On distingue au-dessus de chaque charge en mouvement la rangée d'index d'affichage des indicatifs des destinations.

des transporteurs continus jusqu'à l'aire de stockage où un équipement à palpeurs photo-électriques les trie, le classement s'effectuant sur un plan incliné comportant des volets rabattables destinés à ralentir la descente.

Des grands ensembles aux petites machines de manutention locale, la cadence de production dans cette branche d'activité impose la recherche à tous les niveaux de solution automatisées; un exemple parmi d'autres, la machine à insérer des encarts volants dans les brochures: un convoyeur pas à pas achemine ces dernières vers un poste d'ouverture par jet d'air, puis devant le poste de distribution automatique des encarts.

## Industrie des transports, distribution

Le « transport » consiste à acheminer d'un lieu à un autre un véhicule chargé; en deçà et au delà, tout est manutention: déstockage, tri, acheminement vers le point de chargement, chargement, arrimage avec constitution éventuellement de charges préarrimées, puis déchargement, tri, acheminement vers le stockage et rangement.

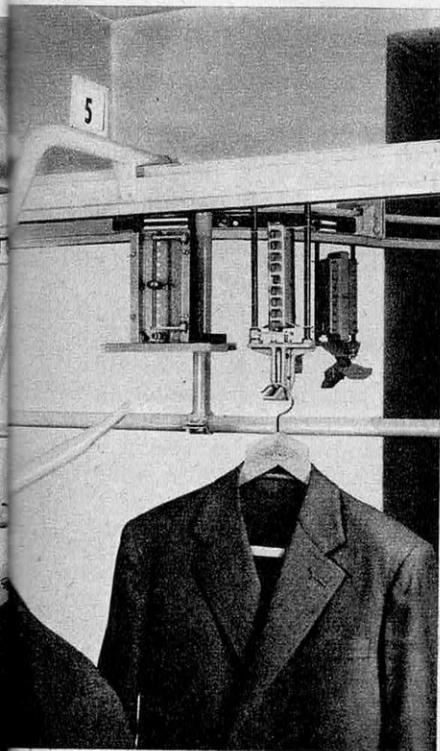
Le déstockage, qui consiste, après sélection d'un produit parmi plusieurs types de produits entreposés, à l'extraire puis à l'acheminer

vers un point de regroupement, sera provoqué par la lecture de cartes ou bandes perforées. Chez Colgate-Palmolive, aux États-Unis, le déstockage des 72 articles (sur 237) de grande consommation, représentant 80 % du volume des commandes et 75 % du chiffre d'affaires, est traité automatiquement; l'unité d'extraction y est le colis, caisse-carton dont les dimensions sont comprises entre  $125 \times 178 \times 152$  et  $457 \times 457 \times 203$  mm.

Le détail de chaque commande (chargement) parvient au magasin sous la forme d'un paquet de cartes perforées pour les produits à déstockage automatique, et de bons de sortie pour les autres produits. Le préposé aux sorties place les cartes dans un lecteur et procède aux sorties manuelles pendant que s'effectue l'extraction automatique des produits identifiés par la lecture des cartes; tous ces produits s'acheminent ensuite, guidés par un bac de routage, vers le quai de chargement désigné.

Préparer les commandes de détail dans un grand entrepôt à vin, c'est-à-dire extraire à raison de 2 400 unités à l'heure les caisses de boissons stockées sur des rampes à rouleaux libres et les acheminer vers un poste de palettisation automatique, ou encore préparer les livraisons dans une grande minoterie, c'est-à-dire extraire et ensacher les farines, extraire les sacs d'issues et les acheminer vers un quai de





chargement, sont autant de problèmes similaires à celui résolu dans l'exemple ci-dessus; on y exploite comme données-programme les documents produits par le service mécanographique directement à partir des documents commerciaux ou comptables.

Dans certains cas, la préparation exige, comme ci-dessus, de regrouper des produits prélevés en différents points d'un magasin; dans d'autres cas, elle exige un tri dans une suite d'objets.

Pour résoudre ce dernier problème, les informations seront manipulées parallèlement aux manipulations des produits à trier; cette manipulation d'informations, simulant en fait celle des produits, s'effectuera par l'intermédiaire de mémoires accompagnantes, ou dans une mémoire centrale synchrone: registre à glissement ou à empilement, mémoire rotative, etc. L'information sera lue simultanément au passage du produit qu'elle concerne à proximité des points de divergence du circuit de manutention; un choix sera ainsi opéré automatiquement entre les différentes destinations.

Un équipement de ce genre, avec mise en sac de groupage des colis triés, dit « Patrick 1 », fonctionnait dès 1958 à la gare de Paris-Nord; la simulation était assurée par une mémoire à palettes; ce sont des mémoires à billes qui assurent le stockage de l'information et la simu-

lation pour le tri des colis à la gare de Paris-Austerlitz et le tri et l'acheminement des bagages à l'aéroport d'Orly; c'est un registre électronique à glissement qui est utilisé comme mémoire de simulation pour le tri des sacs postaux à la gare de Paris-St-Lazare.

S'il s'agit de produits pulvérulents ou granuleux stockés en vrac, des équipements automatiques procéderont à l'extraction et à l'ensachage; si, comme il est de plus en plus fréquent, le transport s'effectue par charges unitaires, en containers ou sur palettes, cette palettisation sera elle-même automatique; tout produit se présentant sous une forme géométrique régulière est en effet palettisable et des équipements spécialisés ont été mis au point pour les caisses-carton, les fûts, les sacs de farine, les caisses de bière, etc.

Une fois les lots de produits constitués, il faut les acheminer vers les quais de chargement; là encore, tous les moyens mécaniques de manutention ont été automatisés; certains moyens ont même été créés pour cette seule fonction, tel le train de wagonnets à guidage par fil conducteur noyé dans le béton des pistes. Chaque locotracteur est muni d'un dispositif d'affichage des différentes destinations et des arrêts.

L'industrie des transports et la distribution sont avant tout de vastes entreprises de manu-



tention; les exemples y sont trop nombreux et variés pour seulement tenter d'épuiser le sujet; cela va de l'automatisation des manutentions du vrac au nouvel appontement minéralier de Gênes — 1 200 tonnes/heure de charbon, 1 500 tonnes/heure de minerai de fer, 4 minutes pour acheminer une benne de la soute au parc — au chargement automatique des containers spéciaux à bagages sur Boeing 707 qui permet de décharger et recharger complètement le compartiment à bagages en moins de 15 minutes.

Cessons cette énumération et terminons par une activité qui intéresse tous les secteurs précédents sans exception.

## L'information et la documentation

Par la mécanisation et l'automatisation, les processus de production et de distribution sont accélérés et l'homme doit, pour gérer des activités au rythme souvent vertigineux, être informé vite et bien. On doit, dans bien des cas, pouvoir analyser rapidement l'échantillon d'une production en cours et, aussi rapidement, en répercuter les résultats en différents points de l'établissement.

Un laboratoire aussi judicieusement implanté que possible sera malgré tout éloigné de certains points, aussi verrons-nous se multiplier les réseaux complexes de transporteurs pneumatiques: dans la sidérurgie, où les aciéries Sollac, à Sérémainge, disposent d'un réseau complexe pour le transport des éprouvettes; dans l'industrie du papier également, où les papeteries Darblay à Essonnes, qui occupent 45 hectares, utilisent ce moyen pour acheminer les échantillons et communiquer les résultats des essais aux ateliers.

Ce transport d'échantillons dans l'industrie n'est pas, et de loin, l'affectation principale du tube pneumatique; celui-ci est utilisé à la bi-

**Schéma de la circulation des matériaux dans l'installation de préparation des agrégats à béton pour l'aménagement de la chute de Grandval.**

1. Trémie de recette. - 2. Alimentateur vibrant et précribleur. - 3. Concasseur. - 4. Lavage. - 5. Crible. - 6. Rinçage des produits classés. - 7. Echelle à cailloux. - 8. Trémie. - 9. Alimentateur-doseur. - 10. Classeur. - 11. Décanteurs à raclettes. - 12. Sables. - 13. Broyeur. - 14. Pompe. - 15. Reprise par convoyeur. - 16. Reprise par camions. - 17. Convoyeurs.

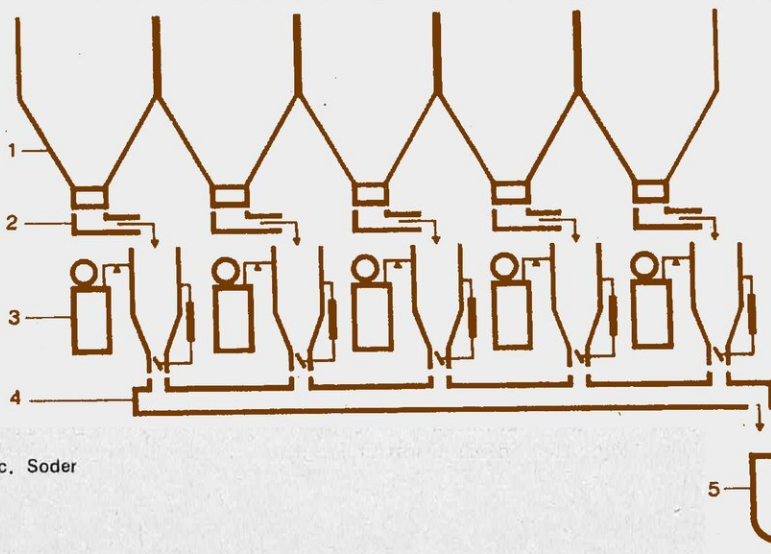
bliothèque Ste-Geneviève à Paris pour l'acheminement des fiches de demande du central aménagé à proximité de la salle des catalogues aux sept niveaux de rangement des documents; les aiguillages commandés par électroaimant se mettent automatiquement en position selon les indications données par la station de départ. Le tube est également utilisé dans les hôpitaux pour le transport des éprouvettes, des médicaments, des ordonnances.

Dans un hôpital de Marseille, l'installation compte environ 55 postes départ-arrivée pour tubes de 100 mm; chacun des postes dispose d'un cadran téléphonique qui lui permet de composer l'indicatif du poste destinataire; cette information est stockée dans une mémoire à billes qui commande, lors du passage de la cartouche au central, son transfert automatique du tube « origine » à l'un des tubes « destination ». A l'hôpital de la Cité universitaire de Paris, 6 lignes de 100 mm desservent 37 postes, l'affichage s'effectuant également à l'aide d'un cadran téléphonique.

Le tube sert, comme on le sait, pour le transport du courrier, mais il est également utilisé pour l'acheminement de dossiers complets ou de marchandises à l'aide de cartouches parallélépipédiques de 250 mm au carré de base, admettant des charges de l'ordre de 15 kg.

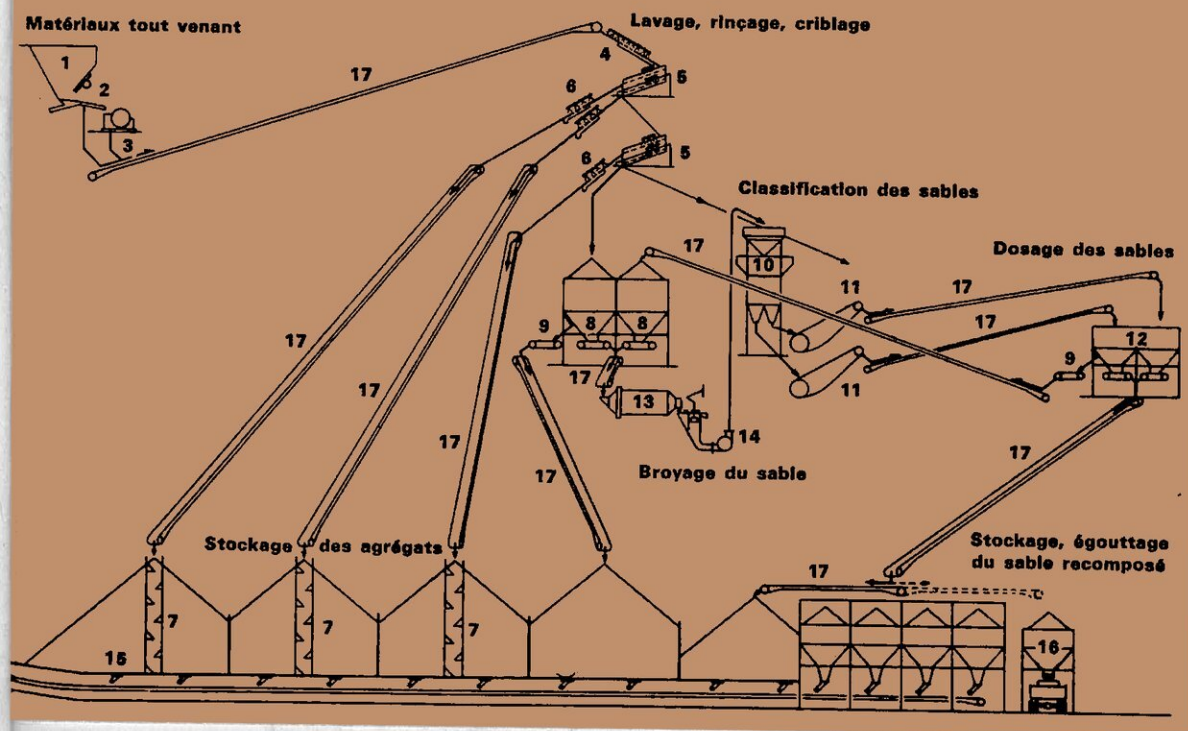
**Schéma d'une installation entièrement automatique de pesage de charges et de transport dans l'industrie du verre.** Sous les silos à matières premières, des extracteurs alimentent les récipients de pesage dont les clapets de sortie sont à commande électropneumatique; sous eux, le collecteur assure le transport vers le récipient qui amènera la charge complète au mélangeur.

1. Silos. - 2. Extracteurs. - 3. Balances de précision. - 4. Collecteur. - 5. Récipient d'évacuation.



Doc. Soder





Doc. Babbittless

Le téléaffichage des départs et arrivées à l'aéroport d'Orly constitue un très intéressant exemple de manutention de documents d'information; l'étendue du bâtiment et la diversité des services auxquels ont affaire les voyageurs, imposent plusieurs points d'affichage.

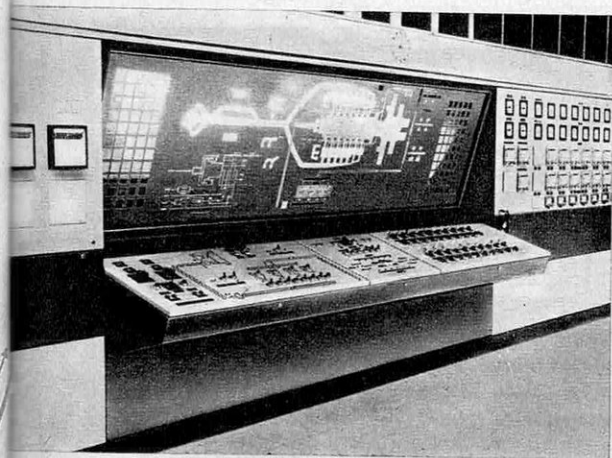
Pour les départs :

- un tableau central en un point de passage obligé comportant toutes les indications utiles aux prochains départs;
- un répéteur du tableau général dans la partie sous douane;
- un tableau particulier à chaque porte, indiquant le départ auquel elles donnent accès.

Pour les arrivées :

- un affichage côté bagagiste au-dessus de chaque banc de livraison;
- un affichage côté public, répétant le précédent.

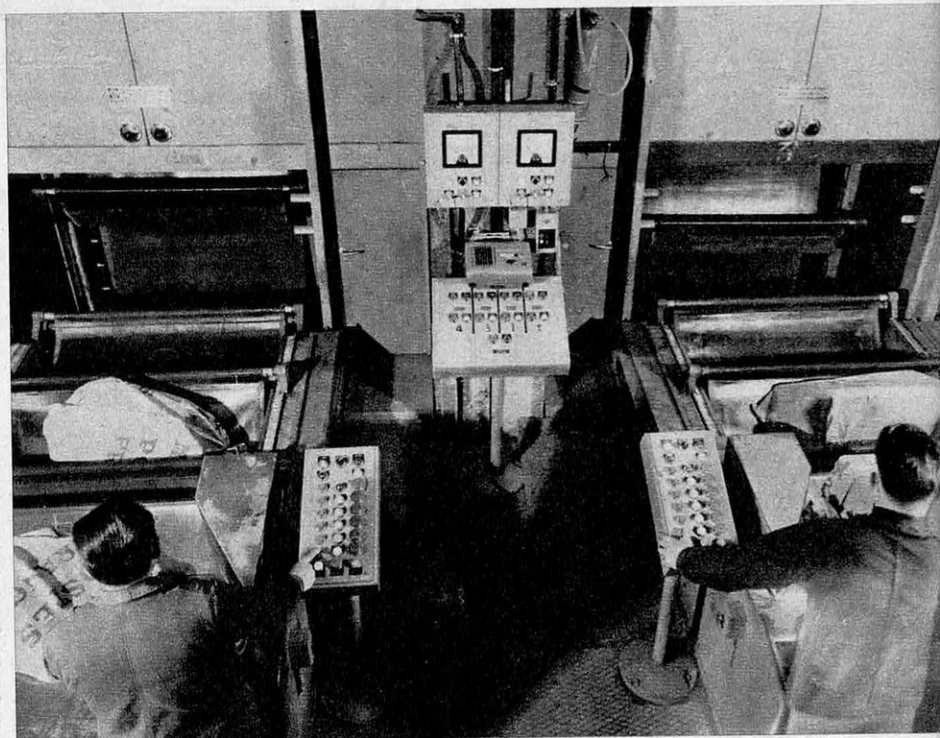
Ces affichages sont réalisés par fiches perforées en clair de  $125 \times 75$  mm placées devant un foyer lumineux. Ces fiches, frappées en plusieurs exemplaires simultanément, dont une fiche témoin, sont acheminées par tube pneumatique plat, un pli à l'extrémité de la fiche formant joint d'étanchéité; la fiche témoin, placée en un point d'un synoptique au poste central, commande les aiguillages d'expédition et d'évacuation ainsi que le glissement des fiches



Le tableau synoptique et le poste de commande de l'installation de fabrication de verre à vitres de l'usine d'Aniche de la C<sup>e</sup> de Saint-Gobain. Elle comprend essentiellement un four de fusion long de 62 m, contenant 2 400 tonnes de verre en fusion à  $1\,540^{\circ}\text{C}$  et capable de délivrer plus de 220 tonnes de verre à vitres par jour. Le four fonctionne nuit et jour sans arrêt, les flammes des brûleurs à mazout passant du côté droit au côté gauche pendant 20 minutes et du côté gauche au côté droit pendant les 20 minutes suivantes, l'inversion s'effectuant automatiquement suivant un cycle complexe, avec régulation de toutes les grandeurs (débit de fuel et d'air, pression, niveau du verre, etc.) conditionnant le régime de marche. Toutes les annexes: trémies peseuses de convoyeurs d'alimentation, machines d'étiage, etc., sont contrôlées à distance.



Le poste d'affichage de l'installation de tri des colis postaux à la gare de Paris-St-Lazare. Les sacs sont acheminés par un pater-noster à godets et l'information concernant la destination est mémorisée dans un registre électronique à glissement.

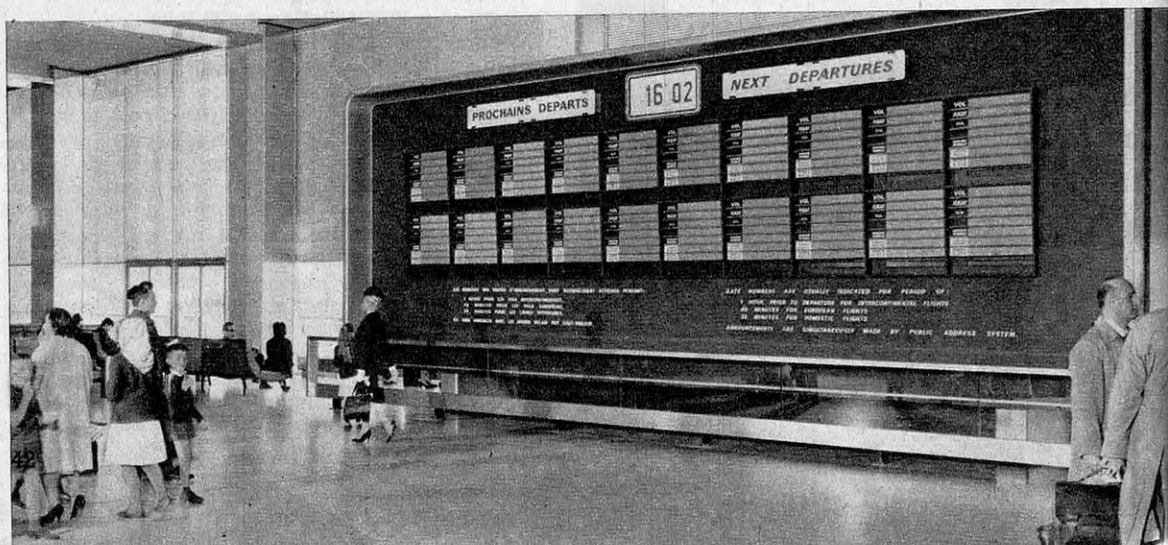


G. E. C. I.



## TÉLÉAFFICHAGE A ORLY

A l'aéroport d'Orly, le téléaffichage des horaires s'effectue par projection sur des écrans translucides de cartes perforées 125 x 75 mm du modèle ci-contre, acheminées aux tableaux locaux par tubes pneumatiques plats. Au poste central, en bas, à droite, une carte témoin placée sur le synoptique, commande les aiguillages. A droite, le tableau des bagages « arrivée » côté bagagiste et, ci-dessous, le tableau général dans le hall d'attente, deux des principaux points d'affichage de l'aérogare.





témoins dans ce synoptique; les cartes sont ainsi envoyées jusqu'aux tableaux locaux (144 points de destination, distances 300 à 400 m) où elles se positionnent dans un passe-vues entre deux glaces; un contrôle de présence provoque l'allumage d'une lampe et la projection de l'inscription de la carte sur un écran translucide.

Un tel mode de transport par tube pneumatique plat trouve également son application dans l'acheminement des fiches à la nouvelle bibliothèque du Muséum d'Histoire Naturelle.

Parmi les autres moyens de manutention dont nous disposons, le convoyeur aérien à mémoire répartie résoud bien le problème du tri du courrier ou des documents. Le transporteur à bande étroite permet l'acheminement de bureaux à bureaux, à l'aide de chemises spéciales indexées; l'affichage s'y effectue soit par positionnement de petites plaquettes métalliques sur un curseur, soit par un choix judicieux de pochettes de hauteurs différentes. L'élévateur acheminant des bacs prélevés et lâchés automatiquement est utilisé pour l'acheminement de lots importants de documents entre étages. L'affichage des destinations s'effectue sur mémoire répartie pour certains équipements, en mémoire centrale pour

d'autres, comme c'est le cas à la bibliothèque Sainte-Geneviève pour le retour des ouvrages vers les magasins.

\* \*

Ce rapide tour d'horizon, doublement modeste par le nombre d'activités et par celui des exemples donnés pour chacune d'elles, nous a permis de montrer la multiplicité et la diversité des problèmes abordés au titre de la manutention; il nous a également permis de faire apparaître la grande diversité des moyens mis en œuvre pour l'acheminement même des produits: transporteurs en l'air ou au sol, convoyeurs à support fractionné (à balancelles) ou continu (bandes), chariots, élévateurs, etc., et pour provoquer ou modifier les conditions d'acheminement: aiguillages, extracteurs, régulateurs de débit, etc.

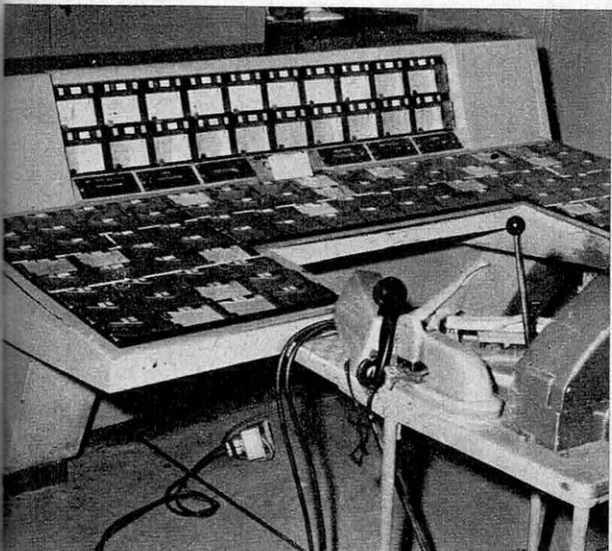
Il nous a permis aussi, mais c'est déjà aller un peu plus loin dans la technologie, de faire apparaître deux écoles pour le traitement et la manipulation de l'information: celle des systèmes à mémoire répartie, celle des systèmes à mémoire centrale.

Dans l'un et l'autre cas, il s'agit de simuler, par une manipulation d'informations, les manipulations de produits, l'information étant lue au moment où le produit accède à un point particulier où une intervention mécanique peut être nécessaire.

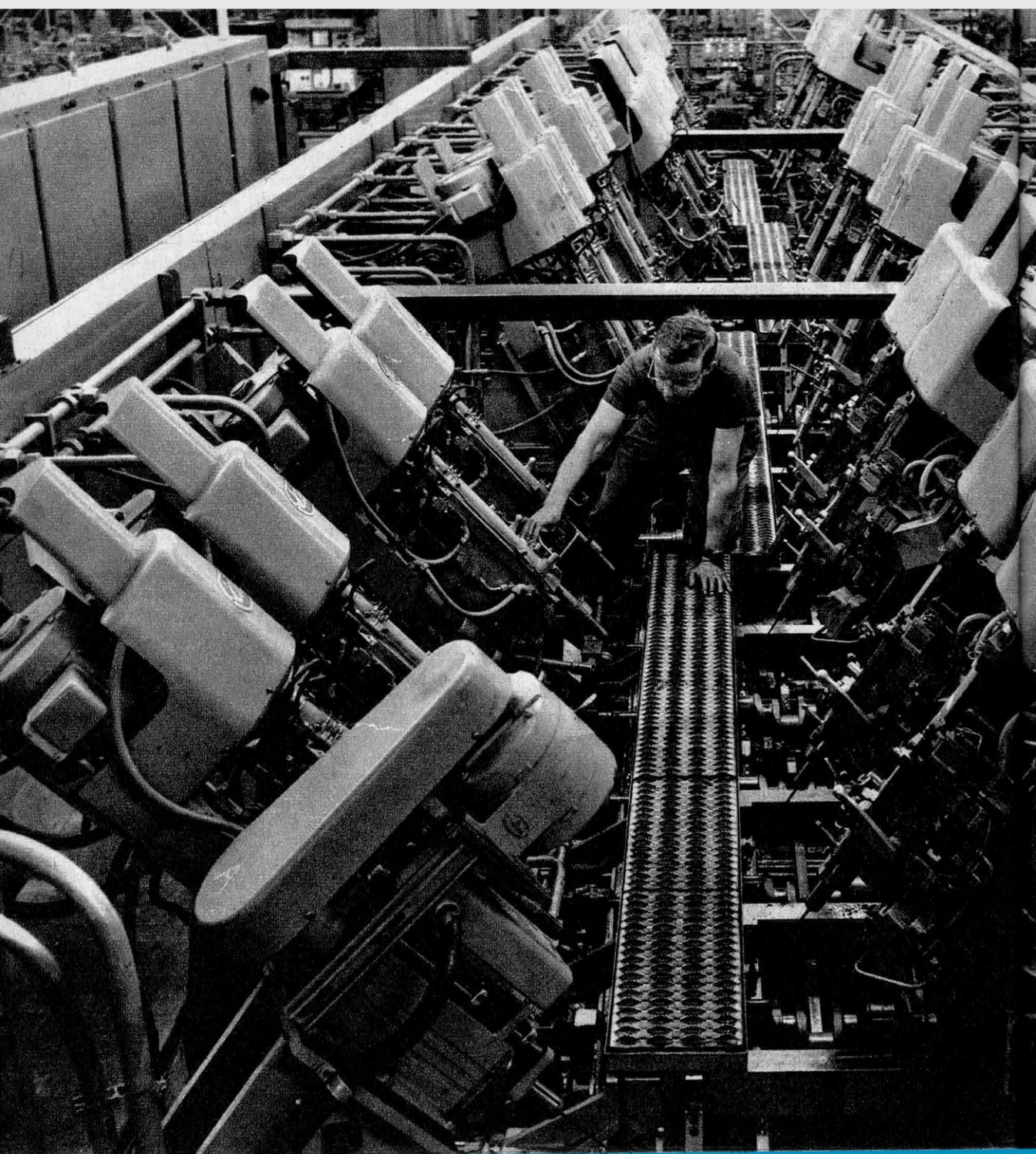
Dans les systèmes à mémoire répartie, chaque produit est accompagné de l'information qui définit son programme d'acheminement; le dispositif de mémorisation est lié matériellement au produit lui-même (touches de peinture sur celui-ci) ou à son support (boîtier d'indexation.)

Dans les systèmes à mémoire centrale, toutes les informations concernant les produits sont stockées dans un organe de mémorisation organisé pour provoquer un cheminement simulant celui des transporteurs ou des produits sur ceux-ci (mémoires mécaniques rotatives à billes, mémoires mécaniques rotatives à palettes, registres électromécaniques ou électroniques à glissement ou à empilement, etc.).

Après cette petite incursion dans la technologie des moyens, nous concluons en résumant en quelque sorte les observations du début, à savoir que, par son caractère d'universalité et par l'identité des problèmes qu'elle pose, quelle que soit l'activité en cause, la manutention est un puissant promoteur en matière d'automatisation de processus; non seulement elle contribue à son essor, mais dans bien des cas elle est le point de départ d'une modernisation des moyens ou même encore l'unique terrain d'intervention possible en matière d'accroissement de la production et de la productivité.

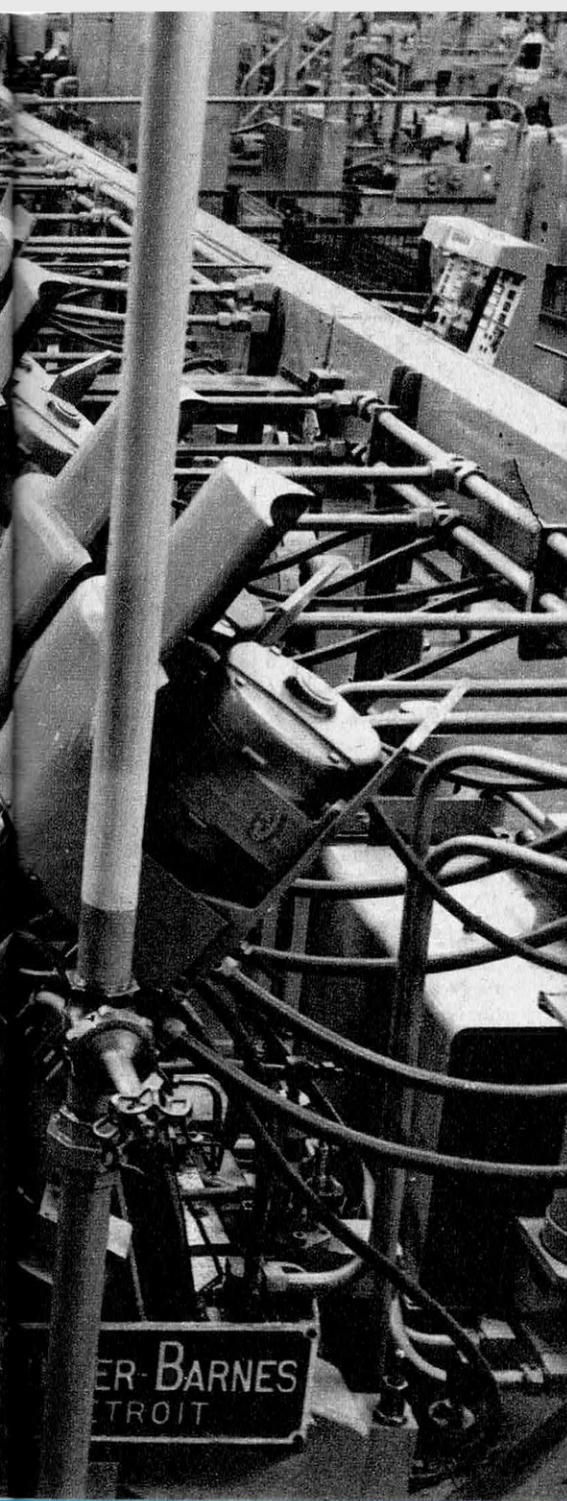






# Machines-Outils





Une machine-transfert, longue de 16 mètres, aux usines Ford de Lima, intégrant unités de fabrication et unités de contrôle, pour le perçage des canalisations de graissage dans les vilebrequins des moteurs de camions.

**D**isons tout d'abord, pour ceux de nos lecteurs qui ne fréquentent pas l'atelier, ce qu'est une machine-outil, ou plutôt ce qu'elle n'est pas.

Une grue n'est pas une machine-outil, une bétonnière, un métier textile, un laminoir, un mélangeur, une moissonneuse non plus.

Les machines-outils sont des machines, entraînées par des moteurs, qui se distinguent par le fait qu'elles animent un outil qui épluche la matière ou la déforme, et produisent ainsi, à partir d'un élément brut, une pièce finie. Ces pièces : engrenages, axes, joints, éléments de carrosserie..., sont en général métalliques : de fonte, d'acier, de bronze, d'aluminium.

Curieusement, la presse à injection qui « pond » chaque jour quelques milliers de corbeilles à pain en matière plastique n'est pas une machine-outil ; elle moule un produit semi-liquide, elle n'usine pas. Le moule, par contre, pièce d'acier spécial, précise, délicate, est usiné par des machines-outils.

Le tour est une machine-outil. On installe sur sa « broche » tournante une barre brute, on embraye le déplacement de l'outil qui plonge dans la barre, soulève un copeau et usine un cylindre, une pièce de révolution.

Une perceuse est une machine-outil. (La chignole portable que possède chaque bricoleur pourrait être classée dans la catégorie lorsqu'elle est motorisée, mais on réserve le terme « machine-outil » aux appareils non portatifs.)

La fraiseuse qui taillait les clés naguère, et la brocheuse qui la remplace maintenant, l'aléseuse qui « réalèse » les blocs-cylindres, font partie de la famille. La presse qui frappe les pièces de monnaie, celle qui emboutit les cuillères et fourchettes sont aussi des machines-outils, comme le « mouton » qui, à l'aciérie, forge les blocs après la coulée.

S'il est évident que monte-charge, rotative d'imprimerie, convertisseur Bessemer et se-

# et automatisme

par Michel Barba



moir mécanique sont des « machines », mais ne sont pas des machines-outils, que dire du coupe-racines et du bulldozer qui taillent, avec des outils, l'un la betterave, l'autre les collines ? Ils n'appartiennent pas non plus à la caste ; bien qu'ils « usinent » en quelque sorte des éléments bruts, ils ne produisent pas de pièces, et cela suffit à les exclure.

Le public ne les voit jamais, ces perceuses, mortaiseuses, raboteuses, tours verticaux et machines à pointer. Il faut pour cela aller leur faire visite dans les ateliers où elles travaillent enfermées, scellées au sol, cachées comme les forgerons de Vulcain sous le volcan.

Presque aussi secrètes que les machines-outils sont les pièces qu'elles produisent : bien peu sont entre nos mains, la plupart sont assemblées, telles les pièces d'un moteur ou le mécanisme d'une montre ; seul l'appareil monté nous est apparent.

Une race de machine travaille en enlevant la matière sous forme de copeau, comme nous pelons un fruit (tour, taraudeuse, brocheuse...) ou comme nous râpons une carotte (machine travaillant par meule : rectifieuse, affûteuse). Une autre race « forme » les pièces : presses à forger, cisailles, plieuses, presses à emboutir, à découper, à estamper.

Un pays moderne a besoin d'environ 3 000 types différents de machines-outils, ce chiffre ne prenant pas en compte les variantes d'équipement, d'accessoires, montées sur deux machines identiques. L'Union Soviétique, qui porte un effort considérable sur la production des machines-outils, en fabrique 2 000 types de base, malgré son souci de rationalisation et de concentration. En outre, elle se voit obligée d'en importer de grosses quantités, faute de trouver chez elle tous les types dont elle a besoin.

Dans ce maquis infiniment ramifié, le choix des modes de travail : formage ou enlèvement

de copeaux, machines automatiques ou semi-automatiques, travail à l'outil, à la meule, à l'ultrason, à l'électro-érosion, est conditionné par de multiples facteurs : emploi des pièces, matière, précision, quantité à produire.

Au fil de l'évolution des techniques, un procédé d'usinage remplace l'autre, puis on revient au précédent, puis une matière nouvelle appelle un type d'outil nouveau, qui induit la construction d'une machine nouvelle, dont on découvre, par hasard, une application imprévue. Marche zigzagante du progrès technique, évolution pendulaire des technologies.

## Automatisme et motorisation

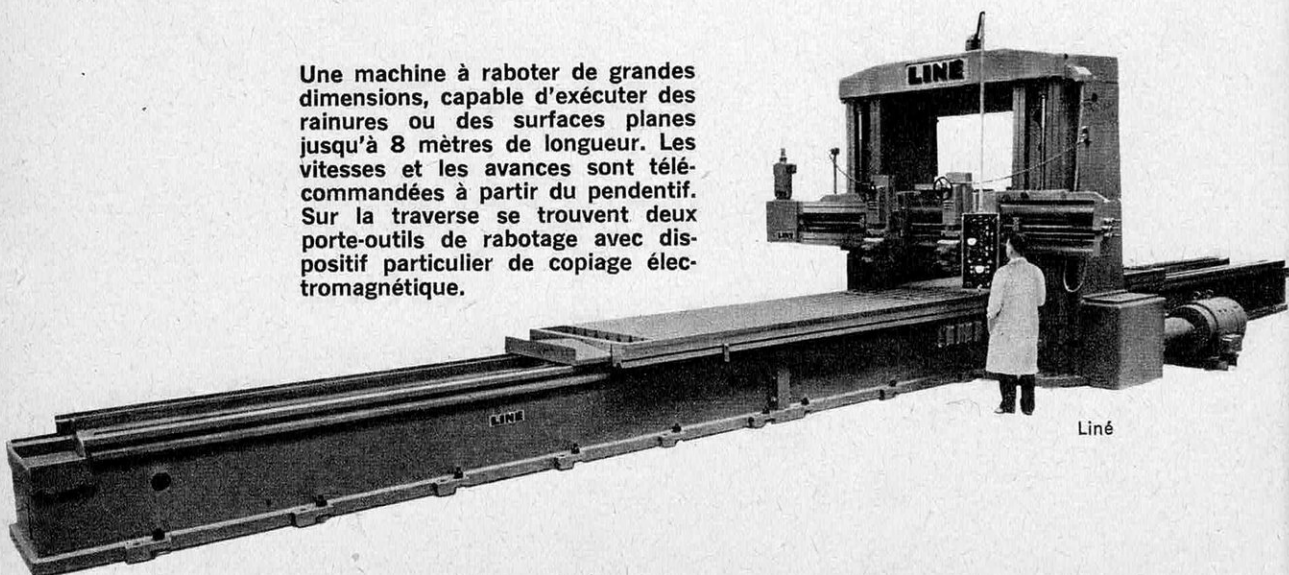
Entre le marteau manié par le forgeron et la matrice de la presse qui vient former l'acier porté au rouge, il n'y a que le remplacement de l'énergie musculaire de l'homme. Il n'y a pas automatisme, pas plus que n'est automatisé le travail du fraiseur qui détermine les avances de travail de la table de sa machine, choisit la vitesse de rotation de sa fraise, place la pièce sur la table et appuie sur le levier pour mettre la fraiseuse en route.

C'est un moteur électrique qui fournit, par l'intermédiaire de commandes mécaniques : engrenages, crémaillères, arbres et vis-écrous le travail nécessaire à l'arrachement des copeaux.

Certes, le remplacement des muscles du tourneur antique sur son tour à archet ou son tour de potier par la machine à vapeur ou, plus tard, le moteur électrique augmente, sans limites déterminables, les possibilités d'usinage de pièces géantes, diminue les temps nécessaires à l'enlèvement de tonnes de copeaux et autorise des rapidités d'exécution inimaginables voici un demi-siècle.

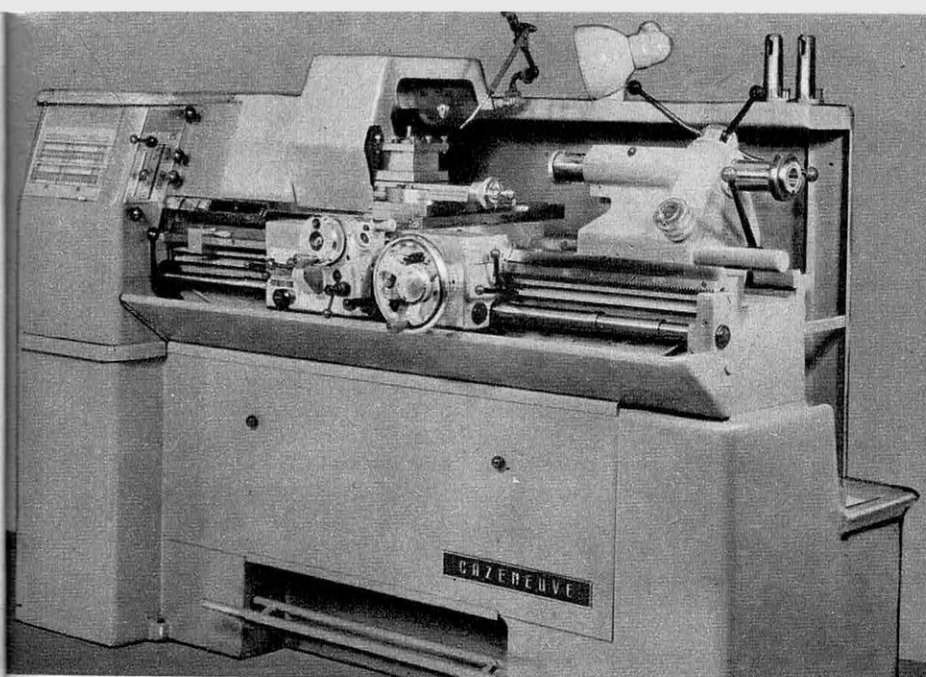
Il en est de même de la motorisation des

Une machine à raboter de grandes dimensions, capable d'exécuter des rainures ou des surfaces planes jusqu'à 8 mètres de longueur. Les vitesses et les avances sont télécommandées à partir du pendentif. Sur la traverse se trouvent deux porte-outils de rabotage avec dispositif particulier de copiage électromagnétique.



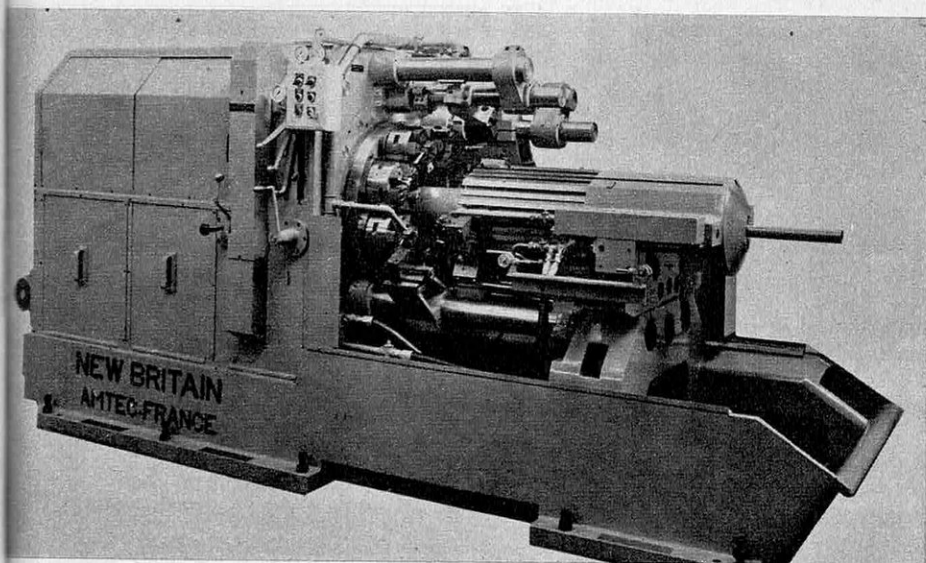
Liné





Cazeneuve

◀ Un tour parallèle, à chariotier et fileter, machine-outil non automatisée d'usage général, destinée à produire, soit à l'unité soit en petites séries des pièces de forme cylindriques ou de révolution.



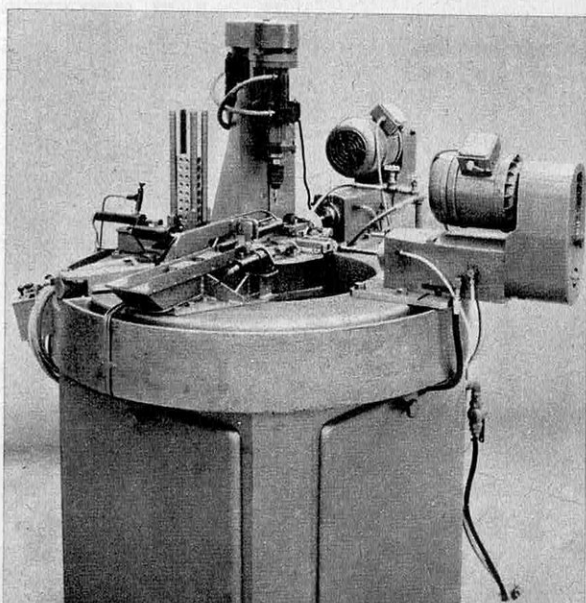
Amtec-France

◀ Tour automatique à mandrin à 8 broches. Cette machine, utilisée pour les pièces tournées en très grande série, réalise le transfert des pièces d'un poste d'usinage à l'autre par le pivotement automatique du barillet portant les 8 broches. Elle représente en quelque sorte huit tours automatiques fondus en un seul.

Une petite machine-transfert spéciale bâtie en éléments, assurant par commande oléo-pneumatique l'alimentation et les phases successives d'un cycle d'usinage automatique.

mouvements dits « rapides » : mouvements des éléments de machines-outils permettant la mise en place de la pièce et de l'outil pour procéder aux opérations de coupe ou de formage. Ces mouvements-là ne s'effectuent plus à l'aide de volants ou de leviers manuels. L'ouvrier n'a qu'un bouton électrique à manipuler pour les enclencher. Mais toutes ces fonctions, appelées couramment « avances automatiques », « déplacements automatiques » ne sont que « motorisés » et l'adjectif « automatique » y est appliqué à tort.

Pour qu'il y ait automatisme dans une machine-outil, il faut que, sans l'intervention humaine, la machine procède à des opérations de mise en place, qu'elle commence seule son



König-Automation

travail, s'arrête lorsqu'il est achevé, au besoin évacue la pièce finie, etc.

Il n'y a automatisme que lorsque l'homme quitte son rôle d'opérateur pour celui de surveillant, même si la fonction d'opérateur ne réclame pas d'énergie musculaire directement employée à fabriquer la pièce.

## Les deux automatismes

Dès son enfance (1840-1870), la machine-outil s'est intégrée des automatismes. Quoi de plus naturel qu'un engin, libre de toute routine, tout d'acier, de fonte, de pignons et de glissières métalliques, songe immédiatement à utiliser ces mécanismes mêmes pour enchaîner des opérations, reproduire des mouvements identiques, répéter des successions de phases de travail?

Dès la guerre de 1870, bien avant l'automobile, l'aviation, le téléphone, il existait des « tours automatiques ». Ces machines exécutaient une pièce de révolution en faisant intervenir, sur la même zone d'une barre tournante, successivement ou simultanément, un certain nombre d'outils de coupe dont l'un « chariotait » (exécuter un cylindre d'axe parallèle à celui de la barre et de diamètre plus petit), l'autre faisait un filetage, un autre plongeait une gorge, tandis que le dernier « tronçonnait », c'est-à-dire détachait de la barre la pièce finie et la laissait tomber dans le bac de la machine. Le programme d'intervention des outils, leurs courses longitudinale ou radiale, le pas du filet était les mêmes d'une pièce à l'autre et les rendaient toutes identiques. Il s'agit là d'un programme répétitif, rigide, en

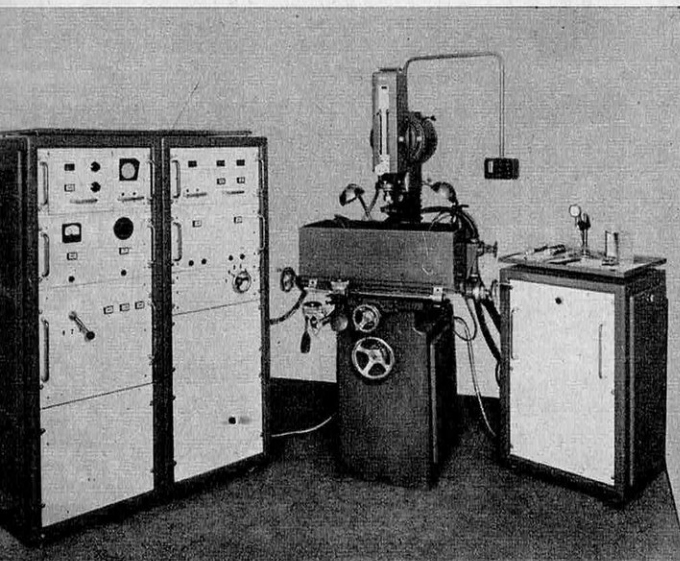
général réalisé à partir de cames, de butées fixes et de ressorts.

Bien entendu, sur le tour automatique, il faut pousser la barre d'une longueur égale à celle de la pièce finie, lorsque celle-ci est tombée, pour que la zone suivante de cette barre soit soumise à son tour au cycle d'usinage automatique.

Cet automatisme de l'usinage, automatisme de séquence, qui inclut la notion de précision des mouvements, de répétition, de vitesse, ne remplace pas un acte humain. Les pièces fabriquées sur machines-outils n'étaient pas fabriquées auparavant, ou bien, si elles l'étaient, n'étaient pas produites par l'homme dans des conditions transposables. L'exécution d'un engrenage à la main, à l'aide d'une lime, ne se compare pas au taillage des dents de ce même engrenage par une machine automatique travaillant avec un « couteau de taillage », reproduisant la courbe de la dent à l'aide d'une cinématique mécanique.

Le type d'automatisme d'usinage du « tour automatique » s'est répandu largement dans le monde des machines-outils : fraiseuses à séquence, perceuses automatiques; les modernes machines-transfert ou les machines multibroches qui fabriquent répétitivement plusieurs centaines de pièces de formes compliquées par heure (automobiles de tourisme) ne sont que l'épanouissement de cette automatique de cames et de mécanismes de plus en plus précis, de plus en plus compliqués, dont le premier exemple est le mouvement d'horlogerie. Nous reprendrons ce sujet plus en détail tout à l'heure.

Un autre type d'automatisme a eu un déve-



Fabindus





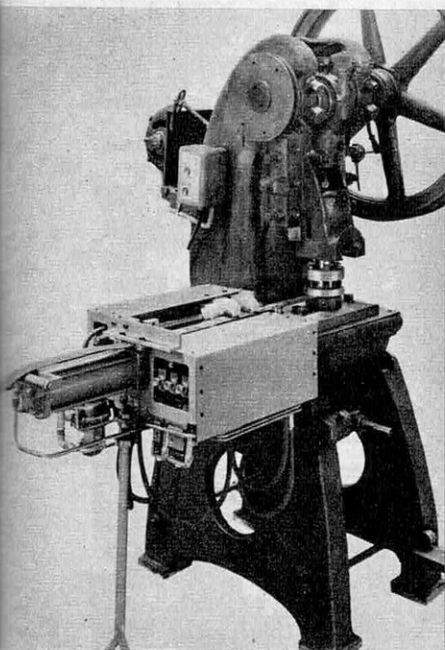
loppement beaucoup plus chaotique et paradoxalement beaucoup plus limité : l'automatisme de chargement.

Nous avons jusqu'ici examiné la pièce dans la machine en cours de façonnage. Mais il a fallu amener la pièce brute sur le poste d'usinage. Il faut évacuer la pièce finie, il faut aussi parfois tourner, orienter, pivoter la pièce pour l'usiner là où il est nécessaire.

La barre du tour automatique avance,

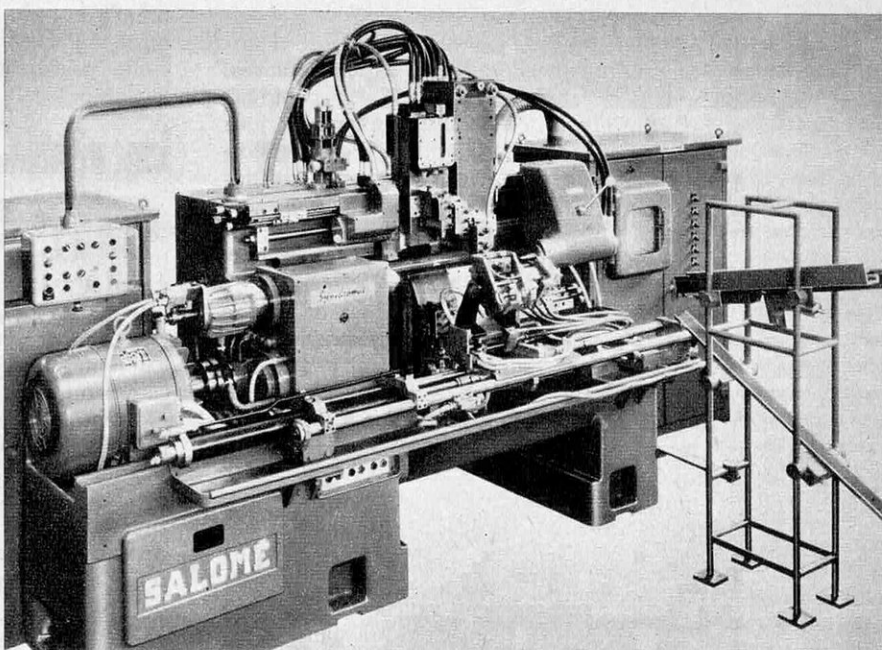
avons-nous dit, pour que s'exécute la séquence sur la pièce suivante, mais le carter en fonte d'un moteur à explosion n'est pas une barre. Pour qu'il soit raboté, alésé, percé, il le faut saisir, retourner, mettre en place, retourner encore.

Chose étrange, alors que les séquences de « coupe » étaient automatisées depuis des dizaines d'années, les opérations de mise en place s'avéraient extrêmement délicates à



**A**

Koenig-Automation



**B**

Salomé Frères

**A** Une presse-stampeuse automatisée: l'alimentation est assurée par un avance-bande comportant le jeu alternatif d'une pince fixe et d'une pince mobile, créé par un circuit pneumatique automatique ; l'avance-bande est commandé par le retour au point mort haut de la presse, et la presse est commandée par la fin de course de l'avance-bande.

**B** Un tour à copier ou à chariotter à outils multiples, dont le cycle d'usinage, entièrement automatique, est obtenu par programmation directe, en introduisant des fiches dans un panneau électrique. Il est ici, de plus, équipé d'un dispositif d'alimentation automatique.

◀ Un nouveau procédé d'usinage : l'électro-érosion. L'outil, au lieu de lever des copeaux comme un couteau pèle une pomme, arrache la matière par un effet d'arc électrique. On peut usiner même les métaux les plus durs et obtenir les formes les plus complexes.

effectuer sans qu'on fasse intervenir l'homme.

Voici un tour automatique multibroche ultra-moderne qui, sans intervention d'aucun opérateur, tourne, perce, profile, taraude 200 pièces compliquées chaque heure et les termine à des précisions de quelques centièmes de millimètre. C'est un chef d'œuvre de force, d'exactitude, de rapidité. Les pièces passent d'une broche à l'autre en moins d'une seconde, les outils interviennent chacun à leur tour, se retirent, calibrent, reviennent. Quel paradoxe de découvrir que ce festival d'automatisation n'est appliqué qu'à l'usinage et qu'un homme, devant la machine, à la main, charge et décharge pièces brutes et pièces finies !

Seules les apparences sont paradoxales. En effet, si l'automatisme s'est glissé tout naturellement dans les opérations de façonnage, il n'aborde que timidement le domaine des manipulations. Songez de quelle intelligence, de quelle finesse est doté cet appareil incom-



parable qu'est la main et ses cinq doigts (voir les problèmes posés par les « manipulateurs » des usines nucléaires).

Armée par l'outil, la main de l'homme est aussi « encombrée » par l'outil. S'il y avait paradoxe, c'est là que nous pourrions le placer : réaliser une surface parfaitement plane est un tour de force pour le burin ou la râpe aux mains de l'artisan, alors que c'est la performance élémentaire de la fraiseuse ou de l'étau limeur ; reproduire par un automatisme le toucher délicat des médecins auscultant un appendice n'est pas encore dans les limites atteintes par la technologie d'aujourd'hui.

Cependant, les 30 dernières années ont apporté quelques développements spectaculaires. Dans les usines d'automobiles, les « chargements automatiques », les convoyeurs, les machines-transfert ont réduit l'intervention de la main. Pour ces productions de grandes séries, non seulement on usine, mais on transporte, on introduit, on met en place, on contrôle les dimensions, on déplace d'une machine à l'autre sans que l'homme s'en mêle.

Les célèbres usines automatiques de roulements à billes sont une des expressions les plus poussées de ce mariage des deux automatismes, celui de l'exécution et celui de la manipulation. Même l'assemblage des roulements, après un tri des pièces, est effectué de manière automatique.

Toutefois, ces exemples se limitent aux industries de très grande série, industries relativement minoritaires dans le monde moderne, et il ne semble pas que ce soit là le sens dans lequel l'automatisme va faire éclater une nouvelle révolution technologique dans l'univers des machines-outils.

## Automatisme et intelligence

A ce point de nos réflexions, l'automatisme, qu'il s'agisse d'usinage ou de préhension, concerne seulement les productions de pièces en énorme quantité.

Si la motorisation a remplacé le muscle, ou plutôt a doté l'humanité de super-muscles, l'automatisme semble avoir remplacé les réflexes, avoir créé une sorte de super-habileté alliée à une résistance infinie à la fatigue : 200 pièces à l'heure, toutes identiques au 1/100 de millimètre près, 24 heures par jour, 365 jours par an. Motorisation et automatisme ont engendré un artisan herculéen, virtuose et toujours au travail.

Cependant, et là va apparaître la charnière entre l'automatisme traditionnel et l'automatisme moderne, ce Vulcain irréprochable possède un énorme défaut : il est stupide. Capable de reproduire indéfiniment les mêmes gestes à une rapidité vertigineuse, il est dé-

sarmé si on lui demande la moindre variante, la moindre correction dans son travail.

La machine-transfert la plus efficace et la plus perfectionnée est incapable de déplacer d'un millimètre le 2<sup>e</sup> trou de fixation du goujon d'un bloc-cylindre. Pour obtenir une telle modification, il faut arrêter la production, démonter la machine, remplacer la tête de perçage, régler le tout, remettre en marche. Du temps que ce bloc-cylindres était percé à la main, un mot du contremaître au perceur aurait suffi.

Il ne s'agit plus là de muscles, de réflexes ni d'habileté, mais d'intelligence. La machine-outil, main géante qui travaille la matière, va-t-elle passer de la condition d'esclave bien entraîné à celle d'artisan inventif ?

## Les programmes

Lorsqu'on parle d'automatisme et d'intelligence, on évoque immédiatement l'ordinateur, l'électronique, le « feed-back » et l'appareil à calculer les trajectoires de Spoutniks. Ces diableries-là ont-elles leur place dans notre rustaude et servile machine-outil ? Oui : cela s'appelle machine-outil commandée par définition numérique.

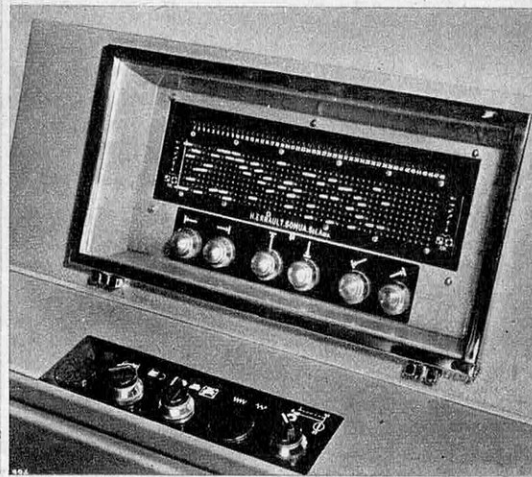
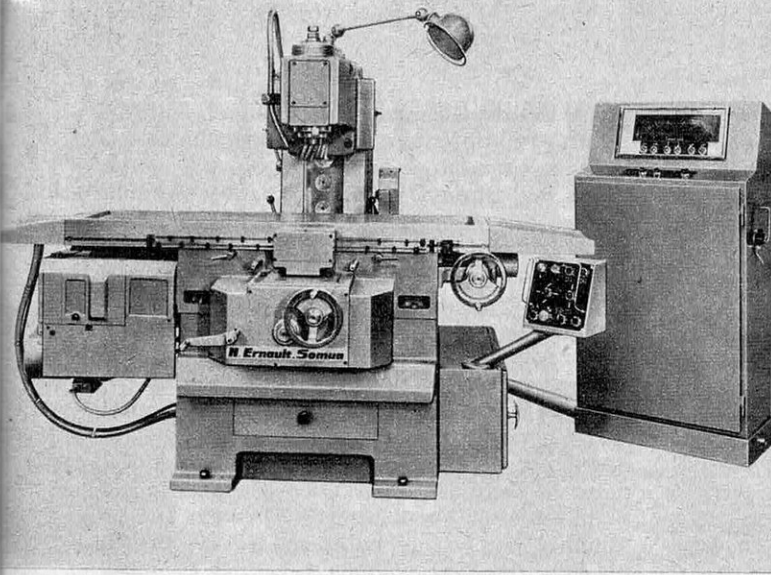
Lorsqu'on parle des automatismes mécaniques traditionnels, on prononce souvent le mot « came ». La came, en elle-même, est un programme, elle est la matérialisation d'une succession d'ordres donnés à une pièce mobile de se déplacer à certaines vitesses, puis de s'arrêter, puis de revenir, etc. C'est le type même du programme rigide, répétitif, séquentiel.

Pour obtenir le même déplacement de la même pièce mobile, remplaçons la came qui poussait cette pièce par un piston dont nous déterminons à chaque instant la position et la vitesse à l'aide d'un flux hydraulique contrôlé. Imaginons que cette commande du flux puisse être modifiée, modulée selon les circonstances ; nous aurons, au lieu du programme rigide, un programme adaptable. Le piston pourrait d'ailleurs fort bien être remplacé par un système vis-écrou et le flux par un moteur électrique à vitesse variable attelé à la vis.

Les progrès dans la technologie de l'électricité, de l'électronique, de l'hydraulique, des électro-vannes, amplificateurs magnétiques et redresseurs, a fait se développer depuis une vingtaine d'années, sur les machines-outils, toute une floraison de programmes par fiches, de tambours-programme, de cycles dits « automatiques », etc. Tous ces vocables, rassemblés sous le néologisme de « machines-outils programmées », couvrent le phénomène suivant :

Dans le cas de production en séries limitées, où l'on veut profiter au maximum de l'automatisme, mais où l'on veut conserver une cer-





Une fraiseuse à commande-programme, machine-outil d'usage général pour la fabrication suivant des cycles automatiques longitudinaux, carrés et cubiques. On voit ci-contre le détail du tableau permettant de préparer rapidement

la séquence des mouvements de la table et de la tête de la fraiseuse en cycle entièrement automatique, les mouvements successifs ainsi enregistrés étant déclenchés par des butées solidaires de ces deux éléments.

taine flexibilité, c'est-à-dire pouvoir produire des pièces différentes sur la même machine et ne pas être obligé de démolir tous les automatismes pour les remplacer par d'autres, la modification du « programme », de l'enchaînement des diverses opérations, peut se faire rapidement et commodément.

Supposons un tour revolver réglé de la manière suivante : 1<sup>re</sup> face de tourelle : tournage à 200 mètres par minute, plongée de gorge; 2<sup>e</sup> face : perçage à faible avance; 3<sup>e</sup> face : taraudage à 5 mètres par minute, etc.

On a terminé une série de 100 pièces et l'on veut exécuter une autre pièce à 200 exemplaires : 1<sup>re</sup> face : perçage et lamage; 2<sup>e</sup> face : exécution de trois gorges; 3<sup>e</sup> face : filetage; etc.

Si la machine est équipée d'un programme, au sens où nous venons de le définir, il faudra, certes, mettre d'autres outils, régler les déplacements des organes pour obtenir d'autres dimensions, mais il suffira de changer des fiches dans un tableau ou de tourner des commutateurs, ou encore de remplacer un ruban de carton perforé par un autre pour que les vitesses de rotation requises, les mises en mouvement des chariots ou des appareils, l'effacement de certains outils soient ceux que demande la nouvelle pièce, dans l'ordre réclamé par cette pièce.

Il va de soi que ce « programme » n'a son application que dans un champ bien déterminé : les séries moyennes. S'il s'agit d'exécuter une seule pièce, la succession des opérations sera commandée par l'ouvrier manuellement; s'il

faut, au contraire, produire 10 millions de pièces identiques pendant 6 ans, la machine automatique à séquence rigide (cames, butées, etc.) sera infiniment plus sûre, moins chère et plus productive.

Précisons que c'est seulement la succession des opérations, le plan général de l'exécution que le « programme » permet de modifier rapidement.

Voici une souplesse, une flexibilité de l'automatisme qui paraît donner quelque esprit à notre robot tout à l'heure réputé stupide. « Programmée », la machine-outil ne répète plus indéfiniment, obstinément, les mêmes gestes, elle peut passer d'un enchaînement à un autre sans démontage, sans modification profonde de sa structure, et sans rester inactive trop longtemps pendant que s'effectue le changement.

Ne la croyons cependant pas devenue un génie intellectuel. Songeons que si l'on demande à la machine d'exécuter la même pièce, dans les mêmes conditions, à ceci près que la pièce doit être de 2 mm plus longue, notre programme n'en peut mais. Notre machine est encore loin de concurrencer l'opérateur qui, s'il reçoit le même ordre : « pièce plus longue de 2 mm », l'exécute immédiatement.

Comment donner à la machine automatique la conscience, non seulement des opérations qu'elle effectue et de leur enchaînement, mais encore des dimensions, des cotes et des précisions qu'elle doit produire?

Comment lui permettre de savoir qu'elle a



percé sur 100 mm de long et la laisser trouver elle-même le moyen de percer sur 105, si 105 apparaît dans ce cas préférable à 100?

La machine suffisamment intelligente pour compter, mesurer, s'arrêter quand il faut, repartir et modifier son comportement si les dimensions changent, existe : c'est la machine à commande numérique.

## La commande numérique

Imaginons que nous devons percer deux trous de même diamètre situés à 50 mm l'un de l'autre. Imaginons que la perceuse possède sa broche porte-foret fixe et que la pièce à percer soit posée sur la table, mobile dans deux directions perpendiculaires à l'aide de deux vis-écrous. Le premier trou étant percé, si nous déplaçons la table de 40 mm dans un sens et de 30 mm dans le sens perpendiculaire, le foret se trouvera à la position voulue pour percer le second trou (l'hypothénuse du triangle rectangle de 40 sur 30 mm a effectivement 50 mm).

Si à chaque rotation des vis de commande la table se déplace de 1 mm dans la direction correspondante, un automatisme qui imposerait à une des vis de tourner de 40 tours et à l'autre de 30 tours réaliserait la mise en position sans intervention de l'opérateur.

Imaginons maintenant que l'on charge négativement une plaque d'un condensateur de 40 microcoulombs et qu'à chaque tour de la vis correspondante une charge de 1 microcoulomb soit envoyée sur cette même plaque. Lorsque la vis aura fait 40 tours, le condensateur sera déchargé.

Si l'état : condensateur déchargé, déclenche l'ordre : arrêter le moteur de commande de la vis, nous avons schématisé une commande numérique de position.

Pourquoi numérique? Parce que l'on a donné des ordres en chiffres et que l'on a dé-

tecté des déplacements en comptant, en chiffrant le nombre de millimètres parcourus.

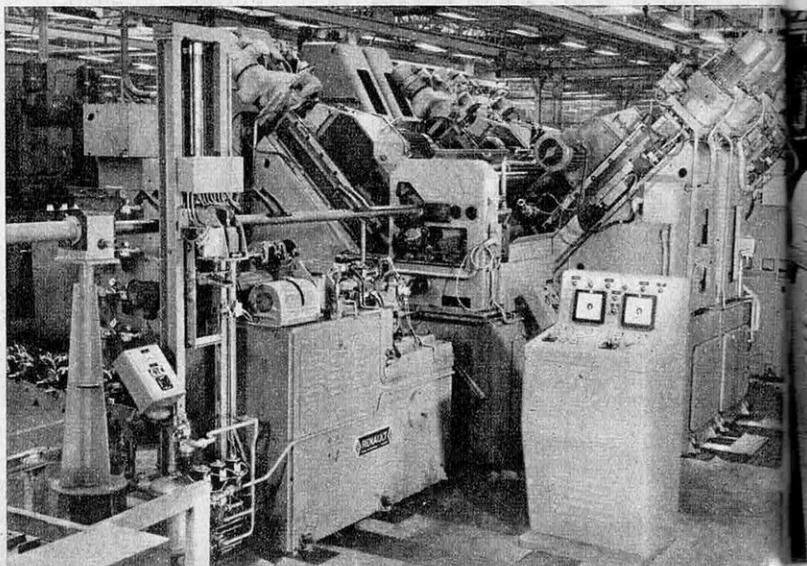
Bien entendu, ce ne sont pas des millimètres, mais des centièmes ou des millièmes de millimètre que l'on compte. Bien entendu, il n'y a pas de condensateur mais un ruban magnétique ou perforé qui emmagasine les ordres; bien entendu, les dispositifs de couplage sont compliqués, précis et variés : cellule photo-électrique sous laquelle défile un moirage, comptage d'impulsions magnétiques, etc.

Bien entendu aussi, débordant le cas simple de l'hypothénuse du triangle rectangle, on peut, en donnant en permanence des ordres aux vis, faire décrire à l'outil coupant un certain « contour » sur la pièce. On peut aussi se donner l'expression mathématique du contour, la faire traduire par une calculatrice en impulsions magnétiques sur un ruban qui donnera les ordres à la machine et fera décrire ce contour par l'outil. Un autre type de calculatrice, interpolant entre quelques points de la courbe, pourra également stocker sur un ruban les ordres qui contrôleront l'usinage, etc.

Rassemblons maintenant sur une machine-outil tous les automatismes que nous connaissons.

Donnons-lui un programme d'usinage : percer trois trous, les tarauder, fraiser une face, puis « contourner » un bossage. Introduisons sous forme de ruban perforé les diverses valeurs des dimensions des usinages et de leurs positions relatives. Sur une piste supplémentaire du ruban, inscrivons les diverses conditions de travail : telle vitesse de rotation pour telle partie de l'usinage, telle avance de travail. Sur une autre piste, ajoutons l'indication du type d'outil employé : foret, taraud, fraise. Adjoignons à la machine un magasin d'outils qui mettra, sur ordre du ruban, le foret, puis le taraud en position de travail à la phase voulue. L'artisan automatique est né : force, habileté, réflexes, mémoire, précision, intelligence.

**La machine-transfert automatique Renault pour l'équilibrage des vilebrequins.** On voit à gauche le système d'alimentation et, au centre, devant l'ensemble complexe d'usinage, le poste d'équilibrage dynamique et de mesure des balourds dont la photographie de droite montre le détail. C'est à ce poste que s'inscrit automatiquement le programme de travail, vilebrequin par vilebrequin.





Si nous concevons à Toulouse une pièce compliquée (d'aviation, par exemple) et que nous voulions la faire exécuter à 3 exemplaires à Coventry (le choix de ces deux villes est purement fortuit), il nous suffit, si l'usine de Coventry possède la machine que nous venons de décrire, d'envoyer par la poste un certain métrage de ruban magnétique. Trois fois introduit dans la machine, le ruban gouvernera, sans l'intermédiaire d'un dessin, sans spécialiste usineur, sans lettre d'accompagnement explicative, l'exécution de 3 pièces rigoureusement identiques, fabriquées rigoureusement dans le même temps et dans les conditions de travail optimales.

## Équilibrage « intelligent » des vilebrequins

Tout au long de cet article, nous avons soigneusement distingué les pièces faites en grandes séries, toutes identiques, stupidement interchangeables, usinées automatiquement sur des machines à programmes rigides répétant éternellement les mêmes fonctions.

L'automobile de tourisme est ainsi fabriquée couramment à raison de 100, 200, 400 véhicules par heure.

Une pièce toutefois se rebelle contre cette uniformité : le vilebrequin.

Bien que forgés dans des conditions de grande précision, usinés à des cotes absolument identiques, sévèrement vérifiés, les vilebrequins doivent être un à un équilibrés avec grand soin, et l'expérience montre que pour qu'ils tournent bien rond et silencieusement, il faut les traiter comme des personnalités différentes et enlever avec précision à chacun, à des endroits différents, des quantités de matière différentes.

Jusqu'à ces dernières années, toute la fabrication des vilebrequins était automatisée, à l'exception de l'opération d'équilibrage. Après

avoir passé la pièce sur une « machine à équilibrer », on notait la zone à alléger et la masse à retirer. On perceait alors un ou deux ou trois trous dans cette zone, non sans vérifier après le perçage que le résultat cherché était bien obtenu.

Depuis quelque temps, la Régie Renault utilise une machine qui produit plus vite des vilebrequins mieux équilibrés en économisant quelque 18 ou 20 opérateurs.

Nous terminerons par une description rapide de cette machine, confluent des techniques actuelles, paradoxale dans la mesure où elle utilise la définition numérique tout en produisant des pièces en grande série, remarquable en tant que préfiguration possible d'un avenir peut-être tout proche.

Il s'agit d'une machine-transfert : la pièce défile devant une succession de postes de travail, elle est mise en position, orientée, présentée à ces divers postes automatiquement, et chaque phase d'usinage se déclenche lorsque la pièce arrive devant l'unité correspondant à l'opération à effectuer.

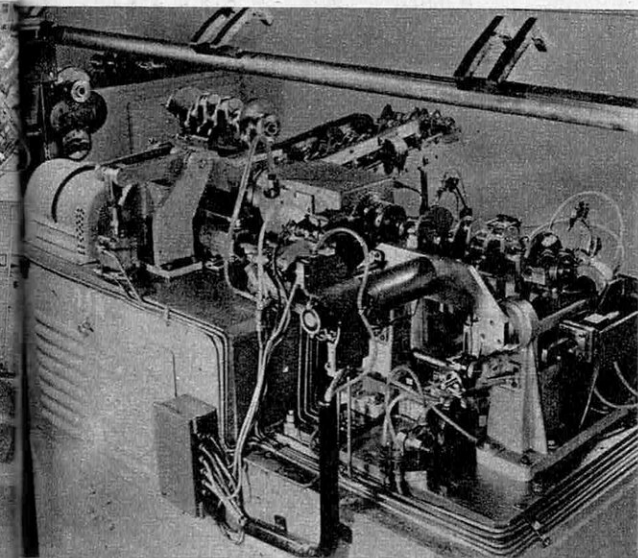
En tête de la machine, un banc d'équilibrage donne la zone à alléger et la masse à enlever. Ces éléments sont notés sur une carte perforée qui va suivre le vilebrequin au cours des opérations et servir à la fois de carte d'identité et de programme de travail pour ce vilebrequin particulier.

Le vilebrequin entre dans la machine ; grâce aux informations stockées dans sa carte perforée, il est présenté sous l'orientation voulue à une tête de fraisage. La fraise avance et plonge dans le vilebrequin. La course en profondeur est asservie aux indications portées par la carte. Cette course est contrôlée numériquement. Le vilebrequin passe à d'autres postes de travail qui achèvent de l'usiner, puis il est contrôlé automatiquement et un nouveau passage sur un banc d'équilibrage confirme que le « balourd » est bien dans les limites imposées par les techniciens du moteur.

C'est même plus compliqué encore, et la machine est encore plus réfléchie que notre description ne le laisse entendre. S'il y a vraiment une quantité importante de matière à enlever, l'on ne peut admettre de tout fraiser au même endroit : on aboutirait à affaiblir la pièce en ce point. Il faut alors répartir les enlèvements de matière et fraiser en 2 ou même 3 endroits.

La machine est suffisamment astucieuse pour mettre en marche une deuxième ou une troisième tête de fraisage si le calcul du balourd, automatiquement effectué au poste initial, a montré qu'il fallait fraiser en plusieurs endroits. La carte en prend note et la machine, docilement, lorsque passe ce vilebrequin-là, avance ses deux ou ses trois têtes de fraisage.

M. B.



# Mesure, contrôle et

Dans toutes les activités humaines, la mesure joue un rôle extrêmement important. Par définition, mesurer, c'est comparer une grandeur à une autre grandeur de la même espèce. La mesure peut s'effectuer sans l'aide d'aucun instrument, ce que montre surabondamment le comportement de l'homme dans sa vie quotidienne; les sens toujours en éveil, il évalue constamment des distances, des volumes, des poids, des températures, des hauteurs de sons, des niveaux de bruit, des intensités lumineuses, des teintes, etc., réglant ses actes sur les indications recueillies, la plupart du temps d'une manière inconsciente.

Mais l'homme est aussi capable, à tout moment, d'affirmer sa volonté d'accroître la précision de ses observations par l'emploi d'instruments de mesure, qu'il réalise de ses propres mains.

## La mesure dans les industries mécaniques

Ce deuxième stade, celui de la mesure consciente, nous fait entrer dans le domaine de la mesure au sens habituel du mot, de la métrologie, que l'on peut définir comme l'art de faire apparaître comme étant très grand un écart inappréciable directement par nos sens.

Il y a pour cela deux procédés :

L'un consiste à changer d'échelle, c'est-à-dire à multiplier la valeur de l'écart sans changer la nature de la grandeur mesurée; ainsi font les comparateurs mécaniques formés d'un

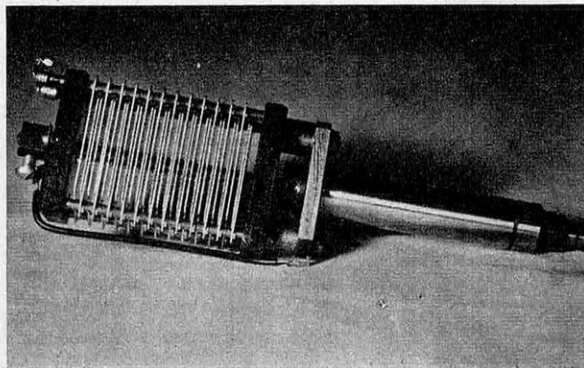
simple bras de levier qui amplifie le déplacement d'une touche.

L'autre procédé fait appel à des transformations d'unités; ainsi la balance traduit par une large élongation de l'aiguille un faible écart entre les masses qui chargent ses plateaux; ainsi un calibre, pour des écarts de quelques microns absolument inappréciables directement par l'homme, exige des efforts plus ou moins grands pour « passer », et surtout « ne pas passer ».

Les automates de contrôle et de fabrication n'utiliseront pas d'autres procédés, car il leur faut aussi constamment mesurer. Leurs appareils de mesure effectueront aussi des changements d'échelle et des transformations d'unités, utilisant pour cela des équipements divers : mécaniques, électriques, pneumatiques ou électroniques suivant la nature du paramètre à mesurer et les conditions d'opération.

## Les impératifs des instruments de mesure

Parmi les qualités d'un appareil de mesure, on cite en premier lieu la *précision*, définie par la norme comme étant la qualité globale de l'instrument, et qu'on confond souvent avec l'exactitude. Précis ne veut pas dire exact. Dire de Napoléon qu'il est mort en 1821 est exact, mais peu précis; dire qu'il est mort le 5 mai 1821 à 6 heures du soir est précis, mais inexact si on en croit l'histoire, car il serait mort 11 minutes plus tôt.



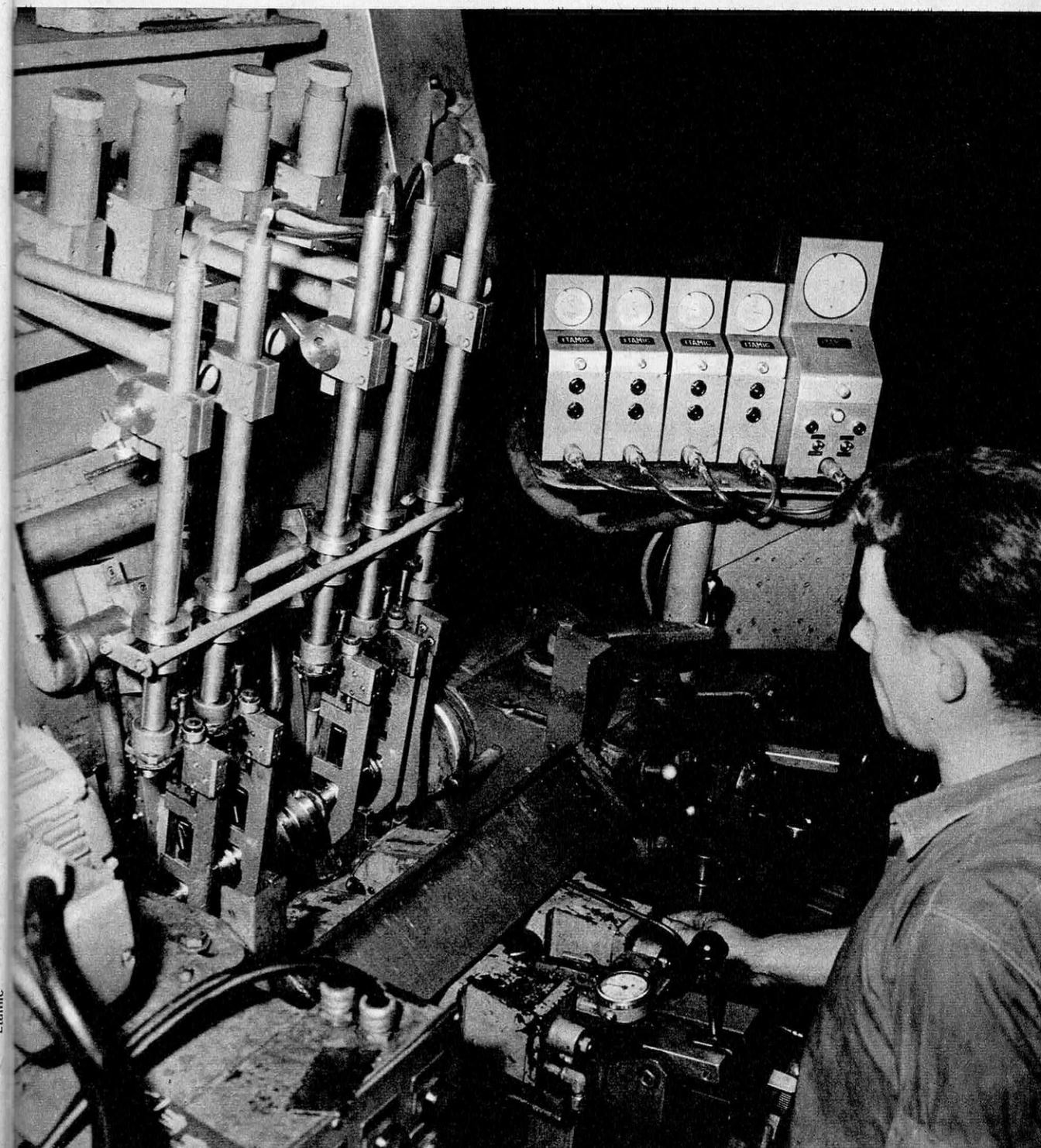
Une tête de mesure capacitive à éléments symétriques : la variation inverse des deux capacités provoque une répartition des tensions proportionnelle au déplacement de la touche. La précision peut dépasser le dixième de micron.

Équipement, sur une rectifieuse cylindrique extérieure, pour le calibrage simultané et automatique des 5 portées d'un vilebrequin.



# tri automatiques

par Pierre Buisson





Dispositif pour le contrôle et tri automatique en 3 classes : bons, mauvais, à retoucher, de sièges de soupapes de moteurs d'automobiles.

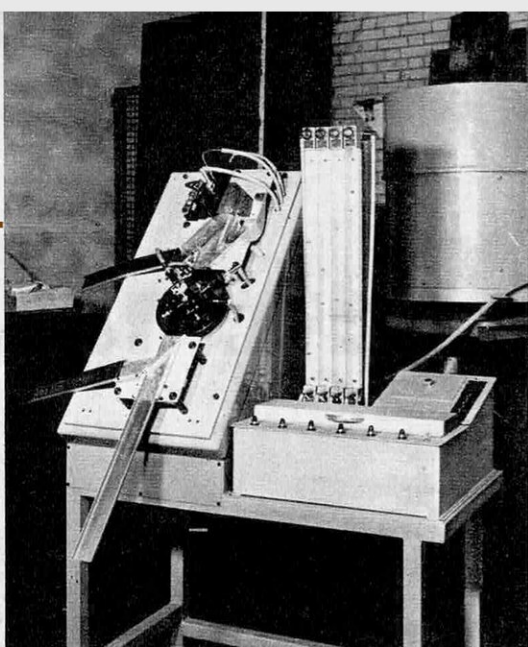
La *sensibilité*, ou plus petit écart décelable, pourrait figurer la précision si l'on était certain qu'il s'agisse d'une variation réelle de la grandeur mesurée. Mais les frottements, qui modifient la pression de mesure d'un palpeur ou freinent les déplacements de l'index de lecture, modifient les indications de l'appareil pour une même grandeur suivant le sens de la variation qui a mené au point d'observation.

L'*amplification* a été pendant longtemps un critère dans tout comparateur à amplification mécanique. Mais un tel appareil se trouve limité par des frottements et l'inertie de l'index qui croît avec le carré de l'amplification, de sorte qu'il faut composer amplification et robustesse.

Les comparateurs qui font appel à une source d'énergie extérieure : pneumatique, électrique, électronique, etc., se trouvent libérés de cette sujétion, si bien que leur amplification peut être amenée à des valeurs extrêmement élevées, sans qu'on puisse pour autant parler de précision.

Enfin la *fidélité*, qui se mesure dans le temps, dépend à un degré élevé des sollicitations extérieures.

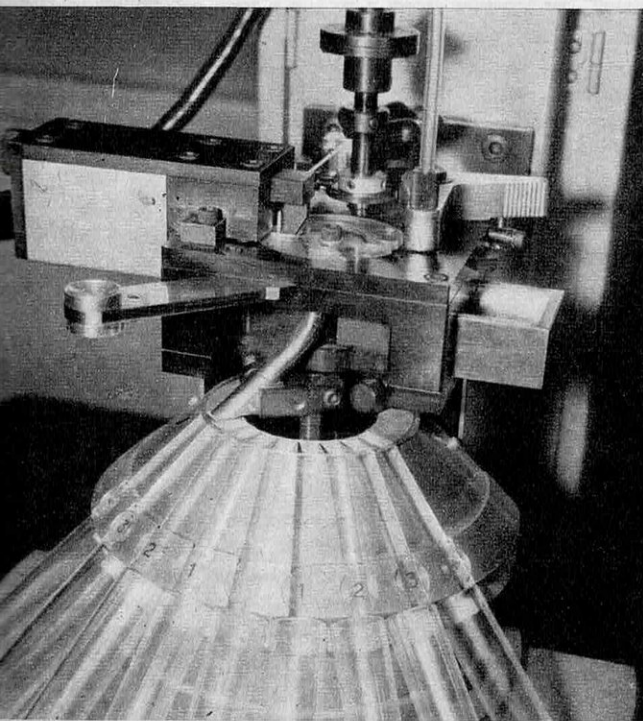
Si bien que la précision qui, pour beaucoup, est un tout, une qualité unique qui englobe toutes les autres, n'est en fait qu'un aspect du jugement à porter sur l'appareil de mesure.



Sté d'Applic. de Métrologie Ind.

Les automates industriels de contrôle ont des exigences particulières concernant une qualité dont on parle généralement peu : le *gain*, c'est-à-dire le rapport de l'énergie disponible à la sortie, sur l'index de lecture ou la commande de l'organe sur lequel il agit, à l'énergie empruntée sur la touche lors de la mesure. Les comparateurs faisant appel à une source d'énergie extérieure ont souvent des gains très élevés, de l'ordre de 100 000 et plus et, pour une même amplification, le gain apparaît alors comme un critère plus sûr de la qualité de l'instrument de mesure. Cependant, avec les équipements électroniques, dans le cas, par exemple, de lecteurs capacitifs, lorsque l'on utilise comme électrode la partie mobile dont on veut mesurer le déplacement, l'énergie empruntée à l'entrée est nulle et donc le gain infini, si bien qu'on ne peut plus définir la qualité de cet appareil.

L'essentiel est que l'appareil de mesure nous fournisse assez d'énergie pour actionner nos automates. Dans leur réalisation, le bon sens commande que le gain soit toujours positif, c'est-à-dire que le niveau d'énergie aille constamment en croissant de l'entrée vers la sortie, avec un nombre d'étages réduits, car ils apportent leurs erreurs propres, la fidélité étant



Ensemble de distribution d'une machine automatique à classer les billes de haute précision : 13 classes de 0,25 micron, cadence 5 000 pièces/heure. La vérification d'une bonne géométrie sphérique s'effectue en répétant plusieurs classements successifs d'un même lot.



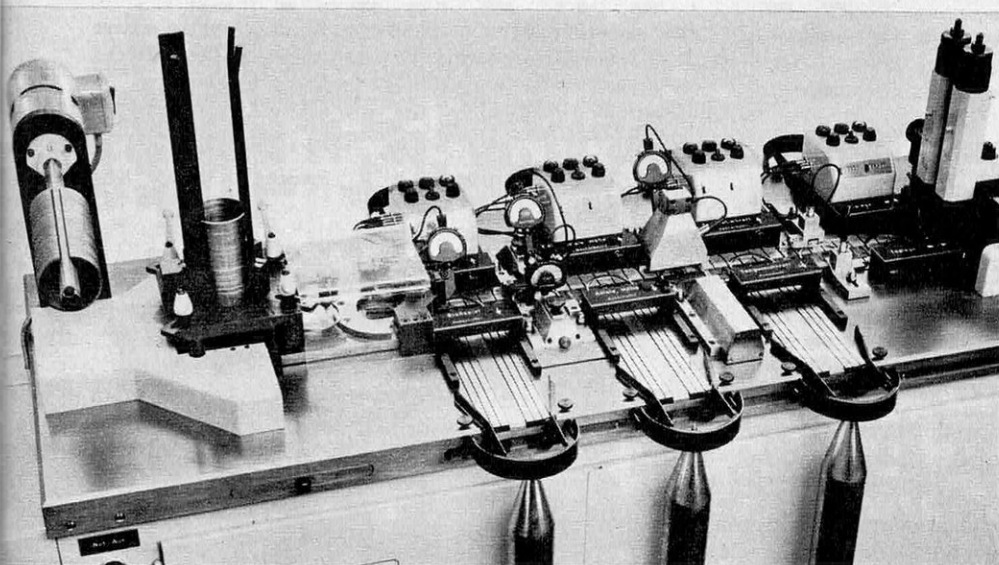
toujours plus élevée dans les montages simples. Pour les mêmes raisons, les transformations d'énergie seront peu nombreuses et les équipements aussi homogènes que possible.

L'idéal, pour tous les appareils de mesure à gain élevé, donc faisant appel à une source d'énergie extérieure, est de transformer dès l'entrée la variation de la grandeur à mesurer en une variation d'énergie directement assimilable par l'automate qu'ils équipent, ce qui va permettre de leur donner la forme la plus simple possible. En pratique, on sera conduit à des équipements de types très différents suivant la nature de la chose à contrôler, suivant la précision requise pour les mesures et suivant l'application qui leur est destinée.

n'importe quel obus devait pouvoir être tiré dans n'importe quel canon.

Pour assurer l'interchangeabilité, il faut nécessairement travailler en tolérances serrées pour que les jeux fonctionnels soient toujours suffisants, mais jamais excessifs. Il faut fixer des normes rigoureuses, des dimensions limites, minimales et maximales pour chaque pièce, pour toutes les pièces d'une fabrication. Il faut éliminer toutes les pièces hors tolérances, donc contrôler, donc mesurer.

Le contrôle doit être fait avec une extrême rigueur, en se référant à des étalons types dont la précision est souvent d'un ou deux microns, quantité infime quand on sait qu'un cheveu a une épaisseur de l'ordre de 50 à 60 microns.



Goetzenwerke

Une machine automatique de contrôle multiple triant 2500 segments de pistons à l'heure, les séparant en trois classes : bons, mauvais, à retoucher.

## Contrôle, tri automatique et autocalibrage

Quel est finalement le but de ces automates de contrôle ? Pourquoi mesurer, pourquoi contrôler, pourquoi, pendant une fabrication ou après elle, entreprendre une opération supplémentaire dont l'utilité n'apparaissait pas évidente du temps de nos grands-pères ?

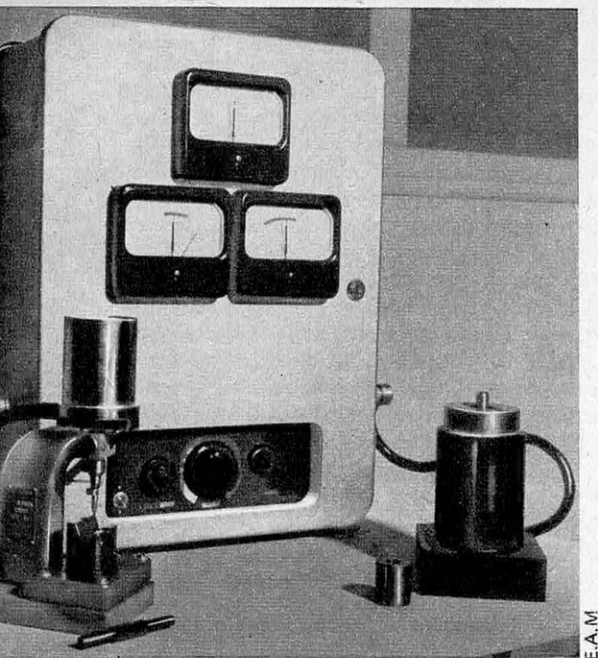
Il y a seulement 50 ans, les fabrications mécaniques de grande série étaient l'exception. L'artisan façonnait ses pièces, ajustant l'une à la demande de la pièce complémentaire. C'était du travail bien fait, et qui coûtait cher.

Sauf peut-être chez Ford, aux États-Unis, la standardisation des dimensions, la fixation de tolérances assurant l'interchangeabilité n'étaient guère réalisées que pour des besoins militaires :

Cette précision est nécessaire car les tolérances d'usinage des pièces se situent entre 10 et 20 microns pour les organes essentiels d'un moteur d'automobile.

C'est ainsi que l'on devra rebuter une pièce parfois coûteuse pour un manque de matière de quelques microns, alors qu'elle serait capable d'un bon service si on l'accouplait avec une pièce complémentaire accusant une tendance vers un excès de matière. Il n'y a pas là obligatoirement un gaspillage, car il faut faire le calcul de ce que l'on manque à gagner en rebutant la pièce, et ce que l'on risque de perdre en intégrant cette même pièce dans un ensemble qui, à l'usage, pourra se montrer défectueux.

Des méthodes de contrôle statistiques ont été développées, où l'on recherche le coût de production minimal compatible avec une sécurité



Groupe de contrôle d'appairage de couples cylindres-pistons, formant un des éléments essentiels d'une suspension hydropneumatique pour automobile. L'équipement permet la mesure simultanée de l'alésage du cylindre, du diamètre du piston, et du jeu entre les deux pièces du couple avec une précision de deux dixièmes de micron.

d'emploi acceptable; le contrôle s'effectue par prélèvements et oriente la fabrication. Cependant, pour les organes de sécurité, là où un léger défaut mécanique peut être à l'origine de pertes considérables, que l'on n'ose même plus chiffrer quand il s'agit de vies humaines, chaque pièce doit être vérifiée individuellement et subir de multiples contrôles. C'est le cas pour les organes de direction et de freinage dans une automobile et pour la presque totalité des pièces utilisées par l'industrie aéronautique.

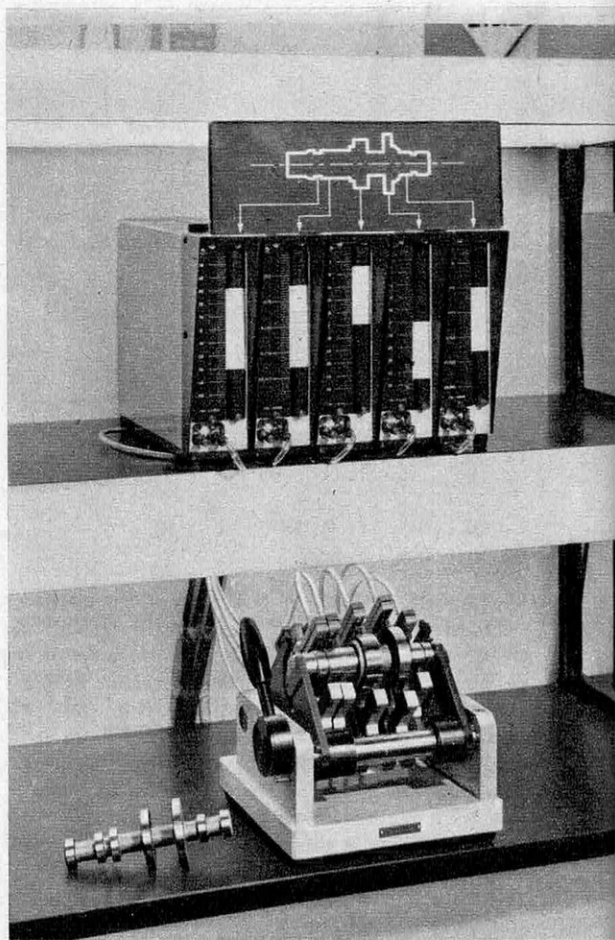
On ne peut dire *a priori* que la précision coûte cher; pour chaque fabrication il y a un degré de précision nécessaire et suffisant, garantissant l'interchangeabilité au montage en grande série, le fonctionnement correct, une durée de vie convenable. Si les machines-outils de production se montrent capables de cette précision, le nombre des rebuts au contrôle est très faible et la fabrication s'effectue en série dans les meilleures conditions d'économie.

Mais il se peut que les exigences fonctionnelles de certains éléments dépassent les possibilités d'usinage courantes, et c'est alors que

la précision coûte cher, car le nombre des rebuts au contrôle devient élevé. La solution est de recourir aux méthodes de tri, de classement et d'« appairage ».

Le contrôle pur et simple ne reconnaît que deux catégories de pièces : bonnes ou mauvaises, plus souvent trois : faibles, bonnes, fortes. Les pièces fortes peuvent être reprises en usinage pour essayer de les rendre bonnes. Une seule catégorie, celle des pièces bonnes, est acheminée vers le montage.

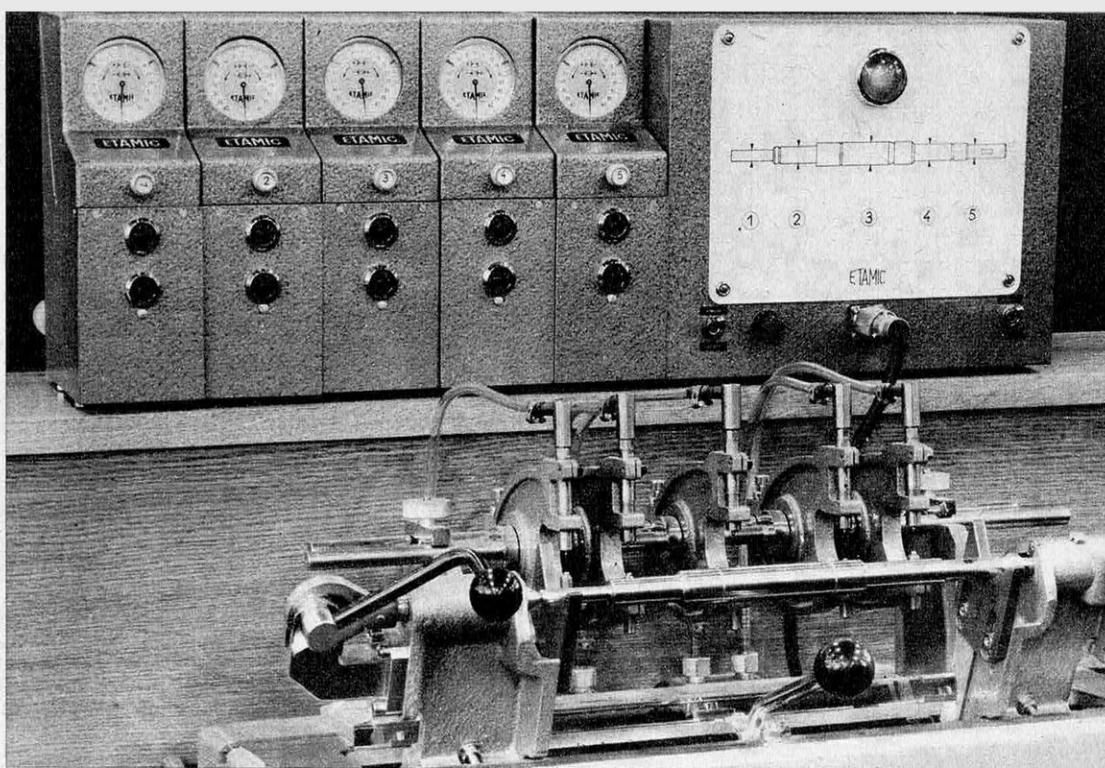
Dans le cas d'un classement, on montre plus de discernement en étendant la catégorie des pièces bonnes et la subdivisant en plusieurs classes, trois au moins, par exemple : bonnes tendance faible, bonnes, bonnes tendance forte; au montage, on va appairer chaque classe, suivant sa tendance, avec la pièce complémentaire de tendance opposée, de manière à conserver sur le couple un jeu fonctionnel du même ordre, quelle que soit la dimension de la pièce.



Mesure semi-automatique de 5 cotes d'une pièce de moteur.

Les Constructeurs Associés





Ensemble multicotes pour le contrôle simultané de 5 cotes sur un arbre de moteur.

Etamic

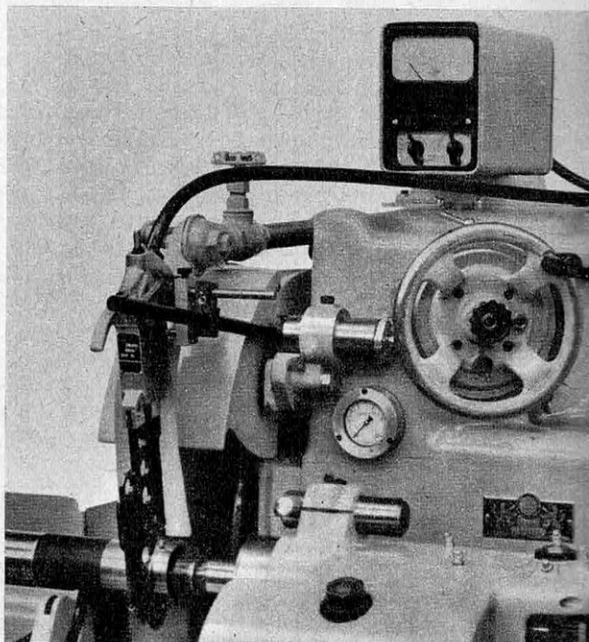
C'est ainsi que des jeux fonctionnels de l'ordre du micron sont conservés lors de l'assemblage de couples hydrauliques, cylindre-piston, alors que les tolérances d'usinage auront dix fois cette valeur, si l'on trie les éléments primaires, cylindres et pistons de micron en micron.

Bien qu'il apparaisse souvent dans le rôle ingrat d'un gendarme, le contrôle apporte une aide constante à la fabrication en l'obligeant à respecter les tolérances et à modifier ses méthodes lorsque ces tolérances ne semblent pas pouvoir être convenablement respectées. Mais le contrôle peut aller plus loin dans la voie de la collaboration en ne se contentant plus de faire connaître son verdict, bon ou mauvais, quand le rideau est tombé et qu'on ne peut plus y changer grand-chose. Il peut intervenir à tout moment du spectacle pour corriger le jeu des acteurs et faire que toute pièce soit bonne. Ainsi en est-il dans les méthodes modernes d'autocalibrage qui permettent la mesure continue de la pièce pendant l'usinage dont ils modifient le cycle pendant l'opération et l'arrêtent quand la dimension désirée est obtenue.

On a ainsi réalisé un asservissement, un des plus simples. Ce sont des asservissements beaucoup plus complexes, mais semblables dans leur principe qui permettent la conduite automatique d'installations de cracking, hauts-fourneaux, trains de laminoirs, etc., où de multiples informations sont prélevées, fournies à des calculatrices qui, en un temps très court, élaborent

L'équipement d'autocalibrage électronique commande le cycle d'une machine à rectifier en fonction de la dimension de la pièce. On réalise ainsi en grandes séries, et dans un temps de production très court, des pièces mécaniques de haute précision, dont l'interchangeabilité est assurée.

E.A.M



des ordres dont l'exécution sera assurée par des servo-mécanismes.

Il est sans doute inutile de souligner que cette optimisation des processus n'est valable que si les informations prélevées sont suffisamment exactes, car on ne sait régler que ce que l'on peut effectivement mesurer.

## Les systèmes de contrôle

On voit que dans les fabrications mécaniques, en particulier, l'évolution au cours des vingt dernières années a été marquée par deux faits importants :

- la mise en pratique d'appareils de mesure robustes, de précision élevée, pouvant être mis entre toutes les mains dans l'atelier ;

- l'intervention précoce du contrôle pendant la fabrication où il prend le rôle de conseiller plus que d'arbitre, ce qui n'a été possible que parce que la précision est sortie du domaine du laboratoire de métrologie pour s'installer dans l'atelier.

Aujourd'hui, les fonctions contrôle et fabrication sont étroitement associées, ce qui implique que le matériel de contrôle réponde aux mêmes impératifs de production que les machines de fabrication.

Les instruments de contrôle d'utilisation courante dans l'industrie mécanique peuvent être groupés en quelques familles où, suivant la nature du problème à résoudre, l'automatisme est plus ou moins poussé afin que les équipements se situent au niveau de rentabilité maximale.

Nous allons, pour terminer, les passer rapidement en revue.

Les systèmes « multicote », avec des investissements du même ordre que pour des vérificateurs séparés, réduisent sensiblement les temps de préparation, n'exigeant qu'un seul positionnement des pièces et un seul ajustement par cote ; le temps de contrôle lui-même se trouve diminué proportionnellement au nombre de cotes contrôlées simultanément. Un signal unique résume la position de la pièce, bien que la mesure de chaque cote soit indépendante, ce qui permet l'intervention de l'homme sur les cas limites.

Dans ce premier type d'automate, les transferts ne sont pas supprimés mais leur nombre est réduit, et de multiples observations sont coordonnées.

La mesure de la dimension de la pièce en cours d'usinage, donnant la connaissance permanente de la cote évolutive, permet de subordonner les avances à l'obtention du résultat désiré.

Ce procédé d'autocalibrage est applicable dans toute fabrication précise, même à l'unité, et les temps d'opération sont réduits, souvent de façon considérable. Parfois un automate de

transfert amène les pièces ou met la jauge en place, mais l'action remarquable est l'asservissement.

L'enregistrement d'une variable peut permettre au contrôleur, en quelques minutes d'examen, de vérifier la qualité du travail d'une journée.

L'enregistreur assure surtout la présence constante du contrôle près de l'opérateur, amené ainsi à respecter les valeurs limites. L'asservissement jouera d'autant plus aisément que le dispositif de transfert existe en général déjà, car c'est la chose à mesurer, bande laminée par exemple, qui se déplace.

Les systèmes de classement automatique atteignent des cadences extrêmement élevées. L'alimentation, le contrôle et la distribution sont effectués automatiquement. Pour ces systèmes, le problème le plus ardu n'est pas celui de la mesure, qui, avec les équipements électroniques, est pratiquement instantanée, mais d'ordre mécanique, pour le transfert des pièces et leur mise en position sous la touche de mesure.

Les équipements électroniques et pneumatiques permettent sans difficulté de mesurer simultanément plusieurs dimensions, donc d'effectuer des sommes, s'il s'agit d'empilages, ou des différences, s'il s'agit de contrôler un jeu prédéterminé. Ils se prêtent ainsi à la réalisation d'appareils automatiques très rentables, par suite de la réduction des temps de montage qu'ils autorisent.

Ce sont des équipements très spécialisés pour les mêmes raisons mécaniques que celles indiquées précédemment.

On peut évidemment asservir tous les dispositifs précédents pour réaliser un ensemble de production entièrement automatique : alimentation, usinage, contrôle, éjection, qui vérifie lui-même la qualité de sa production, modifie ses réglages en fonction de la cote de la dernière pièce usinée et poursuit son travail jusqu'au moment où, un outil s'étant usé au point où toute possibilité de réajustement est épuisée, il s'arrête et appelle à l'aide avant même d'avoir usiné une pièce mauvaise. De telles unités de production automatique sont effectivement réalisées avec une rentabilité remarquable. Mais, jusqu'à présent, en raison même de leur automatisation poussée, elles sont peu adaptables aux séries limitées.

C'est que toute progression vers l'automatisme s'accompagne inévitablement d'une régression quant à l'universalité, régression qui tient plus, d'ailleurs, aux problèmes posés par les annexes mécaniques d'alimentation et de transfert que par ceux des dispositifs de mesure eux-mêmes, dont le rôle est en tout état de cause primordial dans tous les automates de fabrication.

P. B.



# L'automatisation

## dans les Chemins de fer



**F**ACILITER la tâche de l'homme, la simplifier toujours davantage jusqu'à pouvoir la faire exécuter par une machine et utiliser les travailleurs ainsi rendus disponibles à de nouvelles tâches productives, tel est le principe du progrès économique qui accroît la masse des biens mis à la disposition de l'humanité suivant un rythme qui semble actuellement s'accélérer d'année en année.

Il y a toutefois un domaine où cette évolution se heurte à des difficultés particulières, c'est celui des transports.

En effet, leur activité ne s'exerce pas en des points fixes tels que les ateliers, dont on peut imaginer un fonctionnement entièrement automatique, mais sur de vastes étendues, dans les circonstances les plus variées et en général très irrégulières.

Cependant, parmi les moyens de transport, le chemin de fer est le plus apte à bénéficier des progrès de l'automatisation, car l'obligation de déplacer les véhicules sur des rails, née du besoin de réaliser l'infrastructure la plus économique pour les lourdes charges qu'imposait le seul engin moteur de l'époque (la machine à vapeur), devenue une servitude vis-à-vis des techniques utilisant les moteurs plus légers (moteurs à explosion), retrouve une supériorité manifeste quand il s'agit d'automatiser.

En ce qui concerne la conduite des convois, on peut déjà mesurer la supériorité du chemin de fer lorsque l'on songe que les trains les plus lourds de la S.N.C.F. (3 600 tonnes brutes) ne nécessitent que la présence de

deux agents dans le train, l'utilité du second apparaissant seulement en cas d'incident. Il convient cependant d'alléger la tâche du conducteur en lui permettant de tirer le meilleur parti de sa machine ; c'est à quoi tendent les dispositifs automatiques de conduite des locomotives. Techniquement il serait possible de réaliser la conduite entièrement automatique, mais elle ne pourrait éliminer la présence du ou des agents nécessaires pour faire face aux incidents.

Dans les gares de triage, les locomotives peuvent être télécommandées et par conséquent se mouvoir sans agent de conduite. Cette télécommande ainsi que l'établissement du programme de débranchement du convoi à partir de la composition adressée par le réseau de téléscripteurs, l'introduction de ce programme dans le poste de débranchement automatique, le freinage automatique des wagons et leur accrochage automatique grâce à l'attelage central que les réseaux européens (à l'instar des autres réseaux) vont prochainement adopter, permettent d'envisager des gares de triage presque entièrement automatisées.

Assurer l'espacement des convois sur les lignes de chemin de fer sans l'intervention de sémaphoristes, tel est l'objet du block automatique, aujourd'hui très perfectionné. Mais la suppression du personnel sédentaire nécessite également la manœuvre automatique des barrières de passages à niveau ; les techniques appliquées pour les signaux apportent la solution de ce problème. Enfin, pour éliminer complètement le personnel le long des lignes, il

# Automatisme et Sécurité

faut encore pouvoir déceler les défauts des convois ; le plus dangereux d'entre eux est le chauffage des boîtes d'essieux ; les « détecteurs de boîtes chaudes » apportent une solution à ce problème.

La manœuvre des aiguilles, grâce auxquelles sont tracés les itinéraires pour l'acheminement des convois, est de plus en plus rarement dévolue à ces hommes de robuste constitution physique qui réussissaient à exercer un effort considérable sur les leviers actionnant les aiguilles par des transmissions mécaniques. Les aiguilles manœuvrées par moteurs électriques permettent d'étendre la zone des postes d'aiguillage. Bien plus, les commandes des aiguilles et des signaux, ainsi que les enclenchements correspondants peuvent être réunis dans des postes télécommandés à des distances théoriquement illimitées. La manœuvre des aiguilles sur les voies principales de Paris-Est jusqu'à une distance de 8 km, à partir d'un poste unique, la manœuvre des aiguilles et signaux sur les 31 km d'Épernay à Reims à partir d'un poste situé auprès du régulateur de Reims, ou sur les 101 km de Dole à Valloire, à partir d'un poste placé auprès du régulateur de Dijon, sont des exemples déjà en service depuis plusieurs années.

Les zones d'action de ces postes sont limitées par les possibilités des agents chargés de les manœuvrer ; tout ce qui peut faciliter leur tâche permet d'étendre ces zones d'action ; « l'enregistrement » et « l'emmagasinement » des itinéraires vont dans ce sens.

Le trafic voyageurs lui-même, grâce aux machines à billets, à la réservation des places effectuée par équipements électroniques, fera appel à un nombre d'agents de plus en plus faible.

Toutes les modernisations qui viennent d'être esquissées ont reçu, dès maintenant, des solutions techniques qui vont en s'améliorant. Il reste à les réaliser au fur et à mesure qu'elles deviennent « rentables ». Mettre au point des solutions techniques économiques, telle est la mission des équipes d'ingénieurs de la SNCF. Les quelques échantillons de leurs efforts que décrivent ci-après MM. Laplaiche, Nouvion et Walter, permettent au chemin de fer d'envisager l'avenir avec confiance.

**Henri LEFORT,**

Directeur Général Adjoint de la S.N.C.F.

L'AUTOMATISME n'est pas une nouveauté sur le chemin de fer en matière d'installations de sécurité. Ce qui est nouveau, c'est le degré de plus en plus élevé d'automatisme auquel des techniques récentes, pour la plupart issues de l'électronique, ont permis — ou vont permettre — d'atteindre.

Tout système industriel, si parfaite qu'en soit la constitution, est sujet à des défaillances. Le plus souvent, dans les applications courantes, à condition que ces pannes soient suffisamment rares, on en accepte le risque et on tient compte de ce dernier dans l'organisation du travail ou du service.

Pour les installations de sécurité ferroviaires, lesquelles se composent essentiellement de signaux s'adressant aux mécaniciens, d'aiguillages et de leurs organes de manœuvre, il ne suffit pas de savoir que ces appareils sont susceptibles d'être défaillants. Il faut encore que ces défaillances ne puissent entraîner de conséquences contraires à la sécurité. Si un signal autre que le signal commandé se présente, il faut que ce soit un signal plus impératif.

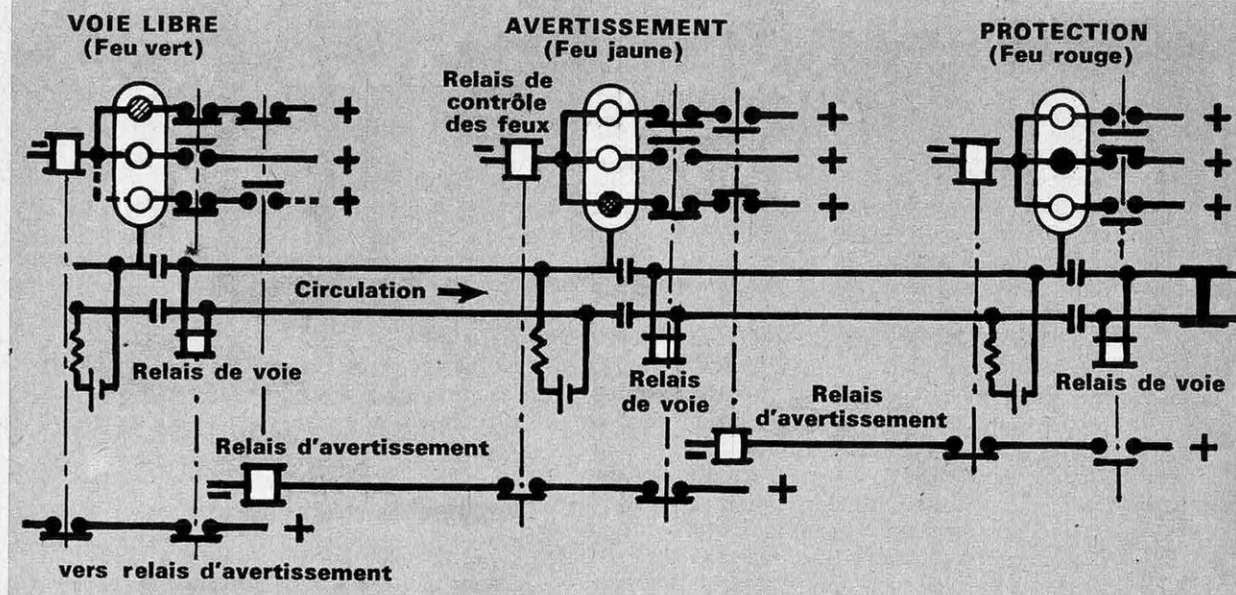
Il en était ainsi pour les installations mécaniques (par exemple, si une transmission funiculaire de signal se rompt, le contrepoids de ce signal le ferme aussitôt). Tel est aussi le caractère des installations électromécaniques et électromagnétiques. L'introduction de l'électronique en signalisation a nécessité une révision des montages industriels en vue d'observer ces règles de sécurité. Dans tous les cas, des solutions ont été trouvées et c'est ainsi que le chemin de fer a pu atteindre, pour ses circulations, le haut degré de sécurité que chacun lui reconnaît.

## Le block automatique

Pour des trains se suivant sur une même ligne, la protection réalisée par le block automatique constitue un exemple déjà ancien.

La voie est divisée en « cantons », à l'origine desquels des signaux sont implantés. Les rails sont parcourus, dans chaque canton, par un courant circulant dans le circuit de voie, limité à la longueur du canton et utilisant comme conducteurs les rails montés sur des traverses isolantes. Ces rails, au droit de chaque signal, sont pourvus de joints isolés, lesquels interrompent la continuité métallique de la voie. Ainsi, un relai de voie se trouve alimenté quand aucun train n'est situé sur le canton. La





présence d'un train désexcite le relais de voie en court-circuitant les rails. La position d'excitation du relais de voie traduit, en langage électrique, l'absence de circulation sur le canton correspondant.

Un tel montage répond rigoureusement aux règles de sécurité précédemment rappelées : tout incident sur le circuit de voie, tel qu'une rupture de conducteur — ce conducteur pouvant être un rail —, ou une défaillance de source, a pour effet de désexciter le relais de voie, provoquant l'apparition du feu rouge d'arrêt devant l'entrée du canton correspondant. Une rupture de conducteur sur le circuit du relais d'avertissement provoque la chute de ce dernier, empêchant l'apparition du feu vert de voie libre sur le panneau intéressé.

Ainsi ce mode de protection des trains, progressivement étendu sur les grandes lignes ferroviaires depuis de longues années, constitue une importante et efficace application de l'automatisme sur les installations ferroviaires, auxquelles elle procure à la fois la sécurité et la productivité, du fait qu'elle assure un fonctionnement sans personnel pour la commande des signaux.

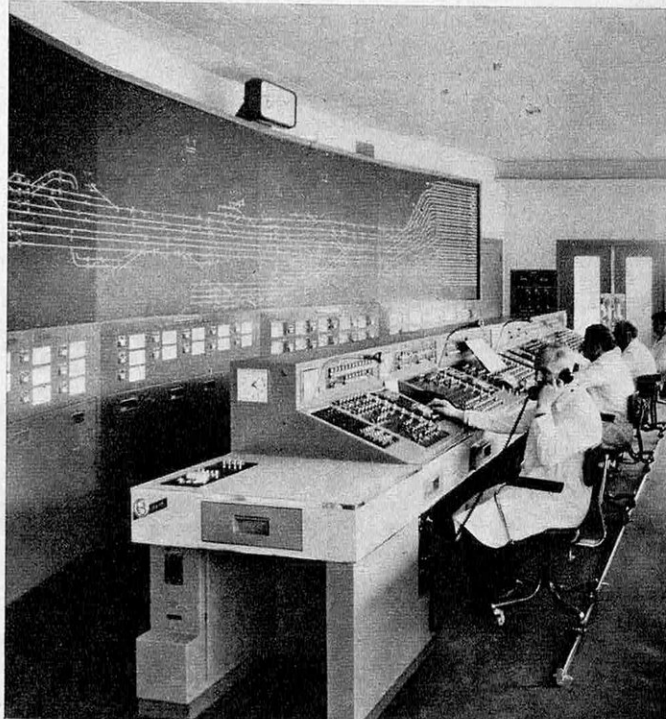
## Constitution automatique des itinéraires

Manœuvrés manuellement pendant de longues années, les aiguillages sont maintenant pourvus de certains dispositifs générateurs d'automatisme.

Tout d'abord, depuis plus de dix ans, la S.N.C.F. a généralisé dans ses postes électriques la « commande en attente », appelée *enregistrement* : cette disposition consiste, pour l'aiguilleur, une fois qu'il a tracé sur le terrain

Schéma de principe du block automatique : l'essieu, à droite, court-circuite les rails, dés-excitant le relais de voie et assurant l'allumage du feu rouge de protection ; par l'intermédiaire du relais d'avertissement également désexcité, le feu jaune d'avertissement du sémaphore précédent est aussi allumé. Toute défaillance de l'équipement fait apparaître un signal impératif de sécurité pour les cantons intéressés.

Le pupitre du poste « presse-boutons » de la gare de Paris-Est comporte 597 boutons permettant de donner 867 ordres différents et de tracer 629 itinéraires.



l'itinéraire à parcourir par le premier train, à commander en attente — à « enregistrer » — l'itinéraire suivant, incompatible avec le premier. Dans ces conditions, sitôt le premier itinéraire libéré par la circulation pour laquelle il a été préparé, le second se forme sur le terrain pour le train suivant. Il en résulte un gain de temps très précieux, favorable au rendement des installations fixes.

Compte tenu des excellentes résultats procurés par cette disposition, la S.N.C.F. a étudié, pour le cas où un tel perfectionnement présente un réel intérêt, une solution dans laquelle plusieurs itinéraires peuvent être commandés en attente. Alors que l'«enregistrement» porte sur un seul itinéraire tenu en réserve, l'«emmagasinement» en prépare une série qui s'exécuteront tour à tour, d'une manière automatique, en fonction des passages successifs de trains.

De tels « programmeurs » sont en service, d'une part sur la commande centralisée de Dole-Vallorbe, d'autre part au poste télécommandé de La Roche-de-Glun, entre Lyon et Avignon. Ils comportent jusqu'ici un nombre assez réduit d'étages de préparation d'itinéraires, suffisant pour les lignes où ils ont été mis en service, compte tenu de leur trafic et de la nature des informations parvenant aux régulateurs. Il est possible de concevoir des programmeurs atteignant des degrés d'automatisme plus élevés. De telles installations sont effectivement en cours d'étude ou en préparation.

Tout d'abord, dans les cas où la régularité habituelle de la circulation permet de considérer que les horaires des trains sont établis sans changement pour des périodes de longue durée, il est possible d'introduire à l'avance ces horaires dans le programmeur. Au lieu d'intervenir deux ou trois fois par jour, par exemple, le régulateur n'aura à changer le tableau des horaires qu'à des intervalles beaucoup plus espacés. Une telle installation est prévue en gare Saint-Lazare pour les voies de banlieue de la ligne de Versailles.

Une autre étape d'automatisme est encore en préparation et donne lieu à divers essais à la S.N.C.F. Elle sera rendue possible par l'identification au passage des numéros de trains grâce à des dispositifs inducteurs. Quand ce moyen technique sera bien au point, au lieu

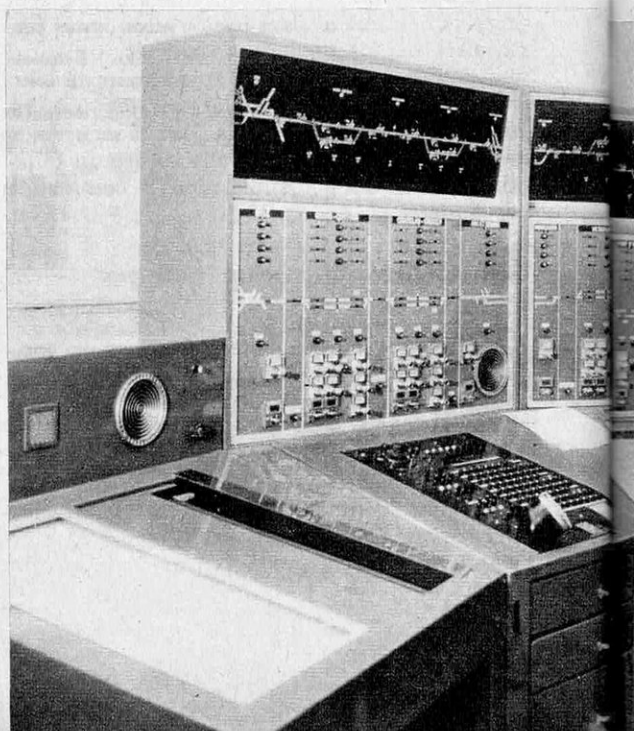
que l'annonce des trains au régulateur se fasse par des communications téléphoniques, elle s'effectuera automatiquement, ce qui supprimera d'ailleurs un élément d'erreur inhérent à toute intervention humaine. On voit qu'en ce domaine, l'automatisme sera alors poussé très loin. Tandis que les installations décrites ci-dessus comportent la constitution automatique des itinéraires, elle-même préparée par une programmation manuelle, selon ces perspectives futures la commande même des itinéraires deviendra automatique et sera directement soumise à l'indicatif porté par le train.

## Répétition des signaux

La sécurité de la circulation repose, nous venons de le voir, sur l'observation et le respect des signaux par les mécaniciens. Assez rapidement, le besoin s'est fait sentir, notamment en cas de mauvaises circonstances atmosphériques, de transmettre à bord des locomotives, par un canal différent de celui de la perception visuelle directe, une information confirmant les indications optiques données par les signaux les plus impératifs. Ainsi naquit la « répétition des signaux » dont l'une des premières versions, utilisant un contact fixe implanté dans la voie au droit des signaux à respecter et communément appelé « crocodile », vit le jour en France vers 1872.

Le « crocodile » est porté à un potentiel positif ou négatif de quelques volts, selon l'aspect fermé ou ouvert du signal. Le courant est recueilli sur la locomotive par une brosse métallique et agit ensuite sur un appareillage électromécanique qui déclenche des signaux acoustiques, timbre ou klaxon.

**Le poste de la commande centralisée de la circulation « Dole-Vallorbe » : des postes électriques sans aiguilleur sont télécommandés automatiquement par un robot recevant du régulateur le programme du trafic à assurer et l'emmagasinant en vue de son accomplissement au fur et à mesure de la progression des circulations.**





Il est incontestable que ce dispositif, perfectionné et aujourd'hui généralisé à l'ensemble du réseau S.N.C.F., a rendu de grands services, mais son fonctionnement reste tributaire, pour une large part, de la qualité du contact brosse-crocodile qu'il est parfois difficile d'assurer, notamment par temps de givre ou de verglas. En outre, il se prête assez mal à la transmission d'informations en nombre élevé, ce qui restreint son intérêt à l'heure où l'on envisage de nuancer davantage la répétition des signaux et de la compléter par des appareils dits de « contrôle de vitesse ».

Un tel appareil laisse au mécanicien l'entière liberté de conduite de son train tant que celle-ci demeure correcte. Il exerce son contrôle en déterminant, en chaque point du parcours, la vitesse maximale autorisée au moyen d'informations communiquées en temps et lieux opportuns sur les conditions de circulation, c'est-à-dire essentiellement sur les caractéristiques de la ligne et sur l'aspect des signaux. L'appareil vérifie ensuite que la vitesse réelle du train n'excède pas cette vitesse théorique; le cas échéant, il provoque l'arrêt automatique dans les plus courts délais.

Dans une étape ultérieure, il est probable que des systèmes de conduite automatique seront, à leur tour, mis en service. De telles réalisations ont d'ailleurs déjà vu le jour dans certains cas simples d'exploitation de rames-navettes du métro ou de chemins de fer miniers.

Ces brèves considérations montrent donc l'intérêt qui s'attache de plus en plus à la mise au point de systèmes de transmission d'information à grande capacité et fonctionnant sans contact. Ces systèmes peuvent être classés en deux grandes catégories :

— les systèmes « ponctuels » qui transmettent

des informations en des points déterminés de la voie au moyen de « balises ». Ces organes sont, en général, constitués d'aimants ou de circuits accordés passifs implantés sur la voie et qui provoquent, soit par l'action de leur champ magnétique, soit par leur entrée en résonance, le fonctionnement de relais sélectifs électromécaniques ou électroniques montés sur des locomotives. Par association d'aimants ou par modification des fréquences d'accord des circuits, une grande variété d'informations peut ainsi être obtenue.

— les systèmes « linéaires » qui permettent de transmettre des informations en permanence sur des tronçons de voie déterminés. La liaison voie-locomotive est alors obtenue en injectant dans les rails ou dans des câbles auxiliaires parallèles à la voie des courants caractéristiques, codés ou non, qui sont recueillis par induction à bord des engins moteurs, puis filtrés, et excitent en fin de chaîne des relais caractérisant les informations transmises.

Ce système a connu un grand développement aux États-Unis où il assure une répétition optique des signaux connue sous le nom de « Cab Signal ».

En France, plusieurs types de transmissions, ponctuelles ou linéaires, sont actuellement à l'essai, en particulier sur la ligne Les Aubrais-Vierzon.

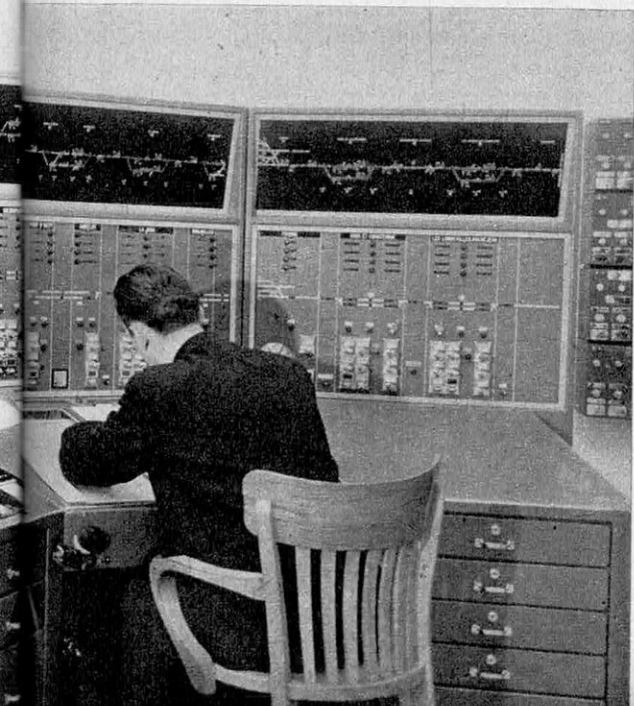
Les informations ponctuelles renseignent sur le profil, les implantations de signaux, les restrictions de vitesse de toute nature, permettant ainsi de traduire tous les contrôles possibles à bord des locomotives. Les informations linéaires renseignent d'autre part sur les aspects variables des signaux et jouent un rôle de sélection pour ne laisser subsister que le seul contrôle en accord avec la signalisation.

La traduction des contrôles, leur sélection et la comparaison des vitesses se font entièrement par voie électronique.

## Détection des boîtes chaudes d'essieux

La détection automatique des boîtes chaudes d'essieux a toujours vivement préoccupé les réseaux de chemin de fer, car un chauffage de boîte non décelé en temps utile peut conduire à une rupture d'essieu, accident dont les conséquences matérielles sont en général graves. Les perfectionnements apportés à ce jour aux boîtes d'essieux n'ont pas permis de supprimer totalement ces avaries, et les paliers à rouleaux eux-mêmes ne sont pas totalement exempts de tels incidents.

À l'heure où les vitesses moyennes des trains de toutes catégories ont tendance à s'accroître et où les parcours sans arrêt sont de plus en plus longs, la surveillance des organes de roulement



prend une importance de plus en plus grande.

Les progrès dans le domaine de la détection de l'infrarouge et des techniques de l'électronique ont récemment permis de réaliser des appareils à la fois sensibles et fidèles. Le problème était difficile à résoudre car l'évolution des phénomènes lors de l'apparition des chauffages était mal connue, et la grande variété des types de boîtes rendait très délicate la détermination d'un critère valable en toutes circonstances. Les études révélèrent, par exemple, que certaines boîtes devaient être considérées comme anormales dès l'instant où leurs températures superficielles excédaient de quelques dizaines de degrés la température ambiante. Les quantités d'énergie émises dans de telles conditions sont minimales et riches en infrarouge de grande longueur d'onde. Il convenait donc de faire choix d'un organe de détection présentant une sensibilité bien adaptée à la mesure de ces rayonnements. De telles cellules n'ont fait leur apparition sur le marché qu'à des dates relativement récentes.

Des dispositions particulières s'avèrent en outre indispensables pour éviter les fausses indications provoquées par l'infrarouge d'origine solaire et celui réfléchi, diffusé ou émis par des sources chaudes parasites telles que les sabots de frein. D'une façon générale, cette protection fut obtenue en interposant des filtres optiques sur le trajet des rayonnements et en ne laissant passer les signaux captés par les cellules qu'à l'instant précis où la boîte d'essieu passe dans leur champ de visée.

Deux types d'appareils ont été mis en service à la S.N.C.F. Dans le premier, il est fait usage d'un bolomètre à thermistance, constitué d'une petite pastille d'oxydes métalliques frittés, insérée dans la branche d'un pont de mesure. L'échauffement de la thermistance par le rayonnement infrarouge modifie sa résistivité et provoque l'apparition, dans le pont, d'un courant de déséquilibre.

Le deuxième appareil utilise une cellule constituée d'un cristal d'antimoniure d'indium placé entre les pôles d'un aimant permanent. Le rayonnement incident provoque, à l'intérieur du cristal, l'apparition de charges électriques qui diffusent sous l'action du champ magnétique. Une force électromotrice caractéristique de l'intensité du rayonnement capté est recueillie finalement aux bornes de deux électrodes fixées sur les faces latérales du cristal. Pour faciliter l'amplification des signaux électriques, ceux-ci sont obtenus directement sous forme alternative en modulant mécaniquement le rayonnement incident par un disque perforé.

Chaque organe sensible est placé dans un boîtier métallique au foyer d'un système optique dont l'axe est orienté de telle sorte qu'il permette l'exploration des faces latérales ar-

rière des boîtes d'essieux. Cette disposition a été retenue car, lors des chauffages, des températures particulièrement élevées apparaissent dans cette zone, en raison de la proximité du coussinet et d'une ventilation moins intense que celle de la face avant.

Les signaux électriques correspondant aux files de boîtes droite et gauche des trains sont transmis à des postes qui peuvent être situés à plusieurs dizaines de kilomètres des capteurs proprement dits, et où ils sont enregistrés sur des bandes graphiques. En cas de chauffage, toute mesure utile est prise pour provoquer l'arrêt des trains, faire différer les véhicules avariés, ou demander leur surveillance en ligne.

La mise en service de tels appareils présente un intérêt non seulement au point de vue sécurité, mais également d'ordre économique. Leur grande sensibilité permet en effet la détection précoce des chauffages et, par conséquent, des interventions rapides alors que les destructions internes sont encore très minimales. Judicieusement répartis le long des lignes, ils permettront, notamment sur les grandes artères, de supprimer certains arrêts systématiques de trains et d'effectuer une surveillance précise et quasi continue des organes de roulement. Dans quelques mois, une vingtaine d'appareils seront en exploitation normale en France.

## ***L'automatisme sur les locomotives***

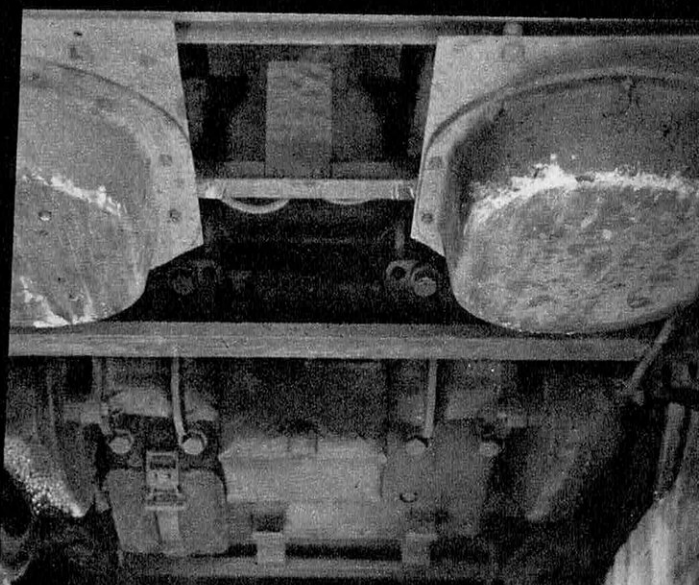
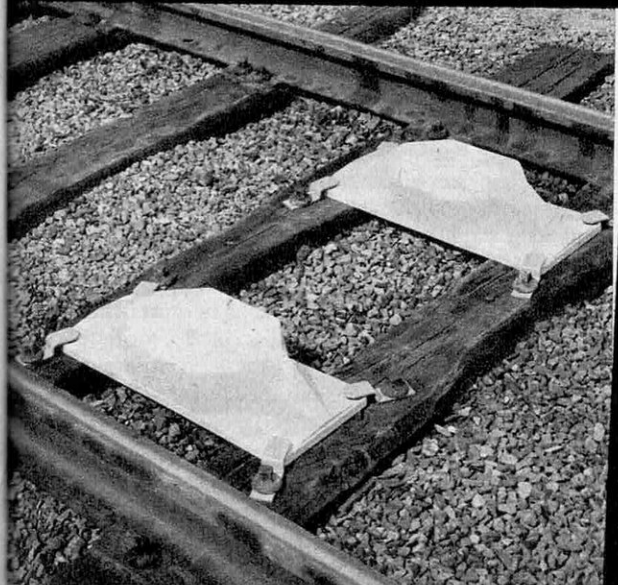
**L**es trains circulent selon un programme bien déterminé et, à la restriction près des trains facultatifs ou périodiques, un rive-rain du chemin de fer verra passer tous les jours, à la même heure et à la même vitesse, le même train. Remorquer un train est donc un travail répétitif à programme, et avec de telles caractéristiques, ce travail semble particulièrement justiciable de solutions automatiques.

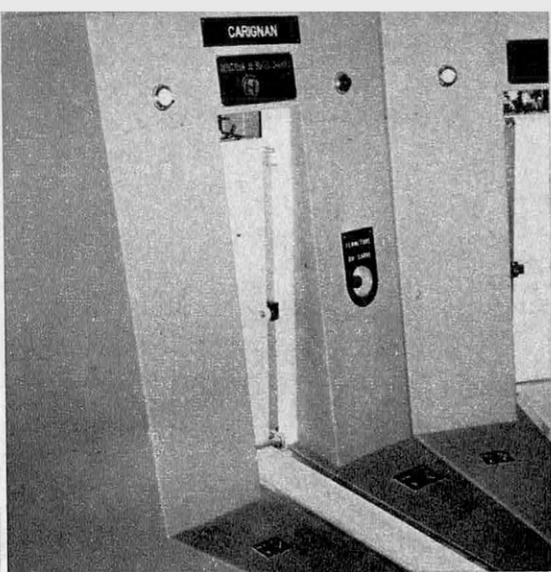
Mais le programme de marche des trains est souvent perturbé. C'est, par exemple, un arrêt plus long que prévu dans une gare, un ralentissement dû à des travaux sur la voie ou un changement de voies sur les itinéraires à voies multiples. L'automatisme peut s'en accommoder, mais déjà le problème se complique. Il peut s'agir également de perturbations plus importantes dues à des incidents : avaries de locomotives ou de caténaires, anomalies de signalisation, etc. Il est évidemment encore possible, dans ce cas, de faire agir dans le sens sécurité les circuits d'automatisme, c'est-à-dire de stopper un nombre plus ou moins élevé de circulations. L'extension de la perturbation est alors très rapide et le problème à





Pour la répétition des signaux sur les locomotives, ci-dessus le « crocodile » de voie, ci-dessous les balises de voie à gauche, et, à droite, les capteurs correspondants installés sous une locomotive.





résoudre est d'assurer les circulations malgré l'incident; les décisions ne peuvent pratiquement plus être prises et appliquées par un dispositif automatique. L'automatisation n'est pas capable maintenant de supprimer tout personnel de la locomotive.

Ce point étant établi, la question se pose de savoir si le conducteur doit avoir un rôle passif ou actif: passif si le conducteur attend l'incident pour intervenir, actif si on laisse sous sa responsabilité certaines opérations. L'aspect technique est insuffisant pour permettre une décision, il faut également considérer l'aspect humain.

Tous les corps de métier qui ont utilisé des processus automatiques ont eu à affronter ce problème: l'homme n'a plus qu'un rôle de surveillance, mais il doit également être capable soit de se substituer à l'automatisme en cas de défaillance du système, soit de remettre en état l'automatisme défectueux.

Dans un automatisme total, le conducteur d'une locomotive n'aurait vraiment qu'un rôle de pompier: attendre l'incident. Il est alors préférable de faire appel à l'automatisme pour l'aider et non pour se substituer à lui.

Cette aide n'est d'ailleurs pas un simple changement de méthodes classiques. Nous sommes de plus en plus exigeants sur les performances et le service qu'on demande à une locomotive et, tout en aidant le conducteur, les automatismes soit améliorent certains des organes de la machine et par suite ses performances, soit permettent de faire ce qui serait inaccessible à l'homme, améliorant ainsi leur conduite, soit enfin autorisent leur utilisation plus intensive.

## Amélioration de performances

On peut citer comme premier exemple d'amélioration d'organe obtenue par l'emploi, sinon des techniques nouvelles de l'automatisme

— le mot est trop grand pour un simple relais — tout au moins des matériaux de l'automatisme, savoir l'électronique, le *relais de surintensité électronique*. Sa rapidité d'action est beaucoup plus grande que celle d'un relais électromécanique, qui est déjà d'ailleurs un appareil automatique provoquant l'ouverture d'un disjoncteur pour couper l'alimentation en cas de surcharge. De ce point de vue, on peut dire qu'un fusible, dans un circuit de traction, était déjà un appareil automatique. L'intérêt que présente la coupure rapide d'un courant de défaut est manifeste.

Un exemple d'automatisme un peu plus poussé est celui du *chargeur de batterie électronique* qui règle constamment l'intensité du courant de charge en fonction de la tension de la batterie elle-même. L'amélioration apportée par une batterie toujours convenablement chargée est évidente.

Ce chargeur de batterie constitue en fait un asservissement fonctionnel: la commande est sous la dépendance de la fonction que l'appareil doit assurer et varie de façon continue. Cette même idée a été appliquée pour l'amélioration de la fonction *ventilation* du moteur de traction sur les locomotives électriques. Jusqu'à présent, la règle est de mettre en route les ventilateurs dès que les moteurs sont sous tension; on refroidit donc les moteurs de la même façon qu'il fasse froid ou chaud, qu'ils fournissent un effort important ou non. On pêche évidemment par excès, car la ventilation doit être calculée pour le cas le plus défavorable. Un automatisme électronique permet de faire varier la vitesse du ventilateur en fonction de la température du moteur; plus le moteur de traction est chaud, plus la tension du moteur du ventilateur est élevée, et plus le ventilateur tourne vite. L'économie sur la consommation des ventilateurs est de l'ordre de 80 %.



◀ Un capteur de voie (ci-contre, à gauche) pour la détection des boîtes chaudes d'essieux et la table d'enregistrement automatique des signaux thermiques (à droite).

Ces trois exemples montrent comment, d'un automatisme sommaire à un automatisme plus complexe, l'usage des organes internes d'une locomotive est amélioré, sans que, jusqu'à présent, le travail du conducteur soit pour autant modifié.

## Conduite antipatinage

L'effort de traction que peut exercer une locomotive est limité par l'adhérence. Si l'on va au delà de l'effort permis, il y a emballement de l'essieu qui glisse sur le rail : c'est le patinage. Or, le coefficient d'adhérence est très variable et on n'en connaît jamais la valeur instantanée. Si on veut donc travailler près de cette limite pour obtenir l'effort maximum permis à un instant donné, il faut aller jusqu'à l'amorce du patinage. Ceci n'est possible que si l'on possède un dispositif permettant de détecter le patinage dès qu'il se produit, et de réduire instantanément la valeur de l'effort. Le conducteur, d'une part ne pourrait pas détecter assez tôt le glissement, et d'autre part, ne serait pas assez rapide dans son intervention. La figure ci-contre montre le schéma de cet automatisme. Deux roues dentées sont solidaires des essieux : ce sont les engrenages de traction. Des capteurs envoient dans un dispositif de détection des signaux dont la fréquence est celle du passage des dents. Ces fréquences sont comparées et si l'une devient supérieure à l'autre, le relais provoque une réduction de l'effort du moteur correspondant en court-circuitant son induct par l'intermédiaire d'une résistance. Dès que le patinage est résorbé, l'effort est de nouveau appliqué. Il est même possible, avec certains dispositifs d'alimentation du moteur, de ne rétablir pendant un certain temps qu'un effort légèrement inférieur à l'effort d'origine.

La valeur dont il faudra diminuer l'effort de traction, lors de la détection du patinage, devrait en fait être fonction du coefficient de glissement après le patinage. Celui-ci est naturellement variable, et il n'est pas question, sous

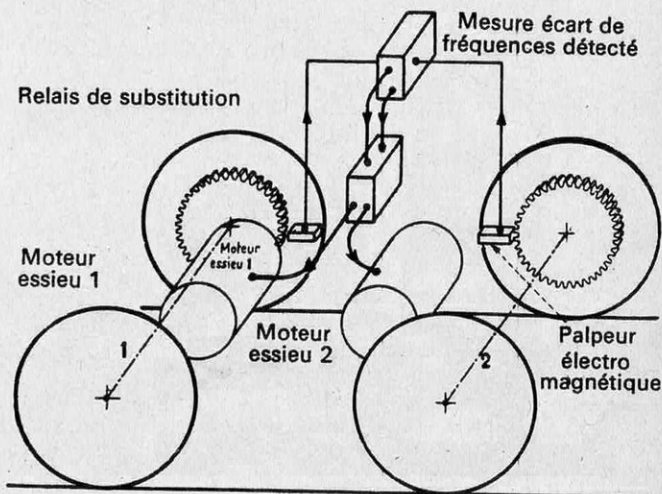
**Schéma de principe d'un dispositif antipatinage :** lorsque les palpeurs des essieux 1 et 2 détectent une différence de fréquence, due à une amorce de patinage de l'un d'eux, le relais provoque une réduction de l'effort du moteur de l'essieu qui patine.

peine d'énormes complications techniques, d'obtenir l'exacte diminution qu'il faudrait ; certains patinages particulièrement violents peuvent ne pas être résorbés par le dispositif : c'est alors au conducteur d'intervenir. On a donc ici un exemple d'automatisme qui, non seulement ne ramène pas à un rôle de surveillant le travail du conducteur, mais qui demande même sa collaboration.

## Locomotives télécommandées

Nous avons expliqué pourquoi il n'était pas possible actuellement de concevoir un train sans conducteur. Mais la locomotive, elle, peut être sans conducteur ; c'est le cas, en traction électrique, de l'unité multiple, où les engins commandés sont reliés par câble à l'engin de tête, et répètent ainsi toutes les manœuvres que le conducteur effectue sur la locomotive de tête. L'unité multiple exige que les locomotives soient placées l'une derrière l'autre, en tête du train. Aussi un procédé est-il à l'essai qui permet de commander les locomotives non plus par câble, mais par voie hertzienne. Les locomotives peuvent ainsi être placées en différents endroits du train. Les efforts de traction et de freinage étant alors répartis, il est possible de faire des trains plus longs et plus lourds, et en conséquence d'augmenter le débit de la ligne.

Cette télécommande pourrait être une solution pour la réalisation d'un train automatique si l'homme pouvait commander les locomotives à partir d'un poste fixe, à condition bien sûr de recevoir en permanence des renseignements sur la position du train. Mais cette solution apparaît encore trop compliquée, car par suite du manque d'automatisme sur une locomotive ordinaire, le nombre de manœuvres à effectuer serait très important.



Cependant, dans le cas particulier de certaines gares de triage, celles d'Achères, Samain et Châlons-sur-Marne, par exemple, la mise en service de locomotives télécommandées, en l'espèce des locomotives diesel-électriques, remonte déjà à plusieurs années. L'intérêt de cette réalisation est d'autant plus grand que les principes mis en œuvre ont un caractère très général et qu'ils peuvent être appliqués, au prix d'adaptations mineures, à de très nombreux cas similaires. Ils pourront, par exemple, être vraisemblablement développés dans l'avenir pour la conduite automatique des trains.

On sait que, dans un triage, les trains sont refoulés lentement sur une « butte » d'où chaque wagon, dételé au préalable, dévale pour gagner, dans le faisceau de voies à l'aval, celle correspondant à sa destination. Il s'agissait de mettre à la disposition de l'agent placé au poste de butte un dispositif simple lui permettant d'ajuster, à chaque instant, directement et automatiquement, la vitesse de refoulement de la rame à sa valeur optimale. Il ne pouvait le faire, dans le passé, que par l'intermédiaire d'un conducteur observant des signaux optiques et réglant manuellement l'effort de refoulement de sa locomotive. La suppression de ces intermédiaires et la qualité de l'asservissement en vitesse de la locomotive ont facilité considérablement son travail et permis d'accélérer très

sensiblement le rendement général des triages.

Au poste de butte, les ordres de vitesse sont traduits en tensions par affichage sur un potentiomètre rotatif et la transmission s'effectue par voie hertzienne en modulant une onde porteuse.

Sur la locomotive, le signal recueilli se traduit par une tension caractérisant la vitesse commandée, tandis qu'une dynamo tachymétrique entraînée par l'un des essieux traduit en tension la vitesse réelle de la locomotive. Ces deux tensions sont mises en opposition dans un comparateur électronique entièrement transistorisé, qui délivre un signal d'erreur, lequel commande à son tour un dispositif d'asservissement. Suivant les cas, le levier d'accélération de la locomotive est actionné par l'intermédiaire d'un servomécanisme pneumatique, ou la mise en action du frein est déclenchée au moyen d'une électrovalve modérable. La précision obtenue sur la vitesse réelle par rapport à la vitesse affichée est de l'ordre de 3 %.

### Régulateur de vitesse

Analysons le travail d'un conducteur à bord de sa locomotive : il remorque un train déterminé et il doit le faire en respectant un horaire qui lui est imposé, à savoir les temps de passage à chaque gare ou à chaque poste d'aiguillage qui figurent sur son fascicule de marche. Il doit

La télécommande par ondes hertziennes d'une rame réversible de banlieue : lorsque la locomotive est en queue, le conducteur placé dans la cabine de conduite en tête utilise la télécommande ; son pupitre comporte les boutons et manipulateurs classiques.





donc à tout instant respecter une vitesse, et il augmente ou diminue l'effort de traction, ou bien il freine pour maintenir cette vitesse. Aussi un dispositif *vitesse imposée*, qui maintiendrait automatiquement la vitesse à la valeur voulue par le conducteur, présenterait-il de grands avantages.

Il faciliterait d'abord le travail du conducteur, obligé de regarder son indicateur de vitesse toutes les 10 à 20 secondes lorsque, par suite d'un retard par exemple, il a besoin de demeurer aussi près que possible de la vitesse supérieure permise par la ligne. Cet avantage est particulièrement important aux grandes vitesses.

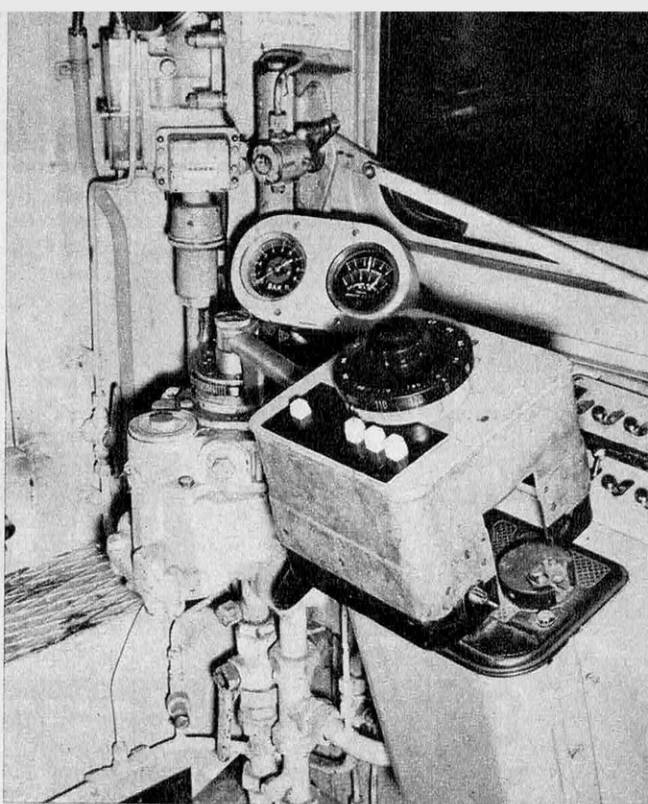
D'autre part, on démontre que la conduite rationnelle, au point de vue consommation d'énergie, est celle consistant à utiliser des accélérations et décélérations maximum, à suivre la vitesse maximum prescrite, et à prendre en marche sur l'erre toute la marge de temps que comporte l'horaire. Toute vitesse mal respectée, par exemple le passage à 20 km/h d'un ralentissement à 30 km/h, conduit à une augmentation de l'énergie consommée.

Enfin, ce système permettrait l'adaptation de la locomotive à toute utilisation automatique ultérieure, car elle sera à même d'interpréter directement des signaux de commande qui pourraient lui provenir de façon hertzienne ou par le rail.

Il a donc été décidé d'équiper toutes les automotrices de banlieue monophasées 25 kV et les locomotives à très grande vitesse de dispositifs de vitesse imposée. (Le problème est plus difficile à résoudre pour les automotrices à courant continu.) Le conducteur dispose d'un manipulateur gradué en vitesses. Il affiche sa vitesse, ce qui correspond à l'envoi d'une tension de référence dans le régulateur. Celui-ci reçoit également une tension proportionnelle à la vitesse réelle du train, le signal de vitesse étant donné par un capteur placé sur un engrenage de la locomotive, identique à celui utilisé pour l'antipatinage. Le régulateur électronique compare les deux tensions et en déduit l'ordre : traction ou freinage. La difficulté du problème réside principalement dans la stabilité. Il ne faut pas que, par action successive du graduateur de traction et du frein, la vitesse de l'engin oscille autour de sa vitesse prescrite.

## Marche automatique

L'étape suivante sera la marche automatique d'un train, avec pour objectif la conduite à consommation d'énergie minimum. Il est possible de calculer, en fonction des caractéristiques de l'engin moteur, du temps donné, et des vitesses



**La conduite rationnelle d'un train exige le respect d'une vitesse imposée dans chaque section de l'itinéraire. Le conducteur affiche cette vitesse sur son manipulateur et le régulateur de vitesse la maintient automatiquement quelles que soient les variations de profil de la voie ou de résistance à l'avancement.**

permises par la voie, quelle doit être la vitesse d'un train de banlieue sur chaque tronçon de voie, et à quel point doit commencer la marche sur l'erre, pour que le train aille par exemple d'une gare à une autre avec une consommation minimum d'énergie. Ce calcul fait, on peut imaginer un ruban magnétique préalablement enregistré qui, mis dans une machine à bord de l'automotrice, imposerait les vitesses successives à observer et le moment de la marche sur l'erre. Cette machine, qui sera plus un répéteur qu'un cerveau, devra toutefois être capable de modifier le moment de la marche sur l'erre en cas de retard du train. Le freinage pourrait aussi être automatique mais, pour être précis, il nécessiterait des appareils de voie qui, aux abords des gares, contrôlèrent la décélération et la régleraient au besoin. Mais le frein est un organe de sécurité, et si un freinage automatique ou arrêt au but pourrait s'avérer plus régulier qu'un freinage manuel dans les trafics extrêmement répétitifs comme le métro ou certaines lignes de banlieue, nous pensons cependant qu'en dehors de ces cas, le freinage pourrait, en première étape, être laissé au conducteur.

# l'automatisme



dans

# L'AUTOMOBILE

par H. Tinard

**S**i l'on examine d'un peu près le mécanisme de la voiture automobile d'aujourd'hui, on constate que l'automatisme est partout. Il y a l'automatisme caché, l'automatisme intime, qui échappe au conducteur parce qu'il fait partie de l'anatomie de sa voiture au même titre que, si l'on nous permet cette comparaison, les phénomènes de la digestion, par exemple, font partie de sa physiologie à lui, phénomènes qu'il ne régit en rien, sur lesquels il n'a aucun pouvoir d'action.

A côté de cet automatisme entièrement étranger à son contrôle, et que, en général, il ne soupçonne même pas, il y a un automatisme dont l'automobiliste discerne parfaitement l'intervention et les bienfaits parce qu'il le libère des servitudes qui, hier encore, l'accablaient.

Nous croyons donc qu'il convient de distinguer deux sortes d'automatismes et de chercher à montrer combien chacun, dans la mission qui lui est confiée, contribue à alléger la tâche du conducteur, à augmenter son confort et sa sécurité, à diminuer sa fatigue (donc à lui conserver toutes ses aptitudes), à le mettre à l'abri des fausses manœuvres (donc à préserver la mécanique), voire à rendre plus économique l'usage de son véhicule en améliorant son rendement.

## L'automatisme dans le moteur

L'organe le plus important de la voiture aux yeux de tous, c'est assurément le moteur (encore qu'en vérité, il n'y ait pas, dans une automobile, d'organe secondaire). C'est donc en lui que nous rechercherons d'abord la présence de l'automatisme.

Partant du principe même du moteur à explosions, on peut dire que le déroulement du cycle à 4 temps (comme de ce cycle « conden-

sé » dans le moteur à 2 temps) est automatique. Il ne vient à l'esprit de personne qu'on puisse songer à modifier le mouvement des pistons dans les cylindres, la levée des soupapes (dont le jeu, grâce à la commande hydraulique, peut d'ailleurs être réglé automatiquement), etc. Tout cela est déterminé une fois pour toutes par un système d'engrenages, de chaînes, de cames qui assurent le passage irréductible d'un temps à l'autre du cycle.

Modérons nos investigations et limitons-nous aux fonctions qui conditionnent la vie du moteur en agissant automatiquement sur des facteurs qu'il nous serait possible d'influencer et de gouverner, si, précisément, l'automatisme ne s'en chargeait à notre place.

Prenons le cas du *refroidissement du moteur*. Autrefois, il appartenait à l'automobiliste de le réduire en hiver, au moyen d'un écran placé devant le radiateur. Aujourd'hui, une soupape thermostatique, située dans la circulation d'eau de manière à en régler le débit, maintient la température du moteur à une valeur optimale quelle que soit l'ambiance. C'est la disposition la plus ordinaire. Une solution plus « riche » consiste dans l'emploi de volets en lames de persiennes pour régler le flux d'air qui traverse le radiateur; un thermostat détermine l'ouverture des volets, et la température du moteur reste constante à sa meilleure valeur quelle que soit la température extérieure.

Lorsque le moteur est refroidi par l'air, un système de régulation analogue, agissant sur le débit de l'air venant lécher les ailettes de la culasse et des cylindres, intervient non moins automatiquement et le rendement optimal du moteur — but final poursuivi — est encore assuré.

On s'est aperçu, d'autre part, que le ventilateur était un consommateur d'énergie (donc



d'essence ou de puissance, ce qui revient au même) assez exigeant. Limiter son intervention au minimum est souhaitable. D'où le ventilateur autodébrayable, qui s'arrête lorsque le moteur est convenablement rafraîchi, et se remet en marche dès que la température de ce dernier tend à s'élever anormalement. Le ventilateur autodébrayable permet une marche plus économique ou un gain de vitesse. Le silence profite aussi de ses arrêts.

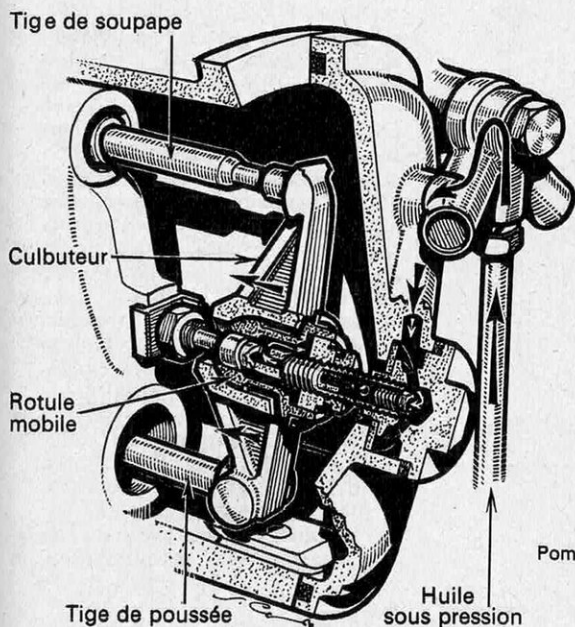
L'alimentation du moteur en mélange explosif nous offre un exemple de l'automatisme caché. Nous avons oublié les manettes d'air et de gaz que possédaient les premières voitures. Leur manœuvre heureuse nécessitait un certain doigté. Le carburateur moderne (alimenté automatiquement par une pompe à

essence mécanique ou électrique à la pression convenable) dose avec infiniment plus de souplesse et de précision la composition du mélange air-essence selon la charge imposée au moteur, et selon sa vitesse de rotation. Il est même possible de tenir compte de la pression barométrique dans la préparation du mélange explosif grâce au correcteur d'altitude, qui permet au moteur de respirer aussi allégrement sur les cimes que dans les vallées.

D'autre part, un dispositif de réchauffage automatique, placé entre la tubulure d'admission et celle d'échappement, maintient le mélange à la température la plus favorable à sa combustion.

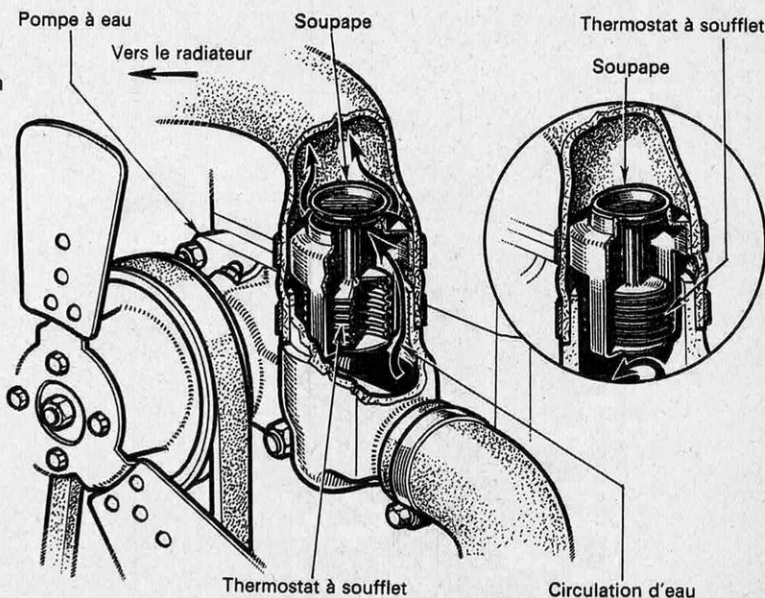
Le petit robinet à coupelle, qui ornait les cylindres de jadis et permettait d'introduire le surplus de carburant destiné à faciliter les départs à froid, n'a apparemment rien de commun avec le starter qui complète les carburateurs modernes. Le starter n'est pourtant pas autre chose qu'un appareil d'enrichissement perfectionné adjoint au carburateur, et le fin du fin est de rendre son fonctionnement automatique afin que la tirette (longuement tirée) du starter commandé ne puisse plus servir de support au sac à main de Madame... avec les inconvénients que cela présente pour le moteur gorgé d'essence : cylindres « lavés », consommation excessive. Il faut dire qu'en dépit de ce risque, le starter commandé jouit d'une faveur nouvelle, mettant en échec un automatisme que l'on croyait solidement établi : il y a des moments peut-être où le contrôle humain réaffirme ses droits.

Si, au lieu d'un carburateur, une pompe d'injection d'essence (ou de gasoil) alimente le moteur, le dosage du mélange combustible



Dans le dispositif Panhard de commande des soupapes à ratrapage automatique du jeu, la pression d'huile repousse la rotule mobile, amenant le culbuteur au contact de la tige pour supprimer le jeu et faire disparaître la nécessité du réglage.

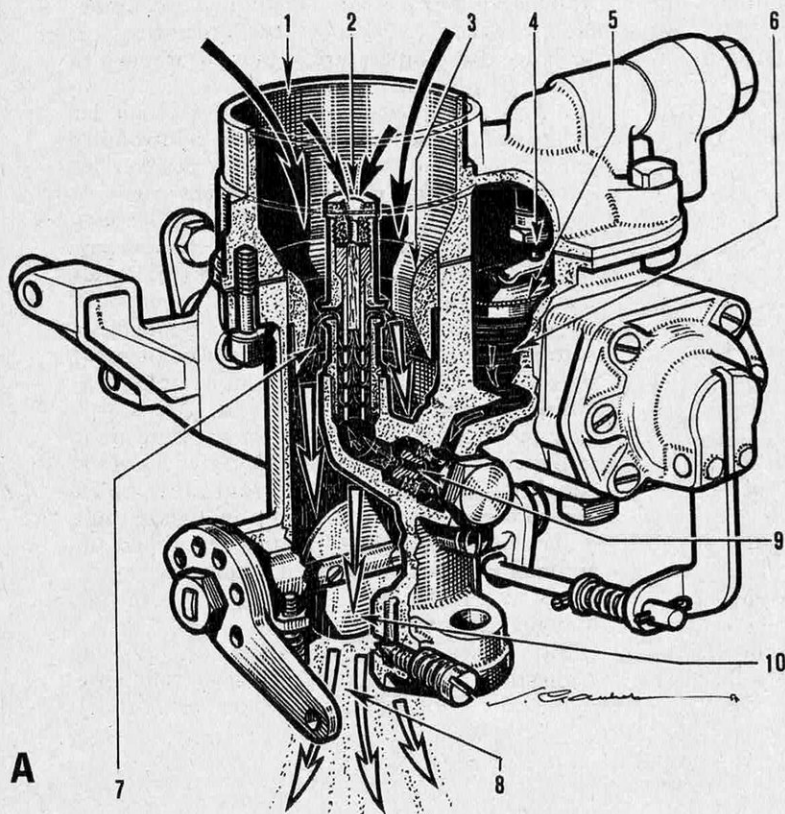
La circulation de l'eau à travers le radiateur est réglée par une soupape thermostatique qui maintient sensiblement constante la température du moteur. A gauche, le soufflet du thermostat est dilaté et la soupape est ouverte ; à droite, le soufflet rétreint ferme la soupape.



échappe au conducteur, et l'automatisme retrouve ses prérogatives.

Parmi les manettes qui sollicitaient autrefois l'attention de l'automobiliste, l'une des plus exigeantes était celle de l'avance à l'allumage ; elle a d'ailleurs la vie dure et, si on ne la rencontre plus sur les voitures courantes, elle subsiste encore sur le tableau de bord de certaines voitures de sport. Déterminer le moment exact où l'étincelle doit éclater dans le cylindre

est rien moins que simple et le pilote se fiait plus à son oreille qu'à son jugement : le moteur commençait-il à « cliqueter » ? C'est qu'il y avait trop d'avance... Manquait-il de nerf ? Chauffait-il ? C'est qu'il n'y en avait pas assez. Tout cela supposait une science de la conduite dont on se passe volontiers aujourd'hui avec l'avance à l'allumage automatique. Comme la carburation, l'allumage est réglé par un dispositif qui tient compte de la charge



**A** Coupe d'un carburateur Solex inversé. Le mélange intime air-essence s'effectue grâce à l'émulsion produite en aspirant ensemble l'air et l'essence ; cette émulsion vient s'incorporer au flot d'air se précipitant vers le moteur à travers la buse.  
1. Entrée d'air. 2. Orifice calibré. 3. Buse. 4. Pointeau. 5. Flotteur. 6. Cuve à essence. 7. Emulsion. 8. Mélange aspiré par le moteur. 9. Gicleur principal. 10. Papillon.

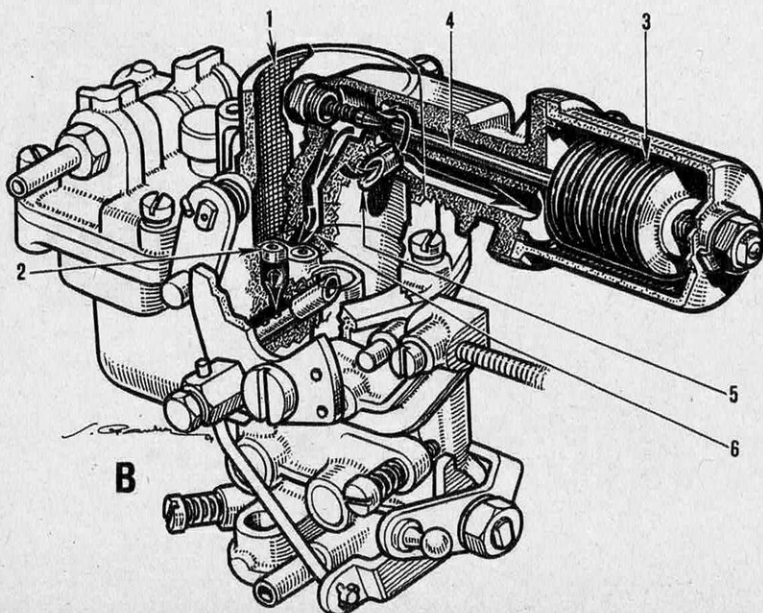
**B** Le correcteur d'altitude sur carburateur Zenith : 1. Entrée d'air du carburateur. 2. Orifice calibré d'air d'émulsion pour la marche normale. 3. Capsule barométrique. 4. Aiguille de calibrage de débit d'air supplémentaire commandée par la dilatation de la capsule, suivant la pression atmosphérique. 5. Prise d'air à la pression atmosphérique. 6. Arrivée d'air supplémentaire.

**C** Schéma du thermostarter automatique Solex : de l'air pris à l'entrée du carburateur parcourt le tube de réchauffage placé sur la tubulure d'échappement et vient agir sur le thermostat qui règle le débit du gicleur de starter.

1. Prise d'air. 2. Tubulures d'échappement. 3. Air froid. 4. Air chaud. 5. Thermostat. 6. Distributeur. 7. Gicleur de starter.

**D** L'avance à l'allumage est réglée en fonction de la vitesse du fait que l'écartement des masselottes sous l'effet de la force centrifuge provoque le déplacement angulaire de la came de commande du rupteur ; l'avance est aussi liée à la dépression à l'admission, donc à la charge, car la membrane provoque la rotation du plateau portant le rupteur.

1. Came. 2. Arbre porte-came. 3. Masselottes. 4. Arbre entraîné par le moteur. 5. Plateau portant les masselottes. 6. Plateau portant le rupteur. 7. Membrane. 8. Chambre de dépression.



**B**



du moteur et de son régime. La force centrifuge (pour le régime), la dépression qui règne dans la tubulure d'admission (pour la charge) sont les régulateurs qui interviennent automatiquement pour que l'étincelle se produise au moment le plus favorable à la combustion du mélange air-essence.

A côté de cet automatisme « visible », l'équipement électrique nous propose un automatisme secret avec la régulation du courant qui parcourt câbles et appareils : allumeur, phares, avertisseurs, etc. A la génératrice dite « à intensité constante » a fait place un ensemble génératrice-régulateur de tension, qui assure une recharge beaucoup plus rationnelle de la batterie (utile « tampon », malgré tout, et indispensable réserve d'énergie) et la met à l'abri d'une suralimentation néfaste. A la dynamo tend même à se substituer de nos jours l'alternateur qui, tout en fournissant un courant non moins régulé (redressé bien entendu, pour être assimilable par les accumulateurs), présente l'avantage de débiter du courant aux très basses allures du moteur, donc d'assurer une recharge satisfaisante de la batterie en dépit des exigences sans cesse croissantes de l'installation électrique.

Automatisme caché encore dans le graissage du moteur : une soupape de décharge, à ressort taré, montée sur la canalisation principale, régularise le débit de l'huile quels que soient le régime du moteur et la viscosité du lubrifiant en assurant le retour au carter de l'huile en excès.

Le graissage du moteur à 2 temps (problème délicat), qui se fait par mélange d'huile à l'essence, est justiciable aussi de l'automatisme. Une petite pompe à huile entraînée par le moteur envoie directement l'huile dans le carburateur, en quantité voulue selon le régime du moteur. L'automobiliste n'a plus à se précoc-

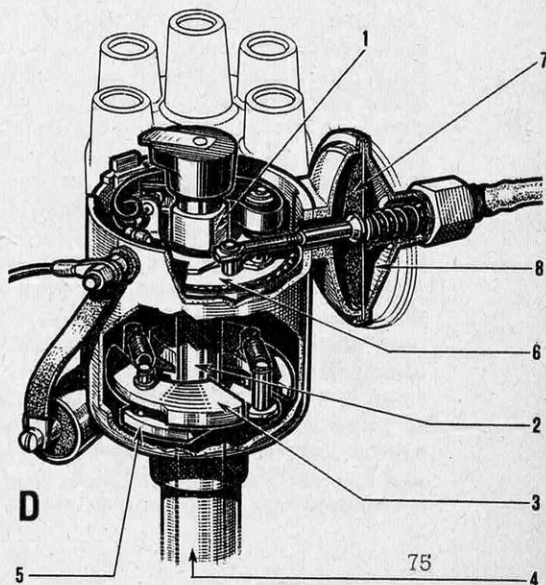
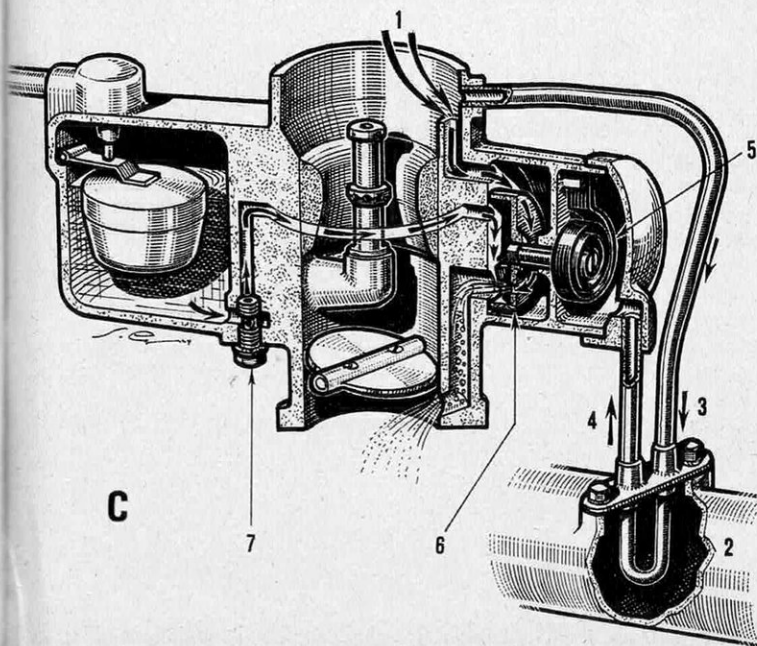
uper de la préparation du mélange, opération peu agréable, et le dispositif automatique, en réalisant le dosage du lubrifiant en fonction des exigences du moteur, procure une économie d'huile très appréciable.

## Plus de pédale d'embrayage

Après avoir fait disparaître les manettes, l'automatisme s'attaque aux pédales. Jusqu'à présent, celles de frein et d'accélérateur paraissent solides sur leurs positions, mais la pédale d'embrayage est fort menacée. En Amérique, c'est un souvenir. En Europe, on ne la rencontre plus sur beaucoup de voitures. L'embrayage automatique, premier pas vers la transmission automatique, est très apprécié, surtout dans la conduite en ville où s'imposent d'innombrables démarrages et d'incessants changements de vitesses. Non seulement il facilite grandement la conduite, mais il ménage le conducteur et lui épargne une fatigue peu propice à la bonne tenue du volant.

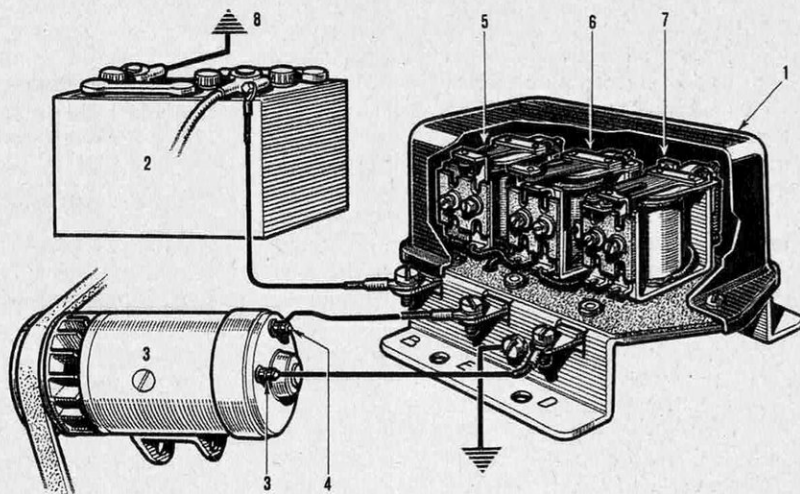
Les dispositifs d'embrayage automatique reposent sur des principes variés faisant intervenir la force centrifuge, la dépression, la pression hydraulique, etc. ou combinant parfois ces divers moyens d'action. Leur étude détaillée sortirait du cadre de cet article et nous demandons au dessin de nous aider à comprendre deux dispositifs couramment employés, utilisant l'énergie électrique : le « Ferlec » réalisé par Ferodo, et l'embrayage « à poudre » mis au point par Jaeger.

Un embrayage centrifuge particulièrement simple (c'est essentiellement un embrayage de démarrage, voire de conduite en ville à très faible allure) est celui de la « 2 CV » Citroën. A vrai dire, c'est un embrayage d'appoint, dont l'automatisme procure une douceur que le



Dispositif de régulation automatique du courant de charge de la batterie.

1. Boîtier. 2. Batterie. 3. Dynamo. 4. Excitation. 5. Régulateur d'intensité. 6. Régulateur de tension. 7. Conjoncteur-disjoncteur. 8. Masse.



piéd du conducteur ne possède pas toujours... Il ne supprime pas la pédale d'embrayage. Cet appareil est constitué par des masselottes en forme de segments garnis de matière amiantée, entraînées dans la rotation du volant du moteur, et par un tambour solidaire d'un embrayage à disque du type classique. Lorsque le régime du moteur s'élève depuis la vitesse de ralenti, les segments de friction se rapprochent du tambour, l'entraînent progressivement dans leur rotation jusqu'à ne plus faire qu'un avec lui quand la vitesse atteint 1 000 tr/mn environ. La passage du ralenti à ce dernier régime correspond à la phase de démarrage : la voiture est entraînée sans à-coups. Aux allures supérieures, le passage d'un rapport du changement de vitesses à un autre se fait en employant (au moyen de la pédale usuelle) l'embrayage ordinaire accouplé à l'embrayage automatique.

On peut se servir, avons-nous dit, de l'énergie hydraulique pour commander l'embrayage (du type classique) et cela suivant des règles d'asservissement très souples, allant jusqu'à l'automatisme. On trouve un dispositif de ce genre sur la Citroën « DS 19 ». L'énergie hydraulique est fournie par une pompe entraînée par le moteur; elle exerce son action sur un piston qui, en se déplaçant dans un cylindre, réalise les opérations de débrayage et d'embrayage comme le fait le pied appuyant sur une pédale. La pression étant fonction de la vitesse de rotation de la pompe (donc du régime du moteur), il est aisé de régler le dispositif pour que l'embrayage ait lieu lorsque le moteur atteint la vitesse de 1 000 tr/mn, par exemple. Pour le passage d'un rapport du changement de vitesses à un autre, un distributeur en liaison avec le levier de commande provoque débrayage et réembrayage au moment voulu.

L'embrayage automatique dont il vient

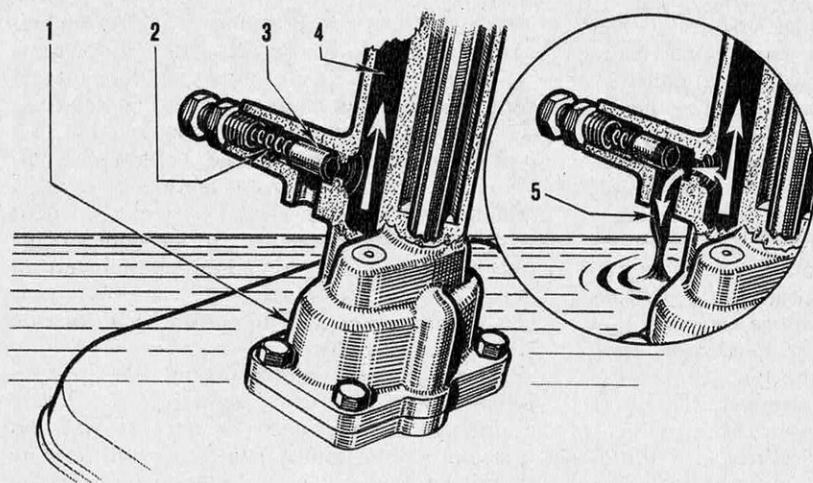
d'être question est un embrayage à commande hydraulique. L'embrayage hydraulique proprement dit bénéficie du même automatisme, mais le principe sur lequel repose son fonctionnement est entièrement différent.

Il se compose de deux roues à aubes, l'une solidaire de l'arbre moteur, l'autre de l'arbre récepteur; le lien entre elles est un liquide dans lequel elles baignent. La première, en tournant, tend à entraîner l'autre suivant une loi où interviennent la masse du liquide et le carré de sa vitesse... N'insistons pas.

Insistons d'autant moins que cet embrayage hydraulique ne se rencontre pas sur les voitures particulières. Nous l'avons mentionné seulement parce qu'il nous conduit aux transformateurs de couple utilisés dans de nombreuses transmissions automatiques. Notre embrayage est incapable de restituer la totalité de la puissance qu'il reçoit, car un certain glissement entre les deux roues à aubes est inévitable. Il n'est pas davantage capable d'amplifier le couple. Pour que cette amplification, qu'il est souhaitable d'adjoindre à l'automatisme de l'embrayage hydraulique, soit possible, il faut associer à nos deux roues à aubes un « réacteur » constitué par une roue à aubes intermédiaire. Il y aura encore glissement et le rendement de l'ensemble sera à peu près du même ordre que celui de l'embrayage hydraulique, mais l'appareil se comportera comme un changement de vitesses progressif, continu, qu'il sera loisible de relier ou non à une boîte de vitesses classique suivant que l'on voudra ou non étendre son champ d'action.

Et nous en arrivons tout naturellement à l'un des aspects les plus intéressants de l'automatisme, celui de la transmission du mouvement du moteur aux roues suivant les règles d'un rendement optimal, sans intervention du conducteur.





La régulation automatique du débit d'huile dans le circuit de graissage d'un moteur. Le ressort taré maintient fermé le clapet de décharge tant que la pression d'huile ne dépasse pas une certaine valeur ; si la pression est trop forte, le clapet s'ouvre et l'excès d'huile retourne au carter.

1. Pompe à huile. 2. Ressort taré. 3. Clapet. 4. Graissage. 5. Excès d'huile.

## Plus de levier de changement de vitesses, ou presque...

Nous avons déjà supprimé la pédale d'embrayage. Si nous disposons d'un système capable de commander automatiquement le changement de vitesses classique à engrenages, ou tout autre appareil pouvant jouer le même rôle, le levier qui nous est familier va disparaître lui aussi. En fait, il en restera une sorte de moignon, une petite manette permettant d'obtenir le point mort, la marche arrière, la petite démultiplication pour la route de montagne ; cette manette pourra être remplacée par des boutons-poussoirs, mais le conducteur n'aura à s'en soucier qu'au moment du départ ou pour réaliser une manœuvre particulière. Une fois « mise en situation », la transmission automatique se débrouillera toute seule pour trouver la meilleure combinaison permettant d'adapter le couple moteur au couple résistant. Le conducteur n'interviendra que par une pression du pied sur la pédale d'accélérateur, appropriée à la vitesse qu'il veut atteindre. C'est assurément bien commode et singulièrement reposant...

Il y a cependant encore des automobilistes qui ont la nostalgie de la « conduite sportive » et qui, un peu paresseux malgré tout, voudraient pouvoir, en quelque sorte, contrôler l'automatisme et se substituer à lui lorsqu'ils trouvent son action trop lente. Certains constructeurs ont pensé à eux en complétant leurs systèmes de transmission automatique par un appareillage donnant au conducteur la possibilité d'intervenir (grâce, par exemple, à un clavier de quelques touches) comme s'il avait encore sous la main le levier d'une boîte mécanique.

Au surplus, toutes les transmissions automatiques offrent au conducteur la faculté

d'agir pour rétrograder instantanément dans la gamme des démultiplications et obtenir — dans certaines limites de vitesse — un « rush » vigoureux, nécessaire, notamment, pour effectuer un dépassement rapide. Il lui suffit « d'écraser » la pédale d'accélérateur pour produire l'effet de « kick-down » qui, pour peu qu'il y ait assez de chevaux sous le capot, imprime à la voiture un irrésistible élan.

En définitive, la transmission automatique résulte de l'association d'un embrayage automatique, hydraulique ou autre, avec une boîte de vitesses mécanique ou électromécanique asservie à une commande automatique. Cette boîte doit obligatoirement posséder des engrenages toujours en prise, enclenchés par un dispositif de synchronisation (la synchronisation est déjà un automatisme) ou mis en action par un dispositif à friction (cas des engrenages planétaires). C'est un ensemble complexe, réalisé de façon très différente selon les constructeurs, et qu'il n'est pas possible de décrire en détail ici.

## L'automatisme dans la suspension, le freinage, l'éclairage...

Nous revenons à l'automatisme caché avec les amortisseurs de suspension renfermant un thermostat, qui rend leur action indépendante de la température de l'huile qu'ils contiennent, c'est-à-dire de sa viscosité. Mais nous retrouvons un automatisme plus apparent avec un dispositif tout récemment mis au point : le frein de suspension servo-magnétique qui, dans les virages, « bride » les amortisseurs télescopiques et rend la voiture moins sensible au dévers.

Un autre dispositif destiné à améliorer la stabilité est à signaler, bien que son usage soit jusqu'à présent limité à de rares voitures de

luxe. Il s'agit du *différentiel asservi* « Power Lock », qui devrait plutôt être appelé différentiel à blocage automatiquement contrôlé. Cet appareil laisse aux roues motrices une liberté totale, si besoin est, mais peut aussi bien la réduire, voire la supprimer, si c'est nécessaire, et cela sans intervention du conducteur, mais en fonction des conditions d'adhérence au sol rencontrées par chacune des roues. En virage, on bénéficie d'un couple « sous-vireur » stabilisateur. Pour le franchissement des plages à faible coefficient d'adhérence, la roue qui, avec le différentiel classique, s'emballerait, continue à tourner avec une vitesse normale.

Le freinage peut tirer profit lui aussi de l'automatisme avec les freins « autostables » Ferodo, dont l'ingénieux système d'équilibrage permet les décélérations maximales en s'opposant au blocage des roues, même sur un revêtement présentant de grandes différences d'adhérence.

L'automatisme peut aussi rendre des services en matière d'éclairage. On a imaginé un moyen de résoudre le problème de l'éblouissement en assurant la mise en code automatique des projecteurs lorsque deux voitures vont se croiser; la bonne volonté du conducteur, trop souvent douteuse, devient sans importance... Il ne semble pas, malheureusement, que ce dispositif soit près d'être utilisé dans la pratique. C'est dommage, la sécurité de la circulation nocturne y gagnerait.

En revanche, un petit appareil, qui, plus modestement, lutte contre l'éblouissement vient d'être réalisé. C'est tout simplement un relais qui introduit des résistances dans le circuit du « stop » et des clignoteurs dès qu'on

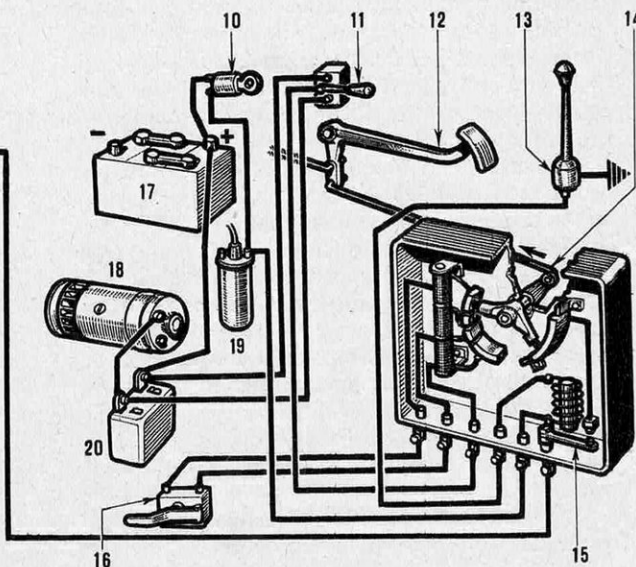
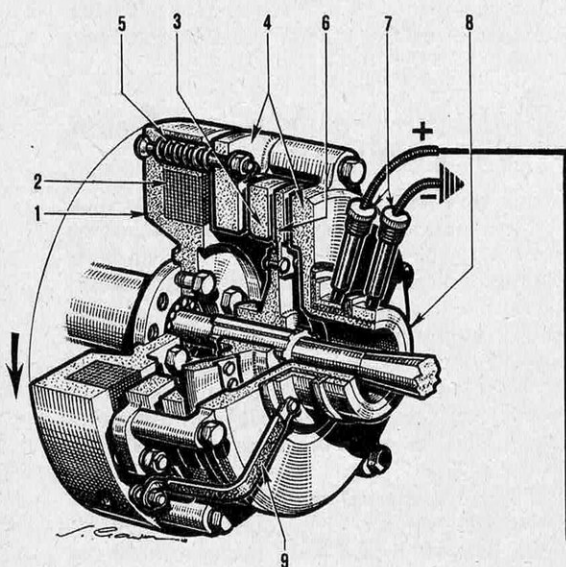
allume les feux de position; il en résulte un abaissement sensible de l'éclat de ces appareils de signalisation trop souvent éblouissants la nuit. De jour, ils conservent leur intensité et demeurent parfaitement visibles.

Puisque nous parlons de l'éblouissement, celui qui vient de l'arrière n'étant pas moins gênant que celui qui vient de l'avant, on peut trouver intéressant le rétroviseur dont l'inclinaison se modifie automatiquement lorsqu'un rayon lumineux trop vif vient le frapper, puis se rétablit non moins automatiquement lorsque ce rayon a disparu.

En matière d'éclairage encore, un appareil nouveau mérite d'être mentionné. Il assure l'allumage automatique des feux de position à la tombée du jour et leur extinction lorsque le soleil se lève. Une cellule photoélectrique est l'organe sensible qui régit son fonctionnement... et met l'automobiliste à l'abri des contraventions dans les villes où l'éclairage des véhicules est exigé durant le stationnement nocturne.

## L'automatisme « de sécurité »

L'automatisme dans le freinage, dans l'éclairage, peut être considéré déjà comme un automatisme « de sécurité ». Mais il est évident que l'automatisme qui contrôle le passage des voitures — et des piétons — au niveau des croisements, s'il n'est pas « porté » par les véhicules, se rattache néanmoins à l'automobile et constitue l'automatisme « de sécurité » par excellence. Cet automatisme dans la circulation est bien connu de tous, les feux tricolores n'ayant pas le droit d'être ignorés... Ils n'ont pas le

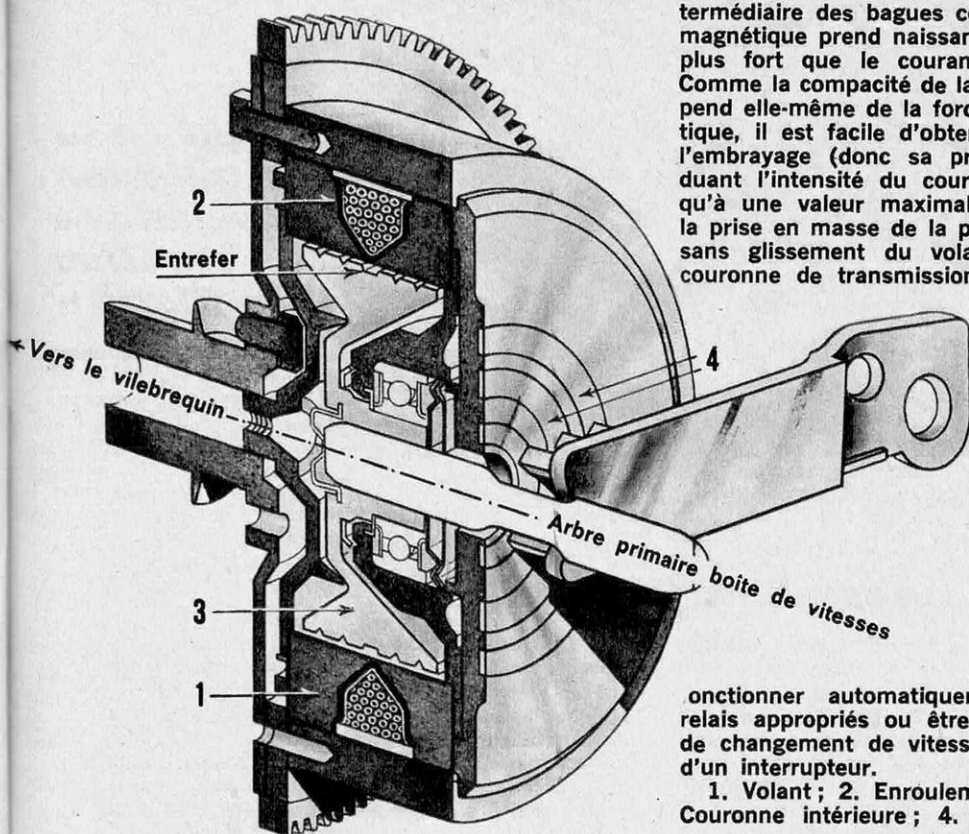




## L'embrayage automatique Jaeger

Du type électromagnétique (employé notamment comme coupleur dans la transmission automatique Renault), il utilise la « prise en masse » d'une poudre métallique lorsqu'elle est placée dans un champ magnétique. Cette

poudre est logée dans l'entrefer qui sépare le volant du moteur (évidé pour contenir l'enroulement d'excitation) d'une couronne intérieure solidaire de la transmission. Lorsqu'on envoie le courant dans l'enroulement, par l'intermédiaire des bagues collectrices, le champ magnétique prend naissance et il est d'autant plus fort que le courant est plus intense. Comme la compacité de la poudre ferreuse dépend elle-même de la force du champ magnétique, il est facile d'obtenir le glissement de l'embrayage (donc sa progressivité) en graduant l'intensité du courant d'excitation jusqu'à une valeur maximale qui correspond à la prise en masse de la poudre et à la liaison sans glissement du volant moteur avec la couronne de transmission. Cet appareil peut



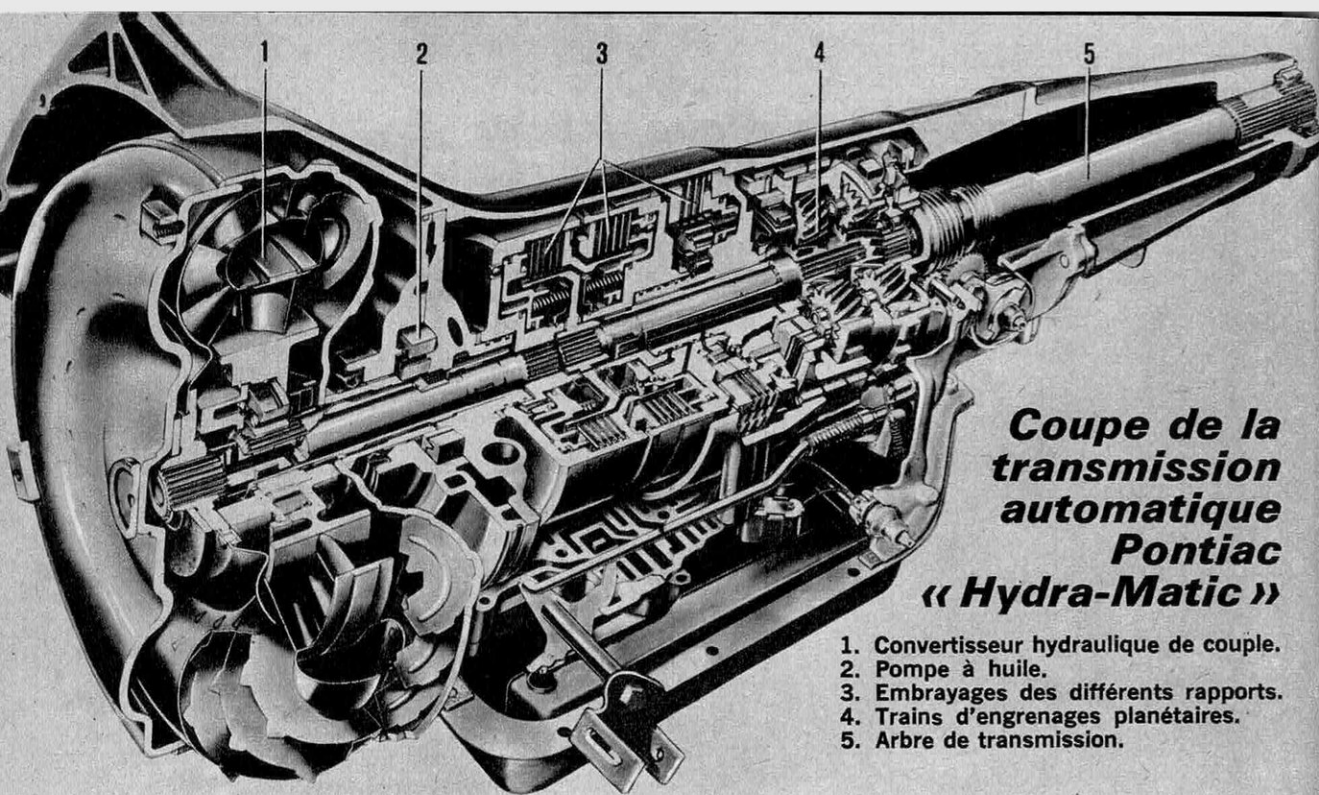
fonctionner automatiquement grâce à des relais appropriés ou être tributaire du levier de changement de vitesses muni à cet effet d'un interrupteur.

1. Volant ; 2. Enroulement d'excitation ; 3. Couronne intérieure ; 4. Bagues collectrices.

## L'embrayage automatique Ferlec

Avec cet appareil électromagnétique l'embrayage se produit lorsque la dynamo atteint sa vitesse de conjonction, c'est-à-dire lorsque le moteur, partant du ralenti, commence à accélérer son régime. Si le moteur revient au ralenti, la dynamo ne débite plus et le débrayage a lieu. D'autre part, le levier de changement de vitesses actionne, lorsqu'on passe d'un rapport à un autre, un interrupteur dont la fonction est de couper et de rétablir, par l'intermédiaire d'un relais, le courant dans l'électroaimant de l'embrayage, donc de provoquer le débrayage et le réembrayage permettant la manœuvre de la boîte de vitesses. Enfin un rhéostat commandé par la pédale d'accélérateur assure la progressivité du dispositif.

1. Volant. 2. Electroaimant. 3. Plateau fixe solidaire du volant. 4. Plateaux mobiles solidaires l'un de l'autre, commandés par l'électroaimant. 5. Ressort de rappel. 6. Disque d'entraînement de l'arbre primaire de la boîte de vitesses. 7. Balais. 8. Collecteur. 9. Connexion entre le collecteur et l'électroaimant. 10. Contact. 11. Inverseur batterie-dynamo. 12. Pédale d'accélérateur. 13. Interrupteur commandé par la manœuvre du levier de vitesses. 14. Rhéostat commandé par la pédale d'accélérateur et assurant la progressivité. 15. Relais. 16. Interrupteur commandé par la manœuvre du baladeur de la boîte de vitesses. 17. Batterie. 18. Dynamo. 19. Bobine d'allumage. 20. Régulateur de charge.



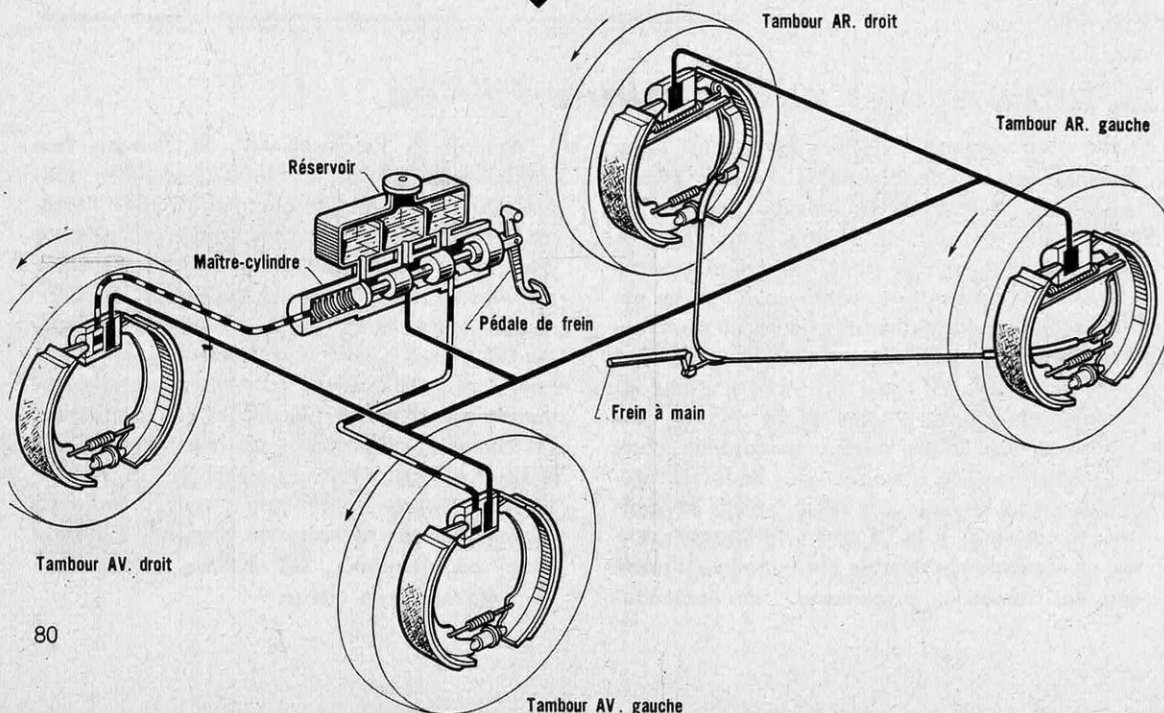
## Coupe de la transmission automatique Pontiac « Hydra-Matic »

1. Convertisseur hydraulique de couple.
2. Pompe à huile.
3. Embrayages des différents rapports.
4. Trains d'engrenages planétaires.
5. Arbre de transmission.

## Les freins autostables (Ferodo)

Le dispositif des freins « autostables » Ferodo comporte trois circuits indépendants : un circuit primaire avant droit, un circuit primaire avant gauche, et un circuit secondaire en trait plein. Le cylindre des freins avant est séparé en deux compartiments, l'un pour l'action sur la mâchoire primaire, l'autre sur la mâchoire secondaire. L'ensemble est mobile, l'appui se faisant par l'intermédiaire de l'huile, de sorte

que si le frein avant droit, par exemple, tend à freiner plus énergiquement que le gauche, le circuit secondaire effectue une compensation. Le couplage des freins dépend ainsi à la fois du coefficient de frottement des garnitures et du coefficient d'adhérence des pneumatiques de chacune des deux roues sur le sol. Le système évite le blocage des roues par excès d'effort de freinage et le déport du véhicule.





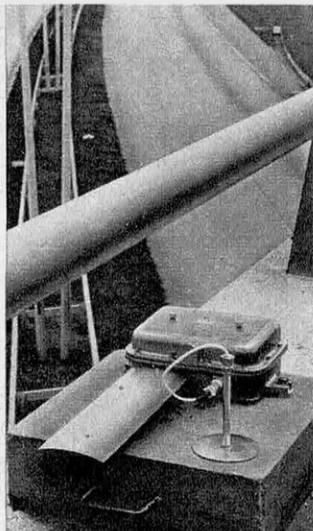
droit non plus d'être défaillants et le fonctionnement de l'appareillage qu'ils comportent doit être particulièrement sûr. Constitués par des relais électriques simples et robustes, s'ils sont parfois victimes d'une panne qui oblige la maréchaussée à recourir à la signalisation manuelle, c'est à peu près uniquement à la coupure du courant d'alimentation qu'ils le doivent.

Beaucoup moins connu que les feux vert-jaune-rouge (du moins des automobilistes, car sur les aérodromes il est depuis longtemps en service) est l'avertisseur de verglas dont le nom seul suffit à évoquer l'idée de lutte contre le danger. Le risque de formation de verglas est détecté par l'appareil et les services de sécurité, après avoir vérifié le bien-fondé de l'alarme, en font part aux usagers de la route par le truchement de panneaux de signalisation à feux clignotants qui balisent le tronçon dangereux. C'est assurément là un gros progrès par rapport à la signalisation au moyen de panneaux portant l'inscription « risque de verglas » installés à demeure, et dont l'automobiliste, las de les voir toujours à la même place, ne tient généralement guère compte.

## L'automatisme « d'agrément »

Sous ce titre on pourrait réunir la plupart des automatismes que nous avons rencontrés jusqu'à présent sur une voiture moderne largement équipée et ceux, de luxe ou simplement de fantaisie, qu'elle pourrait comporter. Par automatisme d'agrément nous voulons entendre celui qui dépasse le luxe et la fantaisie en donnant simplement un exemple : l'automatisme qui assure la mise en marche de l'essuie-glace dès que la première goutte d'eau vient frapper le pare-brise et, mieux encore, celui qui fait se mettre en mouvement le mécanisme de montée et de descente de la capote d'une voiture découvrable lorsque le temps se met à la pluie ou lorsque le soleil perce la nue... Il y a dans une telle recherche du moindre effort un brin d'exagération, d'autant plus que le risque d'une défaillance de l'installation peut présenter plus d'inconvénients que d'avantages pour les occupants de la voiture. Le parapluie à ouverture et fermeture automatiques n'est pas une invention tellement désirable...

Puisque nous entrons dans un domaine où l'imagination dépasse la réalisation, nous pourrions lui donner libre cours et penser qu'un jour nos voitures, téléguidées, se conduiront toutes seules. Pourquoi ne pas aller alors jusqu'au déplacement programmé, sur un itinéraire choisi à l'avance, où les voitures rouleraient sur une file à des vitesses adroitement déterminées pour éviter les collisions tout



## L'avertisseur de verglas Claude Bruneau

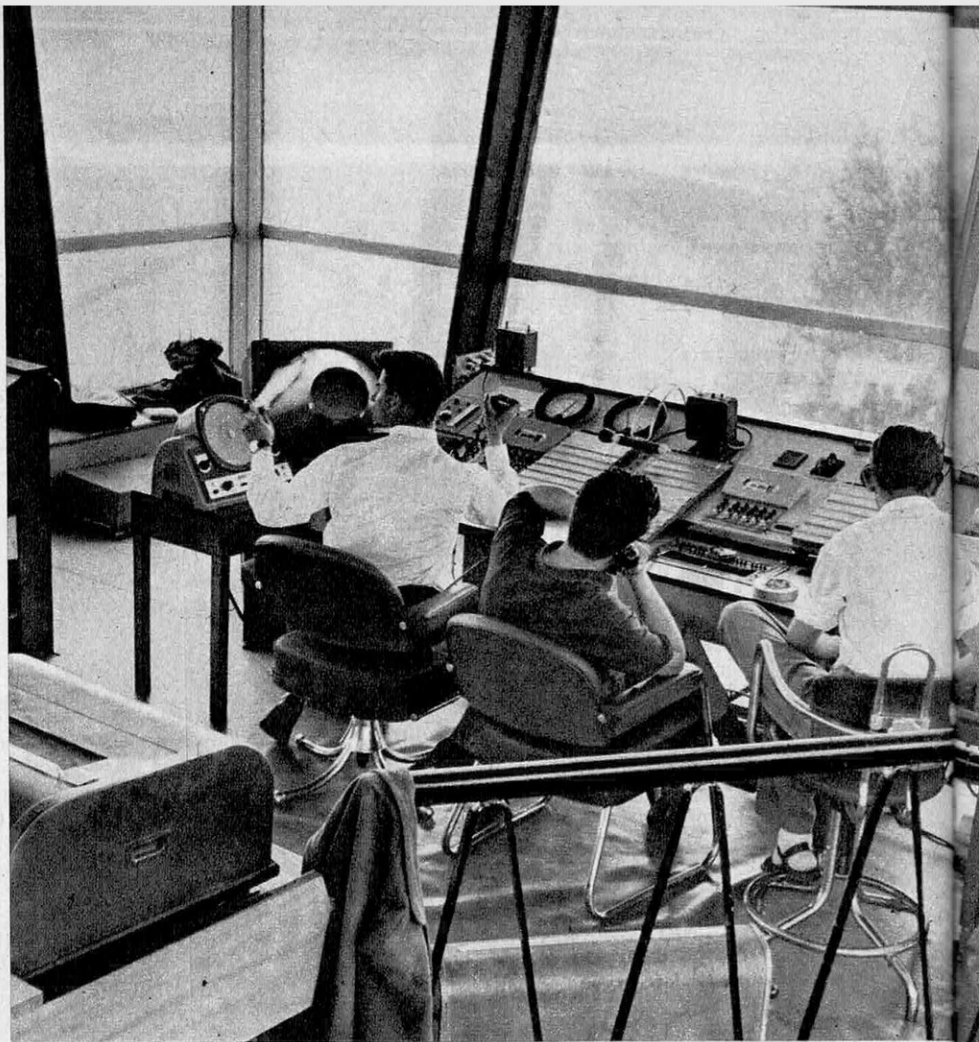
L'expérience montre qu'un phénomène dangereux risque de se produire lorsque de l'air à plus de 90 % d'humidité relative passe sur des surfaces dont la température avoisine 0° C, ou encore lorsque la pluie en surfusion tombe sur une surface à une température proche ou non de 0° C et vient à rompre son état de déséquilibre et à se glacer. L'appareil « avertisseur » de verglas consiste dans la combinaison d'un hygrostat et d'un thermostat montés en série dans un circuit électrique comportant un récepteur. Lorsque la formation du verglas risque d'être imminente, le circuit se ferme et le récepteur met en jeu un signal propre à avertir du danger. A gauche, l'avertisseur de verglas installé sur un pont de l'Autoroute du sud ; à droite, le panneau à éclairage clignotant indiquant le risque de formation de verglas sur la chaussée.

en permettant les dépassements ? N'est-il pas plus simple, dès aujourd'hui, de prendre le train ?...

Soyons sérieux. L'automatisme bien compris et bien réalisé, contenu dans des limites raisonnables, constitue certainement pour l'automobiliste un indéniable progrès. Nous n'avons pu qu'esquisser ici une silhouette sommaire de l'automatisme, écartant à dessein les exposés techniques entraînant de trop longs développements. Nous espérons seulement avoir montré que la tâche de l'automobiliste est aujourd'hui, grâce à l'automatisme, singulièrement légère par rapport à celle du conducteur de jadis. Sera-t-il, pour cela, enclin à plus d'indulgence devant de menues défaillances de ces servomécanismes parfois compliqués, qui l'irritent beaucoup et lui font maudire les constructeurs ? Ce n'est pas sûr : l'exemple de Marie-Chantal, qui bazarde sa « Cad » parce que le cendrier est plein, donne à réfléchir...

H. T.

**La tour  
de contrôle  
de l'aéroport  
d'Orly**



# l'automatisme dans **l'aviation**

*par Roland de Narbonne*

**C**'est en 1909, six ans à peine après le premier vol des frères Wright, qu'une société new-yorkaise aujourd'hui célèbre — Sperry — a imaginé les premiers dispositifs de pilotage automatique. Dès sa naissance donc, l'aviation se plaçait sous le signe des « boîtes noires », qui représentent de nos jours de 20 à 30 % du prix d'un avion bien équipé, et parfois beaucoup plus.

L'automatisme est présent partout dans l'aviation moderne. Au fur et à mesure que progressaient les performances des avions et leur complexité, on cherchait à réduire les inter-

ventions de l'équipage par l'implantation de dispositifs automatiques de tous ordres. On en est parvenu maintenant à faire souvent de l'équipage humain un organe de contrôle qui doit veiller au bon fonctionnement des systèmes automatiques.

Il serait impossible de faire ici un tour d'horizon complet des applications de l'automatisme en aviation et en astronautique. Nous ne retiendrons que les applications les plus spectaculaires.

C'est donc à Sperry que revient l'honneur d'avoir réalisé le premier pilote automatique



digne de ce nom. Aux commandes d'un hydravion Curtiss, Lawrence Sperry vint en Europe en 1914. L'appareil était équipé d'un système électrique de stabilisation gyroscopique et enleva à Paris le premier prix d'un concours pour « un équipement contribuant à la sécurité du vol ». L'ancêtre des pilotes automatiques stabilisait l'hydravion autour des axes de roulis et de tangage en actionnant de lui-même les ailerons et la gouverne de profondeur.

La première guerre mondiale, à laquelle l'aviation doit tant de progrès, ne favorisa nullement le développement de ces techniques et c'est seulement l'expansion du transport aérien qui devait susciter le perfectionnement des pilotes automatiques. A la veille de la seconde guerre mondiale, ils étaient généralisés sur les avions de lignes, aux États-Unis tout au moins.

La deuxième guerre mondiale devait permettre à l'automatisme de conquérir l'aéronautique, les performances sans cesse accrues des avions, en ce qui concerne la distance franchissable notamment, rendant le pilote automatique nécessaire. Qu'il s'agisse des bombardiers ou des avions de transport, les vols ne se mesuraient plus en centaines mais en milliers de kilomètres et les équipages s'accoutumèrent à confier pendant de longues heures le soin de piloter à « George », ainsi qu'ils avaient baptisé ce précieux auxiliaire.

Alors qu'à la veille de la guerre les transmissions d'ordres des pilotes automatiques étaient assurées par des systèmes hydro-pneumatiques, les progrès de l'électronique permirent la généralisation de systèmes électriques

Aussitôt, les esprits s'échauffent. On annonce déjà l'aviation de transport sans pilotes. Nous voici près de vingt ans plus tard et nul n'ignore que la profession de pilote n'est nullement menacée par les « boîtes noires ». Certaines expériences désagréables sont d'ailleurs venues, il n'y a pas si longtemps, rappeler la valeur de la vigilance humaine.

Depuis quelques années, la technique du pilotage automatique se trouve engagée dans une voie nouvelle. Alors que, récemment encore, le pilote automatique était considéré comme tout autre équipement, choisi en fonction de ses qualités techniques et de son prix, on le sélectionne aujourd'hui presque toujours dès les origines de l'avion, de manière à disposer d'un ensemble parfaitement adapté aux performances de l'appareil, à ses moteurs, aux conditions d'utilisation. L'autopilote est donc désormais un équipement parfaitement intégré aux divers systèmes de tel ou tel matériel.

Les systèmes actuels n'ont évidemment plus grand chose de commun avec le bon vieux « George » de la dernière guerre. Souvent beaucoup moins volumineux, ils offrent par contre des possibilités beaucoup plus larges et leur utilisation n'est plus un « luxe » mais bien souvent une nécessité du fait de l'évolution de la technique aéronautique.

Les avions de conceptions classiques avaient une stabilité propre suffisante pour qu'ils reprennent d'eux-mêmes leur attitude initiale après un changement d'assiette engendré par une perturbation atmosphérique. Les exigences des grandes vitesses et du vol aux altitudes élevées

# et l'espace

puis électroniques. Le premier autopilote électronique fut réalisé en 1941 par Honeywell et fut monté à bord de plusieurs milliers de bombardiers.

Au lendemain de la guerre, le transport aérien se trouve donc avoir à sa disposition des systèmes évolués, efficaces, qui sont pour lui autant d'atouts de sécurité. En septembre 1947, l'US Air Force fait réaliser à l'un de ses transports C-54 un exploit spectaculaire : une traversée Terre-Neuve - Grande-Bretagne entièrement en pilotage automatique, y compris le décollage et l'atterrissage.

ont conduit à l'adoption de formes nouvelles qui sont sujettes, dans certaines conditions, à des phénomènes peu souhaitables, se traduisant, par exemple, par des pertes d'altitude importantes. A moins de courir le risque de voir le pilote « saturé » par le nombre des tâches à accomplir, il faut avoir recours à des systèmes automatiques.

D'autre part, ces géométries nouvelles — c'est le cas, par exemple, des voilures en delta — n'ont qu'une stabilité naturelle limitée, l'une des conséquences étant le « Dutch Roll », phénomène oscillatoire combiné autour des

axes de roulis et de tangage. Ces mêmes appareils, à certains régimes de vol, subissent un cabrage prononcé, difficile à contrôler par des commandes manuelles et qui peut conduire au décrochage. Des systèmes automatiques (servoamortisseurs et servomécanismes antidécrochages) ont donc été mis au point.

Enfin, les autopilotes actuels peuvent aussi utiliser directement des informations fournies par d'autres instruments de bord. On peut citer dans cet ordre d'idée le contrôle automatique de la vitesse (respect d'un Mach donné) et l'auto-manette qui assure le pilotage automatique du réacteur de manière à respecter une vitesse donnée lors de l'atterrissage. De plus, le dispositif peut être relié aux compas, à divers systèmes électroniques de navigation de telle sorte que l'avion suive de lui-même une route ou un cap prédéterminé.

### La chaîne d'asservissement

La chaîne d'asservissement d'une gouverne comporte cinq phases de fonctionnement : détection, comparaison, formation du signal de correction, amplification de ce signal, braquage de la gouverne et enfin mesure du résultat obtenu.

Dans le cas dont nous venons d'énumérer les phases, il s'agit seulement de stabilisation automatique. La notion de pilotage automatique implique l'intervention dans la chaîne d'un signal fourni par un autre instrument de bord ou par le pilote.

Voici comment s'enchaînent les différentes phases dans le cas — pris ici à titre d'exemple — du pilotage autour de l'axe de lacet. Toute rotation de l'avion autour de son axe vertical est décelée par un détecteur (un gyroscope à transmetteur électrique, par exemple), qui mesure la valeur de ce déplacement et la transmet à un système de comparaison. Ayant déterminé l'écart entre la valeur réelle et la valeur théorique de cette donnée, ce système émet un signal correctif qu'un amplificateur transmet au servomoteur de la gouverne dont l'action rétablit l'avion sur son cap d'origine. Dans le cas d'avions d'un certain tonnage, des servo-commandes hydrauliques sont insérées entre le servomoteur et la gouverne elle-même. Dans certains cas aussi, la chaîne comporte un calculateur qui précède le bloc d'amplification et permet d'améliorer certaines caractéristiques de fonctionnement ou de « doser » certaines actions des gouvernes.

Le perfectionnement le plus récent dans le domaine des autopilotes est le système dit à « autorégulation » (« adaptive autopilot » chez les Anglo-Saxons), qui s'adapte de lui-même à n'importe quel changement du comportement de l'appareil ou du milieu ambiant, comme

dans le cas d'une panne d'un moteur sur un multimoteur par exemple. Cependant, c'est sur ces machines aux performances très évoluées, volant dans des ambiances très différentes en un court espace de temps, que ces systèmes nouveaux paraissent les plus appropriés. Le North American X-15 fut le premier à recevoir un tel système qui, depuis, a été appliqué à plusieurs autres machines avancées.

Les autopilotes ont fait de tels progrès en ce qui concerne l'encombrement et le poids que leur utilisation n'est plus limitée à des avions de gros tonnages. L'industrie spécialisée américaine sort en série des équipements légers (moins de 15 kg au total), qui peuvent être aisément montés sur des avions légers mono- ou bimoteurs. Grâce aux transistors et aux circuits imprimés, on parvient à réaliser des ensembles légers et compacts qui sont de plus d'une grande souplesse d'emploi puisque, par exemple, le Bendix PB-60 (36 kg) équipe à la fois le cargo lourd à réaction C-141 (150 tonnes) et le biréacteur d'affaires PD-808 (8 tonnes).

### Hélicoptères et avions à décollage vertical

Il y a peu de temps seulement que l'on s'est attaché à mettre au point des systèmes de pilotage automatique destinés aux hélicoptères, dont les principes de contrôle de vol sont suffisamment différents de ceux des avions classiques pour que de très nombreux problèmes se soient trouvés posés. Le besoin est né de l'utilisation des hélicoptères pour des missions

**Schéma d'un système de pilotage automatique assurant la stabilisation autour des trois axes de lacet, de roulis et de tangage et le maintien d'un cap, d'une altitude et d'une vitesse donnés. Des détecteurs appropriés mesurent en permanence les paramètres du vol, qui sont comparés aux valeurs théoriques. Les écarts engendrent des signaux de correction transmis par l'intermédiaire d'un amplificateur aux servocommandes. Des chaînes d'asservissement assurent le positionnement correct de celles-ci, et des circuits relient les détecteurs aux systèmes de calcul destinés à amortir rapidement les oscillations indésirables autour des valeurs de réglage.**



anti-sous-marines, qui imposent des périodes de vol relativement longues en stationnaire à faible altitude, quel que soit le temps. A cause de l'instabilité naturelle des hélicoptères, le maintien de cette immobilité stricte serait difficile et fatigant pour le pilote, l'empêchant de participer à la mission elle-même.

Le premier point à satisfaire était évidemment d'obtenir une stabilisation artificielle selon les trois axes, ce qui aurait pour conséquence de faciliter le pilotage en l'apparentant à celui d'un avion classique. Ce résultat obtenu, il fut aisé d'ajouter au système un pilote automatique simple permettant de contrôler l'attitude, le cap et l'altitude en vol de croisière, les signaux étant fournis par l'horizon artificiel, le gyro-compas et un altimètre barométrique.

Ces dispositifs sont aujourd'hui parfaitement au point et en utilisation quotidienne sur de nombreux types d'hélicoptères.

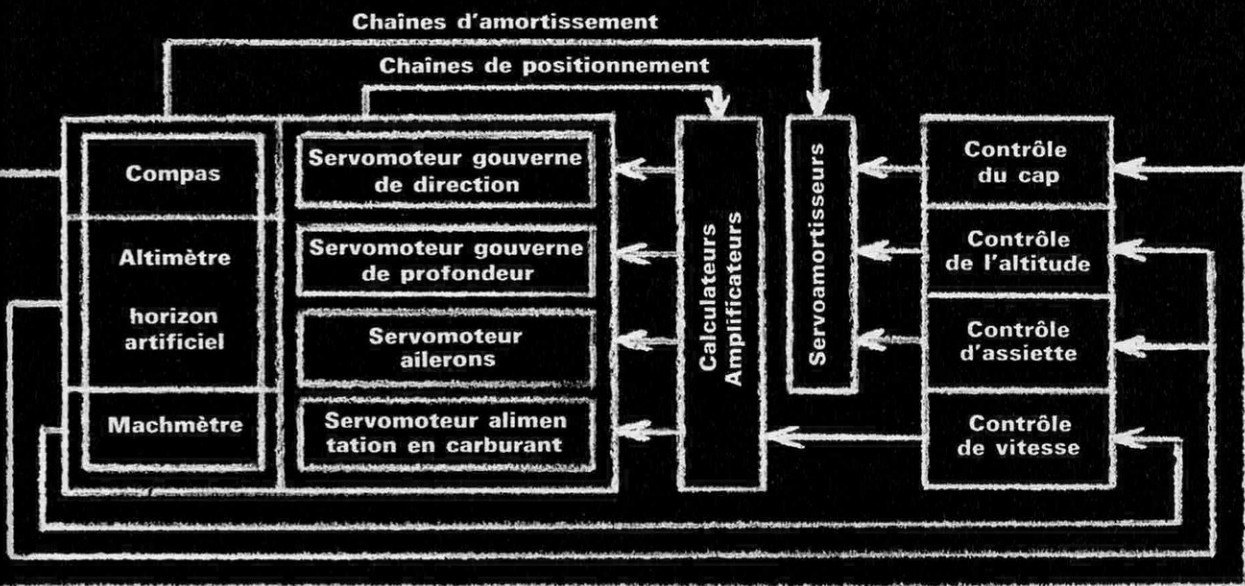
Les avions à décollage et atterrissage verticaux posent des problèmes de stabilité encore plus délicats. En effet, qu'ils tirent leur portance verticale, en vol sans translation, d'une batterie de réacteurs verticaux ou de réacteurs à jet défléchi, ces appareils n'ont aucune stabilité propre. Il faut donc les stabiliser artificiellement, résultat qui est obtenu par l'implantation de buses à débit variable aux extrémités des ailes et du fuselage. Afin de laisser au pilote la faculté de se concentrer sur le pilotage lui-même, fort délicat au décollage et à l'atterrissage, on a cherché à rendre automatique le contrôle du débit de ces buses.

Des systèmes automatiques efficaces ont été mis au point, mais bien du chemin reste à faire avant que de tels dispositifs puissent être considérés comme opérationnels. Ils seront pourtant nécessaires lorsqu'il s'agira d'utiliser ces avions par tous les temps. Leur présence sera aussi indispensable sur les avions de transport à décollage ponctuel, qui disposeront, sous une forme ou sous une autre, de plusieurs groupes sustento-propulseurs assez éloignés de l'axe de référence de l'avion. Une dissymétrie de puissance, à la suite d'une panne totale ou partielle, entraînera donc un moment de roulis important, difficile sinon impossible à corriger par le pilote avec les moyens normaux.

Il faut donc donner au pilote un moyen automatique de compenser cette dissymétrie de telle sorte que son intervention n'ait pas à être plus rapide ou plus précise que sur un avion de transport classique. D'autre part, les dispositifs ne doivent pas avoir de prédominance sur les dispositifs normaux de contrôle de l'avion. En somme, l'ensemble du système automatique doit être conçu de telle sorte que soit préservée la possibilité du contrôle direct de l'avion par le pilote à tout moment du vol en cas d'urgence.

### Les systèmes d'armes automatiques

Les exigences du combat moderne, imposant aux avions de combat les plus rapides de pouvoir mener à bien leur mission quel que soit le temps, ont conduit à la mise au point de



matériels dans lesquels le pilote n'est plus qu'un surveillant du bon fonctionnement des systèmes automatiques, son intervention n'étant nécessaire que dans la phase initiale du décollage et la phase terminale de l'atterrissage.

Du point de vue navigation, la base du système est un radar Doppler auquel s'ajoutent plusieurs capteurs de paramètres de pilotage, un calculateur d'éléments aérodynamiques et un calculateur de navigation. L'ensemble relève de manière continue les coordonnées de position, de vitesse par rapport au sol et de cheminement, l'angle de route et la distance par rapport au prochain repère ou à l'objectif, ainsi que la force et la direction du vent. Toutes ces données sont, simultanément, transmises au pilote automatique et affichées sur le tableau de bord. Le pilote se trouve ainsi délivré de tout souci de navigation à l'estime. L'erreur maximale est, l'expérience l'a prouvé, de 0,5 % de la distance parcourue.

Un radar de recherche et de télémétrie fait aussi partie du système combiné. Il fournit une représentation topographique du terrain survolé, ce qui permet au pilote de corriger les erreurs possibles du Doppler et d'identifier l'objectif. Il signale aussi les obstacles apparaissant sur la route, détermine en permanence la distance oblique de l'objectif pour toutes les armes, identifie les objectifs aériens et assure un pointage continu.

L'appareil comporte aussi un autopilote à trois axes, asservi au navigateur Doppler, qui maintient l'avion sur une route orthodromique et peut même piloter l'avion en montée et en approche.

Afin de permettre le tir avec précision de nuit ou par temps médiocre, l'appareil dispose aussi d'un directeur de tir qui travaille en conjonction avec un calculateur d'éléments balistiques, le Doppler et divers autres systèmes auxiliaires. Cet ensemble amorce la manœuvre de bombardement, effectue les corrections que peuvent imposer le vent traversier et la densité de l'air, stabilise l'avion pendant la phase ultime de l'approche de l'objectif et, enfin, décide du largage de la bombe. Le bombardement automatique est donc une réalité, et il peut être pratiqué en léger piqué ou par toute autre manœuvre. Les données géographiques de l'objectif ayant été, avant le départ, introduites dans le calculateur, il suffit ensuite au pilote de presser un bouton au moment judicieux.

Sur certains appareils auxquels leur mission impose un vol rapide au ras du sol pour pouvoir passer sous la couverture des radars, un radar de bord spécial, appelé « terrain avoidance radar » est couplé directement au pilote automatique de telle sorte que l'avion, sans intervention du pilote, suive les dénivellations

## Le pilote décolle et atterrit, l'avion combat seul.

Pour la défense de leurs approches polaires contre les incursions de bombardiers, les Etats-Unis ont construit une chaîne de radars géants, d'une portée de plusieurs centaines de kilomètres. Il suffit qu'ils détectent un écho non identifié pouvant être interprété comme une intrusion aérienne pour que les intercepteurs décollent aux fins de vérification et éventuellement d'attaque. Un système électronique appelé « SAGE » (Semi Automatic Ground Environment) guide automatiquement les chasseurs du NORAD (North American Defense Command) vers leurs cibles. Les intercepteurs les plus récents en service sont dotés en effet d'un équipement automatique d'interception et de tir, mis au point par la Hughes Aircraft Company et qui, par tous les temps, les guide vers la cible, situe la position de celle-ci, calcule sa distance et largue une salve de missiles air-air au moment le plus propice, ceci sans aucune intervention du pilote. Le système d'armes Hughes MA-1, construit pour le F-106, est le plus automatisé du monde et comporte 200 boîtiers reliés par près de 13 km de fils ; son calculateur peut effectuer 9 600 opérations arithmétiques à la seconde. Il prend le contrôle de l'appareil quelques secondes après le décollage et le ramène à sa base où le pilote n'a plus qu'à le poser, n'ayant eut, au cours de l'expédition, qu'à prendre la décision d'attaquer et à enclencher le dispositif de tir pour que les portes des soutes s'ouvrent et que les missiles soient mis à feu.

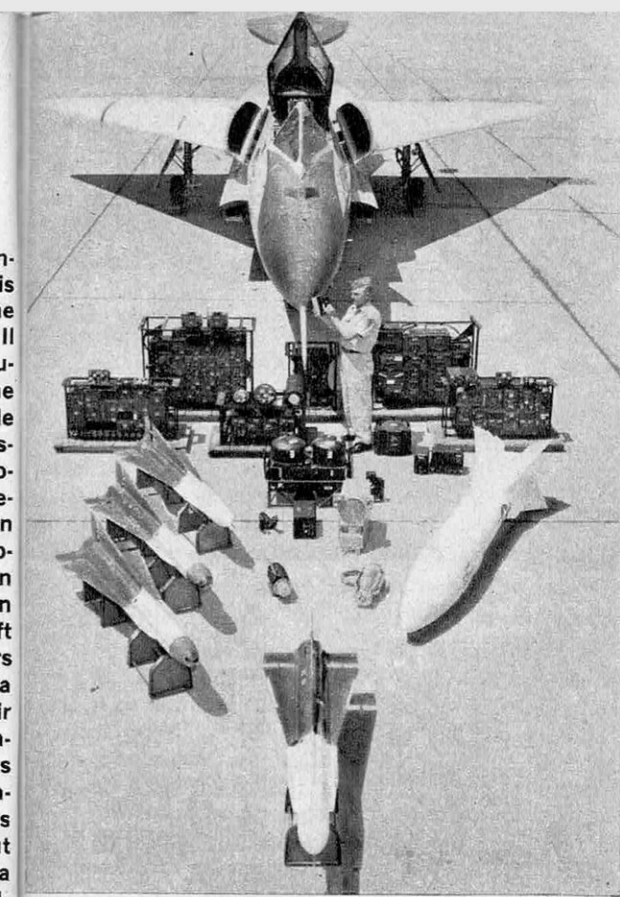
du terrain à altitude constante. C'est le cas du TSR.2 britannique qui comporte un système de sécurité original : en cas de défaillance de ce radar de vol à basse altitude, l'avion se trouve instantanément mis en chandelle, lui évitant de se fracasser sur le relief et donnant à l'équipage le temps d'en reprendre le contrôle.

Mentionnons encore que, déjà sur certains transports rapides actuels, existent des centrales de navigation automatiques qui livrent à l'équipage des données entièrement élaborées. Ces dispositifs seront évidemment de règle sur les transports supersoniques volant à plus de 35 km à la minute, ce qui dépasserait les possibilités d'un navigateur humain.

## L'atterrissage automatique

L'avion, qui a vu ses possibilités se multiplier en l'espace de cinquante ans, n'avait jusqu'ici trouvé aucune parade à son ennemi





Voici, réunis autour d'un chasseur monoplace Convair F-106 « Delta-Dart » et de son pilote, les « boîtes noires » qui constituent son système automatique de contrôle de vol et de tir, ainsi que ses armes : « Falcon » à guidage par radar au centre, « Super Falcon » à guidage infrarouge à gauche, « Génie » à droite.

le plus insidieux et le plus tenace : le brouillard. Chaque hiver, des milliers de passagers connaissent le désagrément d'un atterrissage loin de leur point de destination, faute d'avoir pu s'y poser à cause du brouillard. Incidemment, cette triste plaisanterie se révèle extrêmement onéreuse pour les transporteurs.

Au fur et à mesure que les systèmes électroniques et de communications, les balisages au sol et les performances d'approche des avions s'amélioraient, les minimas opérationnels se sont trouvés ramenés à des valeurs sans cesse plus basses. Ainsi, pour une « Caravelle », ils sont actuellement de 60 m de visibilité verticale et 800 m de visibilité horizontale. C'est peu et c'est trop, car si l'on pouvait abaisser encore ces valeurs de moitié, plus de 75 % des annulations de vol et des déroutements seraient évités.

Tous les avions de transport modernes sont conçus pour pouvoir, vers 1969, pratiquer l'at-

terrissage automatique sans aucune visibilité. En France, Sud-Aviation vise le même but, mais s'est fixé comme première étape de réduire les minimas.

En somme, après avoir guidé le vol d'un avion sur des milliers de kilomètres, on demande encore à l'électronique d'assurer les quelques dernières centaines de mètres, les plus délicates, puisqu'elles incluent le contact avec le sol.

De nombreux systèmes ont été préconisés. Les plus logiques sont ceux basés sur l'ILS (Instrument Landing System), appareil de percée aux instruments très largement répandu dans le monde. Plutôt que de procéder à l'implantation de systèmes au sol nouveaux, ce choix permet d'obtenir un résultat rapide et satisfaisant en améliorant des installations existantes.

Jusqu'ici, l'ILS devait se contenter — du fait de sa relative imprécision — d'amener les avions au-dessous des nuages, l'atterrissage lui-même se faisant alors à vue. Autrement dit, il fallait donner à cet instrument une très bonne précision dans les dernières phases de l'atterrissage ou fournir au pilote des indications suffisamment précises pour qu'il puisse amener son avion au sol sans vue extérieure.

Plusieurs centaines d'expériences effectuées à Toulouse et ailleurs, prouvent que Sud-Aviation touche à la solution, de même d'ailleurs que certains autres constructeurs étrangers. Il reste toutefois à faire homologuer ces systèmes pour qu'ils puissent être utilisés sur les lignes régulières.

Financièrement parlant, l'idéal serait de pouvoir se contenter d'une chaîne de pilotage simple, mais elle ne semble pas suffisante pour apporter une sécurité totale. Le système « duplex », ou circuit doublé, permet déjà de voir, par comparaison des cadrans, si quelque chose ne va pas, mais il est impuissant à désigner quel circuit est défaillant. Reste le système « triplex », plus onéreux évidemment, mais qui permet de supprimer la chaîne qui diverge des deux autres et d'empêcher le pilote automatique de suivre des ordres faux. En tout état de cause, le pilote conserve donc un rôle de surveillance, mais il souhaiterait, bien sûr, faire le travail lui-même à condition que des données précises lui soient fournies, qui lui permettent d'atterrir sans voir le sol. Plusieurs types de systèmes para-visuels, restituant artificiellement des références extérieures, sont en cours de mise au point. On peut d'ailleurs penser que la solution définitive sera une combinaison de l'atterrissage automatique et des systèmes para-visuels, ceux-ci apparaissant comme nécessaires pour assurer au pilote une transition visuelle lorsqu'il passe du vol aux instruments au vol à vue.

Spectacle peu banal sur un avion de ligne d'une soixantaine de tonnes : une démonstration d'atterrissage entièrement automatique avec le Hawker-Siddeley « Trident » qui est équipé de trois turbo-réacteurs.



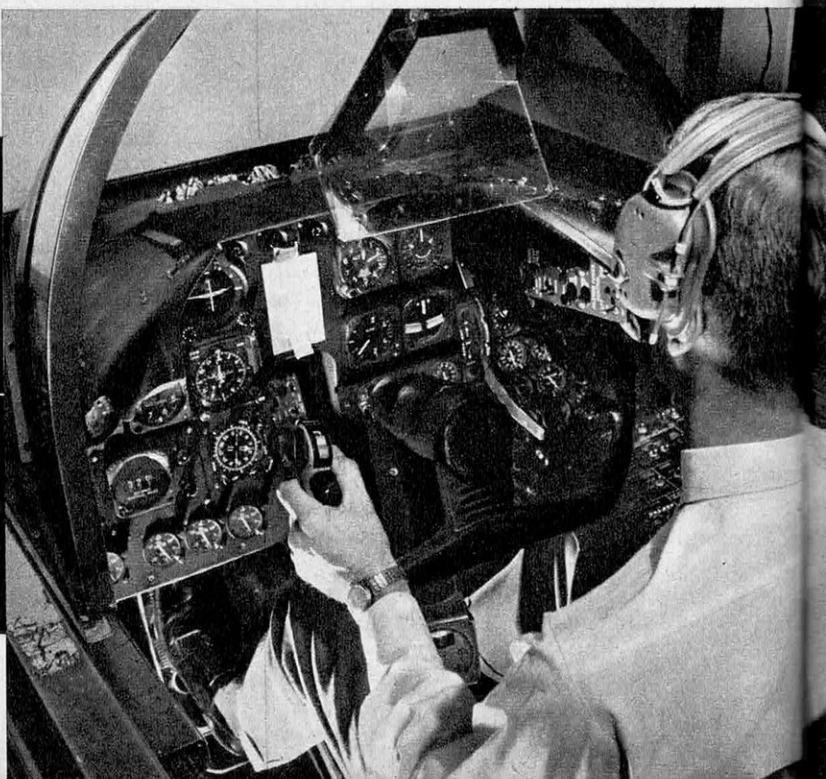
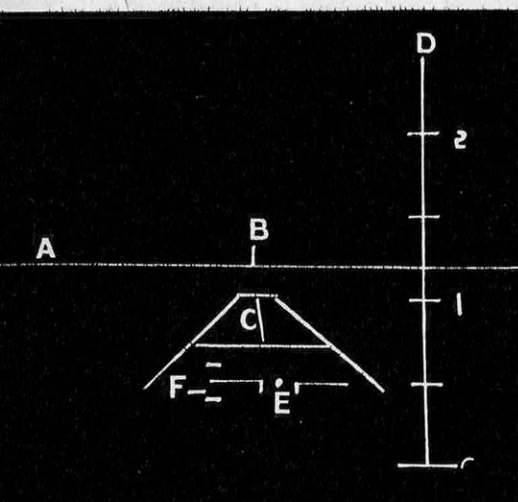
## Contrôle aérien et gestion

Nous l'avons dit, les domaines où l'automatisme a un rôle à jouer en aéronautique sont très nombreux. Nous en citerons deux pour terminer : le contrôle du trafic aérien et la gestion-réservation.

Aux abords des aéroports importants et dans l'espace aérien de tous les pays de forte densité de population, le trafic aérien s'accroît dans de telles proportions que les systèmes de contrôle « humains » arrivent à saturation. D'où une tendance marquée à l'automatisation de ces services, ce qui permet non seulement d'écouler plus rapidement la circulation, mais offre aussi un rendement inaccessible à l'homme sans que cela soit au détriment de la sécurité.

Un calculateur détermine les éléments de la route « sûre » à suivre par tel ou tel avion, en fonction des données de base qui lui sont fournies par les opérateurs. Par la suite, le système suit le cheminement de l'avion, vérifie le respect des normes d'espacement de sécurité en altitude et dans le plan horizontal, et cela pour un grand nombre d'appareils simultanément. On peut penser que de tels dispositifs se généraliseront impérativement au fur et à mesure de l'augmentation du trafic et des performances des avions.

D'un autre côté, les transporteurs aériens s'équipent de plus en plus de complexes électroniques qui sont capables d'assurer leurs services de réservation automatiquement, avec beaucoup plus de précision et dans des délais





plus rapides que les moyens traditionnels. Par un meilleur remplissage des avions — moins de places seront perdues qui sont aujourd'hui immobilisées à cause des délais de transmission des ordres — l'automatisme doit améliorer les conditions financières de l'exploitation.


## Automatisme et missiles

Si l'automatisme a droit de cité en aviation, c'est encore plus vrai naturellement en ce qui concerne les missiles où il n'y a pas de pilote humain.

Le principal problème des missiles est leur guidage. Il en existe plusieurs formes qui tendent de plus en plus à se passer de l'intervention humaine.

La donnée de base pour guider un missile est évidemment la position relative du missile et de son objectif. Elle permet à l'organe de commande — homme ou calculateur — de déterminer les ordres à transmettre pour que soit respectée la trajectoire idéale.

On discerne deux principes fondamentaux de guidage des missiles : le téléguidage (télécommande) où l'organe de commande est situé à l'extérieur du missile; l'autoguidage, dans lequel le missile est entièrement autonome, puisque renfermant son organe de guidage. Il s'agit de procédés automatiques ne nécessitant plus d'opérateur extérieur. L'inconvénient de l'autoguidage est qu'il conduit à des missiles plus complexes et coûteux, chaque tir consommant la totalité des mécanismes de guidage et de pilotage. En revanche, la précision est en général bien meilleure.



Pour la phase « aveugle » d'un atterrissage par mauvaise visibilité, celle qui précède le moment où l'avion « perçoit », c'est-à-dire débouche des nuages en vue du sol, on met actuellement au point des systèmes de visualisation qui fournissent au pilote des repères artificiels superposés aux repères extérieurs réels invisibles, ce qui facilite pour lui le passage du vol aveugle au vol à vue. Dans le système proposé par la Sperry Gyroscope américaine, l'image de repères extérieurs est simulée automatiquement sur une glace devant les yeux du pilote qui trouve en A la ligne d'horizon, en B un point de référence en direction, en C le tracé de la piste, ainsi qu'une échelle d'altitude en D, un marqueur E représentant l'avion et des repères F définissant les vitesses limites à observer au cours du vol d'approche, inférieure et supérieure.

Si, jusqu'à présent, la notion de télécommande sous-entendait l'intervention d'un pilote humain, on en vient maintenant à la télécommande automatique dans laquelle l'intervention humaine se résume à pointer une lunette sur la cible considérée. Auparavant, le « pilote » disposait d'un petit manche à balai pour conduire son missile et ce pilotage demandait évidemment un certain entraînement et représentait toujours un pourcentage relativement élevé de coups manqués.

Pour se diriger seul vers la cible qui lui est assignée, un missile autoguidé peut se baser sur différents rayonnements qu'elle émet. Le dispositif qui permet l'exploitation de ces rayonnements s'appelle un autodirecteur et ce processus est qualifié d'autoguidage direct.

Les rayonnements en question sont soit des émissions naturelles de la cible (émissions sonores ou infrarouges), soit des rayonnements provoqués, par exemple, par un radar « éclairant » l'objectif d'un faisceau d'ondes électromagnétiques dont il réfléchit au moins une partie.

Dans le cas d'un autodirecteur qui se contente de capter les rayonnements spontanés de la cible, on parle d'autodirecteur passif. C'est le cas de ceux sensibles aux infrarouges émis par les points chauds d'une cible (réacteurs, échauffements locaux de structure, etc.). Ces autodirecteurs ont pour inconvénient de n'être efficaces qu'en atmosphère claire, c'est-à-dire libre de nuages.

Il y a aussi les autodirecteurs semi-passifs qui sont constitués par des récepteurs simples captant l'émission électromagnétique réfléchie par la cible. Inconvénient : la nécessité de disposer d'un radar éclaireur extérieur, situé au sol ou à bord d'un véhicule aérien et assurant la poursuite automatique du but.

Pour rendre ce système de guidage — moins sensible aux conditions atmosphériques que le détecteur d'infrarouges — entièrement autonome, il suffit d'équiper le missile de son propre radar éclaireur. C'est l'autoguidage actif. Il rend le missile parfaitement autonome mais aussi plus lourd et plus coûteux.

L'autodirecteur peut être considéré comme une optique focalisant le rayonnement qu'elle reçoit. Il est complété par un détecteur et un amplificateur. Le signal amplifié est exploité par un calculateur qui détermine l'action des gouvernes pour maintenir le missile sur sa trajectoire. L'ensemble des décisions de guidage est donc pris à bord du missile automatiquement.

Pour certains missiles de gros tonnage on utilise l'autoguidage indirect basé sur l'utilisation de repères indépendants de la cible et du missile, des étoiles par exemple, ou des émissions radio. Toutes les données de pi-



## Contrôle de la c

L'augmentation incessante du volume du trafic aérien et des performances des avions rend peu à peu insolubles les problèmes de contrôle de la navigation aérienne par les méthodes classiques, c'est-à-dire en utilisant uniquement des hommes disposant de radars et de téléphones. Les charges de trafic nouvelles imposent partout dans le monde le recours à toutes les ressources de l'électronique et de l'automatisation pour sauvegarder la sécurité. Ainsi l'Air Route Traffic Control Center (ARTCC) de New York doit « traiter » quotidiennement 3 000 vols civils et militaires, réguliers ou non. Son domaine couvre 106 000 km<sup>2</sup> de terre et 39 millions de km<sup>2</sup> de mer, divisés en 22 secteurs de contrôle dis-

◀ Au poste « Entrée » d'Idlewild, un contrôleur et ses aides sont en liaison radio-téléphonique et radar avec un appareil qui se présente sur l'aérodrome. Au tableau, l'affichage lumineux automatique indique que le vol 087 est attendu à 19 h 36, altitude 900 pieds. Les feuilles des vols successifs s'alignent sur le pupitre.

lotage sont élaborées à bord du missile et ce mode de guidage est donc parfaitement automatique. Très utilisé à l'origine des missiles intercontinentaux, il est aujourd'hui détrôné par les systèmes de guidage par inertie.

Système de guidage autonome idéal, le système inertiel est basé sur l'utilisation de gyroscopes formant un trièdre de référence par rapport auquel des accéléromètres mesurent les accélérations subies par le missile. Par intégrations, on déduit les valeurs de la vitesse et de la position du missile à chaque instant. Par comparaison avec les données de la trajectoire nominale mémorisée dans le calculateur du missile avant la mise à feu, on calcule les corrections à apporter pour permettre au missile de suivre sa trajectoire idéale.

### L'automatisme, clef de l'espace

En dépit des performances humaines spectaculaires réussies dans l'espace par les Américains et surtout les Soviétiques, l'exploration du cosmos a été presque entièrement le fait de véhicules automatiques ou télécommandés, mais qui, même dans ce cas, avaient recours

à l'automatisme pour une bonne part de leurs fonctions.

Le développement de ces véhicules spatiaux et de leurs sous-systèmes complexes ouvrent des voies nouvelles à de nombreuses branches de la science et de la technologie. Le guidage, les calculateurs, les contrôleurs d'attitude, les sources de puissance, les moyens de télécommunications, l'instrumentation et les sous-ensembles structuraux sont assujettis à de nouveaux standards de légèreté extrême, de haute efficacité, de précision rigoureuse et de fiabilité jusqu'ici jamais atteinte.

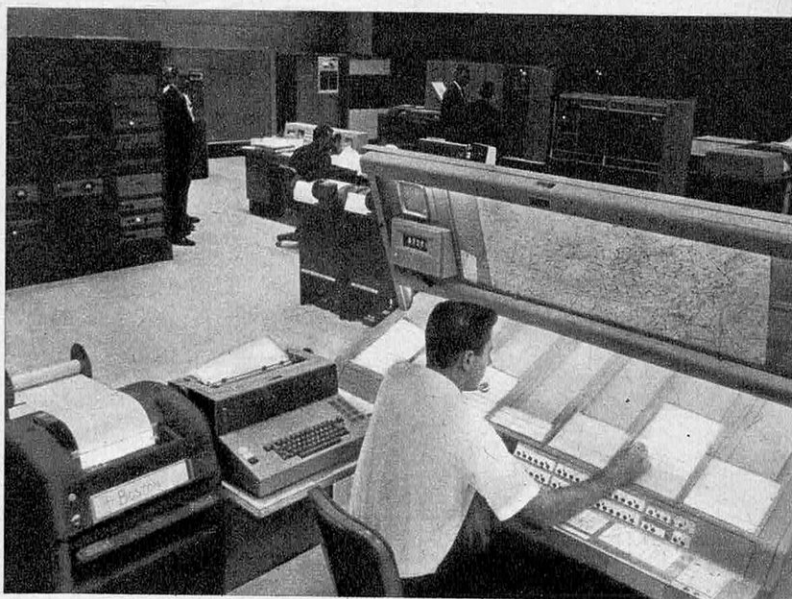
Les véhicules spatiaux peuvent se diviser en deux grandes familles — au delà des capsules habitées — selon qu'ils accomplissent leur mission automatiquement ou que certaines de leurs actions sont commandées de la Terre.

L'une des manœuvres automatiques les plus courantes pour les satellites réside dans le respect d'une attitude déterminée dans l'espace, soit qu'ils aient à la maintenir pour pouvoir photographier ou transmettre, soit que de l'orientation de leurs panneaux de cellules photoélectriques par rapport au Soleil dépende la longévité de leurs systèmes de puissance.



## culation aérienne

posant chacun de radars, de réseaux de télécommunications et de téléimprimers. Dans un ordinateur central sont amassés tous les plans de vol intéressant la surface dépendant de l'ARTCC, constamment tenus à jour d'après les informations les plus récentes venant de diverses sources : tours de contrôle d'aérodromes, autres centres de contrôle, appareils en vol eux-mêmes, etc. Les données en provenance des autres centres sont fournies directement à l'ordinateur par télétype, les autres sont introduites manuellement. L'ordinateur assimile toutes les données, établit les heures de passage au-dessus de tel ou tel repère de navigation et établit pour chaque avion une série de rapports de vol automatiquement ventilés par secteurs de contrôle et envoyés aux opérateurs correspondants. Si l'heure de passage d'un avion en tel repère diffère de celle prévue, le contrôleur de section provoque la composition d'un message rectificatif relayé automatiquement aux autres contrôleurs de tous les secteurs intéressés par le vol considéré.



▲  
*Un contrôleur au travail à l'A.R.T.C.C. de New York. Au fond, l'ordinateur IBM 1410 de traitement des informations, qui enregistre directement par lignes télétypes spéciales les plans de vol transmis des centres adjacents, dont une copie s'imprime sur la machine de gauche. Les informations reçues par téléphone sont introduites manuellement par le clavier voisin.*

Nombreux sont les satellites américains qui disposent ainsi de jets de pilotage dont la mise en œuvre est déclenchée automatiquement pour placer leurs cellules photoélectriques dans une position favorable. Certains d'entre eux ont effectué de telles manœuvres plusieurs milliers de fois durant leur vie active.

Comme autre exemple spectaculaire d'automatisme, on peut citer le stockage sur bandes magnétiques d'informations ou de photographies qui sont ensuite retransmises à des stations terrestres.

Les plus délicates des missions dévolues aux satellites et sondes automatiques sont évidemment celles relatives à l'exploration de l'espace lointain. Elles exigent un fonctionnement sans aucune défaillance de tous les systèmes, ceux de transmission notamment, soumis à des conditions d'environnement sévères.

De telles réalisations, dont la conception et la fabrication, extrêmement onéreuses, occupent l'élite d'une industrie pendant de longs mois, doivent être sévèrement mises à l'épreuve avant d'être lancées. D'autant que leur complexité ne cesse de s'accroître. Alors qu'un « Mariner » compte 54 000 éléments, il

en faut 82 000 pour un « Surveyor » et 100 000 pour un « OGO » (Orbiting Geophysical Observatory).

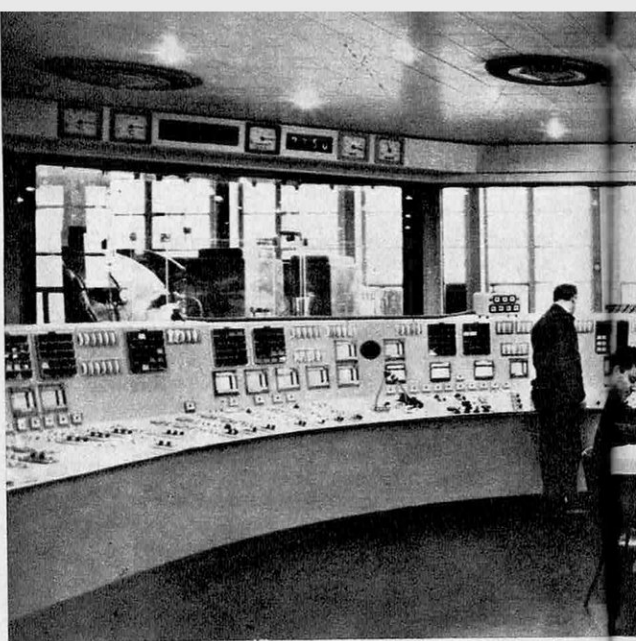
Il ne fait pas de doute que les véhicules tout ou partiellement automatiques auront toujours un rôle de premier plan à jouer dans la conquête de l'espace. Même si l'on associe de plus en plus souvent l'homme aux expéditions d'exploration cosmique et s'il n'est pas niable qu'il ait sa place dans cette fantastique course dans l'inconnu, on peut aussi être assuré qu'il devra s'en remettre sur bien des points à l'automatisme sans avoir la garantie de pouvoir toujours garder ne serait-ce même qu'un droit de regard sur les « boîtes noires ».

Dans l'espace, l'homme se trouve parfois — souvent même — aux limites de ses possibilités. S'il garde toujours un pouvoir de raisonnement et de décision que la machine, aussi perfectionnée soit-elle, ne saurait lui disputer, il n'empêche que bien des actions vitales sont hors de ses capacités.

De gré ou de force, s'il veut poursuivre l'exploration qu'il a entamée voici sept ans à peine, l'Homme devra accepter la collaboration des « boîtes noires » sur un pied d'égalité.

## l'automatisme et

# la production



**A**ctuellement, en France, les deux tiers de la consommation électrique globale sont répartis dans la zone nord du pays alors que la totalité de la production hydraulique est localisée dans la zone sud. Les artères de transport ne sont pas à l'abri d'incidents et c'est aux centrales thermiques, implantées sur les lieux de consommation, qu'est dévolu le rôle de pallier ces défaillances. De plus, la production hydraulique est saisonnière et c'est encore au thermique que l'on demande de régulariser la production totale d'énergie. Pour ces deux raisons, les centrales thermiques doivent être capables de subir des variations rapides de charge, passant du « minimum technique » à la pleine puissance en un temps relativement court. C'est en grande partie grâce au développement de l'automatisme qu'un tel régime d'exploitation a été rendu possible.

### **Automatismes séquentiels d'une centrale thermique**

C'est au moment de la mise en service ou de l'arrêt des centrales que les automatismes séquentiels sont principalement utilisés. Si les problèmes posés par l'automatisme à séquence sont moins « nobles » que ceux de la régulation, ils n'en demeurent pas moins fort complexes.

Une idée de cette complexité peut être fournie en examinant la nature des opérations né-

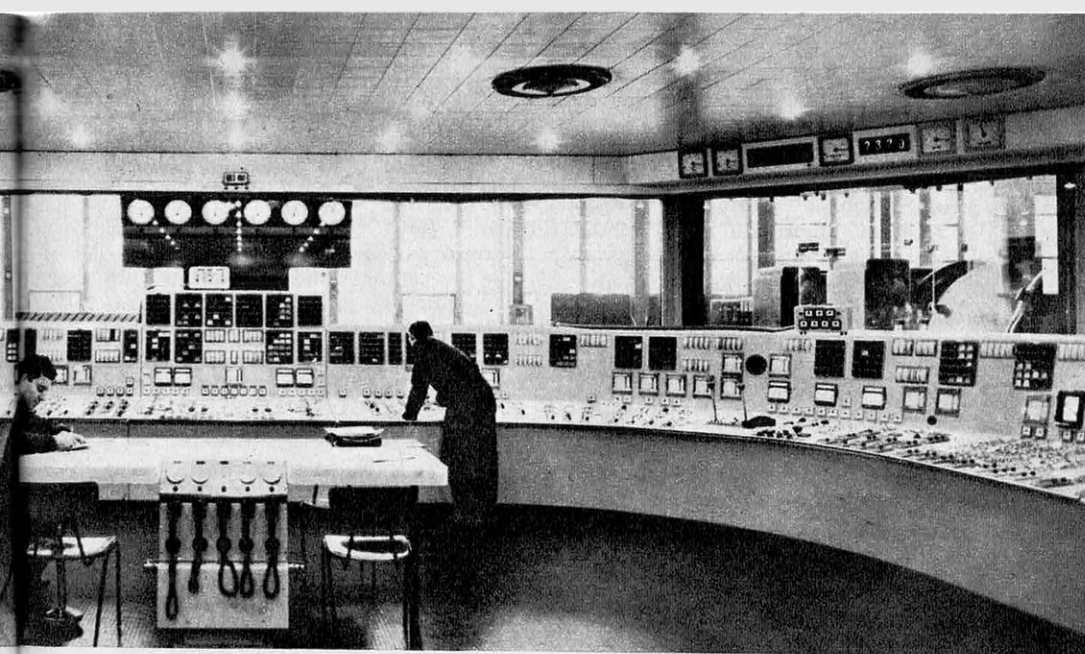
cessaires pour le démarrage automatique d'une centrale thermique, même dans le cas d'une centrale aussi simple que Saint-Ouen, qui utilise le gaz naturel et le mazout comme combustibles principaux.

Le conducteur lance les séquences de démarrage en appuyant sur le bouton « marche » placé en tête du dispositif. Les premières opérations ont pour objet la préparation du générateur de vapeur : ouverture des vannes de purges et des événements, mise en service des pompes et ventilateurs pour l'alimentation en eau et en air, etc. En même temps, le conducteur choisit le combustible qu'il désire utiliser. Le simple fait d'agir sur une manette de commande de la régulation automatique provoque la préparation séquentielle du circuit de combustible correspondant. L'existence du compte rendu de préparation de la chaudière ET du compte rendu de préparation d'un circuit de combustible permet la mise en service du dispositif d'allumage des brûleurs correspondants.

Lorsque le générateur de vapeur est en service, c'est-à-dire lorsque l'un OU l'autre des circuits de combustible est en fonctionnement, brûleurs allumés, l'automatisme séquentiel commande les opérations de préparation du dispositif de conditionnement de la vapeur et les opérations de démarrage de la turbine.

La présence du compte rendu de préparation de la turbine ET la vérification des caractéristi-





Le pupitre de conduite des deux groupes de la Centrale de Dunkerque. Un progrès considérable a été permis par l'utilisation d'appareils de format miniature. Il a été possible de disposer, sur un pupitre semi-circulaire, les enregistreurs et indicateurs indispensables pour la conduite.

# d'énergie

par R. Chaussard

ques de la vapeur (pression et température) en amont des vannes d'admission, autorisent le démarrage effectif de la turbine. Ce dernier est commandé par un programmeur qui décale progressivement le point de consigne de la régulation de vitesse, ceci en fonction des contraintes thermiques admissibles dans le métal de la machine. Simultanément, l'automatisme à séquences effectue les opérations de préparation de l'alternateur et de son transformateur : admission d'hydrogène, mise en service du groupe d'excitation, etc.

Lorsque les deux comptes rendus — turbine tournant à 3 000 tr/mn à vide ET alternateur sous tension à vide — sont obtenus, l'automatisme séquentiel met en service le synchro-coupleur qui ferme le disjoncteur à haute tension après avoir réglé la vitesse et la tension et après avoir assuré la mise en phase. Par action sur la régulation de la turbine, l'automatisme provoque une prise de charge de 20 000 kW environ. A ce moment, une lampe est allumée, indiquant au conducteur que la mise en service de l'installation est effectuée.

Pris individuellement, les circuits de commande qui viennent d'être décrits sont relativement simples. La complexité des automatismes séquentiels résulte essentiellement du grand nombre de ces circuits. Citons, à titre d'exemple, l'équipement de la centrale de Saint-Ouen qui implique la commande de 935

organes divers (moteurs, électrovannes, transformateurs, etc.) ainsi que la vérification de 1 342 grandeurs (pressions, températures, positions, etc.).

Cette centrale a été couplée sur le réseau le 6 avril 1963. Comme il s'agissait de la première centrale automatisée d'Électricité de France, les études de la chaîne séquentielle ont été fort longues et il a été décidé que les automatismes séquentiels seraient réalisés à partir d'une technologie classique : le relayage électromagnétique. Il en va différemment pour le deuxième groupe de la même centrale, dont le démarrage est prévu pour la fin de l'année 1966. Il sera automatisé à l'aide d'un calculateur numérique électronique.

## Automatismes de réglage

Les automatismes de réglage sont utilisés de deux manières différentes : soit pour maintenir certaines grandeurs à une valeur fixe, dite valeur de consigne, soit pour maintenir une certaine proportionnalité entre plusieurs grandeurs. Le réglage, très délicat à effectuer en période de démarrage et d'arrêt, est également difficile à assurer lors des variations rapides de charge. C'est le cas, en particulier, pour le générateur de vapeur, par suite du grand nombre de paramètres à prendre en considération, par suite des interactions entre ces différents

paramètres, et par suite des constantes de temps importantes de l'installation.

Dans un générateur de vapeur, le débit d'eau admis doit être égal, à tout instant, au débit de vapeur absorbé par la turbine (augmenté du débit des purges continues). Le réglage est généralement effectué par actions conjuguées sur une soupape placée au refoulement des pompes et sur un variateur de vitesse. La soupape réagit instantanément, et une correction est exercée ultérieurement par variation de vitesse des pompes.

Le réglage des débits de combustibles a pour rôle de proportionner, à tout instant, l'admission des combustibles aux besoins en calories de la chaudière. Ce problème est simple à résoudre lorsqu'on utilise le gaz naturel ou le mazout; il suffit alors d'agir sur des soupapes dont la réponse est presque instantanée. Il en va autrement lorsque l'un des combustibles est un solide pulvérisé (charbon ou lignite). Le réglage est alors effectué par action sur la vitesse des distributeurs qui admettent le charbon brut dans les broyeurs. C'est seulement lorsque le charbon est broyé que les résultats du réglage se font sentir, et cette constante de temps freine la réponse d'ensemble. Quel que soit le combustible utilisé, le critère de bon réglage est fourni par la stabilité de la pression de vapeur.

Le débit d'air de combustion a été, avec l'alimentation en eau, l'un des premiers à être réglé automatiquement dans les centrales thermiques. Le régulateur a pour mission d'admettre, dans la chambre de combustion, la quantité d'air exactement nécessaire pour une combustion correcte (compte tenu des excès d'air à respecter). Le critère de réglage est généralement la teneur en oxygène des fumées.

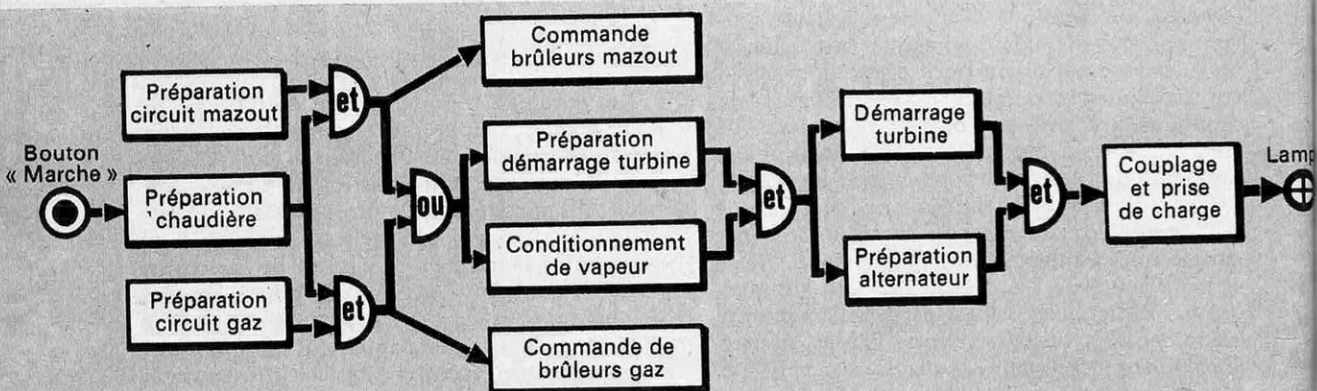
Le réglage des températures de vapeur surchauffée et resurchauffée est, de loin, le plus difficile à effectuer. La difficulté réside dans le fait que les paramètres exerçant une influence

sur les températures de vapeur sont nombreux et que les organes de réglage de ces températures agissent très lentement (temps de réponse de plusieurs minutes). On dispose d'un grand choix d'organes pour effectuer le réglage. Il peut être obtenu par inclinaison des brûleurs, par recyclage des fumées, par action sur des registres de contournement des faisceaux échangeurs et, enfin, à l'aide de circuits d'injection d'eau dans la vapeur. Dans tous les cas, le critère de réglage est, bien entendu, la température de vapeur elle-même.

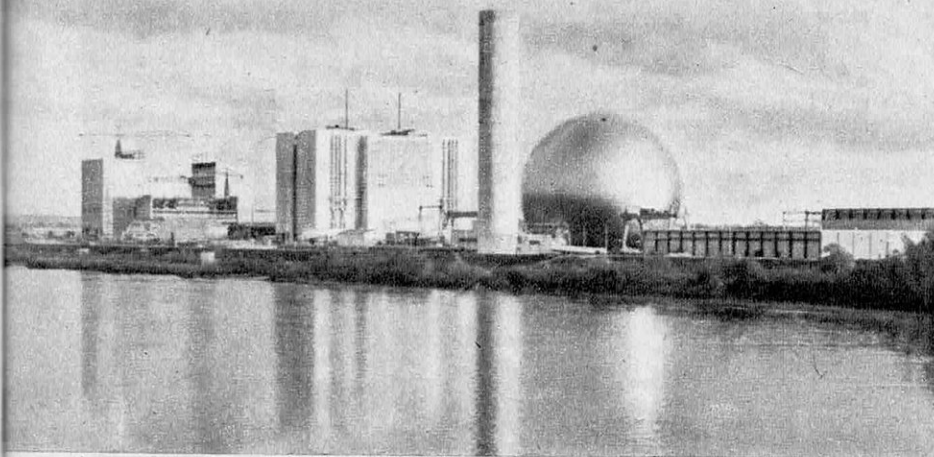
La complexité croissante des installations à régler et la réduction des tolérances de réglage font que la notion de chaîne de régulation est désormais abandonnée au profit de celle de calculateur analogique de régulation. Dans ces derniers, un signal de réglage est élaboré en permanence en prenant en considération tous les paramètres qui sont susceptibles d'influer sur la variable réglée, chaque paramètre étant introduit au moment où il agit et proportionnellement à son action.

## Traitement de l'information dans une centrale thermique

La conduite d'une centrale thermique nécessite la surveillance de 400 à 500 grandeurs de diverses natures : températures, débits, pressions, etc. Pendant longtemps, ces informations furent transmises au conducteur par des appareils indicateurs et enregistreurs de grand format disposés sur des tableaux verticaux. De tels tableaux (pouvant atteindre jusqu'à 14 m de longueur développée) ne permettent pas au conducteur d'avoir une vue d'ensemble du fonctionnement de l'installation. Un progrès considérable a été permis par la création d'appareils de mesures de format « miniature ». Il a été possible de disposer, sur un pupitre semi-circulaire, les indicateurs et enregistreurs indispensables à la conduite; les tableaux verticaux







La centrale nucléaire de Chinon est constituée de trois installations différentes : EDF-1 comprend un groupe turboalternateur de 60 000 kW, EDF-2 comprend deux groupes de 125 000 kW et EDF-3 deux groupes de 250 000 kW. Les trois réacteurs fonctionnent suivant la filière : uranium, graphite, gaz carbonique.

secondaires étant réservés aux enregistreurs utilisés à des fins statistiques ou pour l'analyse a posteriori d'un incident.

Les dispositifs numériques de traitement de l'information permettent d'envisager un nouveau progrès en « élaborant » certaines des informations communiquées au conducteur. Il est possible, par exemple, de lui fournir des valeurs de dépassement par rapport à un seuil, ou bien des vitesses de variation, au lieu des valeurs absolues de températures. Les grandes possibilités des calculateurs permettent d'envisager des réalisations de plus en plus complexes. La première application importante, dans le domaine du thermique classique, est celle de Saint-Ouen.

Les variables principales, utilisées en permanence pour la conduite de l'installation, sont mises à la disposition du conducteur à l'aide d'indicateurs et d'enregistreurs classiques qui ont été conservés sur le pupitre de conduite. En outre, le conducteur peut « appeler » les variables dont il désire suivre l'évolution sur une machine à écrire placée à l'extrémité du pupitre. Dans ce cas, les valeurs sont notées en noir toutes les minutes. Si, au contraire, la

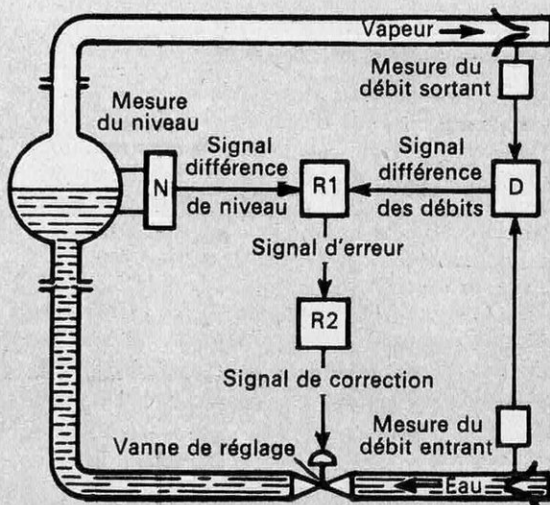
frappe est provoquée automatiquement par suite d'une valeur anormale, l'inscription est effectuée en rouge, à la même cadence. La machine à écrire du pupitre reçoit, par ailleurs, les informations prioritaires d'un « détecteur séquentiel de défauts ». Ce dernier est relié aux 50 contacts susceptibles de provoquer un déclenchement total ou partiel de l'installation. En cas d'incident, la machine à écrire frappe l'heure du premier défaut et note les cinq premiers d'une cascade dans leur ordre chronologique d'apparition.

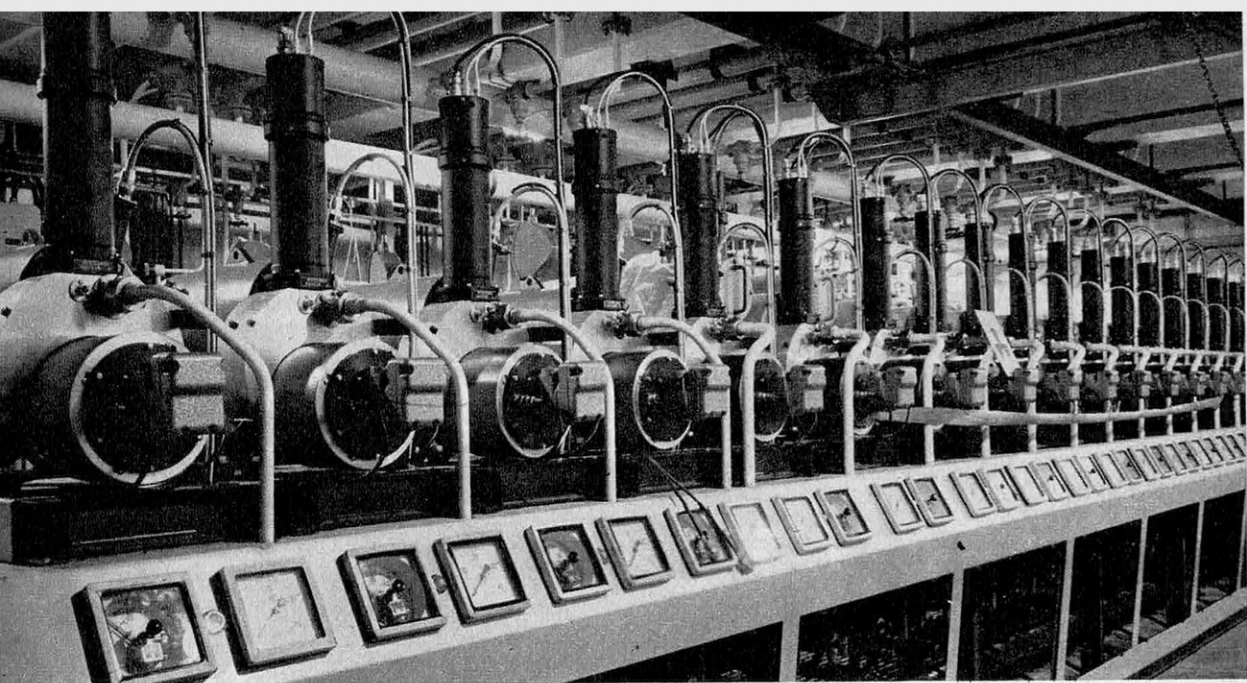
Les variables secondaires, utilisées essentiellement pour l'étude ultérieure d'un incident ou pour l'établissement de statistiques, sont mises à disposition à l'aide d'un certain nombre de machines à écrire situées à la base des tableaux latéraux. Pour éviter l'impression d'un trop grand nombre de résultats, les variables ne sont notées que toutes les heures.

Une autre fonction des calculateurs est le calcul périodique du rendement de la centrale. Le principe général consiste à calculer tous les écarts de consommation à l'aide d'une méthode de pertes séparées : pertes de l'alternateur, de la turbine, du générateur de vapeur, consom-

La chaîne séquentielle de la Centrale de Saint-Ouen montrant la succession des principales phases de démarrage d'une centrale mixte gaz-mazout.

Un exemple de réglage : le niveau de la chaudière. Deux signaux sont élaborés : l'un, en D, exprime la différence entre les débits entrant et sortant ; l'autre, en N, mesure la différence entre le niveau et sa valeur de consigne. Ils sont additionnés en R<sub>1</sub> pour constituer le signal d'erreur à partir duquel R<sub>2</sub> élabore le signal de correction, proportionnel à cette erreur et à son intégrale par rapport au temps. L'action intégrale assure le retour rigoureux du niveau à sa valeur de consigne.





Détecteurs de rupture de gaines à Chinon. Il s'agit de détecter, dans chaque canal de réacteur, la présence de produits de fission gazeux. Le nombre de canaux étant élevé (2 300 pour EDF-2) il s'est avéré nécessaire de prévoir plusieurs chaînes de détection scrutant les canaux par faisceaux puis, en cas d'anomalie, par groupe et enfin canal par canal.

mation des auxiliaires, etc., puis à les regrouper par zone d'installation. Leur connaissance permet au conducteur d'agir pour tenter d'obtenir le meilleur rendement possible.

Le calcul du rendement est la fonction qui contribue le plus à justifier économiquement l'emploi des calculateurs numériques dans les centrales thermiques. En effet, la complexité et le nombre des calculs nécessaires pour l'obtention d'un bilan économique sont tels que ce calcul n'est effectué (à la main) qu'une fois par mois dans les centrales classiques. Un calculateur numérique peut fournir les mêmes informations plusieurs fois par heure, améliorant ainsi la conduite manuelle et permettant d'envisager l'optimisation automatique.

### Automatisation des centrales nucléaires

Dans une centrale nucléaire, toute la partie de l'installation qui transforme l'énergie calorifique en énergie mécanique puis électrique ne diffère pas sensiblement de la partie correspondante d'une centrale classique. Elle est donc justiciable des mêmes procédés d'automatisation et de traitement des informations. Par contre, la production de chaleur dans le réacteur et le transport de cette chaleur (avec le gaz carbonique comme fluide caloporteur, par exemple) posent un certain nombre de problèmes particuliers.

Le réglage automatique d'un réacteur s'avère beaucoup plus simple que celui d'une chaudière. Dans la filière : uranium, graphite et gaz carbonique, actuellement retenue en France, un réacteur à neutrons thermiques se compose d'un assemblage de matériaux fissiles et modérateurs, le tout entouré d'un réflecteur de neutrons. Lorsque le nombre de fissions par unité de temps croît avec le temps, on dit que le réacteur diverge, et sa puissance croît. La commande d'un réacteur consiste à faire évoluer, sur demande, la puissance neutronique du réacteur en rendant le système divergent, stable ou convergent. Pour cela, on dispose de barres de contrôle (bore ou cadmium) absorbant les neutrons. En insérant plus ou moins ces barres dans le réacteur, on peut rendre le système convergent, stable ou divergent.

La régulation d'un réacteur s'effectue en utilisant successivement deux schémas différents. Dans une première phase du démarrage, on compare la puissance neutronique à une valeur de consigne croissant lentement. Puis on cherche à maintenir constante la température moyenne des barreaux d'uranium. Cette seconde régulation permet d'éviter les contraintes thermiques dans le réacteur et, en particulier, la rupture des gaines renfermant l'uranium.

Dans les centrales nucléaires, le traitement des informations est caractérisé par le grand nombre des grandeurs à surveiller. L'équipement de la centrale EDF-2, par exemple, reçoit



2 000 mesures diverses : températures (en particulier du gaz carbonique à la sortie des canaux), pressions, débits, flux de neutrons en de multiples endroits du réacteur, analyses chimiques, etc.

Un problème spécifiquement nucléaire est celui de la détection de ruptures de gaines. Il s'agit de détecter, dans le gaz de refroidissement de chaque canal du réacteur, la présence de produits de fission gazeux à courte durée de vie, due au défaut de la gaine d'un élément de combustible. Le nombre élevé de canaux (2 300 pour EDF-2) et la nécessité de mesures fréquentes ont imposé l'installation d'un calculateur pilotant une séquence complexe. Les canaux sont analysés en faisceaux de huit, faisceaux qui sont groupés par 25 et analysés par douze chaînes de détection. Le calculateur détermine la réactivité de chaque groupe et, en cas d'alarme sur l'un d'eux, recherche le faisceau puis le canal défaillant, et aiguille ce dernier sur un dispositif qui le surveille en permanence. La sécurité de fonctionnement implique généralement le doublement des calculateurs dont la probabilité de défauts est encore trop élevée pour des fonctions aussi vitales.

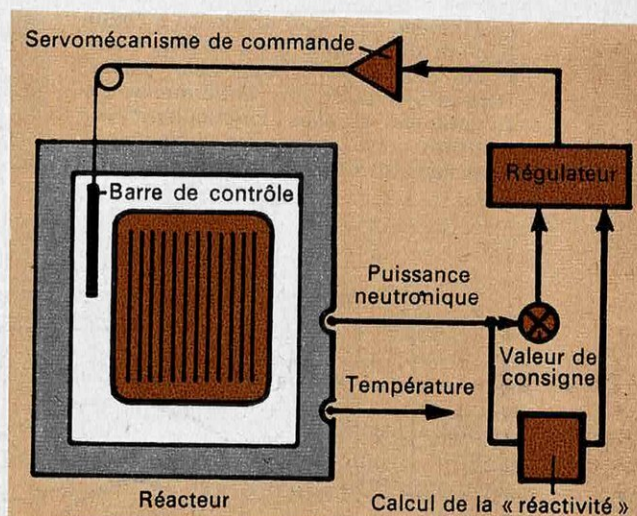
## L'automatisme dans les centrales hydrauliques

Les centrales hydrauliques sont classées en trois catégories : lac, écluse, fil de l'eau, selon les manières dont elles peuvent être exploitées. Elles diffèrent, bien évidemment, par le type d'ouvrages de retenue et par le type de turbine utilisée. Pour l'automatisme, elles se caractérisent par leur grande simplicité. Une usine hydraulique comprend beaucoup moins d'auxiliaires qu'une centrale thermique.

Le principal problème est celui de la régulation automatique de la vitesse de rotation et de la puissance du groupe. Un schéma de principe est indiqué page 98. Si la puissance demandée à l'alternateur croît, le couple résistant augmente sur l'arbre de la turbine et cette dernière ralentit. Soumises à une force centrifuge plus faible, les boules d'un régulateur se rapprochent de l'axe et provoquent l'ouverture de la vanne. Ce mouvement ne cesse que lorsque la vitesse de rotation est redevenue constante. A ce moment, le nouveau débit est compatible avec la puissance produite.

Par suite de l'insensibilité de certains organes et du temps nécessaire pour l'obtention de ce nouvel équilibre, la vitesse de rotation est un peu plus faible que ce qu'elle était avant l'accroissement de puissance. On dit que la régulation présente un certain « statisme ». Si le statisme est de 4%, le groupe tourne à une vitesse plus faible de 4% à la pleine charge qu'à la charge nulle.

Désormais, les régulateurs de turbine sont réalisés à l'aide de circuits électriques. On mesure la fréquence à l'aide d'un petit alternateur calé sur l'arbre de la turbine. Cette fréquence est comparée à une valeur de consigne et l'écart est appliqué à l'entrée d'un régulateur dont le signal de sortie agit, par voie électrique, sur la commande de la vanne d'admission d'eau. On pourrait, avec un tel régulateur, supprimer le statisme, mais c'est volontairement qu'il est conservé car il permet de fixer la participation du groupe au réglage de la fréquence du réseau, puisque, comme nous venons de le dire, une diminution de fréquence provoque, du fait du statisme, une augmentation de puissance. Suivant la valeur du statisme, la variation de puissance est plus ou moins grande. On peut ainsi spécialiser les groupes, certains fonction-



**Régulation de puissance d'un réacteur nucléaire :** le régulateur élabore un signal de commande des barres proportionnel à la différence entre la puissance neutronique et sa valeur de consigne, corrigé en fonction de la « réactivité », paramètre qui caractérise l'évolution des populations de neutrons et, non mesurable, est calculé à partir de la puissance neutronique dont il est la dérivée logarithmique.

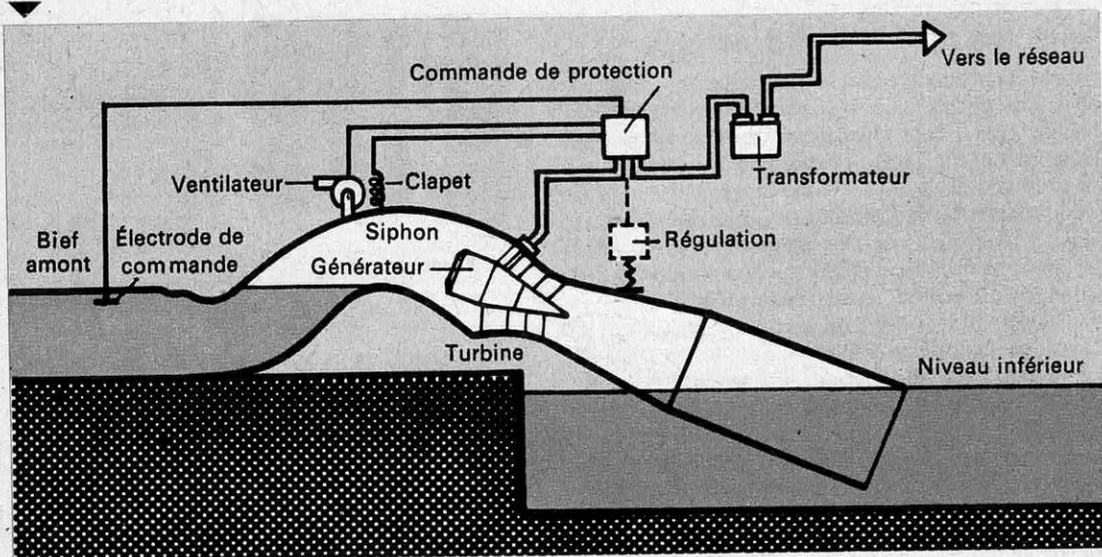
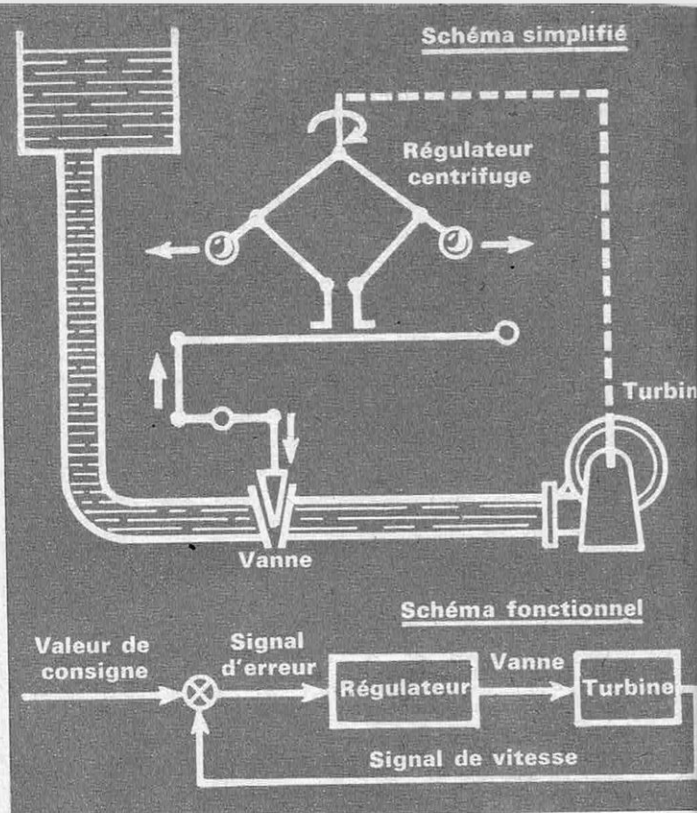
nant en machine de base à puissance presque constante, d'autres contribuant au réglage de la fréquence du réseau par leur marche à puissance variable.

Le réglage primaire d'un groupe hydraulique est plus simple que celui d'un groupe thermique car il n'y a qu'un circuit d'admission d'eau contre deux admissions de vapeur (surchauffée et resurchauffée), ce qui nécessite deux circuits de réglage couplés entre



On voit sur ce schéma simplifié que, lorsque la vitesse de la turbine croît, par suite d'une diminution de charge par exemple, les boules du régulateur s'écartent, et que la tige coulissante monte, provoquant la fermeture de la vanne par l'intermédiaire de la tringle. Le mouvement ne cesse que lorsque le nouveau débit d'eau correspond au couple résistant appliqué sur l'arbre de la turbine. Le schéma fonctionnel des régulateurs à base de circuits électriques maintenant adoptés est tout à fait analogue.

Ces installations sont destinées à l'équipement de certains biefs de très basse chute (1,5 à 5 mètres). Leur démarrage et leur arrêt sont entièrement automatiques et elles fonctionnent par écluses dont la durée et la fréquence sont liées au débit de la rivière.



eux. Il est plus compliqué car, en cas d'incident, l'incompressibilité de l'eau et l'importance de la masse en mouvement interdisent une fermeture trop rapide de la vanne. Mais les principes fondamentaux du réglage sont strictement les mêmes.

### Usine marémotrice

La première usine marémotrice française est en cours d'aménagement dans l'estuaire de la

Rance. La marée y est semi-diurne, avec une amplitude variant de 13,2 m à 6,6 m suivant les jours, la période étant de 15 jours environ. L'usine comprendra 24 groupes bulbes réversibles turbines-pompes de 10 000 kW, soit une puissance installée de 240 000 kW.

L'automatisation d'une telle centrale ne pose pas de problème que nous n'ayons déjà évoqué. La principale particularité de l'usine de la Rance (et de la future usine des îles Chausey) réside



dans la périodicité de la fourniture et de l'absorption d'énergie électrique. En effet, le cycle prévoit des périodes de turbinage et des périodes de pompage qui dépendent du régime des marées et ne sont pas toujours compatibles avec les besoins du réseau. Par contre, elles sont prévisibles et justifient un très intéressant dispositif de traitement des informations dans le cadre du calculateur d'optimisation du réseau dont il sera question plus loin.

## Microcentrales

Il existe en France, sur les cours d'eau de plaines d'importance secondaire, un nombre important de petites chutes dont l'équipement s'était jusqu'ici révélé peu rentable par suite du coût élevé de l'installation en regard de la puissance installée. Le groupe bulbe modifie cette situation en permettant de réaliser des microcentrales adaptées à ces basses chutes.

Électricité de France procède actuellement à l'installation de groupes sur les quatorze biefs de navigation existant sur la Mayenne en amont de Laval. En 1954 et 1955, deux groupes bulbes prototypes ont été installés sur les biefs de la Maignanerie et de l'Ame. Leur exploitation a été satisfaisante et la même technique est utilisée pour l'équipement des douze autres biefs. La puissance totale installée est de 1 680 kW et la productibilité moyenne annuelle est estimée à 10 millions de kilowatts-heures.

Chaque microcentrale est constituée d'un siphon dans lequel est placé le groupe bulbe. Le coude du siphon est un peu au-dessus du niveau amont. À l'aval de ce coude, une tuyère dans laquelle se trouve le groupe est prolongée par un aspirateur en tôle. Le groupe comprend une hélice de quatre pales, orientables à l'arrêt, à distributeur fixe, absorbant un débit de  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  sous une hauteur de chute de 2 m et dont la puissance varie de 80 à 180 kW suivant les hauteurs de barrage (1,5 à 2,76 m).

Le fonctionnement est entièrement automatique. Lorsque le niveau est suffisant dans le bief amont, une électrode provoque la mise en service du ventilateur d'extraction d'air et la fermeture du clapet de désamorçage. Le siphon se remplit progressivement. Une électrode, placée à hauteur convenable dans le siphon, provoque l'arrêt du ventilateur et le couplage de la génératrice au réseau. La machine fonctionne jusqu'à ce que, le niveau ayant baissé dans le bief amont, un ordre d'arrêt soit donné par l'électrode de commande. L'arrêt est obtenu par ouverture du clapet de désamorçage et coupure du disjoncteur de la génératrice. Lorsque le niveau remonte à sa valeur de démarrage, le cycle recommence.

Le groupe fonctionne donc par éclusees successives dont la fréquence et la durée sont

liées aux débits respectifs de la rivière et de la turbine.

L'automatisme de commande est complété par un certain nombre de protections très simples : surintensité, minimum de tension, échauffement, etc. La réalisation des différents circuits en technologie statique (semi-conducteurs) a permis d'obtenir des ensembles d'une fiabilité telle qu'ils sont installés en pleine nature, sans personnel de conduite ni d'entretien. C'est un très bel exemple d'automatisation totale d'un procédé industriel.

## L'automatisme dans le réseau de transport

Le réseau de transport d'Électricité de France est, par définition, l'ensemble des lignes et postes de transformation dont la tension est égale ou supérieure à 60 kV, soit actuellement de 60 à 380 kV. Les lignes sont reliées entre elles par des postes d'interconnexion qui comportent des jeux de barres, des transformateurs et un disjoncteur sur chaque liaison entre un appareil et un jeu de barres.

L'automatisation du réseau de transport est restée longtemps limitée au déclenchement en cas d'incident. C'est vers 1940 que les premiers essais de réenclenchement automatique furent effectués. Il s'agit là d'une intéressante application des automatismes séquentiels. En effet, il fallait six ou sept minutes à un conducteur très expérimenté pour remettre une ligne en service après un déclenchement. Les dispositifs automatiques permettent une remise en service après quelques dixièmes de seconde, sans que l'agent ait à intervenir. Or, en période d'échange intense d'énergie, la coupure relativement longue d'une ligne peut provoquer le déclenchement du réseau « en château de cartes ».

Sur le réseau de transport, les défauts sont : soit fugitifs, soit permanents. Parmi les défauts fugitifs, il faut mentionner les déclenchements dus aux coups de foudre, au brouillard, ou les incidents du matin. Les défauts permanents sont heureusement fort peu nombreux. Ils sont généralement provoqués par des ruptures de lignes, des claquages d'isolateurs ou des avaries diverses du matériel installé dans les postes. Le premier type d'incidents étant le plus fréquent, il est avantageux de tenter un réenclenchement rapide de toute ligne défaillante. Par contre, il serait dangereux d'en tenter un second, si le premier n'est pas réussi, car on risque alors de se trouver en présence d'un défaut permanent. Les dispositifs actuellement utilisés par E.D.F. utilisent ce principe. Une preuve du bien-fondé de ces hypothèses est apportée par le fait que 90 % des réenclenchements sont actuellement réussis.

Le calculateur du dispatching d'E.D.F. Il s'agit d'un calculateur numérique du type à « logique enregistrée ». La mémoire rapide à tores de ferrite est extensible de 8 192 à 32 768 mots. Il est actuellement utilisé sur un réseau comprenant 150 nœuds et, dans quelques mois, la programmation en sera complétée au réseau total comprenant 350 nœuds.



On distingue généralement le cas de défauts monophasés, biphasés et triphasés. Pour simplifier, nous n'envisagerons ici que le premier de ces défauts (une seule phase déclenchée).

En cas de défaut monophasé, la protection qui a provoqué le déclenchement commande, dans le réenclencheur automatique, l'excitation du relais correspondant à la phase en défaut. Ce relais a deux fonctions : donner un ordre de déclenchement au pôle du disjoncteur de ligne correspondant, et mettre simultanément en service un relais temporisé qui donnera l'ordre de réenclenchement de ce pôle de disjoncteur au bout du temps prévu (0,3 seconde en général).

Le relais qui provoque le réenclenchement du pôle défaillant excite simultanément un second relais qui désarme le dispositif de réenclenchement pendant un temps réglable de 30 à 40 secondes. Pendant cette période, d'autres défauts peuvent se produire. Si la même protection redéclenche le même pôle, le dispositif coupe définitivement l'ensemble des trois phases (il s'agit d'un défaut permanent). Si, pendant le réenclenchement d'une phase, un défaut se produit sur une autre phase, le dispositif ouvre les trois phases et amorce le processus de réenclenchement rapide triphasé. Si, au cours du réenclenchement, le pôle intéressé ne se ferme pas dans un temps légèrement plus long que le temps normal, le dispositif est désarmé et les deux autres pôles déclenchent.

## Réglage fréquence-puissance

Nous avons vu plus haut que chaque groupe, en fonction de son statisme propre, participe au réglage de la fréquence du réseau. C'est ce qu'on appelle le réglage primaire. S'il se produit une variation de puissance en un point

quelconque du réseau, tous les groupes interconnectés vont réagir parce que la fréquence, qui est la seule grandeur détectée par les régulateurs de turbine, est la même en tous les points d'un réseau. Les fluctuations de transport d'énergie qui en résultent n'ont généralement pas une grande amplitude et ne perturbent pas l'exploitation d'un réseau interne.

Il en va différemment si l'on considère deux réseaux puissants interconnectés. Ce problème se pose désormais pour les lignes d'interconnexion avec les pays étrangers. Dans le cas des réseaux français et allemands, par exemple, les puissances de pointe sont respectivement de 13 000 et 20 000 millions de kW, alors que les lignes d'interconnexion ont une puissance limitée à 400 millions de kW. Or, la jonction de ces deux réseaux provoque une variation importante de ce que l'on appelle « l'énergie réglante », et qui est le coefficient de proportionnalité entre la variation de puissance et l'écart de fréquence qui en résulte. Elle s'exprime en millions de kW par hertz. Pour le réseau français isolé, la puissance réglante est environ de 1 000 millions de kW par hertz, c'est-à-dire que, si le réseau subit une diminution de fréquence de 1 Hz, toutes les turbines françaises réagiront pour produire 1 000 millions de kW en plus et compenser cette variation de fréquence.

Lorsque la France est interconnectée avec tous les pays environnants, la puissance réglante totale devient de 4 000 millions de kW par hertz. Il en résulte que, si notre pays subit par exemple un déclenchement de 1 000 millions de kW, la variation résultante de fréquence ne sera que de 0,25 Hz au lieu de 1 Hz. Le statisme des machines étant inchangé, les turbines françaises vont augmenter leur puissance de 250 millions de kW et le solde, soit



750 millions de kW, sera temporairement importé des pays interconnectés. On voit que cette importation peut dépasser la capacité des lignes de liaison.

Pour pallier cet inconvénient, on fait appel au réglage secondaire ou réglage fréquence — puissance. Son but est double : d'une part maintenir constante la fréquence des réseaux interconnectés, d'autre part maintenir constantes les puissances échangées aux différentes frontières.

Le régulateur élabore un signal qui tient compte de la différence entre la fréquence réelle du réseau et la fréquence théorique de consigne, de la différence entre la somme algè-

Les dispositifs de réglage secondaire permettent de déterminer la puissance individuelle des divers générateurs de telle sorte que la puissance totale assure le réglage de fréquence et respecte le programme d'échange avec les réseaux interconnectés. Mais la répartition de la puissance totale entre les machines, telle qu'elle est imposée par le réglage secondaire, n'est généralement pas la meilleure. Des études sont en cours pour voir s'il est possible de calculer à chaque instant, à partir de la puissance totale nécessaire, les charges individuelles qui (compte tenu des rendements des générateurs et des pertes du réseau) entraîneront les dépenses d'exploitation les plus faibles.

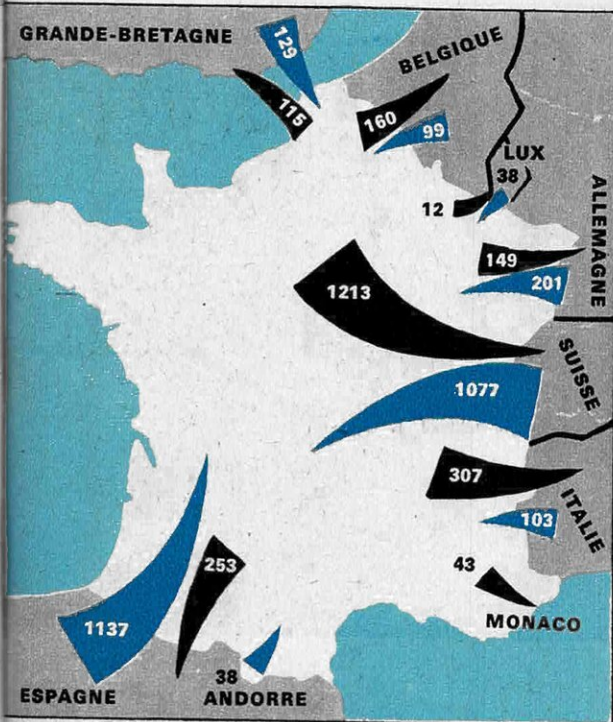
## Optimalisation de la production et du transport

Il ne saurait être question ici d'exposer même seulement les principes des méthodes d'optimisation auxquelles on recourt pour aborder un tel problème. On aura une idée de sa complexité en pensant que l'optimisation de la seule production thermique sur le réseau français (350 nœuds et 380 lignes) conduit à la résolution de ... 250 000 équations ou inéquations, au cours d'un calcul ne tenant pas compte des contraintes.

La réalisation journalière de cette première partie de l'optimisation nécessite l'utilisation d'un calculateur numérique très puissant et à très grande vitesse de calcul. Un tel calculateur est déjà installé au dispatching national où son exploitation est en cours sur un réseau comprenant 150 nœuds. Dans quelques mois, sa programmation sera complétée aux 350 nœuds. Un second calculateur est en cours d'installation au dispatching de Paris. Il entrera en service au début de 1965.

L'objectif que l'on se propose d'atteindre est la répartition optimale complète, compte tenu des productions hydrauliques. Ces dernières sont très délicates à introduire dans le programme. Il faut, en quelque sorte, valoriser chaque goutte d'eau en fonction du barrage dans lequel elle se trouve, de sa hauteur derrière le barrage, et... des prévisions météorologiques. Les études actuellement effectuées sur la gestion des réserves hydrauliques et sur l'exploitation combinée des usines d'une même vallée laissent espérer que cet objectif pourra être réalisé dans quelques années.

Enfin, il est permis d'envisager une ultime étape où la connexion directe du calculateur central avec les calculateurs régionaux et ceux des centrales thermiques (qui fourniront les écarts internes) assurerait l'établissement automatique des programmes et une gestion en « temps réel » du réseau. Le dialogue sera alors ouvert entre les calculateurs



Cette carte montre que les échanges d'énergie les plus importants sont effectués avec la Suisse et l'Espagne. On y voit pour la première fois les échanges avec la Grande-Bretagne (liaison en courant continu sous la Manche). En 1963, la balance des échanges a été importatrice de 570 millions de kWh.

brique des puissances échangées aux frontières et la valeur théorique de cette somme, et aussi du fait que le rétablissement de l'équilibre doit être d'autant plus rapide que l'écart est grand. Ce signal, appelé « écart de phase généralisé », est transmis aux régulateurs individuels des turbines qui sont chargées d'asservir la puissance fournie à l'ordre reçu.



# l'automatisme

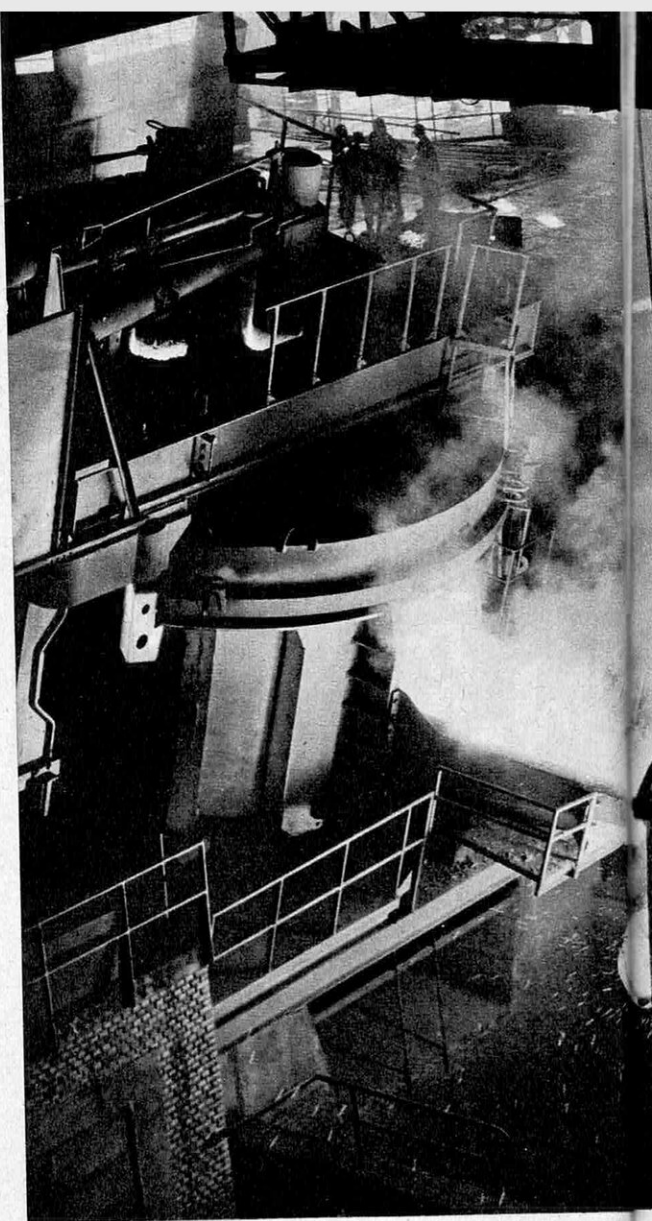
**L**a sidérurgie, nous dit Larousse, du grec *sideros*, fer, et *ergon*, ouvrage, est l'art de fabriquer et de travailler le fer. La connaissance de cet art a marqué pour l'homme, il y a environ 3 500 ans, une étape capitale dans son long cheminement vers la civilisation. Malgré des améliorations constantes apportées au cours des siècles, la fabrication et le travail du fer étaient encore, il y a cent ans, davantage un art qu'une industrie. De nos jours, la sidérurgie est arrivée à un stade de perfectionnement tel que l'art a fait place à la technique et l'automatisme s'y répand rapidement en provoquant une accélération du progrès. Il n'est pas impensable que d'ici une ou deux décennies l'automatisme ait conduit à un bouleversement des procédés actuels.

Mais avant de parler d'automatisme et de la sidérurgie de l'avenir, décrivons les *différentes phases de la fabrication de l'acier* qu'illustre le schéma page 104.

Il existe deux moyens principaux pour obtenir de l'acier.

Le premier, et le principal, consiste à fabriquer d'abord dans des hauts fourneaux, à partir de minerai de fer et de coke, de la fonte liquide, c'est-à-dire du fer contenant jusqu'à 4 % de carbone, le carbone provenant du coke ayant servi à l'extraction du fer du minerai. La fonte liquide produite, contenant du silicium, du manganèse, du soufre et plus ou moins de phosphore, est versée dans un mélangeur qui a pour but d'homogénéiser la composition des différentes coulées des hauts fourneaux; le mélangeur sert aussi de réservoir-tampon, sa capacité pouvant atteindre 1 000 à 1 500 t.

Pour transformer cette fonte en acier, il faut alors lui enlever son silicium, son carbone et éventuellement son phosphore. Cette opération, appelée conversion, s'effectue par combustion des éléments indésirables. En France, plus de 50 % de la production d'acier est ainsi obtenue dans des convertisseurs Thomas, vastes cornues en tôle garnies intérieurement d'un revêtement réfractaire. Le fond, percé de trous, permet de souffler l'air dont l'oxygène, en traversant la fonte, brûle successivement le silicium, le carbone et le phosphore. La combustion de ces éléments élève suffisamment la température pour porter la charge du convertisseur de 1 300°, température de la



# en sidér

fonte, à 1 600°, température nécessaire pour donner à l'acier obtenu une coulabilité suffisante.

Depuis une dizaine d'années des procédés de conversion de la fonte à l'oxygène pur ont été mis au point. La combustion des éléments indésirables se fait alors en soufflant de l'oxygène au moyen d'une lance dans un creuset à





La Photothèque

Un four électrique de 100 tonnes déverse sa charge d'acier. Pour les fours de ce type, la tendance constante est à l'augmentation du tonnage et de la puissance électrique. L'automatisation du fonctionnement doit permettre d'accélérer les opérations tout en ménageant les revêtements réfractaires exposés aux milliers de degrés des arcs.

par Jean Lioret

# urgie

fond plein contenant la charge de fonte liquide.

Le deuxième moyen pour obtenir de l'acier consiste à partir de ferrailles qui sont refondues soit dans des fours électriques, soit encore dans des fours Martin, et avec ce type de four il est nécessaire d'ajouter à la charge de ferrailles un certain pourcentage de fonte liquide ou solide.

L'acier liquide, obtenu dans un des appareils

qui viennent d'être énumérés, est versé dans une grande « poche », capacité cylindrique en acier revêtue intérieurement de briques réfractaires. Au fond de la poche se trouve un orifice calibré, la busette, également en matériau réfractaire; cet orifice est obturé par la quenouille, tige d'acier revêtue aussi de briques réfractaires. La quenouille peut être soulevée ou abaissée pour permettre l'écoulement contrôlé de l'acier liquide hors de la poche. Le contenu de la poche est réparti dans des moules en fonte appelés lingotières où l'acier se solidifie.

Ainsi obtient-on alors, par démoulage, des lingots, blocs d'acier à section carrée ou méplate, dont le poids unitaire varie selon les cas de quelques tonnes à une ou plusieurs dizaines de tonnes. Les lingots sont réchauffés dans des fours, puis laminés entre les cylindres du laminoir dégrossisseur (blooming ou slabbing) et enfin transformés, par des réductions de section successives dans d'autres laminoirs, soit en profilés, soit en produits plats c'est-à-dire en tôles.

Il n'est pas concevable que le schéma décrit puisse faire l'objet d'une automatisation totale, conduisant à une usine-robot dans laquelle la succession des opérations s'effectuerait et serait réglée, corrigée, sans intervention de l'homme, les matières premières étant fournies d'un côté et les produits finis évacués de l'autre. Une telle usine sidérurgique est encore du domaine de la science-fiction. Mais à chacun des stades de la fabrication, à la préparation de la charge, aux hauts fourneaux, à l'aciérie, aux laminoirs, des solutions d'automatisation sont activement recherchées et des automatisations partielles sont déjà en fonctionnement industriel, notamment dans le domaine des laminoirs où les difficultés sont plus facilement surmontables; nous en citerons quelques-unes plus loin.

Pour que l'automatisme complète d'une opération, pour que l'« automation », comme on dit aux États-Unis, puisse être réalisée, quatre conditions doivent être remplies :

1° il faut acquérir une connaissance parfaite des variables fondamentales qui entrent en jeu dans le procédé, et des paramètres sur lesquels il faut agir pour être maître de l'opération à automatiser;

2° il est nécessaire de formuler avec rigueur



les relations existant entre les variables et les paramètres, c'est ce que les automatisateurs appellent le « modèle mathématique »;

3° il faut être capable de mesurer rapidement, exactement et de façon continue les valeurs que prennent ces variables, ainsi que les caractéristiques des matières d'entrée et des produits tout au long des opérations de fabrication jusqu'aux produits de sortie;

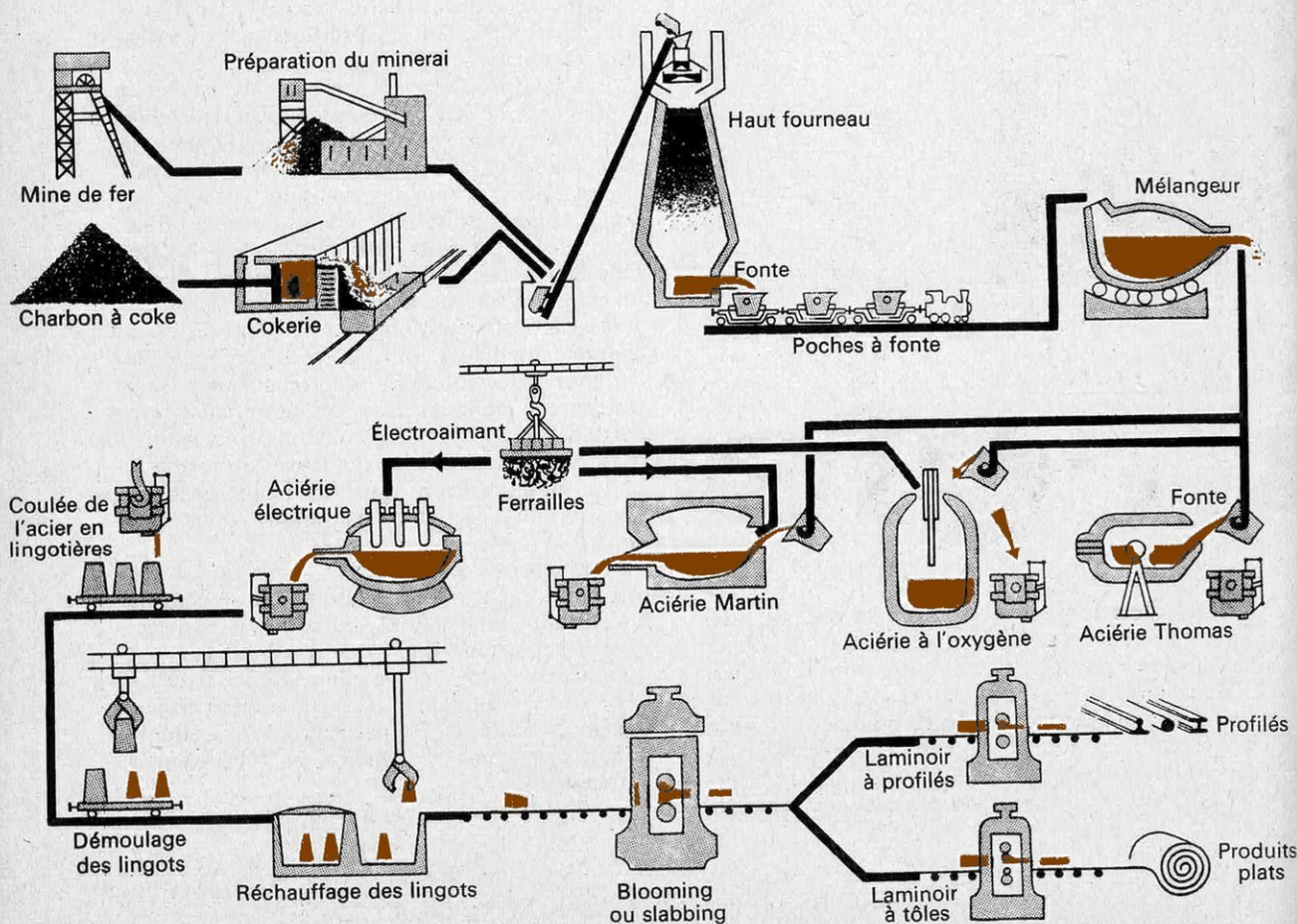
4° ces trois catégories de conditions étant supposées remplies, il restera à concevoir les appareils qui, recevant les données des instruments de mesure, effectueront les calculs nécessaires conformément au « modèle mathématique » préétabli, élaboreront les ordres, les interventions qui en découlent, et les feront exécuter par des servo-moteurs appropriés, agissant sur les organes de commande de l'ensemble de production, pour introduire les corrections nécessaires dès qu'un léger dérèglement se manifeste.

Nous aurons bien alors réalisé l'automatisation complète d'une installation qui, non seulement fonctionnera seule, mais assurera par elle-même la constance de qualité des produits.

Malheureusement, seule la quatrième condition est actuellement réalisable. Les calculateurs analogiques, et surtout les calculateurs

numériques ou ordinateurs dénommés parfois pompeusement « cerveaux électroniques », sont capables d'enregistrer un nombre très grand de données, de mettre en « mémoire » sur disques ou bandes magnétiques, barreaux de ferrite, etc., des modèles mathématiques très complexes, et d'exécuter à une vitesse vertigineuse tous les calculs qui en découlent pour déterminer les ordres à donner. L'exécution automatique de ces ordres par des organes de commande ne pose en général aucun problème difficile.

Les trois premières conditions énumérées plus haut ne sont pas encore satisfaites, particulièrement en ce qui concerne la fabrication de la fonte et celle de l'acier, jusqu'à la solidification des lingots. Les phénomènes physico-chimiques mis en jeu sont maintenant assez bien connus, mais leur imbrication est telle qu'elle complique beaucoup le problème; en outre, les moyens de mesure doivent être encore perfectionnés. Il ne peut être envisagé de confier à un robot la conduite d'une opération que si l'on est capable de lui donner des informations et des consignes sûres. En effet, contrairement à ce que la dénomination de « cerveaux », qui leur est parfois donnée, pourrait laisser croire, ces appareils sont évidemment com-



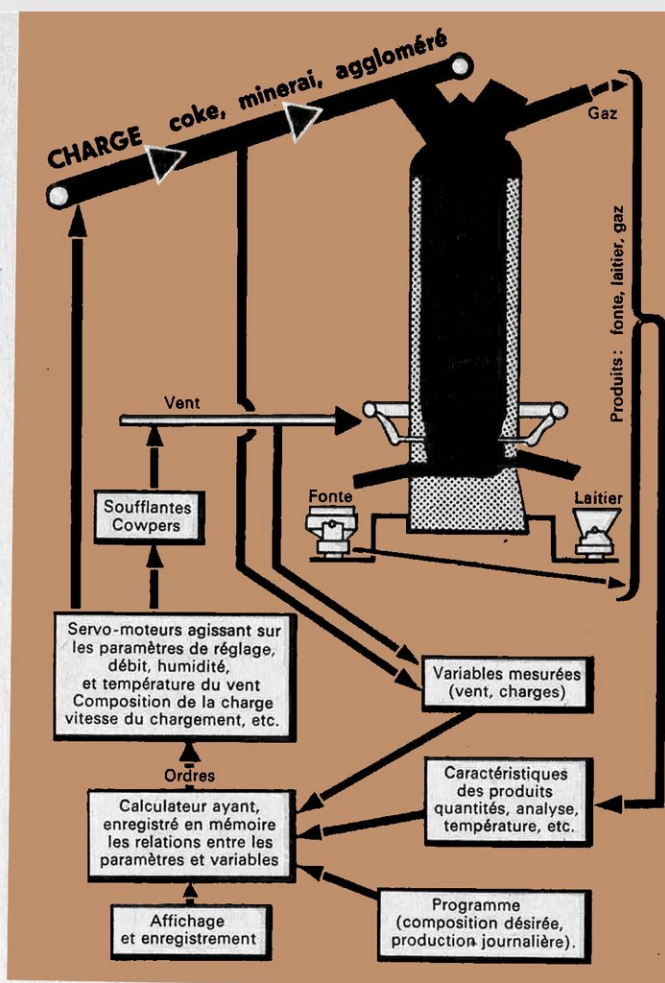


plètement dépourvus d'intelligence, de pouvoir d'appréciation, ils ne savent que ce qu'on leur a fait apprendre, et ils l'appliquent servilement. Toute incertitude ou imprécision dans les consignes enregistrées, une mesure erronée, l'intervention d'une variable qui aurait été à tort négligée, empêcheraient le calculateur de remplir convenablement sa mission.

## Automatisation du haut fourneau

Le schéma ci-contre montre comment pourrait se concevoir l'automatisation complète d'un haut fourneau si les quatre conditions formulées plus haut étaient satisfaites. On aurait fait enregistrer, sur les mémoires magnétiques d'un ordinateur, les relations trouvées entre les variables et les paramètres de réglage du haut fourneau et de ses annexes, soufflantes et appareils Cowper pour chauffer le vent. Cet ordinateur recevrait en entrées, d'une part les variables mesurées (débit, humidité et température du vent, poids et analyse du coke et du minerai chargé), d'autre part les caractéristiques des produits (quantité, analyse, température). En outre, l'ordinateur recevrait également en entrée le programme, par exemple la composition désirée pour la fonte, la production journalière souhaitée; on pourrait même lui demander une « optimisation », c'est-à-dire qu'il élaborerait ses ordres, compte tenu du « modèle mathématique », pour obtenir par exemple une production de fonte maximale, ou bien une consommation de coke à la tonne de fonte minimale. Compte tenu de toutes ces données et informations, l'ordinateur élaborerait donc sous forme de signaux électriques les ordres nécessaires à donner aux servo-moteurs agissant sur les paramètres de réglage du régime du haut fourneau : débit, humidité et température du vent, composition de la charge, vitesse de chargement, etc. A tout instant l'ordinateur serait en action pour maintenir les conditions de marche qui lui auraient été fixées. Une autre fonction pourrait encore lui être demandée, l'affichage et l'enregistrement des données caractéristiques de l'exploitation du haut fourneau, et même leur mise en mémoire, afin de corriger peu à peu les imperfections du modèle mathématique.

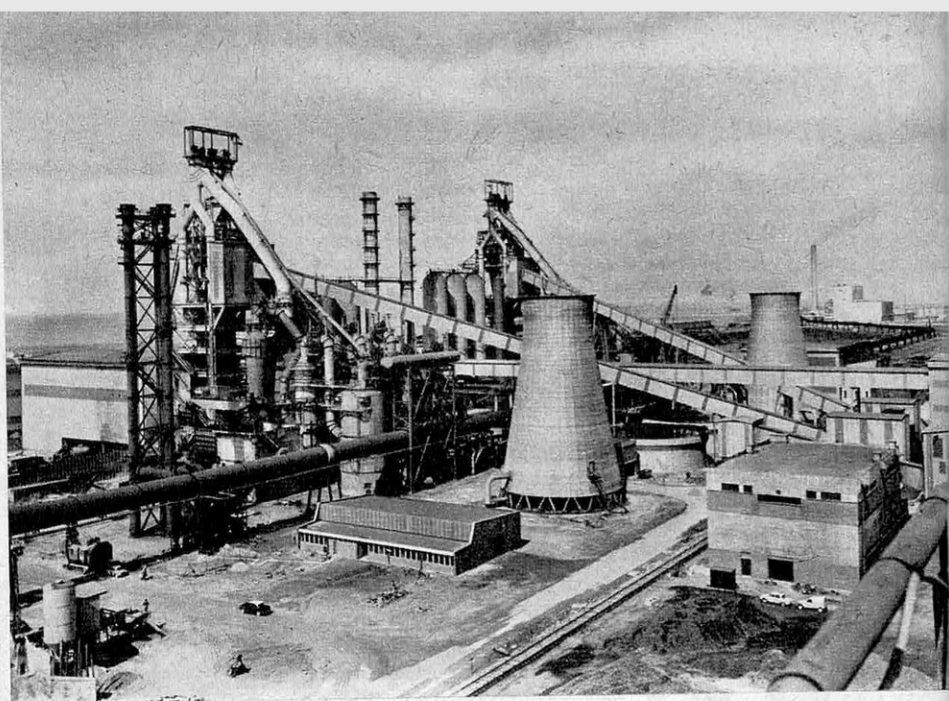
De nombreuses usines sidérurgiques sont dites intégrées. Elles possèdent leurs mines de fer et leurs fours à coke, elles produisent la majeure partie de l'énergie qu'elles consomment et disposent de hauts fourneaux, d'aciéries, d'installations de laminage, parfois même d'ateliers d'étamage, galvanisation, tréfilage, fonderie de fonte ou d'acier, etc.



Esquisse théorique de l'automatisation totale d'un haut fourneau.

Nous sommes encore bien loin d'être en mesure de réaliser un tel ensemble. De nombreuses difficultés restent encore à vaincre, mais des tentatives dans ce sens sont faites en France, en Allemagne, aux États-Unis, en Italie, au Japon, aux Pays-Bas. En France, en particulier, c'est l'Institut de Recherches de la Sidérurgie (IRSID) qui s'est attaqué au problème de l'automatisation du haut fourneau et également d'ailleurs à celui de l'automatisation de l'affinage à l'oxygène suivant le procédé OLP, lui-même conçu et mis au point par l'IRSID; nous en parlerons plus loin. Mais terminons-en d'abord avec l'automatisation du haut fourneau. Le chargement automatique du haut fourneau suivant un programme préétabli en maintenant constant le niveau de la charge dans la cuve est maintenant entré dans le domaine industriel, et on ne conçoit plus la construction d'un haut fourneau moderne sans prévoir cette automaticité du chargement (Louvroil, Dunkerque, Jœuf,...). L'IRSID a entrepris le contrôle de la marche d'un haut fourneau avec un calculateur à partir d'un modèle mathématique. Les caractéris-





tiques du vent soufflé aux tuyères d'une part, et celles du gaz sortant du gueulard (1) d'autre part sont mesurées et fournies au calculateur, qui établit des prévisions de marche du haut fourneau. Une première série d'essais effectués à Homécourt a révélé un excellent parallélisme des prévisions ainsi calculées avec l'évolution réelle du haut fourneau. Une deuxième série d'essais est actuellement en cours à Mondeville : elle a pour but de parvenir au réglage automatique d'un haut fourneau par le calculateur, comme il est indiqué au schéma précédent, mais avec un nombre plus limité de variables.

C'est ainsi, en procédant par étapes prudentes, que l'automatisme progressera. Cette prudence est particulièrement importante en sidérurgie. Pour que l'automatisme puisse apporter une meilleure reproductibilité des opérations, ayant pour conséquence un abaissement du prix de revient, une qualité améliorée et plus régulière, il faudra prendre bien soin de ne pas remplacer des défaillances humaines par des défaillances de matériel. En sidérurgie, les conditions de travail sont très dures (chaleur, poussières, vibrations, chocs), le sidérurgiste est brutal, le matériel d'automatisation devra être robuste et sûr.

### Aciéries à l'oxygène

Avec le haut fourneau, les variations de régime de l'opération de réduction du minerai de fer par le coke sont relativement lentes, il

(1) Partie supérieure du haut fourneau, formant sas, par laquelle est introduite la charge de minerai et de coke et évacué le gaz produit.

est donc tolérable d'admettre un certain déphasage entre les prises d'échantillons et la connaissance des résultats d'analyse des produits de sortie qui entraîne les corrections nécessaires sur les variables d'entrée. Dans les creusets soufflés à l'oxygène pur, au contraire, l'évolution chimique et thermique de la conversion de la fonte en acier est extrêmement rapide. Quelques secondes de soufflage en trop ou en moins peuvent compromettre la qualité et la précision des résultats. Dès l'apparition de ces nouveaux procédés d'aciéries, l'intérêt de leur automatisation est donc apparu très nettement. Le facteur principal de l'opération est la vitesse de combustion du carbone de la fonte par l'oxygène. L'IRSID a cherché à établir à tout instant le bilan du carbone dans le gaz sortant de l'appareil et à en déduire, compte tenu de certaines données de base telles l'analyse et le poids initial du métal, la vitesse de décarburation et la teneur en carbone du bain. Aux Aciéries de Pompey, l'enregistrement de la température des fumées a permis par ailleurs de grands progrès dans la conduite de l'affinage à l'oxygène pur. Lorsque la précision de ces méthodes aura atteint un degré suffisant, l'automatisation de l'opération pourra être envisagée.

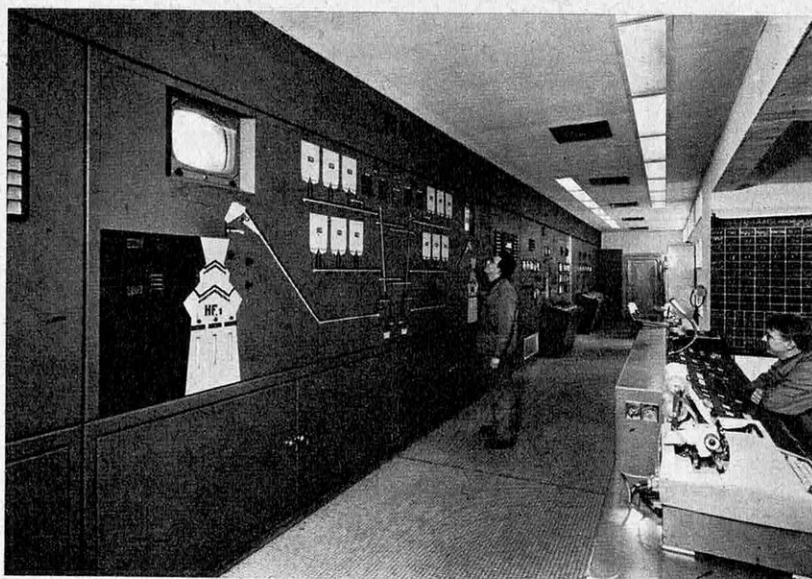
### Aciérie électrique — Four à arc

Dans les fours à arc, l'acier est obtenu par refusion d'une charge de ferrailles. L'énergie de fusion est fournie par les arcs électriques qui jaillissent entre les 3 électrodes et la charge et atteignent plusieurs milliers de degrés. Les fours à arc modernes dépassent 100 t de capa-



◀ **Vue d'ensemble d'une batterie de deux hauts fourneaux modernes et de leurs installations annexes.**

**Un ordinateur commande la marche automatique du chargement des hauts fourneaux conformément au programme fixé et contrôle sa bonne exécution. L'opérateur suit sur le schéma lumineux la succession des opérations. Un écran de télévision permet de surveiller le chargement du gueulard.** ▶



Cliché Lachery

citée, et pour accélérer l'opération les puissances électriques sont de plus en plus grandes. Mais alors apparaissent des difficultés quant à la tenue des garnissages en briques réfractaires des fours. Si la surveillance du fondeur se relâche, de graves dommages peuvent être occasionnés aux réfractaires, et le fondeur, par prudence, réglera la puissance de fusion avec une marge de sécurité qui allongera l'opération. Là encore, l'automatisation pourra apporter une solution. A la condition de parvenir à mesurer avec exactitude et en continu les températures atteintes par les parois réfractaires du four, il sera alors possible de confier à un ordinateur la mission de maintenir pendant toute la fusion l'énergie maximale compatible avec la tenue du garnissage; il en résultera donc une accélération de l'opération et une amélioration de la tenue du revêtement. Les recherches dans ce sens sont activement poursuivies en France, en Angleterre, aux États-Unis, en Allemagne, en URSS.

### **Coulée continue de l'acier**

Quand nous avons brièvement décrit la fabrication de l'acier, nous avons vu que la charge d'acier liquide obtenue dans un four d'aciérie, quel que soit son type, était versée dans une poche, puis répartie dans un certain nombre de moules en fonte appelés lingotières où l'acier se solidifiait. La coulée continue, procédé dont la mise au point industrielle se confirme d'année en année, permet de vider sans aucune interruption le contenu de la poche et d'obtenir une barre continue à la section désirée : carrée, rectangulaire, ovale, etc.

L'acier liquide s'écoule de la poche dans un petit récipient régulateur de débit, le panier, et de là dans une lingotière à fond ouvert et à double paroi, énergiquement refroidie par une intense circulation d'eau. La section horizontale de la lingotière est à la forme et à la dimension du produit que l'on veut obtenir.

Avant le début de l'opération, le bas de la lingotière est obturé par un tronçon de barre. Lorsque le niveau de l'acier liquide a atteint dans la lingotière sa cote normale, à quelques centimètres du bord supérieur, des rouleaux extracteurs disposés en dessous, et dans lesquels est engagée la barre d'amorçage, sont mis en mouvement. Le premier métal versé a eu le temps de se solidifier et de s'ancrer sur l'extrémité supérieure de la barre d'amorçage, laquelle sous l'action des rouleaux entraîne la barre, dont les parois se solidifient au fur et à mesure au contact de la lingotière refroidie. La solidification se poursuit à l'intérieur de la barre hors de la lingotière, elle est activée par arrosage direct à l'eau pulvérisée. Le processus, une fois amorcé, est continu. Une installation de coulée continue se prêtera facilement à une automatisation de plus en plus complète, alors que l'automatisation du procédé classique de coulée en lingotières est pratiquement irréalisable. Les installations actuelles de coulée continue sont déjà très automatisées, la synchronisation de la vitesse de rotation des rouleaux d'entraînement avec le dispositif de coupe de la barre à la sortie a été réalisée dès les premières machines; des dispositifs de maintien à hauteur constante du niveau liquide dans la lingotière ont déjà été expérimentés avec succès. La

coulée continue permet d'éviter une opération de laminage, celle du dégrossissage, et il est fort possible que sous peu, pour certains produits, les barres de coulée continue soient réchauffées et laminées en continu également dès leur sortie de l'installation, ce qui jumellerait l'opération de coulée avec celle du laminage qui la suit.

La coulée continue présente par rapport à la coulée classique un grand nombre d'avantages métallurgiques; il sortirait du cadre de cet article de les préciser, mais disons que les facilités d'automatisation qu'elle apporte contribueront aussi puissamment à son extension rapide.

## Le laminage de l'acier

Nous avons dit plus haut qu'à l'heure actuelle l'automatisme sidérurgique avait fait ses plus grands progrès dans le domaine des laminoirs. Il était normal qu'il en fût ainsi, car à ce stade l'acier est à l'état solide, et l'on utilise ses propriétés plastiques pour l'amener à la forme souhaitée par passage entre deux cylindres tournant en sens inverse: un laminoir relève donc de la mécanique, non seulement pour la ou les cages de laminage proprement dites, mais encore pour les dispositifs d'amenée, d'introduction et d'évacuation du métal.

Quand on a voulu automatiser les laminoirs, on a donc pu disposer au départ d'un certain nombre de solutions mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques et électroniques qui avaient fait leurs preuves dans le domaine de la mécanique. Il a fallu néanmoins adapter ces solutions et l'automatisation d'une opération de laminage présente beaucoup plus de difficultés que celle de l'usinage d'une pièce, si complexe soit-elle, car les lois de l'écoulement de l'acier en cours de déformation à chaud ou à froid, et celles suivant lesquelles ce même métal résiste à ces déformations sont assez mal connues. Pour donner une idée des obstacles à surmonter, disons que d'une coulée à l'autre, même s'il s'agit d'une seule qualité d'acier, ces lois varient, et que pour une même qualité, la température, son homogénéité à travers la section, la vitesse de la déformation, sont des facteurs essentiels.

Dans le domaine des laminoirs il n'existe donc pas encore une solution d'automatisation totale d'un ensemble se conduisant et se corrigeant lui-même depuis l'entrée du lingot ou du demi-produit (lingot dégrossi) jusqu'à la sortie du produit fini, barre ou profilé ou tôle, mais il y a déjà un certain nombre d'automatisations fragmentaires qui donnent satisfaction et qui ont apporté des avantages non négligeables d'augmentation de production,

d'abaissement du prix de revient, d'amélioration des conditions de travail et de la qualité des produits. Nous en citerons quelques-unes choisies parmi les plus intéressantes.

## Programmation automatique des vis de serrage d'un blooming

Dans le premier schéma figure, très simplifié, le dessin d'une cage dégrossisseuse (blooming ou slabbing) (1). Dans ces cages, le cylindre inférieur repose sur des paliers fixes; l'écartement des deux cylindres, qui détermine l'écrasement à donner au lingot au cours de son passage, est réglé par la mise en position à la hauteur voulue du cylindre supérieur. Cette mise en position s'effectue au moyen de deux vis situées de part et d'autre de la cage, et dont la rotation dans un sens ou dans l'autre provoque l'abaissement ou le relèvement des paliers (empoises) supportant le cylindre supérieur.

Il faut dire aussi qu'une telle cage dégrossisseuse est une cage réversible, c'est-à-dire que la réduction d'épaisseur de la section initiale à la section finale ne peut s'effectuer en un seul passage, mais que le produit doit être engagé entre les cylindres plusieurs fois de suite, soit de gauche à droite, soit de droite à gauche. L'écartement des cylindres est diminué après chaque passage par rotation des vis, qui sont actionnées par des moteurs électriques, jusqu'à obtention de la section finale désirée.

L'importance du «serrage» à donner à chaque passe et leur nombre ont longtemps été laissés à l'initiative du lamineur. Avec un laminoir réversible de forte capacité, la rapidité de succession des manœuvres nécessaires exige des opérateurs qui les commandent une très grande dextérité.

Mais les réflexes des opérateurs humains sont limités, et, la fatigue aidant, il est apparu clairement que les possibilités des installations n'étaient pas utilisées au maximum. En outre, la mise en position des cylindres ne s'effectuait pas exactement de la même façon d'un lingot à l'autre et il en résultait une dispersion des dimensions finales du produit. L'Institut de Recherches de la Sidérurgie a établi que le temps total de laminage d'un lingot en dix-neuf passes était en moyenne de 109,30 s pour une même série de lingots avec un lamineur bien entraîné, alors que le temps minimal théoriquement possible avec la même installation était de 83,50 s. Ces chiffres ont fait appa-

(1) Un blooming est un train dégrossisseur donnant des demi-produits de section carrée, appelés blooms; un slabbing est un train dégrossisseur aboutissant à des demi-produits de section rectangulaire appelés brames ou slabs destinés au laminage des tôles.



raître combien il serait intéressant d'automatiser le fonctionnement des différents organes d'un laminoir réversible. C'est l'automatisation de la position des vis de serrage qui a semblé être la plus intéressante à réaliser car elle soulage le lamineur de l'opération la plus délicate et la plus précise, en lui laissant l'esprit libre pour commander par manipulateurs les mouvements des rouleaux et des règles permettant de retourner et d'engager le lingot entre les cylindres de la cage aux différentes passes.

Dans les blooming ou slabbing ainsi automatisés, la succession et la valeur des serrages de vis est fournie au programmeur électronique, soit au moyen de cartes perforées, soit par l'usage de simples commutateurs mis aux index correspondant au programme de laminage à exécuter. Grâce à cette automatisation, les temps moyens de laminage d'un lingot ont été abaissés d'environ 10 %; il en est résulté une économie appréciable de main-d'œuvre et d'énergie électrique.

L'automatisation du serrage de vis est une première étape vers l'automatisation complète du laminage.

Quand des appareils de détection seront capables de « suivre » le lingot en cours de laminage comme le font les yeux du lamineur, c'est-à-dire de connaître sa position et ses dimensions à tout instant, ainsi que sa température, il pourra être envisagé de confier à un ordinateur l'exécution complète de l'opération de laminage.

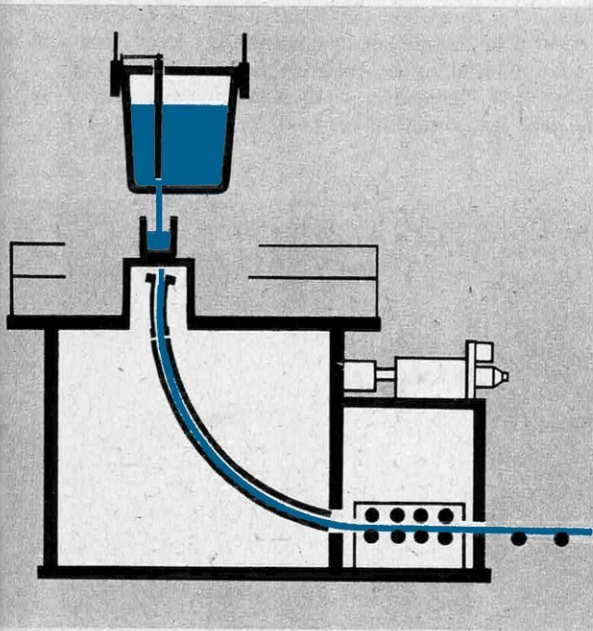


Schéma de principe de la coulée continue.

## Automatisation des trains à fil

Les trains à fil modernes partent de billettes d'acier, demi-produit de section carrée de 60 ou 80 mm de côté et d'une dizaine de mètres de longueur. Ces billettes, réchauffées à près de 1 200°, sont engagées dans une série de cages de laminage qui réduisent et transforment progressivement la section pour aboutir au fil de diamètre 5 à 8 mm, qui est enroulé en bobines. Ces trains permettent de passer directement de la billette au fil sans réchauffage intermédiaire. Au fur et à mesure de la diminution de section, la vitesse de passage s'accroît et peut atteindre 30 à 50 m/s. La barre d'acier étant en prise simultanément dans toutes les cages, il faut évidemment que les vitesses de rotation des moteurs actionnant les différentes cages soient réglées avec une extrême précision, pour maintenir toujours en tension l'acier en cours de laminage. Ce réglage ne peut être effectué qu'automatiquement. (Il en est de même d'ailleurs pour les trains continus à tôles ou à feuillards.) D'autres automatismes sont en outre absolument nécessaires, les réflexes de l'homme étant largement dépassés. Entre les différents groupes de cages il faut, par exemple, affranchir la tête de la barre qui, étant déformée, risquerait de mal s'engager (sa température n'est plus suffisante et une déformation a pu se produire). La tête de la barre devant se présenter à la coupe est détectée à son arrivée, soit par un volet, soit par un détecteur du genre cellule photoélectrique par exemple. A partir de l'émission du signal de passage de la tête de la barre, un dispositif de relais temporisé électronique ou un système de comptage d'impulsions déclenchera la coupe à l'endroit voulu. Après la dernière cage du groupe des cages finisseuses, le fil est conduit par des couloirs sur l'une des bobineuses. Comme on lamine plusieurs barres à la fois, il faut encore un dispositif automatique pour conduire chaque extrémité de fil sur une des bobineuses disponibles. La commande des aiguillages est donc déclenchée par un organe de détection analogue à celui qui règle les coupes d'éboutage. L'évacuation des bobines s'effectue aussi automatiquement.

## Réglage automatique de l'épaisseur d'une tôle laminée à froid

Les bandes de tôles de 2 mm d'épaisseur enroulées en bobines qui sont produites par les trains à bandes à chaud doivent être ensuite amenées aux épaisseurs plus faibles, inférieures au millimètre, qu'exigent les emplois pour l'automobile, les appareils ménagers ou le fer-blanc pour conserves. Cette dernière opération de laminage s'effectue maintenant, pour les



usines à grosse production, dans des laminoirs à froid comportant 3, 4 ou 5 cages en continu. L'opération s'exécute à grande vitesse, et on ne peut envisager d'arrêter constamment le laminoir pour s'assurer que l'épaisseur atteinte à la sortie est correcte. Un laminoir à froid réellement moderne comporte donc toujours maintenant le réglage automatique de l'épaisseur. Une première jauge d'épaisseur à rayons X placée après la cage n° 1 réagit sur le serrage de cette cage en déclenchant dans le sens voulu l'action des vis. Cette action dégrossisseuse est complétée par celle d'une deuxième jauge à rayons X placée après la dernière cage. La précision obtenue est excellente, l'épaisseur de la tôle visée est obtenue à un micron près. Ce réglage automatique apporte à la fois une meilleure productivité et davantage de précision.

### Problèmes de longueur de découpe de demi-produits ou de produits

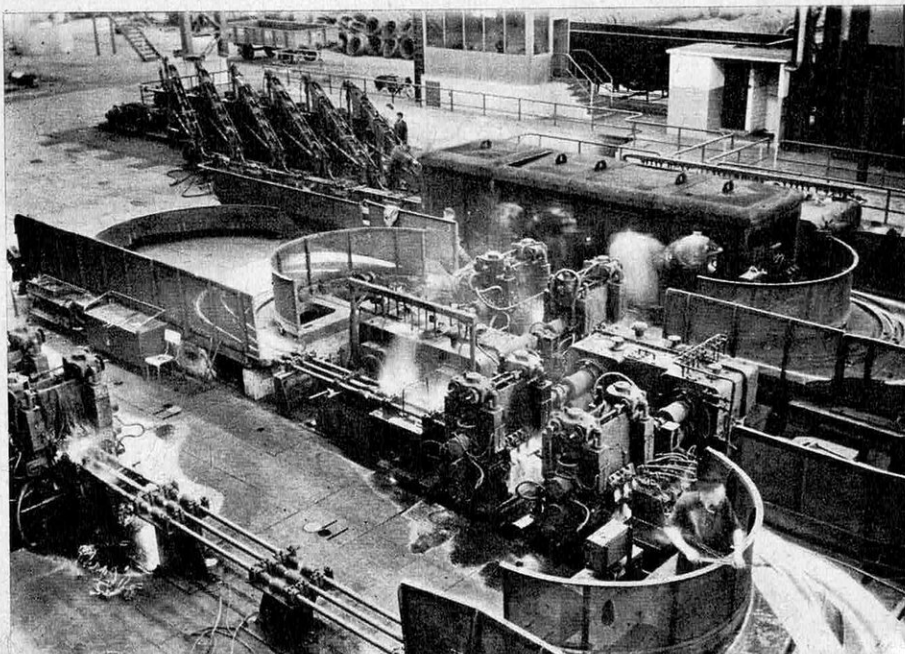
Dans les usines produisant des barres ou des profilés, chaque lingot est laminé dans le train dégrossisseur ou blooming en une barre carrée appelée bloom de 200 à 250 mm de côté. Ce bloom est engagé dans le train continu qui réduit la section pour conduire à une barre également de section carrée de 60 à 100 mm de côté. A la sortie du train continu, la barre est coupée en longueurs qui doivent être comprises entre deux limites pour respecter les dimensions et la bonne utilisation du four de réchauffage dans lequel elles seront conduites ensuite, par exemple entre 8 et 9 m. Comme les lingots successifs n'ont pas tous rigoureusement le même poids, et qu'en fin de dégrossissage il faut pratiquer une chute en tête et en pied qui n'est pas constante, si on coupe à la sortie du

train continu à une longueur immuablement fixée, la dernière barre est généralement trop courte, et c'est un poids non négligeable de bon métal qui doit être déclassé en ferraille. Or, il est possible, pour le bloom provenant de chaque lingot, de déterminer, à l'intérieur des limites fixées, une longueur de billette telle qu'en fin de coupe il ne reste pas de sous-longueur ou, tout au moins, que si la sous-longueur est inévitable, elle soit la plus petite possible. Mais le rythme de production est tel que cette détermination par le calcul et la décision doivent être extrêmement rapides. Des dispositifs électroniques ont été imaginés, qui calculent et commandent automatiquement la coupe à cette longueur optimale, assurant ainsi une économie importante sur le tonnage de métal renvoyé à la ferraille. Un appareillage de ce type, installé depuis plus de 3 ans dans une usine sidérurgique de l'est de la France, a permis de réduire de 450 t le tonnage mensuel de pertes, et les économies réalisées ont été assez substantielles pour amortir le coût de l'installation 3 mois après sa mise en service. Plusieurs autres usines sidérurgiques ont, par la suite, installé des dispositifs analogues.

Quand il s'agit du laminage de billettes d'aciers spéciaux destinées, non pas à être laminées dans la même usine, mais à être vendues à des clients dont les exigences en ce qui concerne la longueur sont beaucoup plus variées, on peut utiliser un calculateur dans lequel on a mis en mémoire le carnet de commande en cours. Ce calculateur est alors en mesure de déterminer la découpe optimale à effectuer d'après la longueur de la barre qui va se présenter à la cisaille, et la destination de chaque découpe. L'acier de qualité spéciale étant d'un prix élevé, les gains réalisés justifieront pleinement l'automatisation réalisée.

La Photothèque

Vue générale d'un train continu à fil. Ce train lamine 3 fils à la fois. On aperçoit au fond et à gauche les aiguillages et les couloirs d'amenée aux six bobineuses.





Comme nous venons de le voir, l'automatisme est en train de s'implanter solidement en sidérurgie. Aucune installation nouvelle n'est actuellement envisagée sans qu'on y prévoie une large place à l'automatisation, qu'il s'agisse d'une agglomération de minerai de fer, d'un nouveau haut fourneau, d'une aciérie ou d'un laminoir.

Certes, comme nous l'avons dit, les lois qui régissent les opérations sidérurgiques sont encore très incomplètement connues et il faut travailler sans relâche à élargir nos connaissances. Le désir général de développer l'automatisme est d'ailleurs un puissant stimulant; l'adjonction de calculateurs, d'ordinateurs, aux installations facilitera parfois la découverte des relations entre les variables des différents procédés, et l'établissement des modèles mathématiques. La marche vers l'automatisme est également bénéfique pour le développement des appareils de mesure qui devront être fidèles et sûrs. Pour automatiser un procédé, il faut travailler avec rigueur, peser, mesurer. L'instauration de cette rigueur en lieu et place de l'à-peu-près est déjà génératrice de progrès. Enfin, l'automatisme oblige l'ingénieur à repenser tous les problèmes avec une optique nouvelle, à rechercher des solutions originales se prêtant mieux à l'enchaînement des opérations qui, à partir du minerai de fer, conduisent aux produits sidérurgiques.

Dans les différents exemples que nous avons cités, nous avons vu apparaître les multiples avantages qu'apporte l'automatisme :

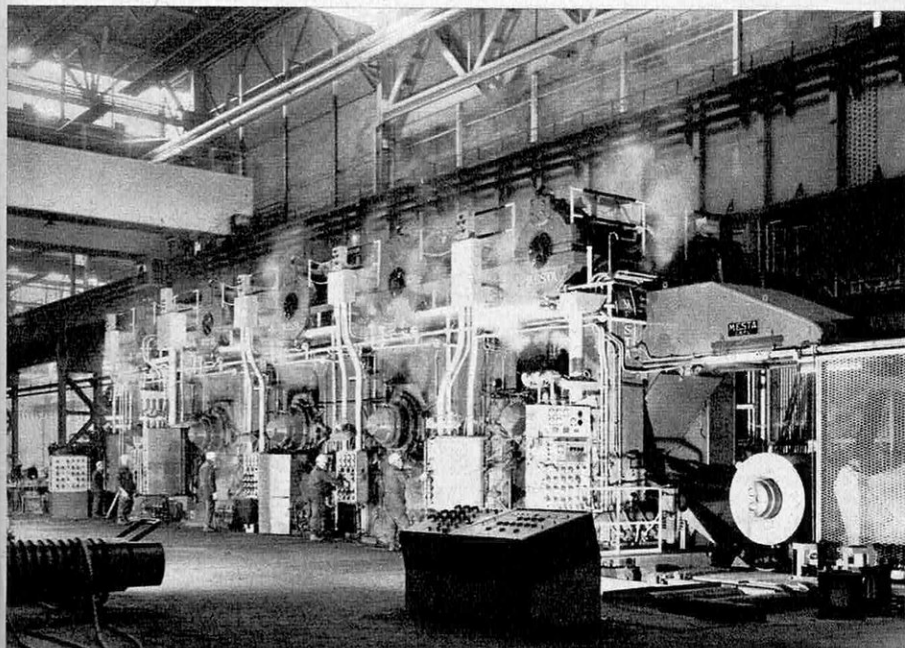
- possibilité de travailler plus vite que les réflexes humains ne l'autorisent, donc meilleure productivité et par conséquent meilleur prix de revient, résultant d'une baisse du coût de la main-d'œuvre et de l'énergie à la tonne.
- économie de matière dans le problème

des coupes par exemple, apportant une nouvelle baisse du prix de revient;

— plus grande régularité de la marche des appareils et meilleure précision des caractéristiques des produits, se traduisant par une amélioration de qualité.

L'automatisation est donc un facteur déterminant du progrès de la technique.

Sur le plan humain, les avantages qu'apporte l'automatisme sont particulièrement intéressants en sidérurgie. Les conditions de travail y ont été longtemps très dures, elles sont encore pénibles dans certains secteurs, à cause notamment des hautes températures mises en jeu, et de l'effort physique encore nécessaire. Avec l'automatisation, l'ouvrier aura de moins en moins à supporter de près la forte chaleur que dégage le métal, qu'il soit en fusion à plus de 1 600°, ou en cours de laminage à des températures atteignant encore 1 200°. Dans les laminoirs modernes, les lamineurs sont installés dans des cabines vitrées et climatisées d'où ils commandent les opérations, ou même tout simplement surveillent leur bonne exécution. Les conditions de sécurité en sont considérablement améliorées. L'automatisme soulage l'ouvrier de la répétition fastidieuse des mêmes gestes à un rythme rapide tout au long de ses huit heures de travail, répétition qui engendre la fatigue et diminue le rendement. La complexité des nouveaux organes mis en jeu par l'automatisation, qui devront être surveillés, entretenus, réparés, orientera de plus en plus le personnel vers des fonctions de professionnels et de techniciens, pour la préparation du travail et l'entretien. Il y aura donc une élévation du niveau professionnel de l'ouvrier. Pour toutes ces raisons, on peut dire que l'automatisation est, en sidérurgie, un facteur particulièrement important de progrès social.



Ce train de laminage continu à 5 cages comporte un automatisme à séquence pour l'engagement et l'extraction des bobines, ainsi que la régulation automatique de l'épaisseur des tôles.

L'automatisation des tâches ménagères n'en est qu'à ses débuts. Les conceptions futuristes ne manquent pas dans ce domaine où l'on se plaît à imaginer la maîtresse de maison régissant ses « esclaves électroniques » de cuisson, de chauffage, de lavage, et même surveillant sans effort le robot automatique sur roulettes qui, comme ici, lave et astique le parquet pour aller se ranger discrètement de lui-même, lorsqu'il a terminé sa tâche.

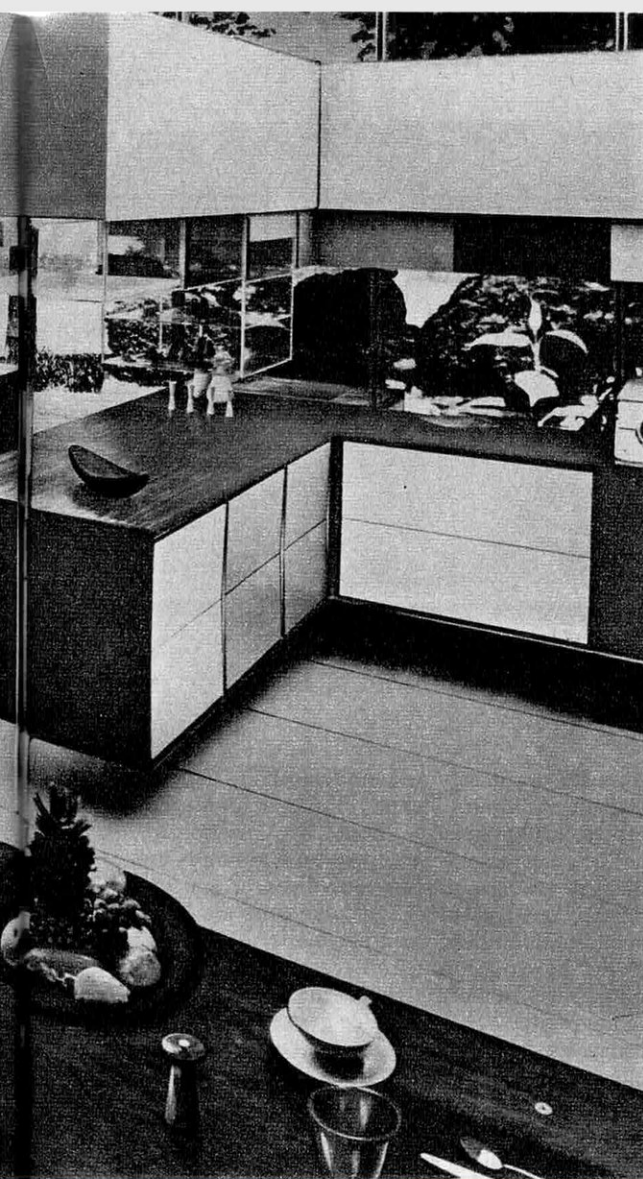


# l'automatisme dans la vie quotid

*par Henri Picard*

**A** la « Belle Époque », les Parisiens pouvaient déjà visiter avec étonnement des « maisons électriques », où des machines remplaçaient les domestiques stylés de ces temps révolus. Aujourd'hui, où la maîtresse de maison, même des classes aisées, veille souvent elle-même aux soins du ménage, les récentes expositions montrent avec plus d'actualité des cuisines de





U. S. I. S.

# ienne

rêve ressemblant plutôt à des laboratoires, et dans lesquelles l'automatisme triomphe.

Ces réalisations ne sont plus du domaine de la science-fiction. Il suffit de regarder autour de nous pour discerner, parmi les objets que nous utilisons à chaque instant, des dispositifs précieux qui bénéficient des progrès de l'automatisation. Tout est contrôlé automatiquement :

l'heure, le froid, le chaud, l'électricité, le gaz, la cuisson des aliments; de multiples appareils robots remplissent des tâches quotidiennes, partout et à tout instant.

## Plus besoin de remonter sa montre

La montre-bracelet est inséparable de l'homme moderne; son remontage n'exige pas un grand effort, mais cette opération paraît encore superflue à beaucoup de nos contemporains et le remontage automatique les séduit.

Le principe du remontage de l'appareil à ressort par les impulsions provenant des mouvements du corps remonte au XVII<sup>e</sup> siècle; la « montre à secousses », appelée en France « perpétuelle » et en Angleterre « pedomètre », a été réalisée dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, mais les modèles pratiques étaient rares, en raison de la fragilité de leurs organes de remontage et de leur épaisseur gênante.

C'est l'avènement de la montre-bracelet qui a provoqué la renaissance du remontage automatique; le poignet est constamment mobile, ses mouvements et ses secousses peuvent être utilisées comme force motrice, mais il faut un mécanisme simple et peu fragile, capable d'éviter la surtension du ressort moteur. Les modèles modernes comportent un mouvement pouvant se déplacer dans le boîtier et assurant « l'armage » du ressort grâce à un système de roues, de leviers et de cliquets. Des masses pendulaires adjointes au mouvement des montres permettent d'utiliser les gestes du porteur pour armer le ressort. La masse, par inertie, a tendance à rester immobile alors que la montre change de position; le ressort est remonté par l'intermédiaire d'un rouage démultipliateur.

La précision peut être supérieure à celle des modèles ordinaires, car le ressort moteur est presque toujours remonté, ce qui fournit à l'organe régulateur son maximum de force.

## Les montres électriques et électroniques

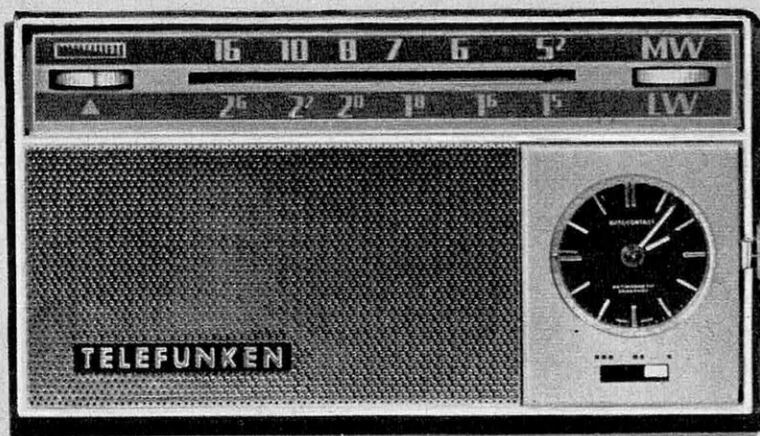
Les montres électriques ne comportent plus de ressort; elles utilisent comme source d'énergie une pile qui assure l'entretien d'un oscillateur commandant un rouage compteur d'impulsions et portant des aiguilles. L'organe régulateur est un système balancier spirale à entretien électromagnétique. Le système est autorégulateur et remédie aux variations de tension et de résistance interne de la pile.

Après la montre électrique et en attendant, sans doute, la montre à énergie nucléaire, dont le fonctionnement durera toute la vie, la montre électronique est équipée avec un transistor.

Son fonctionnement, entièrement différent de celui de la montre classique, est commandé



Une petite horloge électrique, intégrée à un radiorécepteur de chevet, permet le réveil en musique à une heure déterminée et l'arrêt automatique de l'appareil le soir, si l'auditeur s'endort sans avoir coupé le courant. Un bouton de réglage de la durée d'écoute est solidaire d'un pignon qui engrène avec un cadran portant une came. On voit que lorsque l'horloge a fait tourner le cadran, le levier de contact est libéré et le circuit coupé.



par un dispositif d'accord miniature, en combinaison avec un oscillateur à transistor; une sorte de diapason en forme de fourche joue un rôle analogue à celui d'un cristal de quartz dans un oscillateur à haute fréquence. Il est accordé sur une fréquence de 360 Hz avec une très grande précision; son mouvement est entretenu par les oscillations d'un circuit à transistors et, à son tour, produit des signaux qui agissent sur l'oscillateur. Lorsque la fourchette entre en vibration, un ressort monté sur des rubis se déplace en avant et en arrière et commande le déplacement d'une roue dentée d'une dent à chaque période d'oscillation; cette roue dentée à son tour actionne un train d'engrenages agissant sur les aiguilles de la montre. La précision obtenue est de l'ordre de une minute par mois; l'alimentation est assurée par une pile au mercure de 1,3 V du genre de celles utilisées en prothèse auditive et dont la durée de service est d'un an.

### **L'horloge perpétuelle nous réveille en musique**

Parmi les appareils électroménagers, l'horloge électrique devient un des plus populaires.

Les modèles les plus simples comportent schématiquement un petit moteur électrique synchrone relié à la prise de courant alternatif d'un secteur et dont la vitesse de rotation dépend ainsi de la fréquence même de ce courant; pourvu que cette fréquence demeure constante, l'erreur maximale quotidienne ne dépasse pas 20 secondes.

Le seul inconvénient consiste dans l'arrêt en cas de panne du courant d'alimentation; mais

il existe désormais des modèles avec dispositif témoin indiquant l'arrêt; l'utilisateur peut ainsi remettre l'appareil à l'heure.

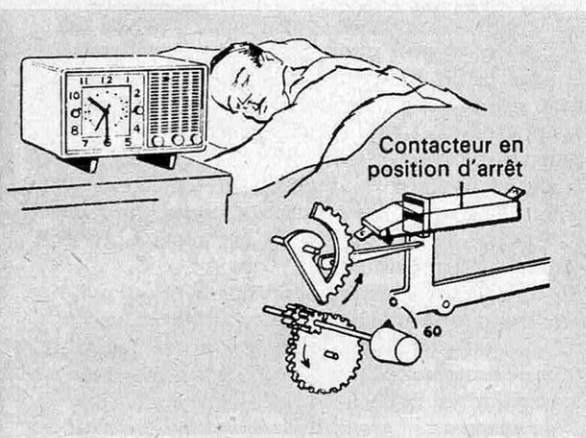
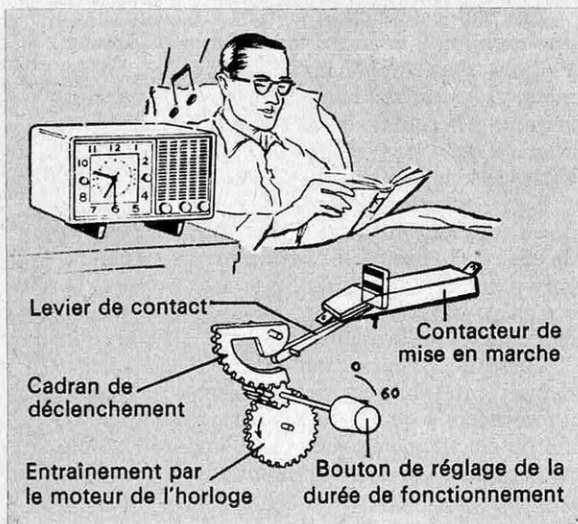
Sur ce principe très simple on établit des modèles de présentations très diverses, et qui comportent généralement un dispositif de réveil avec une aiguille de contact, mettant en action à une heure déterminée à l'avance un vibreur ou un appareil d'alarme électrique quelconque.

De petites pendules de ce genre sont souvent intégrées dans des radiorécepteurs de chevet; elles permettent le « réveil en musique » à une heure déterminée à l'avance. Elles assurent également l'arrêt automatique du récepteur lorsque l'auditeur s'endort sans avoir pu couper le courant. Elles permettent aussi la commande automatique de tout appareil électrique extérieur, tel que couverture chauffante, radiateur électrique, sinon réchaud ou cafetière électrique, en ayant recours au besoin à un relais secondaire, si l'appareil est à forte consommation.

En dehors de ces horloges électriques robustes, précises et simplifiées reliées au secteur, il existe de nombreux modèles d'horloges à entretien électrique, alimentées simplement par de petites piles incorporées. Elles comportent un bobinage fixe et un balancier avec un aimant permanent oscillant. Au moment où le balancier va passer par la verticale, il actionne un contact; le courant de la batterie traverse un instant la bobine fixe et celle-ci produit une attraction qui entretient le mouvement pendulaire, comme le fait le ressort ou le poids des horloges.

Lorsque le balancier repasse par la verticale en s'éloignant de la bobine, il doit, au contraire, se produire un effet de répulsion grâce à un inverseur de courant, actionné par le balancier lui-





même. Les courants ne se produisent que pendant un temps très court, et leur intensité est très faible. Une pile torche de 1,5 volt suffit, en principe, à entretenir le mouvement pendant plusieurs années. Dans l'horloge à transistors, il n'y a même plus de contacts électromécaniques; les impulsions nécessaires sont assurées par un oscillateur électronique.

L'horloge électrique peut devenir un véritable chronomètre de haute précision lorsque le moteur synchrone est contrôlé par un pilote à quartz électronique équipé avec un transistor, et spécialement étudié pour cette application. L'écart moyen de marche diurne est alors inférieur à 0,1 seconde, et l'écart de compensation thermique par degré centigrade à 0,07 seconde.

L'horloge électrique, ou même électronique, n'est d'ailleurs pas la seule qui fonctionne sans remontage. Rappelons ainsi une curieuse réalisation française utilisant les différences de température se manifestant constamment dans une

pièce d'habitation pour provoquer l'extension et la contraction d'un soufflet métallique armant le ressort moteur.

## La minuterie

Nous avons constamment besoin de mettre en marche ou d'arrêter le fonctionnement de dispositifs électriques divers; appareils d'éclairage, cuisinières, fours, machines à laver, fers à repasser, couvertures chauffantes, etc. Il est facile de presser un bouton ou une touche à pousser, mais encore faut-il y songer à l'instant voulu; des appareils automatiques nous évitent cette peine. Ils sont désignés couramment sous la dénomination de minuteriers, temporisateurs, contacteurs temporisés ou compteurs de temps; les Anglo-Saxons les appellent des «timers».

Les plus simples comportent un ressort moteur et un cadran de réglage gradué, par exemple, en minutes; il suffit de placer un index en face d'une graduation pour obtenir la mise en marche ou l'arrêt au bout d'un temps déterminé.

Le mécanisme à ressort est souvent remplacé, cependant, par un petit moteur électrique synchrone analogue à celui des pendules électriques. Une fois en route, l'index se déplace vers le zéro; lorsqu'il arrive à cette position, il actionne un signal sonore ou un interrupteur, soit parfois les deux; l'utilisateur est ainsi averti que le temps choisi pour la mise sous tension d'un appareil déterminé est écoulé et ce dernier est automatiquement hors tension.

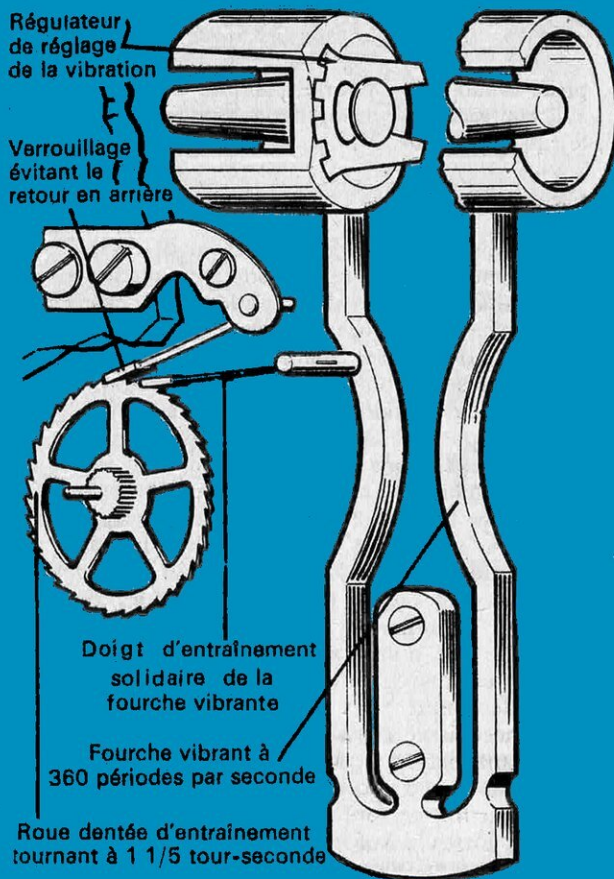
La ménagère n'a donc plus à se préoccuper qu'à telle heure elle doit débrancher son four ou sa machine à laver; le compte-minutes le fait pour elle. La plupart des appareils du commerce peuvent couper directement jusqu'à 15 A sous 250 V et se fixent directement sur une prise de courant; le temps est réglable de 6 à 120 mn selon les modèles, avec des précisions de  $\frac{1}{4}$  à 2 minutes.

Enfin, lorsqu'il s'agit d'obtenir une durée de déclenchement beaucoup plus réduite, par exemple pour les minuteriers d'escalier ou la commande des clignotants, du genre de ceux des automobiles, il n'y a pas besoin de moteur à ressort ou électrique, il suffit d'un déclencheur bilame fonctionnant par dilatation d'un des éléments, et du genre de ceux qu'on emploie sur les thermostats.

## Le thermostat

Nous utilisons constamment des appareils qui produisent de la chaleur, sinon du froid, des radiateurs et des poêles, des cuisinières, des fours, des chauffe-eau, des grils-fours, des réfrigérateurs, sinon des conditionneurs d'air. Dans tous ces appareils, il s'agit de régler le degré de





La montre électronique comporte une sorte de diapason dont les oscillations sont entretenues par un circuit à transistor. Les vibrations provoquent la rotation d'une roue dentée qui actionne toute la mécanique de la montre. La précision est de l'ordre d'une minute par mois.

chauffage ou de froid suivant les conditions d'ambiance ou l'application recherchée, par exemple, la nature du linge à repasser avec un fer électrique. Ce réglage peut être réalisé manuellement, mais il existe un dispositif qui permet automatiquement d'assurer ce réglage; c'est le « thermostat ».

Le thermomètre constitue une application courante et familière du phénomène de dilatation sous l'effet de la température; un liquide est contenu dans une petite ampoule de verre, placée à la base d'un tube gradué, très fin, portant l'échelle de lecture. Lorsque la température ambiante augmente, le liquide se dilate et son niveau s'élève dans le tube.

Les thermostats, sous leur forme habituelle, fonctionnent aussi suivant le principe de la dilatation sous l'effet de la température; il en existe des modèles assez différents, mais le plus simple est du type dit « bilame ».

Une bande de métal est fixée à un support à une extrémité, et porte une surface de contact à l'autre. On l'appelle lame bimétallique, ou bimétal; elle est constituée de deux bandes de métaux différents, soudées ensemble, et qui se dilatent dans des proportions différentes sous l'action de la température.

Une deuxième lame métallique parallèle porte aussi une surface de contact placée en face de celle de la première; ces deux surfaces en regard peuvent s'appliquer l'une sur l'autre et servir au passage d'un courant électrique actionnant un appareil quelconque.

Lorsque le thermostat est froid ou à faible température, la lame supérieure est rectiligne; les contacts sont appliqués l'un sur l'autre, le circuit électrique est fermé. Si l'appareil actionné comporte un élément chauffant, la température ambiante s'élève, la chaleur agissant sur la lame bimétal produit une dilatation des deux bandes métalliques, mais la lame supérieure se dilate plus rapidement que la lame inférieure. La lame supérieure se courbe, et le contact supérieur n'est plus en liaison avec le contact inférieur. Le circuit électrique est ouvert, et le courant ne passe plus dans l'élément chauffant. L'appareil se refroidit, la lame supérieure thermostatique n'est plus dilatée, elle revient à sa position antérieure rectiligne; les contacts viennent donc à nouveau s'appliquer l'un sur l'autre, le circuit électrique est rétabli, et le même cycle recommence.

Cet effet est constamment répété, ce qui évite une trop grande élévation de la température. Le thermostat peut ainsi jouer le rôle de régulateur de température, en la maintenant entre certaines limites, réglables à la volonté de l'utilisateur.

Les lames bimétalliques peuvent avoir d'autres formes, en spirale, en hélice ou même en forme de disques, mais le principe demeure le même. Il existe également des thermostats dans lesquels on emploie, au lieu de métaux qui se dilatent, des liquides, sinon des gaz.

Le thermostat est généralement incorporé dans un appareil électroménager, mais il peut aussi contrôler un appareil à gaz, à mazout, sinon à charbon. Il existe, d'ailleurs, des éléments contrôlant directement l'appareil à réguler et placés dans leur boîtier, et des thermostats d'ambiance, disposés en dehors de l'appareil chauffant et modifiant automatiquement le réglage suivant les conditions extérieures.

La régulation peut, d'ailleurs, être semi-automatique; il en est ainsi lorsque l'utilisateur est obligé, selon les circonstances, de modifier manuellement la position du bouton du thermostat. Dans les dispositifs à automatisme total, une position définie et unique du bouton du thermostat assure le fonctionnement optimum, quelles que soient les conditions d'emploi et la température ambiante.

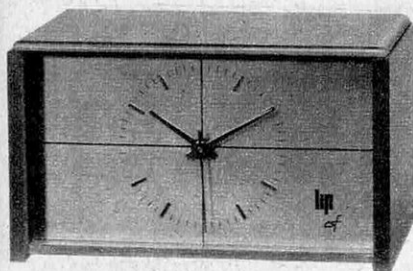


## Les appareils à charbon

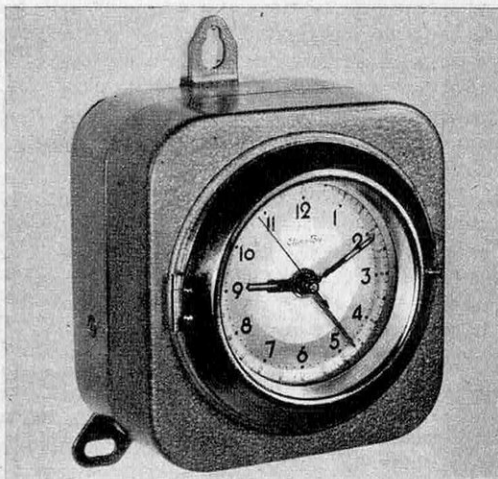
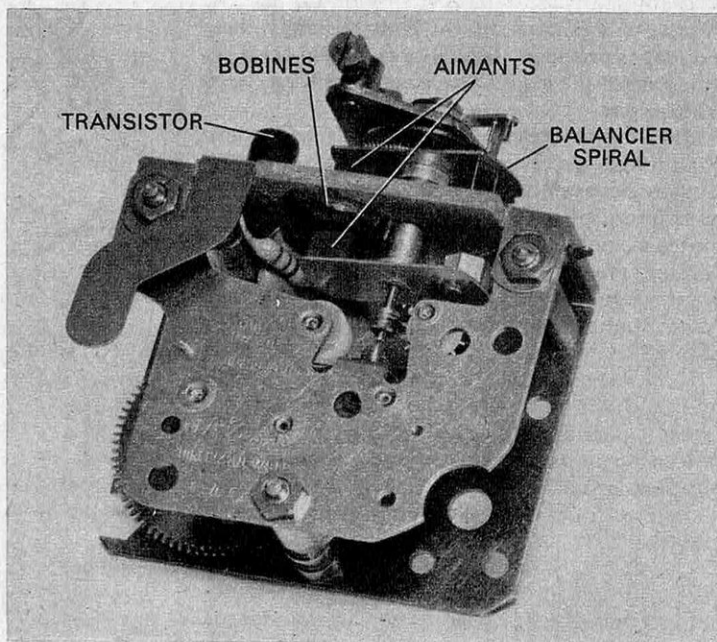
Le poêle à charbon n'est plus l'appareil poussièreux de manipulation difficile redoutée de nos parents.

Des dispositifs automatiques permettent d'éviter les manutentions fatigantes et désagréables. Les brûleurs à vis comportent une vis sans fin, puisant le charbon directement dans une trémie, ou dans une soute, et l'entraînant dans le foyer. Des brûleurs automatiques peuvent être adaptés aux chaudières de chauffage central; des groupes moteurs-ventilateurs règlent la combustion, et on peut ainsi réaliser des chaudières constamment réglées sans surveillance à une température fixée à l'avance.

Dans les horloges électriques récentes interviennent des montages électroniques assurant une grande précision. On voit ci-dessous une pendule électrique Lip à quartz pilote et, ci-contre, l'intérieur d'une pendule Jaz à transistor dont le balancier porte deux flasques avec, d'un côté, deux aimants, et, de l'autre, deux poids hexagonaux en laiton.



Une minuterie assure automatiquement la mise en marche et l'arrêt à des instants prévus de dispositifs électriques divers. La troisième aiguille principale de cet appareil donne l'heure sur 24 heures et constitue un véritable programmeur automatique pour des commutations de mise en marche et de coupure. Le programme affiché se répète indéfiniment chaque jour, restant cependant toujours aisément modifiable ou effaçable.



Coupatan

Les équipements de régulation automatique, naguère réservés aux chaudières de chauffage central perfectionnées s'adaptent maintenant aussi sur les poêles. Les thermostats régulateurs d'allure maintiennent l'appareil lui-même à une température donnée; ils exercent leur action, soit sur la sortie de fumée, soit sur un point de la surface de l'appareil qu'ils maintiennent à une température constante en agissant automatiquement sur l'ouverture d'entrée d'air. Pour les chaudières, c'est le fluide servant à la diffusion de la chaleur, l'eau, la vapeur ou l'air pulsé, qui est maintenu à température constante par le régulateur, appelé suivant les cas « aquastat », « manostat », ou « airstat ».

Des « thermostats d'ambiance » servent, dans

ce cas, à maintenir à une température donnée l'atmosphère intérieure de l'habitation; ils effectuent une prise de température dans une pièce témoin, et envoient automatiquement leurs ordres de marche ou d'arrêt à l'appareil de chauffage. Ils sont souvent équipés d'une minuterie, ou horloge de commande, permettant d'établir un véritable « programme de chauffage », fixé comme celui d'une machine-outil, et grâce auquel il est possible d'obtenir, par exemple, une chaleur différente pour le jour et pour la nuit, ou même dans les différentes pièces de l'habitation. Ces thermostats permettent, en même temps, de supprimer tout gaspillage de chaleur et par conséquent, de combustible.

## Les appareils à gaz

L'automatisation dans l'emploi du gaz de ville, du méthane ou du butane, offre deux avantages précieux: la facilité d'emploi et de régulation d'une part, une plus grande sécurité d'autre part.

Plus besoin désormais d'allumer le brûleur chaque fois que l'on veut chauffer un aliment; il existe des systèmes de veilleuses permanentes, ou brûleurs pilotes, qu'on allume une fois pour toutes au début de la journée. On commence à voir apparaître aussi des systèmes d'allumage automatique à résistance électrique incandescente, appliqués en particulier sur les panneaux radiants et les cuisinières domestiques.

L'allumage électrique par étincelle constitue une solution de choix pour les brûleurs; un transformateur d'allumage à très faible puissance fournit au secondaire une tension élevée, qui fait jaillir une étincelle d'allumage entre deux électrodes ou entre une électrode et la masse.

Les thermostats appliqués aux appareils à gaz permettent d'obtenir une température constante choisie par l'utilisateur en commandant la marche des brûleurs par tout ou rien. Le dispositif de régulation ne ferme que l'arrivée aux brûleurs; mais, par ailleurs, un dispositif de sécurité doit assurer la fermeture totale des circuits de veilleuse. L'arrêt immédiat de l'arrivée du gaz est, en effet, indispensable si la flamme s'éteint pour une raison ou pour une autre, ou si le niveau de l'eau devient insuffisant dans la cuve ou la chaudière.

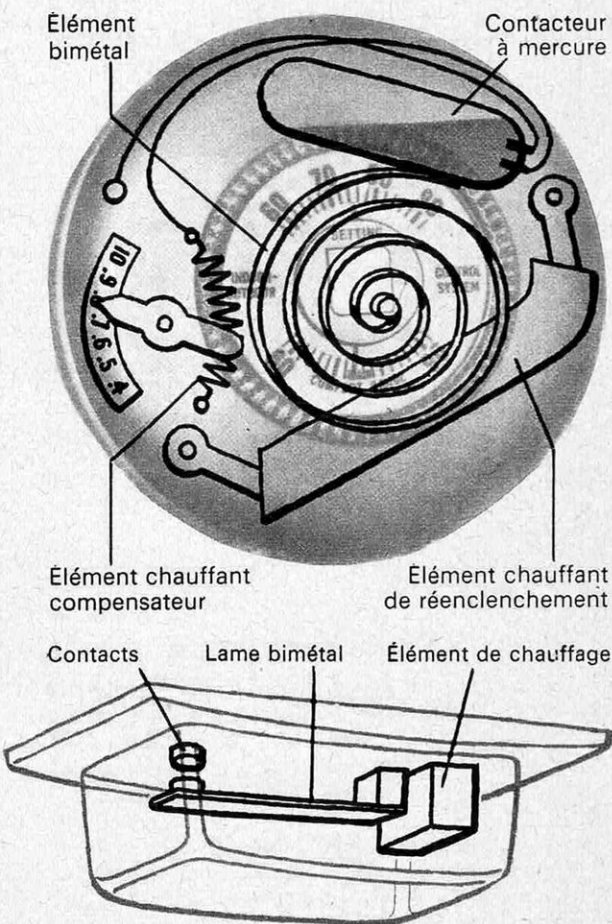
Le « contrôle de flamme » est un dispositif de sécurité qui détecte la présence de la flamme, interrompt immédiatement l'arrivée du gaz au brûleur en cas d'extinction.

Le contrôle de flamme, complété normalement par l'allumage électrique, est fondé sur l'emploi d'un thermostat bilame, la production d'une force électromotrice dans un thermocouple, ou encore sur l'ionisation de la flamme et le rayonnement produit par elle.

## Le brûleur à mazout automatique

Le chauffage à mazout constitue un procédé très souple et économique avec allumage et réglage absolument automatiques.

L'allumage s'effectue au moyen d'une étincelle électrique à haute tension obtenue au moyen d'un transformateur élévateur, et le brûleur fonctionne à l'aide d'une cellule de contrôle optique de la flamme. Au moment du démarrage, c'est-à-dire lorsque le thermostat de commande ferme le circuit, le transformateur d'allumage est enclenché; après un certain délai, de l'ordre de vingt secondes, le relais du moteur entre en fonction, il met le moteur du brûleur



Les thermostats sont des appareils de contrôle automatique de la température fonctionnant généralement par dilatation ou contraction d'un élément métallique. Le modèle le plus simple est figuré en bas. Le thermostat d'ambiance, au-dessus, comporte une spirale bimétallique reliée à un contacteur à mercure qui peut, par exemple, provoquer la fermeture ou l'ouverture du circuit d'un appareil de chauffage.



sous tension, ce qui produit la pulvérisation du mazout qui est projeté dans le brûleur; en même temps, l'enroulement chauffant du relais de sécurité est enclenché. Le mazout pulvérisé s'allume, et le relais photoélectrique entre en fonction; au bout de quelques secondes, l'allumage est coupé, mais le coffret de contrôle continue à fonctionner, jusqu'à ce que le thermostat de commande coupe le courant, ce qui a pour effet de remettre les éléments du coffret de contrôle en position de démarrage.

Le coffret assure la sécurité en cas de fonctionnement anormal, tel que défaillance de la flamme au moment du démarrage ou en marche, défaut de tension, court-circuit ou mise à la terre. Dans le cas d'un défaut de flamme pendant la marche du brûleur, l'allumage est réenclenché immédiatement, ainsi que le relais de sécurité. Si le réallumage ne s'effectue pas, le brûleur est arrêté, et un signal avertisseur est mis en action. Tout arrêt accidentel déclenche un signal d'alarme extérieur.

## L'automatisme électroménager

Le réfrigérateur, la machine à laver le linge ou la vaisselle, les cuisinières et les fours électriques, les aspirateurs et les multiples robots de la cuisine, tels que les mixers ou les grille-pain, constituent désormais des appareils indispensables à tous ceux qui en apprécient les avantages. Sur tous ces appareils, l'automatisme a désormais pris une place importante; la cuisine presse-bouton ne relève plus de la science-fiction.

Le seul mot de vaisselle, par exemple, évoque la corvée biquotidienne la plus redoutable, mais un robot peut désormais travailler à la place de la ménagère. La principale qualité d'une telle machine est sa rapidité : elle lave les casseroles, mais ne les récuré pas, c'est-à-dire ne comporte pas d'organe mobile frottant directement les pièces à nettoyer; la machine effectue généralement deux lavages, suivis d'un ou deux rinçages à l'eau très chaude.

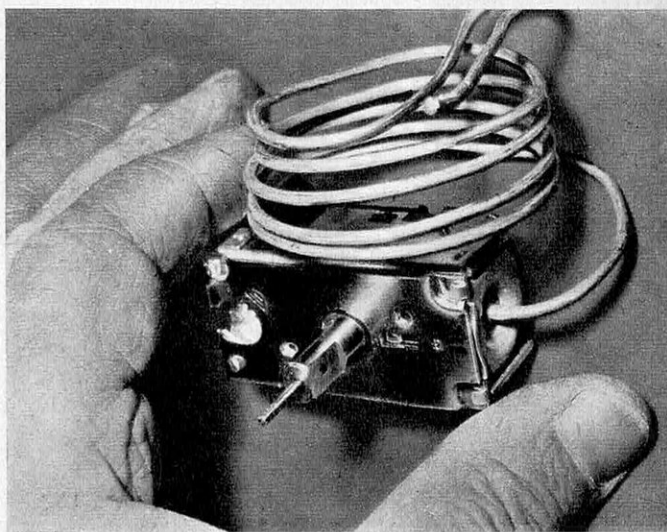
Il suffit d'ouvrir l'appareil et de charger des paniers spéciaux avec des casiers distincts pour les verres, les tasses, les assiettes, les soucoupes, les couverts, les casseroles, etc. Les pièces à net-

toyer sont ainsi placées dans une cuve; leur surface est balayée par des jets rotatifs et puissants d'eau chaude, additionnée d'un détersif.

L'automatisme total est assuré électriquement par un « programmeur » comportant essentiellement une minuterie ou « timer », qui assure le déroulement des différentes opérations. L'eau est envoyée sous pression au moyen d'une turbopompe centrifuge à travers une tête gicleuse; l'évacuation est assurée par le moteur d'une pompe de vidange; le remplissage de la cuve est réalisé par une électro-valve ou robinet à commande électrique. Un « pressostat » contrôle le niveau de l'eau dans la cuve, et le thermostat contrôle sa température.

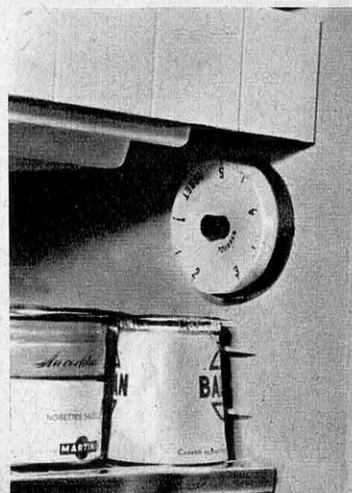
La minuterie est constituée par une petite horloge électrique avec un train d'engrenages et une série de contacts. Lorsque le système se met en marche, les différents contacts sont fermés et ouverts dans l'ordre convenable pour assurer le démarrage et l'arrêt du moteur d'entraînement, mettre ou non en action les solénoïdes des soupapes d'entrée et de vidange, mettre en circuit ou non l'élément chauffant.

La machine lave et sèche, un seul geste suffit pour commander toutes les opérations; lorsque



Philips

Le contrôle automatique du fonctionnement des appareils électroménagers tels que les réfrigérateurs est assuré essentiellement par un ou plusieurs thermostats. On voit ici le thermostat d'un réfrigérateur dont le mécanisme est disposé tout entier de l'autre côté de la paroi de la cuve. Le disque de réglage permet d'obtenir des périodes plus ou moins longues et plus ou moins fréquentes de mise en marche du système de réfrigération. Le bouton central commande ici le dispositif automatique prévu pour le dégivrage.



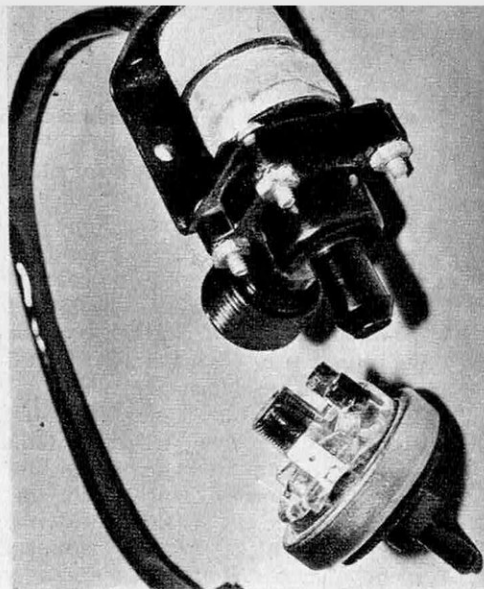


l'appareil a terminé sa tâche, son couvercle s'ouvre de lui-même mettant à la disposition de la ménagère la vaisselle sèche.

## Le lavage automatique du linge

La machine à laver est aussi devenue un appareil automatique; les différentes phases du lavage, sinon du séchage, sont assurées sans que la ménagère ait besoin de surveiller la marche de l'appareil. Il faut seulement régler un cadran programmeur.

Ce cadran de réglage temporisateur constitue la partie essentielle du mécanisme automatique, qui assure la sélection automatique et la durée de chaque opération. Le mécanisme temporisateur est actionné par un petit moteur synchrone qui fonctionne en liaison avec un système de cames à plusieurs rangées de contacts, permettant le contrôle des différents éléments de l'appareil pendant tout le fonctionnement. La suite



des opérations peut cependant être interrompue en agissant manuellement sur le cadran de l'appareil; on peut utiliser une durée de lavage supplémentaire, ou réduire au contraire la durée, pour des lainages ou des tissus particuliers.

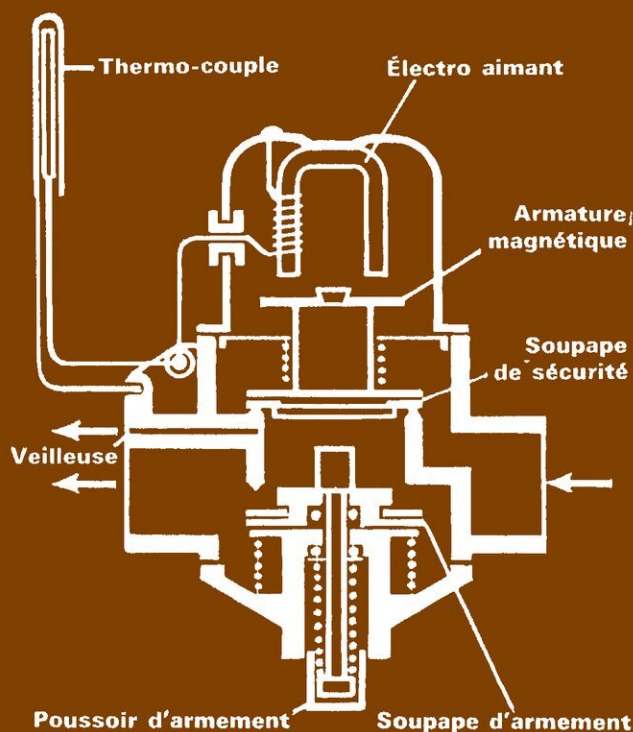
Une machine de ce genre comporte ainsi, par exemple, un programmeur assurant un cycle en quatre temps : deux pré-lavages froids ou chauds au choix, un lavage, cinq rinçages avec trois essorages intermédiaires et, enfin, un essorage final.

De nombreuses possibilités sont prévues : réglage de la température, généralement automatique au moment du pré-lavage et ajustable pendant le lavage jusqu'à 100°, la distribution automatique de la poudre à laver, une suite spéciale d'opérations pour le lavage de la lingerie fine et de la laine, etc.

## Le grille-pain

Le grille-pain électrique comporte simplement des résistances chauffantes et n'exige plus aucune surveillance, sans risque de carbonisation. Le degré de cuisson, c'est-à-dire la couleur que l'on veut donner au toast, est choisi à l'aide d'un disque sélecteur; on introduit les tranches de pain dans l'appareil et on branche celui-ci. Les toasts sont grillés en même temps des deux côtés; après deux à quatre minutes, ils ont pris la couleur désirée, ils sont repoussés brusquement vers l'extérieur et le grille-pain est déconnecté automatiquement.

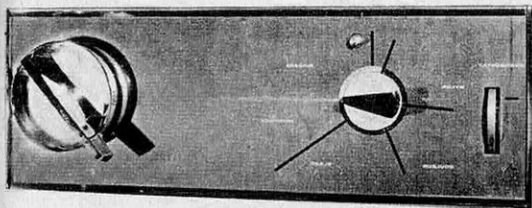
Ce résultat est obtenu au moyen d'un contacteur commandé par un thermostat, ou une minuterie qui contrôle la suite des opérations. Lorsque la ménagère appuie sur un levier ou un bouton de contact, les contacts sont fermés et le dèmeurent jusqu'au moment où les plaques supportant le pain sont relevées. Le mécanisme



Chauffage et gaz

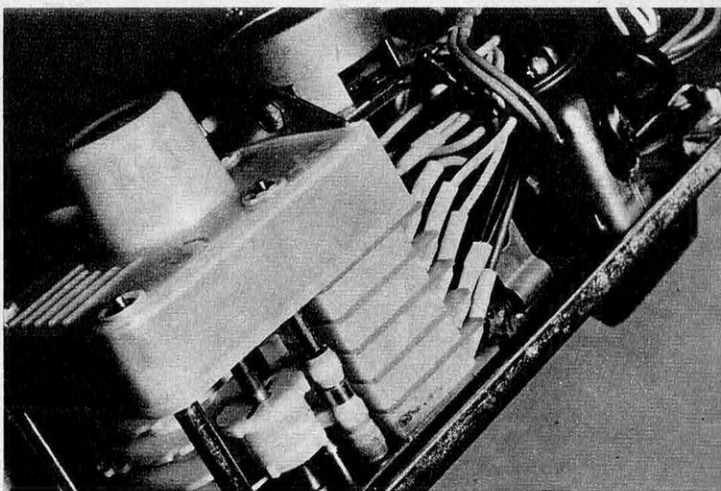
Schéma d'un robinet de sécurité pour brûleur à gaz. Le poussoir ouvre la soupape de sécurité et applique l'armature sur l'électroaimant; la veilleuse est alors ouverte. C'est seulement lorsque le thermocouple est chaud et le poussoir relâché, l'armature restant alors collée, que le gaz peut arriver au brûleur principal.





Philips

Thermostats et minuteries sont des éléments essentiels des machines à laver. Le programmeur est analogue à celui d'une machine-transfert industrielle, assurant mise en route et arrêt automatique des divers organes. Le pressostat, à gauche, agit sur une électrovanne pour contrôler le niveau d'eau dans la cuve.



peut donc être commandé par une minuterie à ressort qui détermine automatiquement, au bout d'un temps déterminé, le levage des plaques-supports et, par suite, l'ouverture du circuit des éléments chauffants.

Dans d'autres modèles, enfin, le pain à griller est chargé à une extrémité de l'appareil, et expulsé par une autre; le mouvement du pain au cours de son traitement est assuré par un support actionné par un petit moteur électrique.

### Le fer électrique automatique

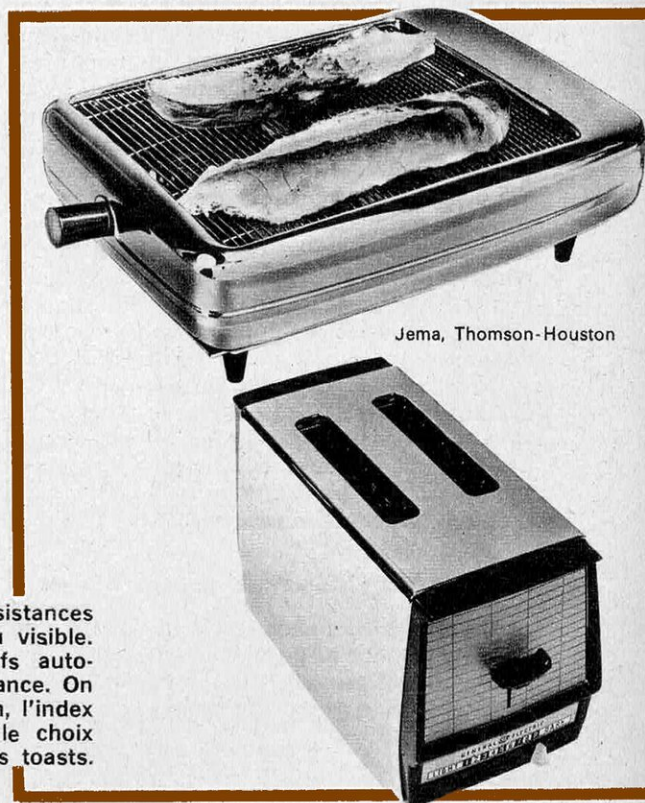
La plaque ou « semelle » des fers à repasser électriques contient une résistance chauffante; pour obtenir le meilleur résultat sans risque de brûler les linges délicats, il faut assurer la coupure du courant dès qu'une certaine température est atteinte et le maintien de cette température, que l'utilisateur peut choisir à l'avance suivant la nature du tissu.

Un thermostat suffit. Lorsque la température de la semelle augmente au-dessus de la valeur fixée, le thermostat ouvre une paire de contacts, qui interrompt le passage du courant. Lorsque la température s'abaisse au-dessous de la valeur limite, il referme les contacts. En agissant sur un bouton de commande, on modifie la courbure des lames qui ferment les contacts plus ou moins tôt; on obtient donc des températures réglables pour les différents tissus. Une petite lampe-témoin placée sur le dessus du fer s'al-

lume et s'éteint constamment à intervalles plus ou moins espacés; elle indique le bon fonctionnement intermittent du thermostat.

### La cuisson automatique

Le réglage automatique des cuisinières et des fours électriques assure dans les conditions les plus précises et les plus souples le contrôle de la température des surfaces de cuisson, qu'il



Jema, Thomson-Houston

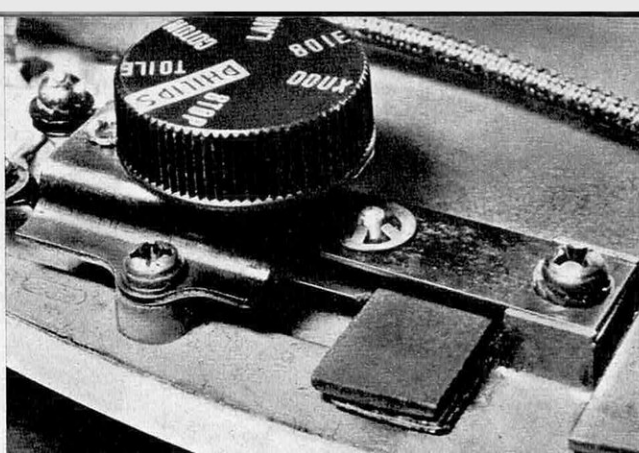
Les grille-pain comportent des résistances chauffantes en fil de nichrome à feu visible. Ils peuvent être munis de dispositifs automatiques dispensant de toute surveillance. On en voit ici deux modèles avec, sur l'un, l'index mobile et la graduation permettant le choix de la couleur que l'on désire pour les toasts.





Philips

L'automatisme du fer à repasser électrique permet un repassage rationnel suivant la nature du tissu. Il suffit de tourner le bouton de réglage en face de la graduation correspondante, et le thermostat branche et débranche la résistance pour maintenir la semelle dans la plage de températures ainsi choisie.



s'agisse des plaques chauffantes ou des fours.

Le « simmerstat » est un « robinet électrique » qui permet à l'utilisateur le réglage automatique de l'allure d'un foyer électrique à la façon du robinet d'un foyer à gaz; il détermine ainsi à l'avance sur un cadran gradué la température d'un foyer, mais c'est le thermostat qui maintient une température constante dans une ambiance.

Le simmerstat coupe et rétablit automatiquement le courant électrique à une cadence pré-déterminée par la position d'un index sur un cadran gradué; plus le temps de coupure est long, et moins le foyer s'échauffe. L'inertie calorifique « étale », en quelque sorte, les hausses et les baisses de température consécutives en une moyenne d'utilisation.

Le contrôle automatique des fours est assuré aussi par un thermostat, qui ouvre et ferme un circuit lorsque cela est utile pour maintenir la température fixée à l'avance aussi longtemps que la ménagère le désire. Les modèles simples bilames sont assez peu utilisés; on adopte plutôt des appareils hydrauliques à soufflets.

Le contrôle du temps de cuisson est effectué par des minuteries, qui ouvrent et ferment les circuits d'alimentation des plaques de cuisson et des éléments du four à des instants déterminés à l'avance. Les préparations les plus longues sont ainsi obtenues sans surveillance.

## Les portes s'ouvrent seules

Les portes des immeubles et des ascenseurs sont pourvues de dispositifs de fermeture automatique à ressorts ou à pistons hydrauliques, qui augmentent la sécurité des usagers; l'ouver-

ture peut aussi être rendue automatique, et elle est d'autant plus intéressante, évidemment, que la porte est plus lourde.

C'est le cas des portes de garage. Leur ouverture automatique est assurée au moyen d'un petit moteur de faible puissance, de l'ordre de  $\frac{1}{4}$  ch, généralement à induction, qui agit sur un système de poulies et de câbles. La mise en marche du moteur est effectuée automatiquement à distance de différentes façons, par un système photoélectrique actionné, par exemple, par les phares de la voiture, par des émetteurs ultrasonores ou radioélectriques, des montages à capacité, sinon tout simplement à résonance sonore.

Il est souvent difficile de supprimer tous les inconvénients de ces télécommandes; ainsi, le fonctionnement des dispositifs photoélectriques risque d'être troublé par l'interruption du faisceau de lumière frappant la cellule par un objet opaque quelconque; les systèmes radioélectriques peuvent être perturbés par des émetteurs transmettant des signaux de fréquences voisines.

Les dispositifs à induction à contacts électromécaniques sont simples et efficaces; on peut ainsi constituer un émetteur sonore à résonance avec un simple vibreur fixé sur la voiture, et qui agit sur un autre bobinage à induction relié à un circuit très simple à transistors, commandant le relais de mise en marche du moteur de la porte.

## Même la chasse d'eau est automatique

L'humble chasse d'eau, malgré sa destination utilitaire, devrait attirer l'attention de ceux qui s'intéressent à l'automatisme. Rien de plus simple, évidemment, que son fonctionnement. Elle comporte un flotteur placé dans un réservoir d'eau et relié par un levier à une soupape placée sur la tubulure d'arrivée. Normalement, la cuve est remplie jusqu'à un certain niveau, et la valve d'admission d'eau est fermée.

Lorsqu'on tire une chaîne ou une tige, on



agit sur une soupape de vidange, et l'eau est expulsée avec force, d'où d'ailleurs le nom de l'appareil. Le niveau baisse donc dans la cuve; le flotteur s'abaisse également, et actionne l'arrivée d'eau. La cuve se remplit jusqu'à un certain niveau limité à l'avance, qui détermine une certaine position du flotteur, et à nouveau la fermeture de la valve d'admission.

Ce principe de régulation d'un niveau se retrouve dans de nombreux appareils beaucoup plus compliqués. Il n'est pas sans analogie, par exemple, avec le fonctionnement du système de réglage automatique de l'amplification dans les radiorécepteurs ou les téléviseurs.



Roto-Grill

Les boutons déterminent la coupure et le rétablissement automatique du courant dans les résistances chauffantes du grilloir et du four à une cadence déterminée par la position d'un index sur un cadran gradué, contrôlant la cuisson. L'inertie calorifique étale les hausses et les baisses de température.

## Les ascenseurs

Les premières réalisations sont fort anciennes; la « chaise volante » du XVII<sup>e</sup> siècle comportait déjà l'usage d'un contre-poids, et le monte-charge hydraulique date de 1848. Il y a encore aujourd'hui en usage un assez grand nombre d'ascenseurs hydrauliques, aérohydrauliques, et électrohydrauliques; mais l'ascenseur moderne est un appareil électrique à commande entièrement automatique par boutons-poussoirs.

Le moteur, du type généralement asynchrone triphasé, actionne la cabine au moyen d'un

câble d'acier entraîné par adhérence sur la poulie motrice d'un treuil électrique; un contre-poids assure la stabilisation et l'équilibre. Le moteur et le treuil sont disposés aux étages supérieurs; le circuit de commande, avec les boutons destinés à obtenir l'arrêt aux différents étages, est constitué par des éléments en série. Ainsi, dès qu'il y a ouverture du contacteur d'une porte quelconque, l'ascenseur est immédiatement arrêté.

Comment obtient-on la commande automatique et l'arrêt aux étages, ainsi que la signalisation du mouvement de la cabine? Dans les premiers appareils, on utilisait le déplacement de la cabine elle-même pour déclencher, par l'intermédiaire de contacts installés dans la gaine, les ordres nécessaires à l'arrêt à l'étage désiré. Ces contacts étaient plus ou moins bruyants et ne fonctionnaient qu'avec des vitesses faibles; désormais, à côté du treuil, se trouve un dispositif de contrôle, dans lequel se trouvent reproduits les mouvements de la cabine à petite échelle, et qui constitue un sélecteur, ou enregistreur d'étages.

La sélection des arrêts aux différents niveaux est assurée par un relais auxiliaire à raison d'un relais par étage; les arrêts automatiques sont obtenus au moyen de culbuteurs d'étages, qui sont ainsi actionnés par le distributeur. Ces culbuteurs ont également pour rôle d'effectuer la discrimination du sens de marche, montée ou descente. Dès que le distributeur a coupé le courant d'alimentation, un frein à bande actionné par un électroaimant provoque l'arrêt rapide du moteur.

De grands progrès ont été réalisés. L'indicateur de niveau est constitué par un tableau de chiffres correspondant aux étages s'illuminant tour à tour pendant le déplacement de la cabine, tandis que le signal de direction donne le sens de déplacement. Des signaux s'illuminent dès l'action du passager, montrant à celui-ci que son appel a bien été enregistré.

Un dispositif de correction automatique « plus haut » ou « plus bas » effectue automatiquement les manœuvres de « remise à niveau ». Lors d'un arrêt à l'étage déterminé, si la concordance du plancher de la cabine avec le niveau de l'étage n'a pas été obtenue, le système de correction entre de lui-même en jeu et, après quelques oscillations de faible amplitude, la cabine s'immobilise au niveau exact.

Si la cabine s'est arrêtée trop haut, le contact « plus bas » entre en prise et alimente le contacteur de descente; la cabine descend à faible vitesse et s'arrête dès que la rampe n'agit plus sur le galet du contact. Si la cabine s'est arrêtée trop bas, c'est le contact « plus haut » qui entre en jeu d'une manière analogue. Ces contacts peuvent être multipliés, en vue, par exemple, de déclencher le ralentissement de la cabine,



lorsqu'elle approche de l'étage désiré et de commander l'ouverture de la porte de cabine et, en même temps, de la porte-palière pendant la période de mise à niveau.

La suppression des cages ouvertes d'ascenseurs, et le remplacement par une gaine aux parois pleines constitue un grand progrès pour la sécurité des usagers. La commande automatique de la porte est assurée par un moteur électrique fixé au-dessus de la cabine, et entraînant les vantaux par un dispositif à bielles ou à chaînes. Lorsque l'ouverture des portes est automatique, elle commence pendant la mise à niveau à vitesse réduite, de façon que l'ouverture soit totale lorsque la cabine s'arrête.

## Les jouets

L'homme, dès son enfance, rencontre l'automatisme dans ses jouets mécaniques. Les premiers automates, dont la création date de l'antiquité étaient des sortes de jouets articulés au même titre que les figurines animées des horloges du Moyen Age et les chefs-d'œuvre androïdes du XVIII<sup>e</sup> siècle, tels que la Joueuse de Tympanon ou le Flûteur de Vaucanson.

Beaucoup de jouets modernes sont encore actionnés par des ressorts agissant sur des systèmes de cames et de leviers; mais leur construction bénéficie de tous les progrès des techniques. C'est le cas des poupées parlantes et des animaux bruyants par la vertu d'un disque phonographique ou d'une bande magnétique.

Qui ne connaît ces merveilleux trains électriques aux signaux et aiguillages automatiques, et ces modèles télécommandés ou même autonomes qui se guident en « palpant » les obstacles au moyen de sortes d'antennes, de rayons lumineux réfléchis sur des cellules photo-électriques, ou même de faisceaux

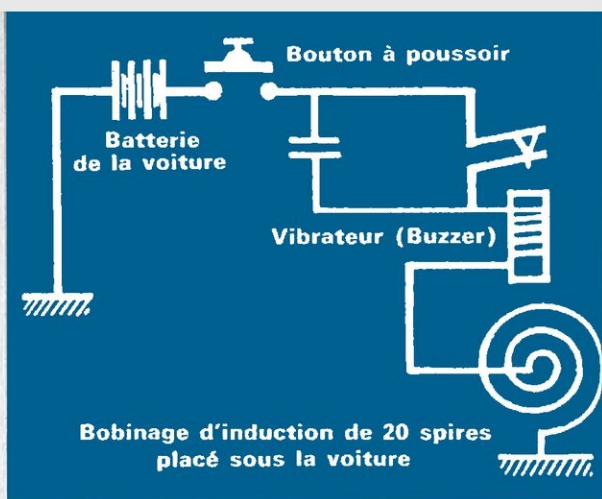


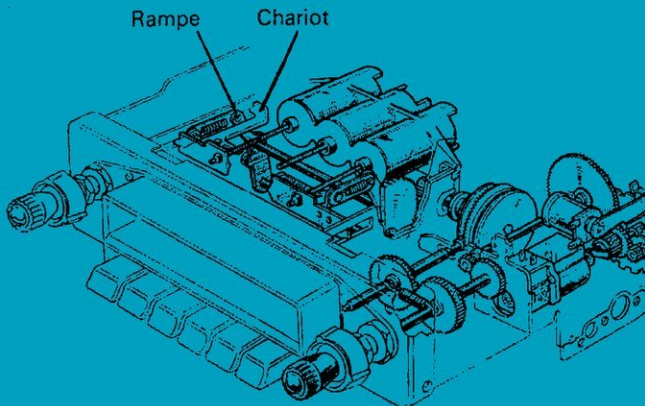
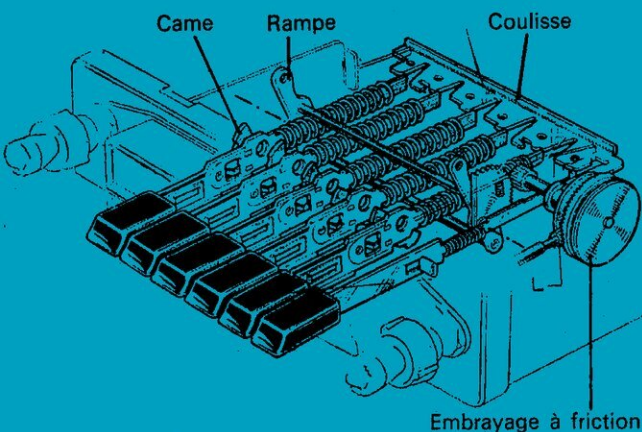
Schéma d'un émetteur simple à vibreur dont le bobinage, disposé sous une voiture, provoquera l'ouverture automatique de la porte d'un garage. Un autre bobinage fixé sur cette porte recueillera les impulsions et un circuit à transistor actionnera le relais de mise en marche du moteur électrique d'ouverture.

ultrasonores? Certains de ces jouets scientifiques sont de véritables animaux cybernétiques dont le comportement se rapproche de façon spectaculaire de celui des animaux vivants.

## Le radiorécepteur automatique

Les jouets scientifiques automatiques sont peu répandus en raison de leur prix élevé; mais le radiorécepteur figure dans tous les foyers. C'est pourtant un appareil pourvu de nombreux dispositifs automatiques très perfectionnés.

Les appareils modernes, qu'il s'agisse de modèles minuscules à transistors ou de postes musicaux d'appartement, ne nous montrent



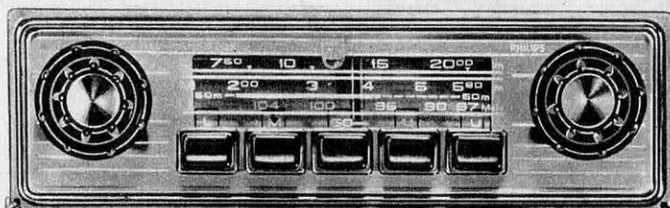


plus que quelques touches à poussoirs et un ou deux boutons. Voilà toutes nos possibilités de réglage manuel : choix de la station que nous voulons écouter et volume sonore. Tout le reste est automatique à l'intérieur du boîtier.

Une antenne extérieure ou, le plus souvent, un cadre incorporé capte les signaux dont l'intensité est variable suivant la puissance de l'émetteur, la distance, les conditions locales et atmosphériques et la longueur d'onde. Au cours d'une même réception, cette intensité peut aussi varier par suite de changement dans les conditions de propagation dans l'atmosphère surtout s'il s'agit d'ondes courtes (fading). Ce phénomène risquerait de rendre l'audition irrégulière et désagréable sans la présence d'un montage automatique appelé « antifading » ou « contrôleur automatique de gain ». Ce dispositif simple, relié au tube ou au transistor-détecteur, compense les variations d'intensité du signal reçu par une variation correspondante du pouvoir amplificateur des premiers étages du récepteur. Si le signal est faible, l'amplification augmente; si le signal est très fort, l'amplification diminue et on obtient ainsi un niveau moyen d'audition stable et agréable.

Ce n'est pas tout. En raison des caractéristiques de l'ouïe humaine, une variation d'intensité sonore peut produire des variations apparentes de tonalité. Un dispositif automatique « orthophonique » couple le bouton de réglage de l'intensité à un système de contrôle de la tonalité musicale et évite cet inconvénient.

On peut aller plus loin encore. Pour certains auditeurs, la recherche des stations sur le cadran paraît encore un travail trop difficile; le problème du radiorécepteur à automatisme complet a été envisagé depuis longtemps et présente surtout de l'intérêt sur les automobiles, le conducteur ne pouvant se permettre de distraire son attention pour observer le cadran.



Le tableau de commande à touches à poussoirs de pré réglage d'un radiorécepteur semi-automatique « tout transistor » pour automobile. L'accord est immédiat sans que le conducteur ait à distraire son attention pour observer le cadran. Il demeure possible d'intervenir manuellement pour d'autres postes.

Philips

Des touches à poussoirs de « pré réglage » mettent simplement en circuit des condensateurs d'accord ou agissent sur le positionnement de noyaux plongeurs de circuits haute fréquence, permettant l'accord immédiat sur plusieurs émissions des gammes « grandes ondes » et « ondes moyennes » par une simple pression sur la touche correspondante.

Il y a encore mieux. Certains appareils de luxe sont munis d'un dispositif électromécanique beaucoup plus perfectionné, pour la recherche automatique des stations. C'est un mécanisme à moteur asservi commandant l'exploration automatique d'une gamme d'ondes déterminée pour rechercher un signal haute fréquence présentant un niveau suffisant pour assurer une bonne audition. Lorsque le signal est repéré, le système se bloque et un dispositif complexe correcteur de fréquences accorde parfaitement le récepteur sur l'émission captée. L'auditeur ne choisit donc plus l'émission qu'il veut entendre; c'est la machine qui pense et agit pour lui.

## Téléviseurs autoréglés

Des millions de téléspectateurs s'installent chaque soir devant leur « petit écran ». Pour obtenir une image brillante et bien contrastée, stable, nette et précise, sans tache parasite, et un son musical d'accompagnement agréable, il faut un certain nombre de réglages; le téléviseur est un appareil assez complexe et comporte beaucoup plus de circuits qu'un radiorécepteur : il est aussi devenu automatique.

L'image doit surtout être stable et bien cadrée. La stabilisation automatique assure une correction efficace à tout instant.

Les téléviseurs actuels ont, en outre, une « commande automatique de sensibilité », destinée à compenser, comme sur les radiorécepteurs, les variations lentes de luminosité; c'est ce qu'on appelle la commande automatique

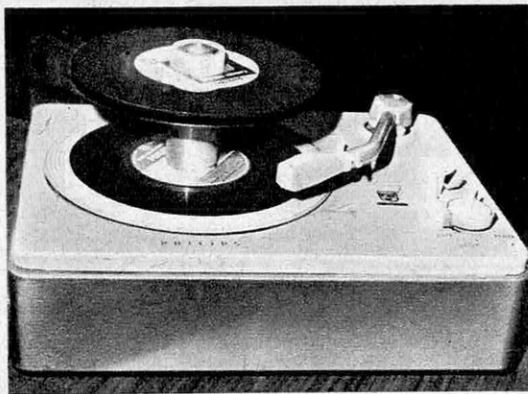
**Sur un radiorécepteur à pré réglage, à gauche, des touches à poussoirs mettent en circuit les condensateurs d'accord ou positionnent des noyaux plongeurs pour la réception immédiate des émissions choisies à l'avance. Sur d'autres modèles, à droite, des mécanismes plus complexes à moteur asservi effectuent l'exploration automatique d'une gamme d'ondes déterminée, assurant sans l'intervention de l'opérateur la réception d'une émission particulièrement puissante dans les meilleures conditions.**





Thorens

Le mécanisme d'un changeur de disques comporte un ensemble de rouages, comes, poulies, leviers, ressorts, précis et robuste. A droite,



Philips

un modèle classique avec disques en réserve enfilés sur une tige centrale ; à gauche, avec support latéral adjacent et bras de transport.

d'amplification. La « luminosité moyenne », choisie suivant l'éclairage ambiant et les goûts du téléspectateur, doit aussi rester stable sans interventions fréquentes ; on a recours à un dispositif de commande de luminosité moyenne, faisant varier le pouvoir amplificateur des étages d'amplification de façon à maintenir le niveau moyen.

L'auditeur de radio a l'habitude de régler son poste sur l'émission qu'il veut entendre, car il peut choisir entre un grand nombre de stations ; le problème est différent en télévision, puisqu'il n'y a qu'une ou deux émissions à recevoir. Pourtant l'accord doit être précis, surtout avec les nouvelles bandes de réception à très haute fréquence ; c'est pourquoi, on utilise des systèmes de « contrôle automatique de fréquence » compensant, en particulier, les écarts de fréquence dus à des circonstances extérieures, à l'influence de la température, au vieillissement des tubes, à des jeux mécaniques, etc.

Il faut encore une image bien contrastée. Rien de plus désagréable que d'avoir à rétablir constamment cette qualité optique indispensable, qui dépend de l'éclairage ambiant. Le réglage automatique du contraste au moyen d'une cellule photoélectrique est maintenant très répandu.

Ne négligeons surtout pas les variations des courants du secteur, qui risquent de produire des déformations et des variations de luminosité de l'image. Il existe, pour y remédier, des régulateurs de tension automatiques qui se placent entre la prise de courant et le téléviseur et, protégeant en outre les divers éléments, en particulier les tubes électroniques, en augmentent la durée de service.

Bien que les réglages soient déjà réduits au minimum, il en subsiste pourtant quelques-uns,

en particulier pour le passage d'une chaîne à l'autre. Les systèmes de télécommande dispensent le téléspectateur de quitter son fauteuil. Ils peuvent être mécaniques, électromécaniques, radioélectriques ou ultrasonores.

## Changeurs de disques

Les disques microsillons permettent déjà des auditions d'assez longue durée, de l'ordre d'une demi-heure. S'agit-il cependant d'entendre sans interruption un long concert sym-



Grundig

Un magnétophone automatique où toutes les manœuvres sont effectuées par touches à poussoirs. L'enregistrement s'opère à niveau constant grâce à un système électronique, quelle que soit l'intensité sonore qui agit sur le microphone, évitant toute saturation.



phonique ou une œuvre lyrique ou tout simplement d'organiser une soirée dansante, la petite manœuvre qui consiste à changer les disques après chaque audition d'une face semble désagréable.

Des modèles bien étudiés de changeurs de disques concilient l'extrême qualité musicale et l'automatisme.

Le fonctionnement s'effectue en six phases successives : le bras du pick-up s'élève et se dégage d'abord de la pile de disques, le disque à reproduire tombe sur le plateau du tourne-disques, le bras du pick-up se déplace et le saphir vient se placer sur le premier sillon extérieur du disque, le mécanisme de changement de disque s'arrête, et la face du disque peut être reproduite. Le bras-support du pick-up est ainsi déplacé sur toute la surface du disque et, lorsque le saphir a atteint le dernier sillon central, le mécanisme de changement entre de nouveau en action et toute la suite des opérations se répète. Des dispositifs additionnels permettent d'employer le changeur de disques à la manière d'un tourne-disque ordinaire, de reproduire seulement une partie d'un enregistrement, et de répéter plusieurs fois la reproduction d'une même face d'un même disque.

C'est un appareil électromécanique ; toutes les opérations sont assurées à l'aide de cames réglables, de systèmes excentriques, de tiges de poussée, de leviers et de ressorts. Il est possible d'utiliser simultanément des disques de différents diamètres et, s'il y a lieu, des vitesses de reproduction différentes.

On a reproché aux modèles classiques comportant des disques de réserve enfilés dans une tige centrale s'appuyant sur l'axe du plateau l'accumulation progressive des disques venant se poser sur le plateau pendant le jeu. Des modèles récents ne comportent plus ni tige centrale, ni pile de disques sur le plateau ; les disques à jouer comme les disques joués reposent sur des appuis fixes hors de la périphérie du tourne-disque et chaque disque joué est ainsi seul sur le plateau pendant l'audition. Un bras de transport saisit le disque joué à la fin de l'audition et le dépose sur un support latéral adjacent.

## Le magnétophone

Le magnétophone est devenu une merveilleuse machine électro-musicale d'amateur, mais son maniement, pourtant généralement bien simplifié, paraît encore difficile à certains profanes. L'automatisme a également permis sa transformation.

Pour enregistrer avec des modèles automatiques, il suffit, après les avoir reliés à la prise de courant d'un secteur, ou avoir mise en circuit

la fiche d'alimentation des piles, d'appuyer sur une touche à poussoir, qui assure tous les réglages utiles. De même, pour reproduire une bande enregistrée, il suffit également d'appuyer sur une seule touche, qui commande toutes les manœuvres d'entraînement mécanique, ainsi que les connexions des circuits électriques et électroniques.

Enfin, pour obtenir un bon enregistrement, il est nécessaire de faire varier ce qu'on appelle « la modulation » ou « profondeur d'enregistrement ». Si elle est trop faible, l'inscription est plate et sans contraste ; si elle est trop forte, il se produit des déformations et des saturations. Bien entendu, ce réglage doit varier également suivant l'intensité des sons qui agissent sur le microphone, ou qui parviennent du radiorécepteur ou du pick-up.

Sur les appareils ordinaires, l'opérateur doit régler l'enregistrement en s'aidant des indications visuelles fournies par un « œil magique » ou « ruban magique » fluorescent. Cette petite peine peut même lui être épargnée. Un dispositif automatique constitué à l'aide d'un montage électronique, dont le principe est assez analogue à celui de la commande antifading des radiorécepteurs, règle constamment dans les meilleures conditions cette intensité d'enregistrement.

## La photographie automatique

« Poussez un bouton, nous ferons le reste », ce slogan fameux, lancé par le plus grand constructeur américain, et qui a favorisé l'immense développement de la photographie d'amateur, définit exactement le but de l'automatisme en photographie.

À dire vrai, il fallait, il n'y a pas longtemps, effectuer quelques manœuvres. L'automatisme, là encore, transforme réellement l'opérateur en « presse-bouton ».

Il assure d'abord le réglage de l'ouverture du diaphragme. Depuis longtemps, il existe des posemètres à cellules photoélectriques, plus ou moins précis, dont l'aiguille indique sur une échelle l'ouverture à utiliser ou le temps de pose pour un film de sensibilité déterminée ; ces posemètres étaient séparés de l'appareil photographique, et leur lecture demandait un certain délai. On les a remplacés par des éléments très réduits intégrés dans l'appareil photographique lui-même ; les indications de l'aiguille sont ainsi visibles immédiatement sur un cadran placé sur le dessus du boîtier. Il n'est ni long ni compliqué d'observer ce cadran et de régler en conséquence le diaphragme ; mais cette opération semble être encore trop longue à certains amateurs, en particulier pour les vues de reportage ou de voyages. La cellule incorporée peut actionner directement l'aiguille



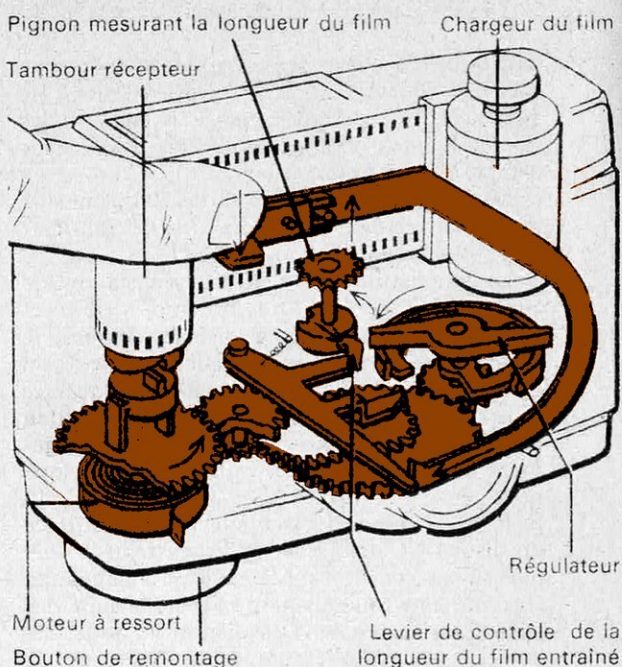
d'un galvanomètre visible dans le viseur, et un index mobile de repérage est couplé avec la bague de réglage de l'ouverture du diaphragme et celle de la durée d'exposition. Pour déterminer l'ouverture du diaphragme à la valeur convenable, il suffit à l'opérateur de faire coïncider, au moment de la prise de vues, la position de l'aiguille du galvanomètre avec celle de l'index de repère. C'est là un système simple mais, en quelque sorte, semi-automatique, puisqu'il exige encore l'intervention de l'amateur.

Dans un dispositif entièrement automatique, la cellule commande directement elle-même l'ouverture du diaphragme.

A dire vrai, il y a encore des degrés d'automatisme. Il n'y a pas seulement l'ouverture du diaphragme à considérer, mais la vitesse d'exposition et les systèmes de couplage sont variables. Des dispositifs automatiques doivent également avertir l'opérateur lorsque la prise de vue n'est pas possible dans les conditions considérées et pour une vitesse d'obturation déterminée. Un signal très visible apparaît donc souvent dans le viseur lorsque la position de l'aiguille du galvanomètre correspond à un éclairage insuffisant.

Cet automatisme est-il absolument complet ? Évidemment non. D'abord, par son principe même, le dispositif de réglage à cellule photo-électrique fonctionne uniquement sous l'action de la lumière réfléchie par le sujet à photographier, sinon par les objets environnants. Bien souvent, même, les rayons lumineux qui viennent frapper la cellule sont différents de ceux qui traversent l'objectif, sauf dans les appareils réflexes mono-objectifs les plus récents. Lorsqu'il s'agit de photographier avec la lumière latérale, à contre-jour, avec des contrastes violents de lumières ou de couleurs, ou des objets très rapprochés, des corrections sont nécessaires; elles sont seulement effectuées sur quelques modèles coûteux.

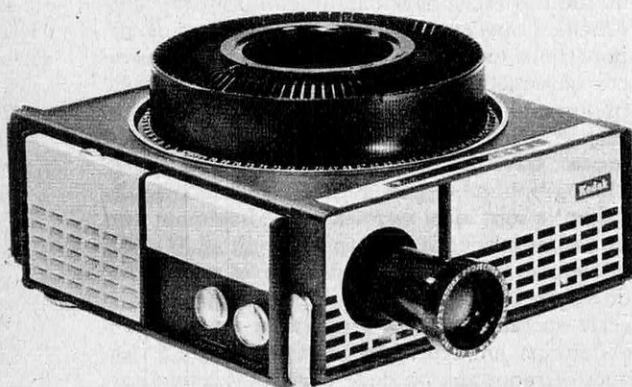
La mise au point automatique de l'objectif



sur le sujet n'est encore réalisée que sur des appareils prototypes.

Enfin, il reste la manœuvre de l'entraînement du film et de l'armement de l'obturateur après chaque prise de vue. Déjà, sur certains modèles, cette peine est devenue inutile. Un petit moteur à ressort, électrique, ou même pneumatique (actionné alors par le gaz carbonique contenu dans une capsule d'acier), supprime tout effort; il suffit d'appuyer sur le déclencheur pour assurer en même temps l'avancement du film et l'armement de l'obturateur. Enfin, le chargement du film dans la caméra est devenu immédiat, grâce à l'emploi de chargeurs spéciaux, et le réembobinage aussi est devenu inutile.

La photographie à la lumière artificielle a été rendue plus facile et également presque automatique par l'avènement et l'utilisation



Kodak

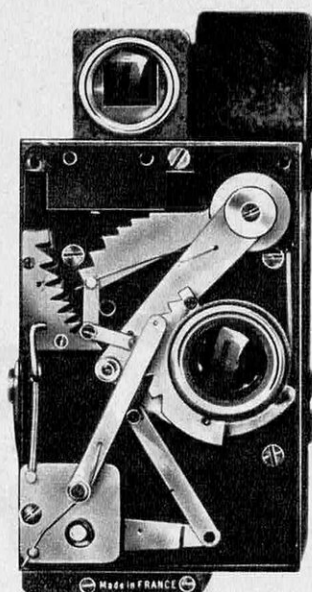
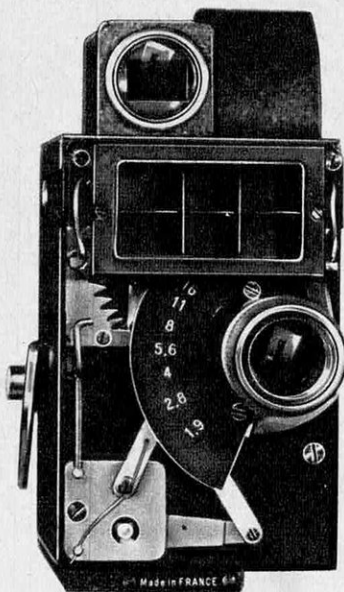
◀ Dans ce projecteur de diapositives, les vues défilent sans intervention de l'opérateur et à cadence réglable par une minuterie. L'appareil peut comporter un véritable « programmeur » commandant les opérations de mise en marche, de changement de vues et d'arrêt dans les conditions fixées par l'utilisateur.

La caméra automatique de cinéma réduit com- ▶  
porte la visée réflex facilitant cadrage et mise au point, le réglage de l'ouverture du diaphragme en fonction de la sensibilité du film et de la cadence de prise de vues. Le chargement est très rapide et l'utilisation aisée grâce à une poignée munie d'un déclencheur.

Agfa



Un exemple de système automatique d'entraînement du film d'armement sur un appareil photographique. Un petit moteur à ressort actionne par engrenages le tambour récepteur après chaque prise de vue et en même temps arme l'obturateur. La durée de fonctionnement du moteur est contrôlée par un pignon entraîné par les perforations du film et qui porte une came provoquant le déclenchement rapide du levier d'arrêt du moteur.



La caméra cinématographique a été aussi automatisée. On voit ici un système de commande de l'ouverture du diaphragme. La cellule (en haut) fait se déplacer l'aiguille d'un galvanomètre qui bloque à une certaine position un levier, lequel, par un jeu de bielles que l'on voit autour de l'objectif, détermine l'ouverture du diaphragme. En fait, l'énergie mécanique nécessaire est fournie par l'opérateur pressant le déclenchement.

Disp. Martin



des lampes éclair ou lampes flash, magnétiques ou électroniques, qui ont remplacé la poudre au magnésium d'autrefois. Chaque ampoule magnétique ne peut servir que pour une prise de vue; le changement peut être rendu plus rapide par des dispositifs de chargeurs. La lampe flash électronique peut donner, sans changement d'ambiance, un grand nombre d'éclairs, avec un intervalle régulier, nécessaire pour la recharge du condensateur de décharge.

Cette lampe a permis la création récente d'une nouvelle caméra entièrement automatique qui comporte un système à éclair électronique intégré, dont les éléments et la pile sont placés simplement dans la poignée. L'ouverture du diaphragme est réglée automatiquement suivant la distance de mise au point, et il suffit donc, en principe, d'appuyer sur la gâchette de cette sorte de « pistolet » photographique à éclair pour obtenir immédiatement une image à chaque éclair.

Il n'est pas jusqu'aux opérations de développement, de tirage, de fixation des négatifs, et de tirage des positifs, qui n'aient été automatisés; sans parler des cuves à posemètre automatique, les procédés de photographie « Polaroid » par transfert fournissent désormais des épreuves prêtes et sèches et même en couleurs, en quelques dizaines de secondes.

## Caméras et projecteurs

La manœuvre de la caméra de cinéma est, en fait, plus simple que celle de l'appareil photographique, puisque le réglage de la durée d'exposition est simplifié; on utilise généra-

Contrôle automatique de la vitesse sur l'autoroute du Sud. Ci-contre, les réflecteurs paraboliques des radars dirigeant leurs faisceaux sur les voies à surveiller. Les ondes réfléchies sur les voitures provoquent éventuellement le déclenchement des appareils avertisseurs d'excès de vitesse.

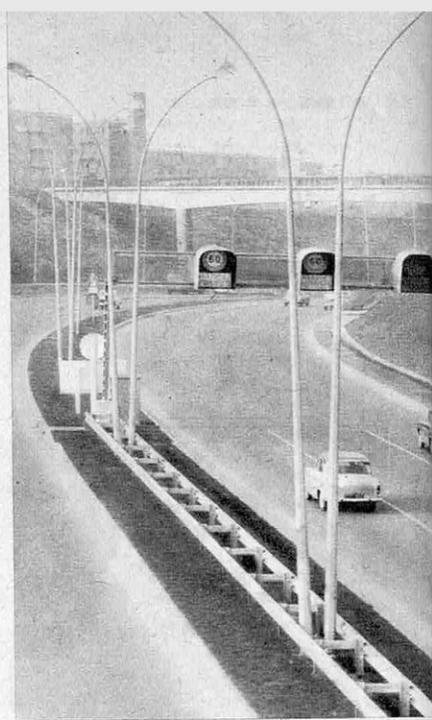
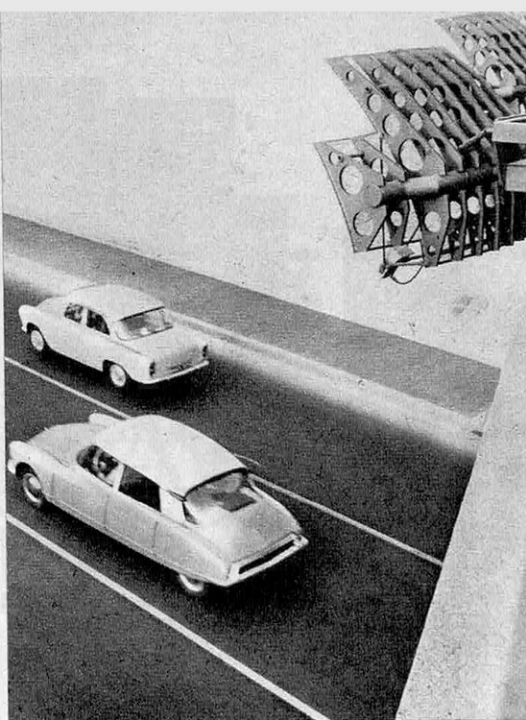


Photo J. M. Bresson Doc. Revue des Applications de l'Électricité (SODEL)

lement la cadence de 16 ou 24 images/seconde, et plus rarement de 8 images/seconde, par économie ou parce que l'éclairement est déficient.

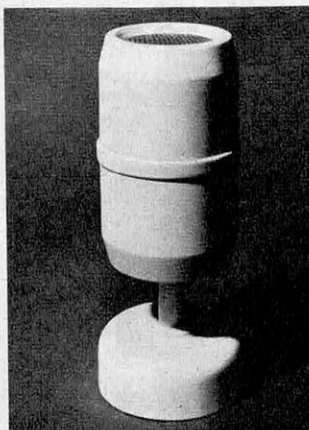
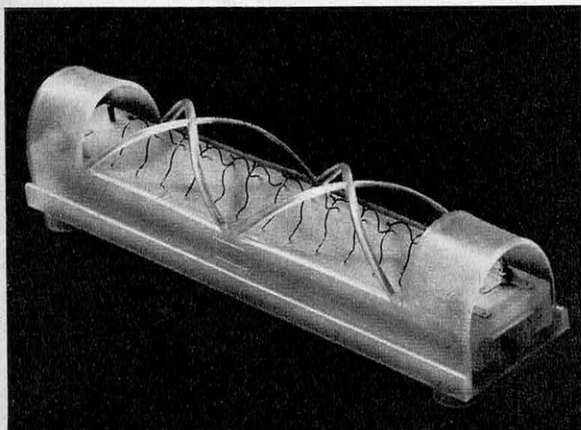
L'ouverture du diaphragme des caméras de format réduit est déterminé par une cellule photoélectrique, au moyen d'un dispositif semi-automatique ou entièrement automatique, analogue à celui des appareils photographiques, avec aiguille de réglage visible dans la fenêtre du viseur, ou commande directe des lamelles du diaphragme par un élément électromécanique.

Par ailleurs, l'objectif « Zoom », qui permet de faire varier constamment le champ de prise

de vues par modification de la distance focale, a été souvent automatisé grâce à l'emploi d'un micro-moteur, ce qui permet une grande régularité de fonctionnement, même en tenant l'appareil à la main.

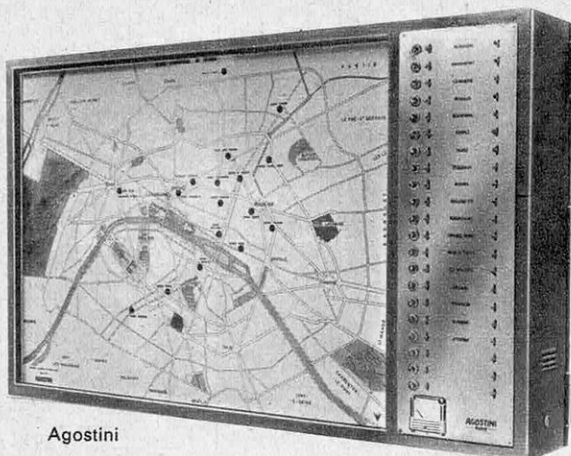
Le chargement du film avec un chargeur-magazine ou des bobines est également devenu immédiat; il ne reste plus qu'à attendre, là encore, les systèmes de commande automatique de la mise au point de l'objectif.

La manœuvre des projecteurs de cinéma a toujours été simplifiée; il fallait tout de même placer convenablement le film sur les bobines réceptrices et débitrices, en le faisant passer avec



Deux détecteurs automatiques contre l'incendie. A gauche, un appareil à couples thermoélectriques, avec des fils conducteurs formés de métaux différents, produisant un courant électrique quand leurs soudures apparentes s'échauffent. A droite, un détecteur de fumées à cellule d'ionisation irradiée par un élément radioactif, qui déclenche le signal d'alarme à toute variation de l'ambiance gazeuse, telle que celle due à une combustion à évolution lente.





Agostini

**Le tableau central de surveillance automatique à distance des succursales d'une grande entreprise pendant les heures de fermeture. Toute anomalie d'un système d'alerte antivol local se traduit par l'allumage d'un signal qui permet au veilleur du siège social de provoquer aussitôt les interventions nécessaires.**

soin sur le chemin qui lui était réservé derrière l'objectif, avec les perforations engrenées sur les débiteurs dentés, et en ménageant les boucles supérieures et inférieures destinées à éviter les saccades et les déchirures des perforations. Ce chargement est désormais réalisé automatiquement : il suffit de placer l'extrémité du film dans une glissière, et la mise en place est rapide sans aucune erreur possible; le réembobinage est également automatique. Des touches à poussoirs commandent le préchauffage et l'allumage de la lampe de projection, la mise en marche du moteur, l'allumage d'une lampe d'ambiance, l'arrêt, etc.

Les dispositifs de synchronisation automatique peuvent assurer, par ailleurs, la combinaison du projecteur avec un magnétophone, ce qui permet de réaliser facilement la sonorisation magnétique des films réduits; une sonorisation encore plus précise peut même être prévue à la prise de vues.

La projection des diapositives peut être aussi accompagnée de commentaires et de musique de fond synchronisés automatiquement. Avec les projecteurs de vues fixes perfectionnés, il n'est plus besoin d'introduire les vues une à une dans une fenêtre, ou même dans un passe-vues; les vues positives successives, rangées dans les magasins, sinon en vrac, défilent grâce à des servo-moteurs. Une minuterie peut contrôler la cadence de passage, réglable avant le début de la projection, et suivant un véritable « programme », établi comme celui d'une machine-transfert.

Il y a plus : le passage d'une vue à l'autre peut être réalisé, non plus avec une interruption brutale de lumière produisant une impression gênante pour la vue qu'on appelle un « trou noir », mais sous une forme réglable et progressive. Une vue disparaît progressivement pendant que l'autre apparaît également plus ou moins lentement; c'est ce qu'on appelle le fondu-enchaîné automatique, dont la cadence varie au gré de l'opérateur.

Enfin, le passage d'une vue à l'autre peut être télécommandé par un procédé analogue à ceux dont nous avons parlé à propos des téléviseurs.

## Automatisme et sécurité

L'automatisme ne permet pas seulement d'améliorer le confort de notre vie quotidienne. Il assure à chaque instant une plus grande sécurité et une protection efficace contre les dangers qui nous menacent : les accidents, le vol, l'incendie, etc. Il règle la circulation automobile urbaine et routière par la signalisation des carrefours, coordonnée en fonction de l'intensité du trafic; il détecte par radar les dépassements de vitesse autorisée sur certains tronçons; il peut maintenant alerter les conducteurs et les services de police routière en cas de formation traîtresse de verglas. Fusibles et disjoncteurs automatiques protègent nos installations électriques domestiques contre surcharges et courts-circuits. Des systèmes électromécaniques, électroniques, à rayons infrarouges, à détecteurs de chocs et microphones ultrasensibles déclenchent des dispositifs de protection et l'alarme automatique à toute tentative d'intrusion dans les habitations, les magasins, les banques dont les succursales multiples dans une grande ville peuvent même être surveillées depuis un poste central pendant les heures de fermeture. Des détecteurs thermiques à dilatation ou à couples thermoélectriques, des détecteurs de fumées à cellules photoélectriques, ou de flammes à cellules sensibles à l'infrarouge, déclenchent toute menace ou tout début d'incendie et déclenchent automatiquement l'alerte, voire même, sans intervention humaine, la mise en œuvre rapide des extincteurs dans les établissements qui en sont équipés.

Presque à chaque instant de notre vie, nous avons affaire à des dispositifs plus ou moins automatiques, qui se perfectionnent sans cesse et dont le nombre et la complexité ne cessent de s'accroître. Nous n'avons pu en donner que quelques exemples. Tenter d'en dresser une liste exhaustive serait aujourd'hui une entreprise pratiquement impossible.

H. P.



Une prothèse automatisée pour l'utilisation d'un bras paralysé, vue en double exposition. Plusieurs programmes de mouvements des éclisses mécanisées sont préenregistrés dans un calculateur, le choix étant fait par le sujet à l'aide d'une source infrarouge montée sur ses lunettes, et l'opération contrôlée par des contacteurs actionnés par ses sourcils. Des électrodes recueillent les tensions bioélectriques à l'épaule pour exciter les muscles des doigts.



# l'automatisme en médecine

par P. Hémardinquer

**L**e fonctionnement des différents organes du corps humain met en jeu des phénomènes non seulement mécaniques et chimiques, mais électriques ou même électroniques, aspect nouveau pour la médecine, qui a amené à utiliser de plus en plus des appareils mécaniques, électriques ou électroniques dans les trois domaines de l'observation, du diagnostic et du traitement.

Là aussi, l'automatisme a pour but de simplifier et de rendre plus rapides les tâches du médecin traitant ou du spécialiste.

Des appareils de plus en plus nombreux fournissent aux médecins des indications diverses sur le fonctionnement des organes. En dehors des installations de radioscopie et de radiographie, les électrocardiographes renseignent sur l'état du cœur et les électroencéphalographes sur celui du cerveau, de même que les électromyographes permettent de mesurer les potentiels engendrés par les muscles.

Mais ces appareils désormais courants ne sont pas les seuls. Il y a des balistocardiographes, indiquant les faibles mouvements du corps provoqués par les mouvements du cœur et la circulation du sang, des phonocardiographes, qui enregistrent les bruits des battements du cœur, des cardiotauchymètres mesurant la fréquence des battements du cœur, des sphygmotonomètres pour la mesure directe de la pression du sang, des fluxmètres pour la mesure du régime de la circulation du sang, des dispositifs de contrôle de la résistance de la peau, de la température, de la respiration, de la tension sanguine dans l'œil, du fonctionnement de l'oreille, des intestins, de l'estomac, etc. Cette liste n'est aucunement limitative, car les chercheurs en étudient constamment de nouveaux. Les contrôles chimiques et biologiques ont évidemment une importance au moins aussi grande.

La première opération effectuée en médecine consiste à formuler un diagnostic avant de

tenter de trouver et d'appliquer le traitement approprié.

Il en va pour la technique médicale comme pour bien d'autres à notre époque; les connaissances de la pathologie augmentent continuellement en nombre et en complexité; il est devenu difficile pour un praticien de connaître, dans tous les cas, toutes les données se rapportant au problème qui le confronte.

Le maximum d'observations étant recueilli, il faut en tirer des conclusions, c'est-à-dire d'abord classer les renseignements, ensuite les évaluer en se basant sur les expériences accumulées, et finalement les interpréter à la lumière des informations fondamentales qui ont pu être précisées. C'est là une tâche qui devient de plus en plus difficile pour le praticien même spécialiste, qui est obligé de tenir compte d'une masse de connaissances de plus en plus complexes et diverses. Il faut pourtant éviter les pertes de temps, qui peuvent être dangereuses ou même tragiques pour le patient. Mais ces appareils modernes que l'on a pu appeler, d'ailleurs à tort, des « cerveaux électroniques » sont des machines prodigieuses, qui peuvent résoudre des problèmes complexes et étendus de classement, d'accumulation d'informations et de comparaison. Si on lui fournit les « informations » sur les symptômes présentés par le malade et recueillis par l'observation clinique directe ou par des machines, un ordinateur pourra en quelques secondes comparer l'ensemble de ces informations à celles déjà observées pour des cas semblables et conservées dans sa « mémoire » électronique, à la capacité très supérieure à celle de tout médecin. L'ordinateur peut constituer ainsi une véritable « machine automatique » à formuler les diagnostics.

L'établissement normal du diagnostic est en fait une suite de comparaisons entre les observations faites sur le malade et les connaissances correspondantes du médecin en patho-

logie. Les mécanismes intellectuels peuvent désormais être reproduits par des machines relativement simplifiées à cartes perforées.

Chaque maladie peut ainsi être représentée par une carte perforée, sur laquelle chaque trou correspond à un symptôme déterminé. Toutes les cartes peuvent être placées dans le magasin d'une machine à trier, qui fournit en quelques secondes toutes les cartes des maladies correspondant aux symptômes observés ou détectés par les appareils de contrôle. On procédera à une nouvelle sélection, en observant des particularités plus spéciales pour chaque malade, ses antécédents par exemple; un nouveau tri élimine toutes les cartes qui ne possèdent pas la perforation correspondante, et ainsi de suite. Lorsqu'il ne reste plus qu'une carte, elle représente le diagnostic recherché !

Le calculateur électronique ne remplace sans doute pas le travail de l'esprit humain, mais il le soulage en supprimant une tâche matérielle difficile et complexe. Son fonctionnement ne peut avoir de valeur qu'avec un fichier très complet de toutes les maladies, sans oublier les plus rares, qui ont été décrites avec quelque précision dans les revues spécialisées. Comment un omnipraticien, ou même un spécialiste, pourrait-il tenir compte de toutes les observations rapportées dans des milliers de publications qu'il n'est pas humainement possible de dépouiller avec attention ?

La carte perforée, système de mémoire le plus simple, est désormais remplacée bien souvent par un tambour, un disque ou des bandes magnétiques, sur lesquelles les impulsions électriques correspondant aux informations sont enregistrées; la vitesse d'exploitation est augmentée et les possibilités de la mémoire encore accrues.

L'ordinateur n'est évidemment pas utilisable à l'échelle individuelle, dans le cabinet du médecin de campagne, mais son emploi intensif se justifie désormais dans les centres hospitaliers. Déjà des ordinateurs sont utilisés pour le diagnostic des maladies du sang dans les hôpitaux de New York. L'analyse automatique du sang fournit des informations chiffrées, directement utilisables par un ordinateur.

Lorsque les problèmes posés concernent un grand nombre de personnes, dans la lutte contre les épidémies, la surveillance de la santé publique, l'établissement de statistiques sanitaires ou vitales, il est devenu presque impossible d'obtenir des résultats utilisables dans des délais réduits sans avoir recours aux ordinateurs. Les méthodes statistiques permettent des comparaisons entre les hôpitaux, entre les traitements appliqués à des patients souffrant d'affections similaires.

Elles rendent possible également la création d'une sorte de « librairie électronique » conte-

nant sous une forme réduite un nombre énorme d'observations.

On envisage un peu partout dans le monde, sous des formes et des noms différents, des fusions plus ou moins complètes des Facultés de Médecine et des Hôpitaux et, en France, on a créé récemment un Centre Hospitalo-Universitaire. Un tel ensemble n'est plus seulement un lieu où l'on établit un diagnostic et où l'on surveille l'évolution d'une maladie; c'est un cadre dans lequel collaborent des spécialistes de disciplines très diverses, au service du malade, présent ou futur, d'une manière directe ou indirecte. Ce ne sont pas seulement des cliniciens qui demeurent au contact direct du malade; il y a des biologistes, des physiciens, des chimistes, des physiologistes et même des psychiatres et des psychologues. C'est dans un établissement de ce genre que les procédés dont nous venons de parler peuvent s'appliquer avec le plus d'efficacité. Les enregistrements sur supports perforés ou magnétiques des divers renseignements cliniques et para-cliniques recueillis au cours du séjour des malades constituent des dossiers de référence directement utilisables pour la documentation automatique.

## Analyse et diagnostic à la seconde

Un grand nombre d'affections se manifestent par des changements dans la composition chimique de fluides contenus dans le corps : sang, urine, lymphes, etc. L'étude de ces variations est essentielle pour le diagnostic et le contrôle du traitement; les analyses de plus en plus complexes exigent l'intervention d'un personnel spécialisé et des opérations longues et coûteuses.

La précision, la sûreté, la fidélité, la rapidité des techniques physiques semblent souvent désormais l'emporter sur les méthodes de chimie pure. Parmi ces nouvelles méthodes modernes d'analyse, on peut citer la chromatographie et l'électrophorèse qui permettent de séparer les constituants des liquides biologiques complexes.

Les techniques modernes d'automatisation permettent de multiplier le nombre des examens et d'en étendre la diversité. Les dosages chimiques sont aussi réalisés avec très peu de réactifs et le prix de revient de l'opération est rendu admissible, même avec des réactifs très coûteux.

Il est devenu possible de mesurer sur l'individu lui-même, d'une manière continue, la variation d'un composant sanguin tel que le glucose, l'urée. L'analyse n'est plus « statique » comme autrefois, elle devient « dynamique ».

Des chaînes de dosage purement automatiques existent déjà dans plusieurs pays. Le





U. S. I. S.

A côté des « poumons d'acier » classiques pour les malades atteints de paralysie respiratoire, on réalise aujourd'hui des modèles plus simples, légers et mobiles. Le système électrique commandant la « ceinture respiratoire » est placé dans un boîtier posé sur roulettes (à gauche); il en existe aussi de forme plus réduite, comme celui que l'on voit sur la table. De tels modèles équipent plusieurs centres de réadaptation aux Etats-Unis.

début de cette évolution a été marqué, semble-t-il, par l'apparition aux Etats-Unis du système « Auto-Analyser » inventé en 1950 par le docteur Léonard E. Skeggs. 4 000 de ces appareils sont aujourd'hui en fonctionnement.

Des perfectionnements ont permis d'éliminer pratiquement toute manipulation et de simplifier l'enregistrement des résultats, tout en augmentant le nombre des éléments contrôlés qui peut atteindre une dizaine sur un seul échantillon. L'enregistrement des résultats ne demande que trois minutes.

Les techniciens français obtiennent des résultats spectaculaires dans ce domaine. Un centre important d'analyse automatique est en construction à Paris; il pourra fournir des résultats continus immédiatement imprimés sur une fiche et en langage ordinaire, en quelques secondes. On conçoit tout l'intérêt d'une telle rapidité; des milliers d'analyses pourront être réalisées en une heure, et à des prix beaucoup plus réduits, pour le plus grand bénéfice, en particulier, de la médecine préventive.

Mais ce n'est pas tout. Ces installations électro-mécaniques, effectuant automatiquement des mesures physico-chimiques brutes sur des échantillons de sang ou d'urine et fournissant en quelques secondes un certain nombre de variables analogiques, peuvent être combinées avec un calculateur électronique, après conversion analogique-numérique.

La calculatrice établit la fiche d'analyse sous sa forme habituelle; elle effectue une comparaison avec les normes relevées sur un grand nombre de sujets et mises en mémoire dans le

tambour ou le disque magnétique. La comparaison peut également être effectuée très rapidement avec les analyses présentant des données analogues et caractérisant des cas pathologiques déjà étudiés dans le centre. La machine elle-même indique donc immédiatement les hypothèses de diagnostic.

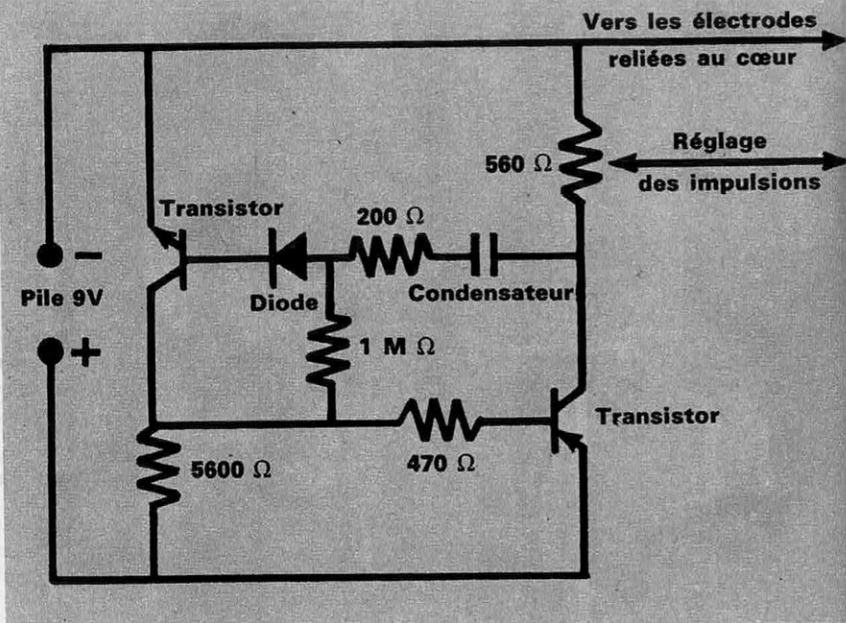
Les recherches bactériologiques elles-mêmes peuvent aussi être automatisées et assurent l'identification rapide des germes pathogènes dans les divers liquides de l'organisme; la machine peut fournir aussi la liste des diagnostics bactériologiques à envisager par ordre de probabilité, ainsi que la liste des essais qui permettraient de préciser l'identification.

## Les machines à respirer

Nous abordons là un autre domaine d'application de l'automatisme en médecine.

Le principe de fonctionnement du poumon d'acier, chargé d'assurer le jeu normal des poumons chez les malades atteints de paralysie respiratoire, au cours de la poliomyélite notamment, est bien connu : le malade est placé, à l'exception de la tête, dans un caisson étanche, à l'intérieur duquel on établit successivement une surpression, qui comprime la cage thoracique et produit une expiration, et une dépression qui provoque une expansion de la cage thoracique, entraînant l'inspiration. Un moteur électrique actionne, à cet effet, un système pneumatique réglable, dont la cadence est assurée par une came disposée sur l'arbre d'un distributeur.

Le stimulateur électronique du cœur ou « pacemaker » est, comme montre le schéma, un oscillateur minuscule à transistors. Ci-dessous, un modèle externe à relier à des électrodes internes. A droite, un modèle qui sera logé dans le corps même du malade par une opération sans gravité et pourra y demeurer longtemps. Il suffit de changer la pile à intervalles très éloignés, de l'ordre d'une année, et le malade peut vivre normalement.



A côté des poumons d'acier de grand volume, et même pour des usages de longue durée, on réalise des modèles plus simples, facilitant les changements de position du malade et son transport éventuel. Il existe aussi différents modèles portatifs.

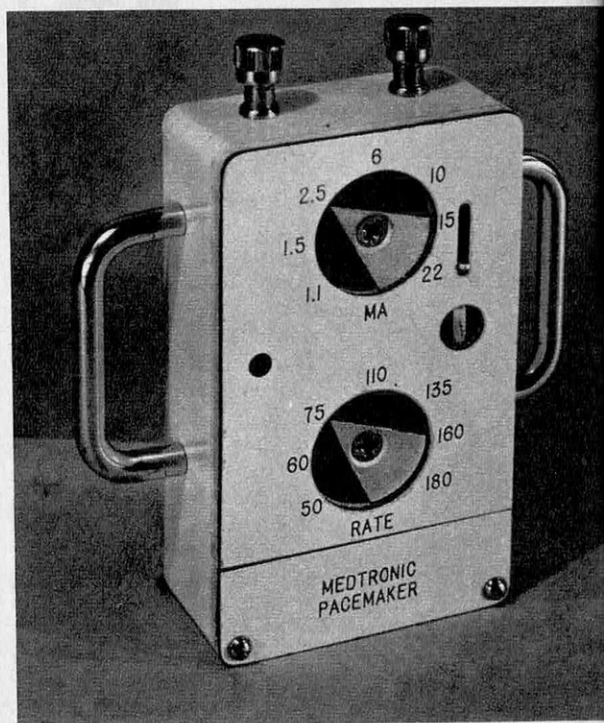
Au principe pneumatique on a pu, dans certains cas, substituer un principe électrique; on n'assure plus la respiration par une aspiration et une dépression plus ou moins brutales, mais on détermine l'excitation musculaire du thorax par des stimulations électriques remplaçant, en quelque sorte, les impulsions nerveuses déficientes. Deux paires d'électrodes transmettent les impulsions qui ont une fréquence de 50 à 250 Hz et se reproduisent 15 à 40 fois par minute. Ces appareils sont évidemment surtout utilisés actuellement pour des traitements de courte durée.

### La machine qui fait battre le cœur

Les battements du cœur sont assurés normalement par des impulsions transmises au centre de stimulation par des nerfs. A la suite d'accidents ou de certaines maladies, telles que l'affection de Stokes-Adams, les battements du cœur deviennent très irréguliers ou même risquent de s'arrêter complètement. Ces troubles très graves ne sont pas dus à des lésions internes, mais aux déficiences des impulsions stimulatrices.

La cadence normale est de 60 à 70 battements à la minute. Chez certains malades, elle s'abaisse à 20 ou 30 à la minute, et il peut s'écouler une pose de quelques secondes entre les battements.

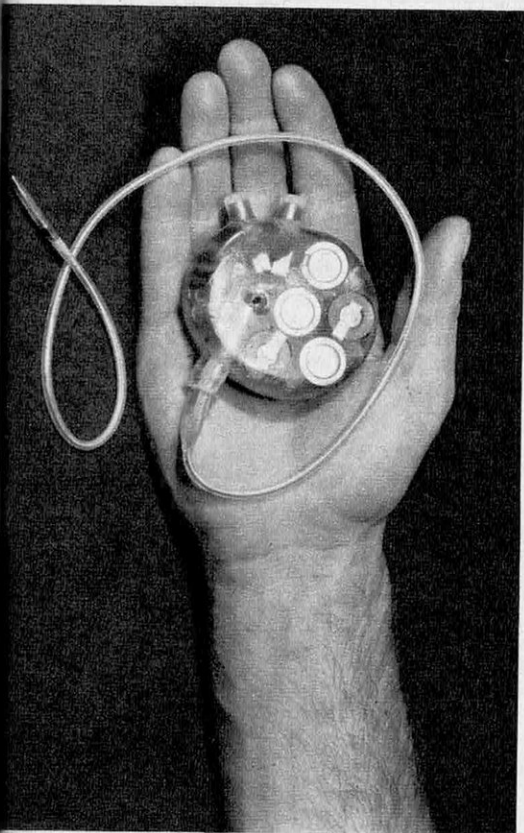
On a imaginé de suppléer les impulsions électriques provenant du malade lui-même par des impulsions automatiques artificielles. C'est



le rôle du stimulateur électronique ou « Pacemaker », petit oscillateur minuscule à transistors alimenté par un élément de pile également minuscule.

Cet appareil peut être disposé extérieurement, avec des électrodes reliées au corps du malade, mais il est également possible, au moyen d'une petite opération chirurgicale sans danger, d'implanter le stimulateur dans le corps lui-même, et de le relier à des électrodes





Saphymo

placées dans le cœur. Le malade peut ainsi vivre normalement et des milliers de patients dans le monde doivent leur survie à cet appareil électronique remarquable, dont il existe déjà des variantes assez nombreuses.

Cette méthode de stimulation offre encore d'autres possibilités spectaculaires. On envisage la stimulation artificielle de la vessie au moyen de cathéters implantés dans cet organe pour éviter l'infection urinaire dans le cas de certaines paralysies, et l'excitation artificielle des contractions intestinales des opérés.

### L'anesthésie automatique

Les procédés modernes d'anesthésie et de réanimation permettent de rendre les opérations chirurgicales beaucoup moins dangereuses qu'autrefois, même pour les vieillards ou les sujets déficients; ces procédés sont pourtant devenus de plus en plus complexes. Des servo-mécanismes facilitent là aussi la tâche de l'anesthésiste.

Un procédé américain est basé sur l'activité électrique du cerveau qui se manifeste par des oscillogrammes très variables suivant le degré d'anesthésie.

Les faibles concentrations, destinées à anes-

thésier légèrement le patient, produisent une augmentation considérable des signaux électriques par rapport à ceux qui correspondent à l'état de repos. Lorsque la dose augmente, l'effet stimulateur fait place à un affaiblissement des signaux recueillis; si l'anesthésie devient intense, l'activité électrique semble disparaître. Le niveau des signaux électriques constitue ainsi un indice caractéristique du degré d'anesthésie.

La captation des signaux électriques s'effectue à l'aide d'électrodes fixées sur le crâne; ils sont transmis à un dispositif électronique qui assure la commande du servo-mécanisme de dosage de l'anesthésique. Certains dispositifs permettent de maintenir automatiquement l'anesthésie à un niveau donné.

### Des membres artificiels qui obéissent à la pensée

Les ondes électriques émises par le cerveau ne possèdent qu'une puissance extrêmement faible, de l'ordre du picowatt (millionième de millionième de watt). Elles ne peuvent provoquer à distance d'action électro-mécanique, mais nous disposons aujourd'hui de dispositifs électroniques puissants pouvant amplifier suffisamment des tensions infimes, de façon à déclencher des relais assurant la mise en marche d'une machine quelconque.

C'est sur un principe analogue qu'on a déjà réalisé des appareils de prothèse remarquables, actionnés automatiquement non plus par les muscles du moignon de l'amputé, mais par les courants biologiques induits dans ces muscles par les ordres provenant du cerveau.

Les signaux électromyographiques, ou EMG, ont des tensions de 10 à 1 000 microvolts et leur durée est de 1 à 10 millisecondes. La difficulté consiste d'abord à éviter les brouillages produits par les parasites extérieurs et même les tensions provenant des autres tissus qui peuvent atteindre une amplitude de 10 microvolts. Des solutions ingénieuses ont été mises au point.

Un capteur recueille les courants bioélectriques dans les muscles; un équipement électronique assure l'amplification et la transformation des tensions électriques sous une forme susceptible de produire la commande. On obtient finalement une tension à peu près proportionnelle aux puissances des courants bioélectriques et qui agit, par exemple, sur un électro-aimant commandant des électro-valves intercalées dans un circuit hydraulique. La commande est alors effectuée par un cylindre à piston qui peut être relié mécaniquement à un organe artificiel tel qu'une main; lors du déplacement dans un sens, elle se contracte, dans l'autre, elle se desserre. Dans d'autres

modèles on a adopté des moteurs électriques.

Cette technique électromyographique est actuellement en plein développement et apparaît susceptible d'applications extrêmement variées.

## L'infirmière électronique

La complexité souvent très grande des thérapeutiques modernes impose aux infirmières des centres hospitaliers, chargées d'appliquer les traitements, une tâche de plus en plus

lourde et une vigilance incessante. Le travail de l'infirmière n'exige pas pourtant en principe d'initiative personnelle puisqu'elle doit appliquer strictement le traitement prescrit par le docteur suivant un « programme » établi à l'avance. Sous cet aspect partiel et particulier, peut-être pourrait-on la considérer comme une sorte de « mécanisme pensant » remarquable, destiné à appliquer un « programme » de soins, et la comparer en quelque sorte à une machine-transfert automatique, commandée par un calculateur électronique, dont la mémoire comporte un programme de travaux établi par un ingénieur.

Effectivement, un calculateur électronique facilitera en grande partie sa tâche, et certains hôpitaux américains en sont déjà dotés. Les remèdes prescrits par le médecin et qui doivent être appliqués suivant un horaire déterminé, les différents traitements mécaniques, électriques ou électroniques prévus sont inscrits de façon convenable sur une « fiche de programme » transmise à la mémoire du calculateur.

Celui-ci contrôle, s'il y a lieu, les différents termes de l'ordonnance, transmet directement au service pharmaceutique la commande des médicaments ou moyens thérapeutiques utiles; il avertit automatiquement l'infirmière lorsque le moment est venu d'administrer les médicaments ou les traitements, et peut même contrôler la quantité des médicaments utilisés.

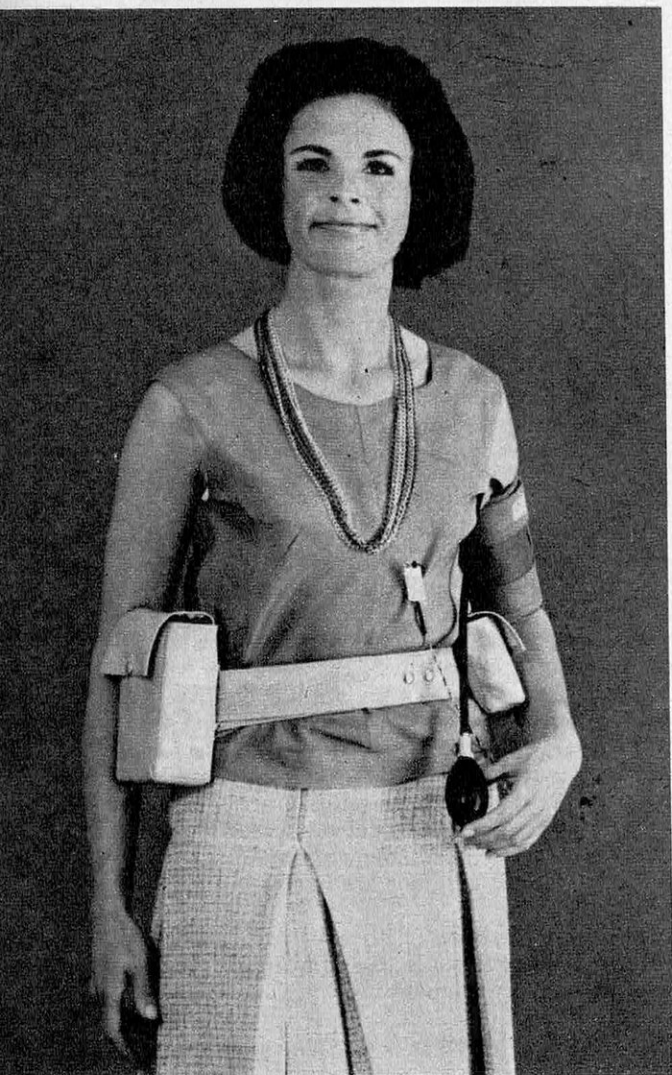
Le calculateur électronique peut également prévenir au moment utile les services de laboratoire, lorsque des examens médicaux ou des analyses sont nécessaires, il peut alerter les spécialistes pour des consultations ou des opérations.

Chaque information fournie au calculateur détermine automatiquement une série d'opérations en chaîne, qui augmentent l'efficacité et la rapidité des soins, tout en permettant, dans certains cas, de réduire le personnel d'une façon appréciable.

Ce sont là des installations encore réservées aux grands centres hospitaliers, en raison de leur complexité et de leur prix très élevé. Sous une forme plus modeste, mais déjà très efficace, on réalise dès à présent la surveillance automatique des malades.

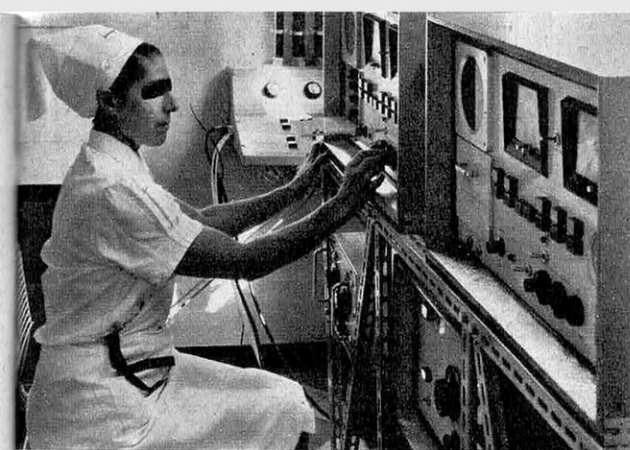
## La surveillance automatique des malades

Dans certains cas, les patients doivent être soumis à un contrôle continu, en particulier quand il s'agit de cardiaques ou d'opérés. Il est impossible de maintenir constamment une infirmière ou un médecin au chevet de ces malades, et pourtant tout retard peut être fatal lorsqu'il convient d'intervenir.



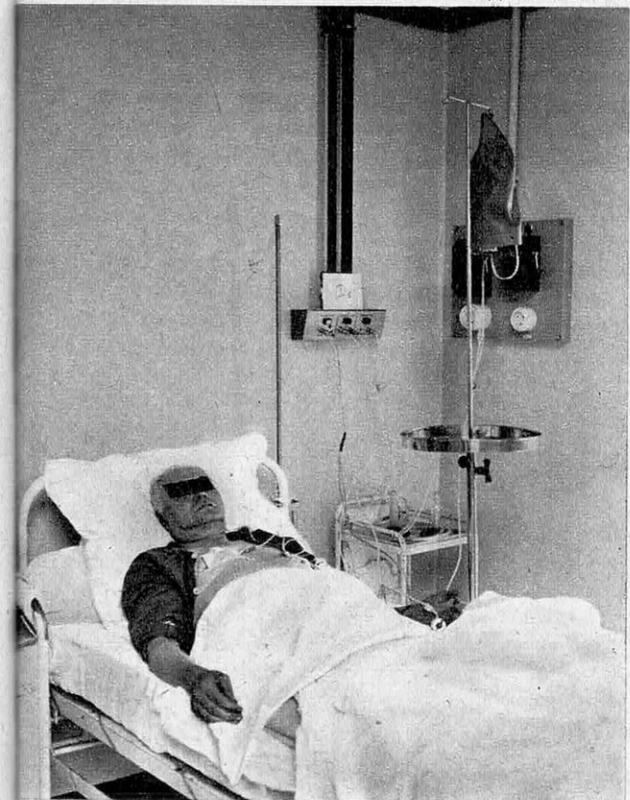
Un appareil portatif américain pour le contrôle fréquent de la tension. Le sujet gonfle lui-même son brassard, ce qui met en marche un enregistreur à bande magnétique fixé à sa ceinture; il applique en même temps le petit microphone sur son artère brachiale et les battements s'inscrivent avec la pression.





La Photothèque

Appareils Corelec



L'installation de surveillance automatique des malades à l'hôpital Lariboisière, où des capteurs relèvent en continu sur les malades un certain nombre de paramètres physiologiques transmis à un tableau central de contrôle.

La surveillance électronique des malades constitue actuellement une des applications les plus remarquables de l'électronique médicale. Ce procédé, appelé « monitoring » par les Anglo-Saxons, consiste dans la mesure continue d'un certain nombre de facteurs physiologiques essentiels.

Dès à présent, on réalise des systèmes sûrs qui permettent de mesurer cinq ou six paramètres de façon continue, et de les transmettre

de façon commode à l'infirmière, au médecin, ou au spécialiste.

Le choix de ces facteurs dépend des troubles dont souffre le malade, mais il s'agit surtout de surveiller cinq fonctions vitales : la fonction cardio-vasculaire, la fonction respiratoire, l'électrogénèse cérébrale, la contraction musculaire, l'équilibre acido-basique et électrolytique et, enfin, la régulation thermique, c'est-à-dire la température. Les appareils de contrôle utilisés doivent être petits et légers et facilement supportés par les patients.

En pratique, on contrôle la pression cardiaque au moyen d'un brassard et d'un microphone, les courants électriques du cœur par l'électrocardiogramme, la température, la fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire.

Il est économique d'utiliser un équipement central unique, auquel sont reliés successivement les capteurs de contrôle placés sur les différents malades ; c'est ce qu'on appelle la méthode séquentielle ; mais les paramètres d'un malade donné sont mesurés simultanément.

Les résultats transmis à ce poste central peuvent être présentés de différentes façons ; il peut y avoir un pupitre muni d'un commutateur de malades et d'un cadran de lecture pour chaque paramètre. A intervalles réguliers, l'infirmière branche successivement l'appareil au dispositif de contrôle de chacun des malades.

Dans des équipements automatiques encore plus perfectionnés, il suffit à l'infirmière d'appuyer sur un bouton, et une machine imprimante rapide fournit en une seconde environ une fiche sur laquelle figurent le numéro du malade, l'heure et les cinq paramètres utiles. La fiche est ensuite placée dans le dossier du malade.

Enfin, dans une autre version encore plus complète, l'équipement est muni de six appareils enregistreurs lents pour observation continue ; chacun d'eux enregistre en cinq couleurs les cinq courbes caractéristiques d'un malade déterminé ; la bande de papier avance de 24 cm par 24 heures, ce qui permet de lire immédiatement le temps. Elle remplace entièrement la feuille de maladie.

D'ores et déjà de tels appareillages, de construction française, fonctionnent dans quelques ensembles hospitaliers pilotes à Marseille, en particulier, où se trouve un des hôpitaux les plus modernes de France, et à Paris à l'hôpital Lariboisière.

L'introduction de l'automatisme électronique, à ce stade, ne déshumanise pas davantage les hôpitaux, alors que la rapidité d'intervention accrue constitue pour beaucoup de malades une des premières conditions de survie.

# l'automatisme au bureau

*par P. Hémardinquer*

**L**e volume des travaux de bureau augmente constamment. Il est devenu impossible d'envisager une production, d'effectuer une transaction, de gérer une affaire sans faire intervenir une multitude de documents écrits : lettres, catalogues, factures, bons de commande, chèques bancaires, quittances, relevés de comptes, feuilles de paye, fiches de sécurité sociale, états des stocks, plans de fabrication, dossiers d'archivage et de contrôle, etc., etc., et pour beaucoup d'entre eux, il faut envisager plusieurs exemplaires.

Dans ce domaine, bien des tâches qui, jusqu'ici, réclamaient une intervention essentiellement humaine, intellectuelle ou manuelle, relèvent maintenant de la mécanisation et de l'automatisme.

Des progrès spectaculaires ont été réalisés dans la frappe du courrier et son expédition, dans les opérations de multiplication de docu-





ments, de classement, de transmission d'ordres et de messages et surtout dans l'établissement des relevés et des factures, des bilans, des programmes, épargnant pertes de temps et gaspillage des efforts au bénéfice de la réflexion créatrice et de l'efficacité du travail.

### **La machine à écrire fonctionne seule**

La machine à écrire est devenue électrique ou même électronique; on songe à la faire fonctionner directement sous la dictée sans intervention de la dactylographe. En attendant, la machine à écrire à mémoire et à programme qui fonctionne seule est réalisée industriellement.

Cet appareil remarquable permet d'établir une même lettre en multiples exemplaires au moyen des mêmes caractères et du même système de frappe que la machine à écrire primitive elle-même. Ainsi n'y a-t-il aucune apparence de copie et toutes les lettres ont-elles un aspect personnel.

Ce résultat est obtenu grâce à une machine à écrire automatique à mécanisme intégré qui effectue la perforation de bandes ou l'aimantation de rubans magnétiques, leur lecture et leur reproduction dactylographique. L'enregistrement est réalisé par la frappe du texte sur le clavier, aussi aisément que la dactylographie d'une lettre ordinaire. Les impressions suivantes sont très rapides, de l'ordre de 1 000 frappes par minute.

Grâce à la mémoire et à un organe de programmation, il est possible d'élaborer des paragraphes préenregistrés, personnalisés en fonction des caractéristiques du destinataire et sélectionnables à volonté. Certains modèles permettent de préenregistrer jusqu'à 80 textes de longueur variable, représentant jusqu'à 24 000 caractères.

Si des modifications aux textes primitifs sont nécessaires, il est inutile de dactylographier une nouvelle fois les parties inchangées; l'opératrice frappe les modifications, provoquant ainsi l'effacement et l'introduction des corrections à leurs emplacements respectifs sur la bande. La mise en page est remaniée automatiquement.

Enfin, les textes dactylographiés peuvent être conservés indéfiniment sous forme de bandes ou de rubans magnétiques et la très grande souplesse du système permet la mise à jour constante des documents ainsi gardés en réserve.

**La machine à écrire automatique à mémoire comporte une unité magnétique jouant le rôle de mémoire et de programmeur. Elle imprime à raison de 10 000 frappes à la minute des textes en plusieurs exemplaires, constitués de paragraphes préenregistrés.**

### **La gravure automatique des stencils**

La duplication des documents dactylographiés comporte en général l'établissement d'un « stencil » perforé obtenu sur une machine à écrire ordinaire.

Ce stencil manuel peut être remplacé par un stencil électronique exécuté automatiquement suivant un principe analogue à celui de la phototélégraphie, ou bélinographie.

Un dispositif lumineux couplé avec une cellule photoélectrique se déplace transversalement devant le document monté sur un tambour tournant, et en explore progressivement toute la surface. Un stylet reçoit, après amplification, les impulsions de la cellule et se déplace devant un stencil enroulé sur le même tambour; à son extrémité jaillissent des étincelles, dont la puissance varie en raison inverse de l'intensité lumineuse réfléctée par chaque point du document; chaque étincelle perce le stencil suivant un trou microscopique, de surface correspondant à la puissance. Le tambour tourne à 250 tr/mn et la cellule se déplace sur toute la largeur du document en 7 minutes.

Le système se prête à la reproduction de tous documents au trait, noir ou de couleurs, manuscrits, graphiques, dessins, etc. Un système de définition variable permet d'obtenir, suivant la nature du document, une reproduction plus ou moins fine des détails.

### **La « reprographie » automatique**

Il faut envisager constamment la reproduction des documents pour des lettres, des factures, des relevés, des programmes, des tableaux statistiques, des schémas et des photographies, des documentations diverses. Il peut s'agir de copies en nombre limité ou de l'édition de circulaires, de documents de publicité, de propagande ou de documentation. Un nouveau mot désigne ces techniques de reproduction: la « reprographie ».

Les méthodes photographiques, qui exigent des traitements photochimiques, sont bien souvent remplacées par des procédés basés sur deux autres principes: l'effet des radiations calorifiques, dans la thermocopie, et la photographie électrique ou électrostatique, dans la xérographie.

La thermocopie a recours aux effets des radiations calorifiques infrarouges sur un papier spécial et les images sont obtenues sans emploi d'aucun liquide. L'impression est assurée par les différences de coefficient d'absorption de chaleur que présentent les plages blanches et celles qui sont plus ou moins chargées en gris ou en noir sur le document à reproduire; le



Rank-Xerox 914

papier est soumis avec l'original à l'action d'une source de rayons infrarouges. La chaleur agit plus ou moins sur l'enduit thermosensible, ce qui assure une copie positive de l'original.

Les machines automatiques actuelles fournissent une copie en quatre secondes environ et le document peut être quelconque, translucide ou opaque, blanc et noir ou en couleurs.

L'inscription électrostatique est aussi de plus en plus utilisée. Dans ce procédé, on exploite la propriété qu'ont certaines substances d'augmenter de conductibilité électrique sous l'effet de la lumière. Il en existe de très nombreuses parmi lesquelles on utilise pratiquement l'oxyde de zinc, le sélénium et quelques dérivés de l'oxydiazole. Les supports de reproduction sont constitués par des feuilles de papier comportant une mince couche d'oxyde de zinc sur une face, des tambours ou des plaques métalliques avec une couche de sélénium et de minces feuilles d'aluminium portant une couche d'un dérivé de l'oxydiazole ou de l'oxyde de zinc.

Le support est d'abord chargé électrique-

Cette machine électrostatique de reproduction de documents fournit une copie en dix secondes. On obtient, par simple pression sur un bouton, autant de copies que l'on désire.

ment en faisant passer la couche sensible à proximité d'un fil sous une tension de quelques milliers de volts. L'exposition s'effectue par superposition avec l'original ou dans une chambre photographique et le développement de l'image latente est réalisé par pulvérisation d'une poudre ou d'un liquide.

La poudre électroscopique est constituée par une résine thermoplastique, dans laquelle est dissous un colorant noir; elle adhère aux zones encore chargées, c'est-à-dire non frappées par la lumière; la fusion au moyen de radiations infrarouges permet de fixer l'image.

Le pigment noir peut être aussi dispersé dans un liquide ayant un pouvoir isolant très élevé et répandu en voile sur la surface sensible; les parcelles de pigment mobiles dans le liquide se déposent seulement sur les points où la charge électrostatique est présente. L'image est transférée finalement sur une autre surface, du papier par exemple, ou fixée sur la couche sensible, qui, alors, ne peut plus être utilisée. La série d'opérations est entièrement automatique et le temps nécessaire pour obtenir une copie est de l'ordre de 40 secondes. Cette rapidité est encore accrue sur des machines plus complexes produisant huit photos positives à la minute du même document, ou de documents différents.

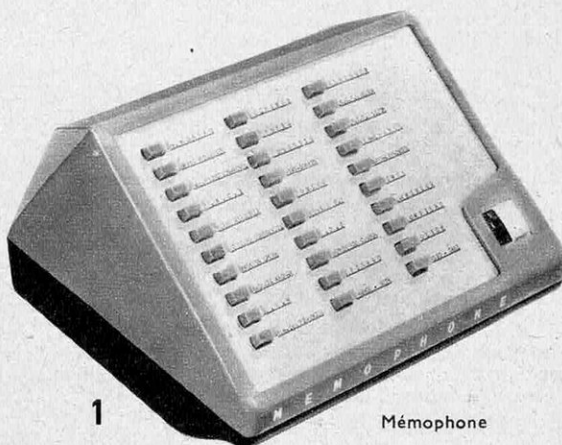
## Les archives

L'établissement et la conservation des archives posent de plus en plus de problèmes auxquels les techniques de microfilms et de microfiches, établis automatiquement, ont apporté des solutions nouvelles, réduisant l'encombrement dans des proportions considérables.

**1** Le téléphone presse-bouton peut être constitué par un système à mémoire adapté à un appareil téléphonique ordinaire. Ici, 30 indicatifs sont enregistrés par un procédé mécanique.

**2** Cet appareil à mémoire magnétique compose automatiquement les numéros de téléphone préenregistrés. Chaque indicatif est effaçable et remplaçable immédiatement par l'utilisateur.

**3** Véritable machine à écrire à distance envoyant et recevant les messages sur bandes perforées, le téléimprimeur électronique est équipé avec des transistors et des circuits imprimés.



1

Mémophone



Les documents à classer peuvent être mis « en conserve » sur bandes magnétiques. Ils sont présentés automatiquement en quelques secondes sur écran ou sous forme imprimée.

Les résultats obtenus sont spectaculaires. Un nouveau procédé de miniaturisation permet de produire des images très nettes et 120 fois plus petites que celles réalisées avec les procédés classiques de microfilmage.

Le procédé américain « P.C.M. I » utilise un film recouvert d'une mince pellicule d'une substance dite photochromogène sensible à l'ultra-violet. L'image de chaque document est formée sur la couche au moyen d'un système optique et, après chaque cliché, le film est entraîné automatiquement de façon à laisser un intervalle très réduit entre les surfaces minuscules qui constituent un ensemble de petits rectangles très serrés.

Ce procédé de reproduction révolutionnaire permet de condenser un million de pages de livres sur une pile de cartes de format  $8 \times 13$  ayant à peine 10 cm de hauteur. Tous les volumes de la bibliothèque du Congrès à Washington tiendraient ainsi dans six classeurs ordinaires. La restitution du texte original est assurée par un appareil de projection.

On sait qu'il est possible d'enregistrer des images sur un support magnétique sous la forme de signaux électriques, en ayant recours à des dispositifs de télévision. Ainsi met-on « en conserve » les images animées, dans les studios de télévision, et il existe déjà des modèles d'amateurs. Ce même principe est adopté dans une nouvelle méthode de classement sur bandes magnétiques dénommée « Video-File ».

Chaque nouveau document est télévisé et enregistré simultanément sur une bande magnétique incorporée dans le segment de bande contenant les images télévisées des documents précédents, relatifs généralement à une question analogue. Le segment de bande complet



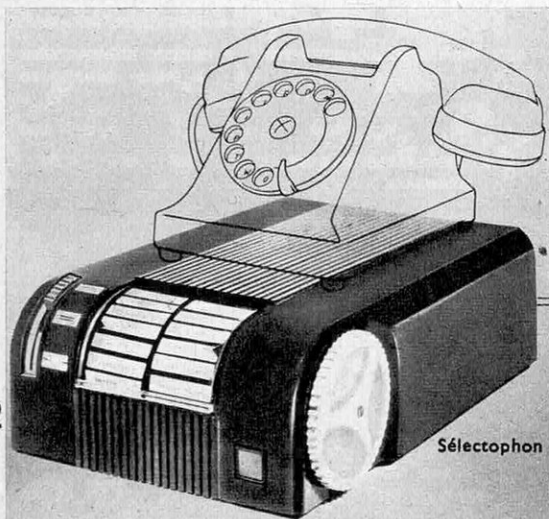
Videofile-Ampex

peut ainsi être considéré comme un véritable « dossier magnétique ». Aucune opération manuelle n'est nécessaire pour retrouver immédiatement sur la bande le document désiré. Les signes de repères sont enregistrés sur une piste auxiliaire en marge de la bande. Les documents sont présentés en quelques secondes à l'utilisateur sous forme d'images sur un petit écran de télévision, ou sous forme de copies imprimées.

## Lecture et tri automatiques

Il existe de nombreux documents circulant dans le public, dont la nature exige qu'ils soient à la fois lisibles par les utilisateurs et susceptibles d'être traités par des machines très rapides. C'est le cas des chèques bancaires, des mandats, des chèques postaux, des virements de toutes sortes.

Des machines électroniques automatiques lisent des chiffres et des signes codés avec une encre magnétisable, traduisant ceux de la lecture directe. Le chiffre codé est pour ainsi dire



2

Sélectophon



3

Sagem

découpé dans un bloc composé de sept bâtonnets verticaux dont l'espacement varie entre 3/10 et 5/10 de millimètre. C'est la répartition des intervalles qui assure au chiffre sa valeur. Grâce au nombre possible des combinaisons, ce code très simple est aisément étendu à l'alphabet tout entier.

Le fonctionnement des nouvelles machines à trier le courrier est basé sur un principe analogue. Au fur et à mesure des levées, les lettres parviennent à une opératrice qui imprime au dos des enveloppes les adresses des destinataires suivant un code de 300 destinations, au rythme de 50 à la minute. Dans les centres de tri successifs, des machines à trier répartissent ensuite le courrier entre les voies d'acheminement.

## Le téléphone presse-bouton

Le cadran d'appel du téléphone automatique actuel est difficile à lire et exige une manœuvre assez longue. La commutation à sélecteur électromécanique ne permet d'ailleurs pas une composition très rapide des indicatifs. Il en serait différemment avec des commutateurs statiques à éléments semiconducteurs, autorisant l'emploi de systèmes d'appel plus rapides avec des touches ou des boutons à poussoirs.

De tels appareils ont été réalisés, en particulier en Allemagne. Il n'est plus nécessaire d'actionner à plusieurs reprises le disque du cadran d'appel, il suffit de poser le bout des doigts dans des alvéoles numérotées. Il est également possible de mettre « en mémoire », momentanément ou de façon permanente, les numéros d'appel des lignes occupées ou fréquemment demandées, et de rappeler les correspondants en touchant à nouveau du bout des doigts un ou deux alvéoles seulement.

Dès à présent, et avec les appareils actuels, des dispositifs automatiques forment seuls un certain nombre d'indicatifs préparés à l'avance. Beaucoup d'abonnés appellent fréquemment les mêmes correspondants et ces systèmes à « mémoire » mécanique ou magnétique enregistrent un certain nombre de numéros. Un appareil à impulsions de ce genre peut être adjoint à tout poste téléphonique principal ou supplémentaire ou à un standard.

Les systèmes de mémoire sont très divers; certains comportent des cartes que l'on perforé simplement à l'aide d'une pointe de crayon ou de stylo à bille, suivant un code déterminé; pour effectuer un appel, il suffit d'introduire la carte dans une fente de l'appareil et de décrocher le combiné. L'abonné peut préparer autant de cartes qu'il le désire, de sorte que la capacité est illimitée, et les cartes classées composent ainsi une sorte d'annuaire téléphonique permanent.

## Le téléphone automatique de demain

Les centraux téléphoniques équipés de calculateurs électroniques reçoivent, analysent et orientent automatiquement vers les lignes disponibles tous les appels qui leur parviennent. Les communications prioritaires sont dirigées directement vers leur destination; les appels secondaires sont enregistrés temporairement dans un dispositif de mémoire et sont transmis lorsque la ligne devient disponible.

La « dataphonie », ou « téléphone codé », assurera une transformation plus profonde encore. Ce ne sont plus les paroles qui seront transmises, mais des signaux codés permettant l'acheminement d'un nombre de messages beaucoup plus grand sur une même ligne. L'abonné parlera toujours devant son microphone, mais le message microphonique sera reçu au central par un convertisseur électronique qui transformera les mots en signaux de code caractéristiques. Au poste d'arrivée, une machine électronique de conversion retraduit les paroles que le correspondant entendra de la manière habituelle dans son écouteur.

Les possibilités des réseaux électroniques se diversifieront. Tel abonné composera le numéro d'un autre abonné chez lequel il se rend, avec un chiffre supplémentaire caractéristique, et toutes les communications seront transférées automatiquement. Tel homme d'affaires appellera les services de Bourse pour connaître les cours récents des actions qui l'intéressent en ajoutant seulement une lettre code; tel chef d'entreprise en voyage interrogera de la même manière le cerveau électronique de son usine.

On sait maintenant traduire le langage électronique en langage humain et vice versa. « L'ordinateur qui parle », exposé récemment à Paris, capte par fils téléphoniques les questions qu'on lui pose sous forme d'une suite de chiffres composés au cadran ou à partir d'un clavier, puis élabore la réponse et transforme la suite de chiffres qui constituent cette réponse en une suite de sons et de mots enregistrés préalablement, et que le demandeur peut ainsi recevoir. Un client interrogera directement l'ordinateur d'une banque sur l'état de son compte, un agent d'assurances de province demandera à l'ordinateur du siège social des informations sur des polices, simplement en composant quelques nombres sur le cadran téléphonique. Quelques secondes après, ils entendront la réponse verbale désirée.

## La transmission des informations

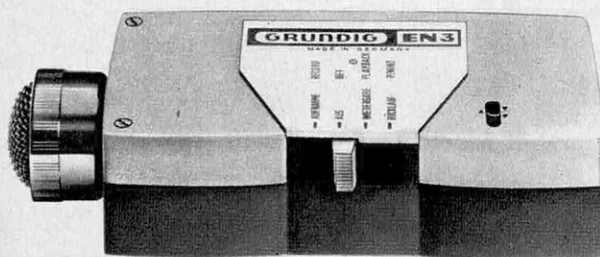
À l'heure actuelle, les téléscripteurs et téléimprimeurs offrent la sécurité des lettres écrites en permettant l'inscription automatique des messages sur feuilles de papier en un ou plu-





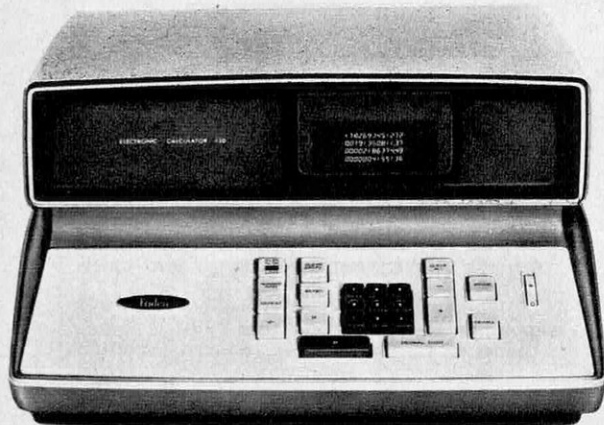
Polydict EV 504

Un magnétophone automatique permet d'enregistrer les communications téléphoniques même en l'absence de l'abonné. C'est un véritable robot téléphonique à relais vocal à transistors. A chaque appel, il invite le correspondant à parler, enregistre et, après 8 secondes de silence, remercie et coupe la communication.



Grundig EN 3

Les perfectionnements des bandes magnétiques très minces et l'emploi des transistors permettent de réaliser des magnétophones ultra-réduits à alimentation autonome par piles. Ce véritable « carnet de poche » électrique assure 45 minutes d'enregistrement.



Friden 130

A mi-chemin entre la calculatrice électromécanique de bureau et l'ordinateur, cet appareil d'encombrement comparable à celui d'une machine à écrire se branche sur une simple prise de courant. Entrées et résultats apparaissent sur l'écran d'un tube cathodique. Les vitesses d'opération se mesurent en millisecondes.

seurs exemplaires, même en l'absence des correspondants. L'enregistrement préalable de ces messages sur bandes perforées, par un procédé signalé précédemment à propos des machines à écrire automatiques, permet de réduire la durée des communications, donc leur prix de revient.

Le réseau est analogue au réseau téléphonique et permet de véritables conversations écrites; il s'étend sur le monde entier et comprend plus de 150 000 abonnés.

Le téléimprimeur peut assurer aussi maintenant la transmission de renseignements et comptes rendus à caractère périodique sous forme codifiée. La frappe d'un tableau est une opération longue et difficile, source d'erreurs et de pertes de temps. Le « programmeur télégraphique » en simplifie la mise à jour et la transmission.

Une « bande programme », établie une fois pour toutes, porte la partie fixe de l'information. Un lecteur incorporé assure le transfert de celle-ci sur la bande destinée à la transmission, s'arrêtant automatiquement chaque fois qu'une donnée variable doit être insérée; l'opérateur frappe celle-ci au clavier et remet le lecteur en fonction; le contrôle sur page et la bande perforée ainsi obtenue constituent l'information complète.

Les voies télégraphiques peuvent écouler un trafic important et se prêtent à l'établissement de liaisons rapides et à haut rendement entre un organisme central et les organismes périphériques qui relèvent d'une même entreprise pour les échanges de « données », c'est-à-dire d'informations à élaborer au poste central équipé de puissants moyens de calculs et qui, en retour, fournit à chaque poste périphérique les éléments qui lui sont nécessaires. Les transmissions peuvent s'effectuer de nuit avec le minimum de personnel.

Ainsi des cartes perforées, représentant des commandes, peuvent être placées dans l'appareil d'une succursale; les informations qu'elles contiennent sont transmises par ligne au magasin central, qui vérifie dans le stock existant enregistré dans sa mémoire sur bande magnétique si les articles demandés sont bien disponibles. Dans l'affirmative, il met le stock à jour et prépare la facturation; dans la négative, il perce une carte, qui permet d'aviser le demandeur de l'impossibilité d'exécuter cette partie de sa commande.

Ce système offre aux entreprises décentralisées de grandes possibilités; il leur laisse des tâches partielles, tandis que, grâce à la transmission instantanée à distance, un calculateur puissant, situé au siège de la société, est à même de traiter les problèmes généraux de gestion.

C.S.M. 1700



La machine comptable combine machine à écrire et machine à calculer pour l'enregistrement, le traitement et la ventilation des données numériques. Cet ensemble à chariot de 62 cm peut être connecté à un perforateur et un calculateur transistorisé.

## Les magnétophones

Le magnétophone, machine à dicter de plus en plus couramment utilisée dans les bureaux, est souvent à fonctionnement automatique ou semi-automatique.

Une innovation intéressante consiste à obtenir la mise en marche et l'arrêt de la machine uniquement par le son. Le dicteur parle devant le microphone et la machine se met en marche; lorsqu'il s'arrête, le moteur stoppe. Aucun réglage n'est plus nécessaire pour l'enregistrement, dont l'intensité est contrôlée automati-

quement. Ces machines à dicter sont de dimensions de plus en plus réduites: certaines sont devenues de véritables carnets de notes, qui peuvent être glissés dans une poche de veston ou dans un sac à main et assurent cependant 45 minutes d'enregistrement.

Rien de plus simple que d'enregistrer avec un magnétophone toutes les communications téléphoniques, même en l'absence de l'abonné. Il suffit de monter sur le socle du combiné une bobine de couplage avec la bobine d'induction du magnétophone; il n'y a pas branchement direct sur le circuit téléphonique et il n'est donc pas besoin de demander l'autorisation de l'administration des P. et T.

Un magnétophone spécial constitue même un secrétaire-robot téléphoniste, qui répond à chaque appel de la ligne sur laquelle il est con-

I.B.M. 1401



Cet ordinateur à bandes et à disques magnétiques dispose d'une mémoire ultra-rapide de 14 000 à 16 000 caractères et est capable de traiter simultanément jusqu'à 10 fichiers de 5 à 15 millions de chiffres et lettres. Les résultats s'impriment à 600 lignes à la minute.

necté, en transmettant automatiquement les messages inscrits à l'avance dont la durée peut atteindre trois minutes. Cet appareil, agréé par les P. et T., est désormais présenté sous une forme très réduite, grâce à l'emploi des transistors et des circuits imprimés.

Un appareil plus complexe combine les rôles de répondeur et d'enregistreur. A chaque appel, il informe le correspondant dans des termes prévus à l'avance et l'invite à parler; il enregistre aussi longtemps que ce dernier parle et, après un silence de 8 secondes, le remercie et coupe la communication. La capacité to-



tales d'enregistrement continu de l'appareil dont il est question atteint 4 heures et demie.

## Calcul, comptabilité et gestion

Les constructeurs proposent une gamme très large de machines à calculer, pouvant s'adapter à tous les genres de problèmes. Les modèles électroniques sont très silencieux étant donné l'absence de toute pièce mécanique. Les vitesses d'opérations se mesurent en millisecondes; c'est dire que, pour la plupart des problèmes, l'appareil fournit des résultats instantanés, la réponse apparaissant avant que l'opérateur ait enlevé son doigt du clavier. L'encombrement est comparable à celui d'une machine à écrire.

Avec certains modèles, commandés par un simple clavier à dix touches, les résultats apparaissent dans plusieurs registres, offrant ainsi la possibilité d'effectuer des problèmes de calcul en chaîne sans qu'il soit nécessaire de réentrer manuellement des résultats intermédiaires. Les facteurs constants et les résultats peuvent être conservés dans une « mémoire », dont le contenu peut être appelé par une simple pression sur une touche. Des machines de ce genre sont adaptées à une grande variété de calculs dans les domaines industriels, commerciaux et techniques.

Les machines comptables diffèrent des machines à calculer en ce qu'elles établissent directement certains documents comptables et enregistrent les données numériques permettant de les ventiler; elles combinent machine à écrire et machine à calculer.

La tenue des inventaires, en particulier, exige beaucoup de temps et de travail. Une machine électronique automatique à mémoire à tambour magnétique permet de tenir constamment à jour un inventaire complet de tous les articles en stock, enregistrant toutes les entrées et sorties d'après les cartes ou bandes perforées qui lui sont fournies lors des fournitures et livraisons; additions et soustractions sont effectuées automatiquement et le résultat est inscrit dans la mémoire instantanément. L'état de chaque article est connu en permanence et imprimé par simple pression sur un bouton de lecture.

Dans les « facturières automatiques », grâce au dispositif de programmation, le rôle de l'opérateur consiste uniquement à enregistrer les nombres servant aux calculs, à l'aide de touches. Le programmeur et le calculateur ont un fonctionnement absolument automatique; ils additionnent, soustraient, multiplient, effectuent les pourcentages et ajustent la décimalisation sans aucune intervention.

Les ordinateurs, enfin, sont des machines complexes dont les possibilités deviennent prodigieuses. La structure modulaire permet de

réaliser des ensembles exactement adaptés aux besoins, grâce à des unités centrales connectables à une gamme étendue d'équipements d'entrée et de sortie. L'emploi des transistors et des diodes au silicium, remplaçant les tubes électroniques, en réduit l'encombrement et la consommation.

Ces ensembles électroniques répondent avec efficacité aux nécessités des travaux de gestion ou de télégestion des grandes entreprises et des services publics et aux problèmes d'automatisation des processus industriels.

P. H.

Les facturières automatiques programmées assurent un travail rapide et exact. La versatilité de la programmation rend possible l'exécution d'autres travaux administratifs.



Remington Rand

# Traduction Documentation Enseignement automatiques

*par Francis Lévery*

L'utilisation des calculateurs électroniques dans les domaines techniques et scientifiques est maintenant assez bien connue. Leur possibilité d'effectuer des calculs complexes à très grande vitesse permet de les considérer comme des outils indispensables de l'ingénieur et du savant.

Depuis quelques années le domaine d'application de ces machines semble s'élargir. La notion de « calcul » fait progressivement place à la notion plus générale de « traitement de l'information ». Les données qui peuvent être confiées à un ordinateur ne sont plus systématiquement des nombres sur lesquels s'applique une suite de raisonnements et d'opérations mathématiques.

De plus en plus, les machines abordent des problèmes pour lesquels les données ne sont pas quantifiées et ne peuvent pas être directement représentées par une valeur chiffrée. Par exemple, un texte que l'on veut traduire est une information non-numérique, et la traduction automatique des langues apparaît comme un « traitement » de ces données particulières que sont les phrases. De même, un document que l'on cherche à classer dans un fichier documentaire, une discipline que l'on veut enseigner, les positions des pions dans une partie de dames ou d'échecs constituent des informations qui n'ont pas de valeur numérique. Cependant, à chacun de ces problèmes, il est possible de faire correspondre une suite d'opérations reliées logiquement entre elles, un raisonnement systématique qui fournit le résultat : indexage du texte, organisation logique d'un enseignement ou tactique de jeu. Les solutions trouvées n'ont, elles-mêmes, aucun caractère numérique; il est pourtant bien clair

qu'il peut exister des règles strictes et formalisables pour analyser les données fournies au départ et accomplir les opérations qui mènent à la solution. Lorsque les règles sont connues ainsi que leur enchaînement logique et leurs cas d'exception, la résolution du problème peut être confiée à une machine.

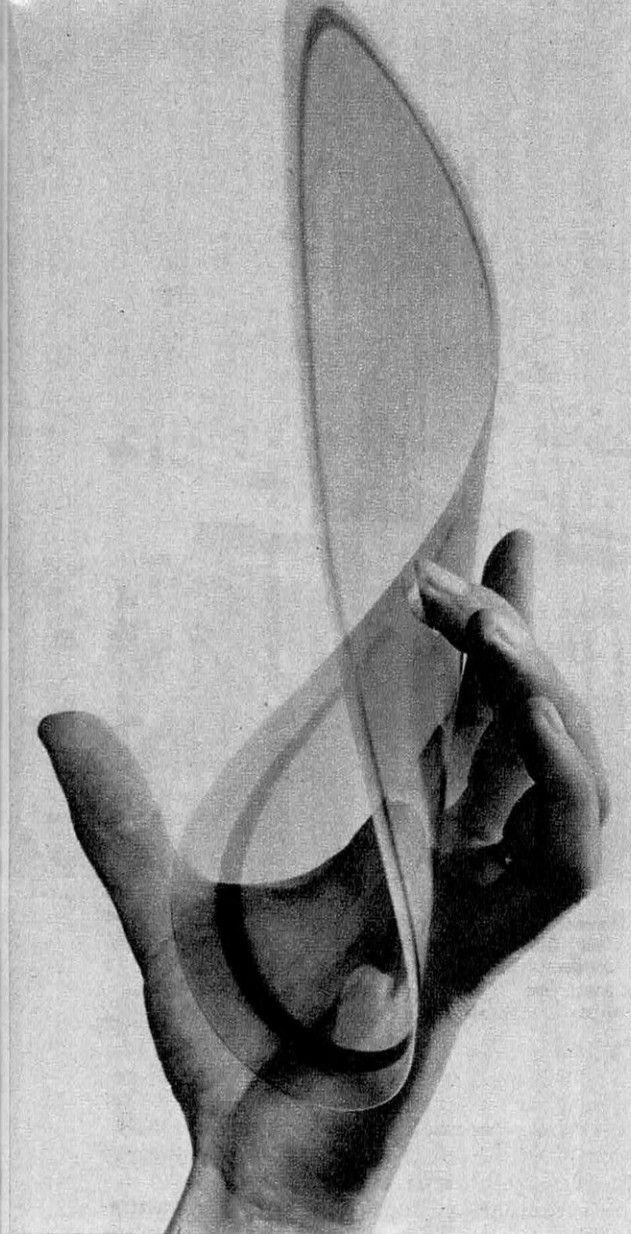
Lorsqu'on observe un traitement de ce genre, tout se passe comme si la notion de « nombre » n'intervenait jamais et qu'aucun développement mathématique, au sens traditionnel du terme, n'était nécessaire à l'application. En fait, il peut se produire que des calculs numériques, statistiques par exemple, apparaissent au cours de la solution. D'autre part, les méthodes utilisées pour résoudre ces problèmes non-numériques sont essentiellement d'ordre logique : comparaisons, consultations de tables ou de dictionnaires, vérification de l'observance d'une règle, recherche de la règle correspondant à un cas donné dans une liste préétablie, etc. Or, les organes logiques des calculateurs sont particulièrement bien adaptés à ce type d'opération.

## La traduction automatique

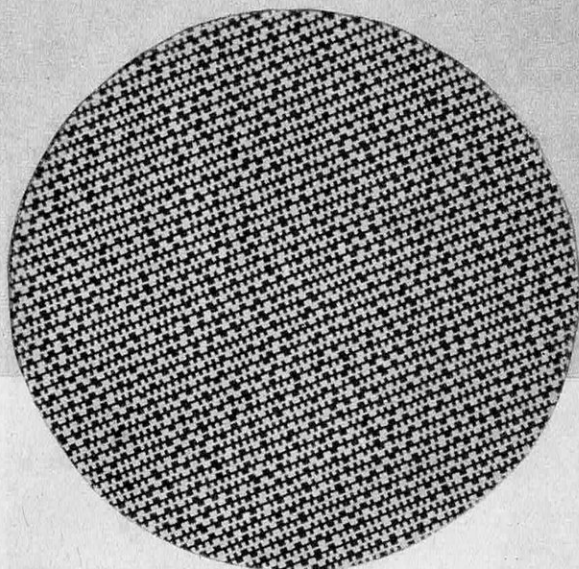
Si l'on considère la masse de documents techniques, scientifiques, commerciaux, politiques, administratifs, etc. qui paraissent quotidiennement dans le monde, leur traduction mobiliserait dans chaque pays une armée de traducteurs.

Pour ne citer qu'un exemple, on a calculé que le laboratoire de recherche d'une grande société aux États-Unis nécessiterait une équipe de 500 traducteurs afin de traduire tous les textes reçus. Actuellement, aux U.S.A., 1 % seule-





I.B.M.



Un « dictionnaire » photocopie pour la traduction automatique, sous la forme d'un disque de plastique où sont enregistrés 20 000 mots russes et leurs équivalents en anglais. Lorsqu'une phrase en russe est proposée à l'ordinateur, un faisceau lumineux explore le disque et localise chaque mot à traduire en 1/40<sup>e</sup> de seconde.

Ci-dessus, une portion du disque fortement agrandie sur laquelle apparaît le code rectangulaire utilisé pour l'inscription des mots dans les deux langues.

ment des documents étrangers est traduit en anglais, ce qui limite énormément l'information scientifique des spécialistes.

L'importance récente prise par des langues comme le russe, le japonais, le chinois, l'arabe, les langues africaines et d'autres encore, rend ce problème encore plus dramatique.

Dès la fin de la dernière guerre mondiale, l'idée d'appliquer les calculateurs électroniques aux sciences humaines et en particulier à la traduction automatique, était dans l'air. Les années 30 ont vu quelques travaux préliminaires dans cette voie, telle en 1933 la construction d'un « cerveau mécanique » par l'ingénieur français Artsrouni. Six mois plus tard,

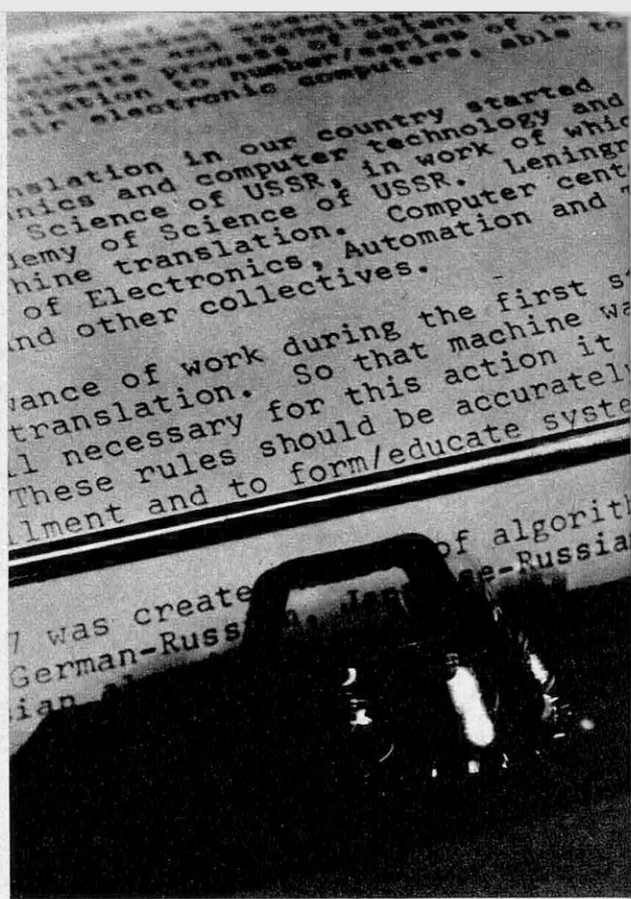
le russe Smirnov Trojianski adresse un mémorandum à l'Académie des Sciences d'U.R.S.S. proposant la construction d'une machine à traduire, proposition restée sans suite.

L'apparition des ordinateurs servant au déchiffrement des codes secrets pendant la guerre incite en 1947 l'anglais Booth à proposer à l'américain Weaver l'utilisation de ces calculateurs au traitement des langues.

Des groupes de recherche se créent, surtout aux États-Unis, et la première expérience dans l'histoire de la traduction automatique a lieu en 1954 à l'Université de Georgetown, à Washington, où un ordinateur IBM 701 traduit un texte russe en anglais; ceci n'était



La dactylographe, qui ne comprend pas le russe, mais en connaît l'alphabet, frappe le texte original, ainsi codé lettre par lettre, sur un clavier portant des caractères russes. La traduction par la machine s'imprime automa-



I.B.M.

tiquement phrase par phrase compte tenu des dépendances syntaxiques. Une imprimante rapide peut ainsi délivrer 1 000 mots, soit la valeur de 3 pages, d'un texte technique complexe en quelque 12 secondes.

qu'une expérience car le dictionnaire utilisé contenait 250 mots et la logique comprenait 6 règles de grammaire.

Quelques années plus tard, l'Américain Gilbert W. King met au point pour l'Armée de l'Air américaine une « machine à traduire » spéciale à mémoire photocopique. Cette machine se distingue des ordinateurs habituels par une immense mémorisation des informations linguistiques, mais en revanche par des possibilités algorithmiques très limitées. Sa mémoire se compose d'un disque de verre sur lequel apparaissent les informations sous forme de dépôts opaques (binaires). Cette machine traduit quotidiennement la Pravda en anglais.

Malheureusement cette première période d'euphorie se termine en 1959, au moment de la conférence internationale sur le traitement numérique de l'information qui se tient au siège parisien de l'Unesco. En effet, de sérieuses difficultés apparaissent.

C'est sur le problème syntaxique que se sont opposées les différentes méthodes.

Prenons comme exemple une phrase célèbre dans l'histoire de la traduction automatique :

« Le pilote ferme la porte. »

Le traducteur humain n'éprouvera aucune difficulté à traduire cette phrase en anglais, alors que pour la machine elle est ambiguë. En effet, les mots « pilote » et « ferme » peuvent être soit un verbe, soit un adjectif, soit un substantif. De même, le mot « porte » peut être soit un substantif, soit un verbe. Le mot « le » peut être un article ou un pronom. Quant au mot « la », c'est soit un article, soit un pronom personnel, soit un substantif (note de musique). La machine hésitera donc entre  $2^2 \times 3^3 = 108$  possibilités.

Une élimination systématique laisse subsister deux traductions possibles, syntaxiquement correctes, correspondant à deux structures différentes :

« The pilot shuts the door ». (Le pilote ferme la porte).

« The firm pilot carries her ». (Le pilote vigoureux la porte).



Ce sont ces variations de structure qui rendent impossible une traduction dite « mot à mot ». Pour définir la structure d'une phrase, on doit connaître avec exactitude les parties du discours ou catégories grammaticales des mots figurant dans la phrase.

Nous avons vu que le mot « ferme » peut être *a priori* soit un substantif, soit un verbe, soit un adjectif. Le dictionnaire énumère ces trois possibilités, laissant au programme d'analyse syntactique le soin de choisir suivant le contexte la catégorie grammaticale correcte.

Cette identification des parties du discours joue un rôle primordial pour des langues comme l'anglais et a souvent été négligée au profit de recherches plus sophistiquées de structuralisme syntactique. En effet, la longueur moyenne d'une phrase dans un texte scientifique étant de l'ordre de 25 mots, l'absence d'une méthode d'identification obligerait à envisager toutes les combinaisons possibles avant d'éliminer les structures illégitimes, ce qui serait une perte de temps considérable, en admettant que les calculateurs puissent traiter un tel nombre de combinaisons.

Pour éviter ce travail monstrueux et coûteux imposé à la machine pendant la traduction, on établit des schémas tout faits pour le groupement des mots en segments continus, de manière à réduire les ambiguïtés. Une fois le travail d'identification terminé, on s'efforce de construire un modèle (mathématique ou non) de la phrase en vue de permettre le transfert de la structure de la langue d'entrée en structure de la langue de sortie. Ces modèles ont en général la forme d'une arborescence évoquant un arbre généalogique avec, au sommet, suivant les systèmes, le verbe, par exemple, ou la phrase même, avec des liaisons exprimant les dépendances syntactiques.

L'analyse syntactique d'une phrase n'est malheureusement pas toujours suffisante pour lever les ambiguïtés de traduction. Il existe en effet des cas qui ne peuvent être résolus que par une étude sémantique de la phrase, c'est-à-dire de la signification des mots. Par exemple, le mot « glace » dans la phrase « Jean mange de la glace » doit-il être traduit en anglais par « ice-cream » (crème glacée) ou par « mirror » (miroir)? Seule une étude sémantique permet d'affirmer qu'un miroir ne se mange pas, ce qui lève le doute.

## L'espoir en traduction automatique

Les difficultés que nous avons mentionnées ont eu pour effet de limiter le nombre des réalisations de traduction automatique. Des études fondamentales s'imposaient, tant sur le plan des grammaires que sur celui de la signification des mots et de l'organisation des diction-

naires. C'est ce qui explique qu'une période de crise a succédé à l'euphorie des premières réalisations. Actuellement nous entrons dans une troisième période que nous intitulerons période d'espoir.

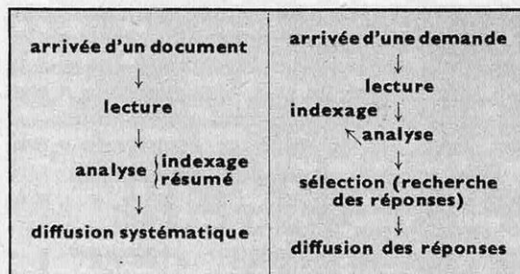
En effet, la crise semble maintenant finie, pour deux raisons. D'abord, quelques centres traduisent effectivement (Georgetown, IBM, Ramo-Woolridge). L'outillage théorique de ces traductions est la grammaire traditionnelle ainsi que des modèles mathématiques visant à faciliter la programmation. La seconde raison est l'élaboration récente d'une théorie linguistique mathématique. Les études rigoureuses conduites au Massachusetts Institute of Technology par Chomsky, à l'Université de Jérusalem par Bar-Hillel et à Grenoble par Vauquois (Centre d'Études de la Traduction Automatique), ont permis d'unifier les théories de la grammaire et des automates. Les groupes qui se sont ainsi constitués ont le mérite d'associer intimement la traduction automatique à la logique mathématique contemporaine, ce qui fournit un moyen d'étude particulièrement puissant et rigoureux.

## La documentation automatique

Dans le rapport du Comité d'Étude « Documentation » de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique, le professeur Boutry précisait qu'au cours de la seule année 1958, la production mondiale de documents scientifiques pouvait être évaluée à plus d'un million de textes. Depuis cette date, il semble que le volume annuel des publications se soit encore accru considérablement et l'on parle couramment de deux millions ou même trois millions de documents. Dans ces conditions, les services de documentation risquent de ne plus pouvoir répondre aux demandes au moment même où leur rôle devient essentiel.

Face à ce problème, il était naturel d'étudier ce que l'automatisme, et plus particulièrement les moyens actuels de traitement de l'information, pourraient apporter aux documentalistes.

Les différents postes de travail que l'on rencontre dans un centre de documentation peuvent être représentés suivant le schéma suivant :



Chacune des parties de cette organisation est un problème de traitement de l'information pour lequel des solutions automatiques ont déjà été apportées et des études techniques ou méthodologiques sont en cours.

## La lecture automatique

Il s'agit là d'un problème technologique pour lequel aucune solution générale n'a encore été apportée.

Pour une machine, un document est composé d'une suite de graphismes qu'elle doit identifier. Le dispositif de lecture doit permettre l'enregistrement du texte en vue de son traitement automatique ultérieur, ceci, bien entendu, sans aucune idée de compréhension.

Certaines machines sont déjà capables de « lire » des documents dont le format, la présentation et la typographie ont été imposés. Malheureusement, ces conditions particulières ne sont en général pas remplies par les dizaines de millions de pages qui constituent la documentation scientifique et technique.

Indépendamment des efforts de normalisation qui auraient pour effet de limiter la difficulté de la lecture, les études sur la reconnaissance des caractères et l'interprétation des graphismes à l'aide d'un ordinateur laissent penser que la solution générale de ce problème est maintenant assez proche.

Notons qu'une tendance se dessine actuellement qui consiste à récupérer l'information au cours même de l'édition : en effet, il existe presque toujours un moment où le texte imprimé a été composé caractère par caractère à l'aide d'un clavier. C'est à ce moment qu'il est possible d'obtenir un enregistrement mécanographique du texte, sur bande perforée par exemple. Cet enregistrement peut sans difficulté être lu par une machine et la lecture directe du texte imprimé devient alors inutile. Ce sont d'ailleurs les mêmes bandes perforées qui peuvent servir à la composition automatique.

## Indexage des textes

Les buts que cherche à atteindre, en général, un centre de documentation correspondent à deux préoccupations distinctes. D'une part, il faut *informer* les utilisateurs du centre en les tenant au courant des documents nouveaux qui sont en rapport avec leur spécialité. Cette tâche amène le centre à publier périodiquement des listes bibliographiques ou signalétiques.

D'autres part, il lui faut répondre aux demandes des utilisateurs. Ceci oblige le centre à constituer un fichier documentaire permettant d'effectuer une sélection rétrospective.

Le centre de documentation est ainsi ame-

né à analyser chacun des documents afin d'en dégager les éléments d'information caractéristiques. Ce sont, en effet, ces éléments qui permettront, d'une part, d'organiser logiquement le bulletin de diffusion, et d'autre part, de retrouver les textes qui sont en rapport avec une question posée.

La recherche des éléments caractéristique de chaque texte s'appelle l'*indexage*, et il apparaît clairement que la qualité du travail d'indexage déterminera la valeur et l'intérêt du centre de documentation.

En fait, l'indexage constitue une véritable traduction du document : les idées essentielles du texte, qui étaient exprimées dans un langage naturel, doivent être représentées à l'aide d'un langage conventionnel, appelé langage documentaire. Plus le langage documentaire sera précis et diversifié (c'est-à-dire plus le vocabulaire correspondant sera étendu), plus il sera possible aux analystes d'effectuer un indexage correct.

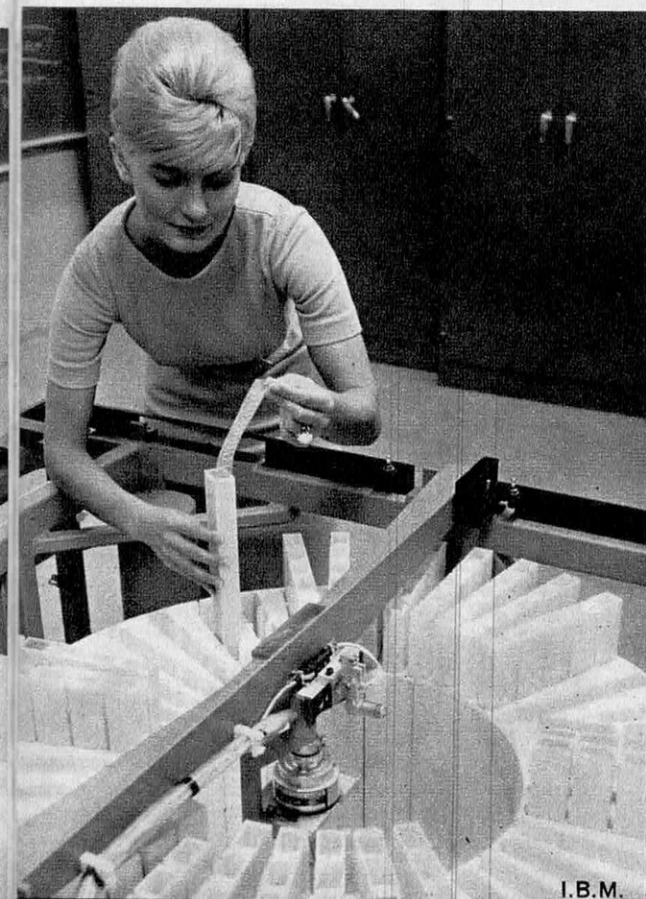
C'est en partant de ces considérations qu'un grand nombre de centres de documentation ont abandonné les systèmes traditionnels de classification et de codification. En effet, de tels systèmes présentent, en général, l'inconvénient de posséder un vocabulaire documentaire limité et difficile à étendre. Ils se prêtent mal à l'indexage de documents nouveaux, présentant des idées originales. L'expérience montre que, s'il est possible de construire un système de classification correspondant à l'inventaire exhaustif de toutes les notions d'une documentation donnée, il est rare que cette classification reste longtemps adaptée aux documents nouveaux.

Dans ces conditions, les documentalistes ont été souvent amenés à remplacer les systèmes de classification fixés *a priori*, par des langages documentaires ouverts utilisant, en général, les mots du langage naturel. Le travail d'indexage gagne alors en précision : il est, en effet, toujours possible de représenter une notion essentielle d'un texte, même si elle est nouvelle, à l'aide d'un mot ou d'une suite de mots du langage naturel.

Il est certain que de tels systèmes facilitent considérablement le travail des analystes : l'indexage peut alors consister à seulement extraire du texte les mots qui représentent les notions essentielles, en évitant toute traduction dans un langage documentaire préexistant qui serait forcément limité, donc trop général.

A partir de cet indexage, il est facile de constituer des catalogues bibliographiques et des fichiers de recherches documentaires ; il suffit, en effet, de ventiler les listes de références ou les fiches de chaque document à l'aide des mots qui ont servi à les indexer. Il est d'ailleurs à noter que ces dernières opérations





Le système de documentation automatique « Walnut » conserve les documents dans sa mémoire sous forme de microfilms rangés dans des cellules en plastique à raison de 200 cellules par bac cylindrique, chaque bac représentant l'équivalent de 3 000 volumes. En 4 secondes, l'image correspondant à un document peut être sélectionnée, agrandie, reproduite ou projetée sur un écran. La capacité de « Walnut » est d'environ 4 millions de pages.

sont aisément mécanisables à l'aide de matériel mécanographique ou d'ordinateurs électroniques.

## L'analyse automatique

Le fait que l'on puisse indexer un texte à l'aide des mots essentiels qu'il contient amène à rechercher dans quelles conditions il serait possible d'extraire ces mots d'une manière automatique.

La méthode la plus généralement utilisée repose sur l'hypothèse suivante : les idées essentielles exprimées dans un texte sont celles sur lesquelles un auteur insiste ; il y revient fré-

quemment en raison de leur importance même et des développements qu'elles exigent. En procédant ainsi l'auteur est amené à répéter fréquemment les mots qui expriment ces idées essentielles. Si cette hypothèse est exacte, il doit y avoir une relation entre la fréquence d'un mot et son importance par rapport au texte : les mots les plus fréquemment utilisés expriment les idées sur lesquelles l'auteur a voulu insister. Ce sont précisément les mots que l'on recherche pour constituer un indexage par mots-clés.

Théoriquement, le rôle de la machine se borne à constituer la liste de tous les mots différents d'un texte, à calculer les fréquences de chacun d'entre eux et à extraire les mots dont les fréquences sont anormalement élevées. Certains mots sont automatiquement éliminés. Ce sont les mots qui n'apportent aucune information, tels que DE, LE, UN, PAR, etc. Notons à ce propos que le nombre de ces mots est limité à quelques centaines pour le français et qu'ils représentent à eux seuls près des deux tiers de n'importe quel texte écrit.

L'utilisation de ces méthodes sur des textes anglais donne en général des résultats satisfaisants. Il n'en est malheureusement pas de même en français, car les auteurs ont l'habitude d'éviter soigneusement les répétitions qui alourdissent le style et préfèrent utiliser des synonymes. Dans ces conditions, la notion de fréquence perd tout sens. L'indexage automatique des documents français suppose le groupement des fréquences des mots de même signification, ce qui exige la consultation automatique d'un dictionnaire de synonymes.

## Le résumé automatique

Lorsqu'un demandeur pose une question au centre de documentation, la liste de documents qui lui est fournie peut être considérable. Le chercheur devra, dans cette liste, trouver le document qui correspond le mieux à son besoin. Pour faire cette sélection, il est pratique de se servir d'un résumé des documents. Dans cette optique, le résumé apparaît plutôt comme un outil de sélection que comme un moyen d'étude.

Les résumés obtenus en machine sont formés à l'aide des phrases les plus importantes du texte. Pour juger de l'importance d'une phrase dans un texte, on utilise les résultats de l'analyse des notions fondamentales ; les phrases les plus importantes seront celles dans lesquelles se retrouvent, proportionnellement, le plus de notions fondamentales. De même que l'on peut donner une « note » d'importance à chaque mot (proportionnelle à sa fréquence dans le texte), il est possible de donner une note à chaque phrase considérée comme un groupe de mots. Le résumé sera obtenu en ne conservant que les phrases dont la note dépasse un certain seuil.



La détermination de ce seuil, qui fixe le pourcentage des phrases qu'il convient de conserver, dépend de la densité du texte. Il est d'habitude possible de le fixer à l'aide d'une « prélecture » rapide du document.

La méthode précédente ne pose pas de difficulté théorique au point de vue machine : étant données les fréquences de tous les mots du texte (calculées au cours d'un premier passage), le document est lu phrase par phrase, et les notes correspondantes sont calculées. Si la note d'une phrase dépasse le seuil fixé, cette phrase est imprimée, ou enregistrée, pour former le résumé. Des exemples intéressants de résumés automatiques ont été réalisés sur ordinateur IBM 704, à partir de textes de l'« International Conference on Scientific Information » (Washington, novembre 1958).

### La sélection de la documentation

La sélection automatique des références bibliographiques répondant à une demande se fera d'une manière simple en recherchant les documents qui ont été représentés à l'aide des mots caractéristiques de la demande. Il s'agit là d'un travail de comparaison pour lequel les machines mécanographiques ou les ordinateurs électroniques sont bien adaptés.

Il convient de noter que, si l'utilisation du vocabulaire naturel facilite l'indexage des textes et donne des avantages de souplesse et de précision, elle pose par contre des problèmes nouveaux qui n'existaient pas dans les méthodes traditionnelles. En effet, la simple énumération des mots caractéristiques d'un document ou d'une demande peut être insuffisante pour repré-

senter ce document sans ambiguïté ou assurer une sélection pertinente. Ceci provient du fait que l'énumération des mots-clés d'un texte ne met pas en évidence les liaisons qui existent entre ces mots (syntaxe), ni les relations conceptuelles qui existent avec les autres mots du vocabulaire.

Par exemple, un document traitant des « aciers pour outils » risque d'être sélectionné à tort pour une demande concernant les « outils pour aciers ». Une relation de syntaxe entre les mots-clés s'impose donc.

D'autre part, une demande concernant « la culture du blé en France » risque de ne pas retrouver un document traitant de la « culture des céréales en Europe » qui, bien que plus général, peut contenir une réponse intéressante à la question posée.

Afin d'éviter cette dernière difficulté il convient d'établir une sorte de dictionnaire qui permette à l'utilisateur de retrouver facilement tous les mots de la liste d'indexage dont la signification est liée aux termes de sa demande. En fait, il faut alors organiser le dictionnaire documentaire de telle manière que chacun des mots qui y figurent fournisse une liste de mots synonymes, hiérarchiquement liés ou sémantiquement voisins. Une organisation de ce genre s'appelle un « thésaurus », et il semble difficile de s'en passer dès que l'on veut utiliser le langage naturel comme langage documentaire.

La constitution d'un thésaurus est un travail important puisqu'il faut rechercher, pour chaque terme du vocabulaire, tous les mots qui ont avec lui un rapport de signification et qui constituent ce que l'on appelle son « environnement ».

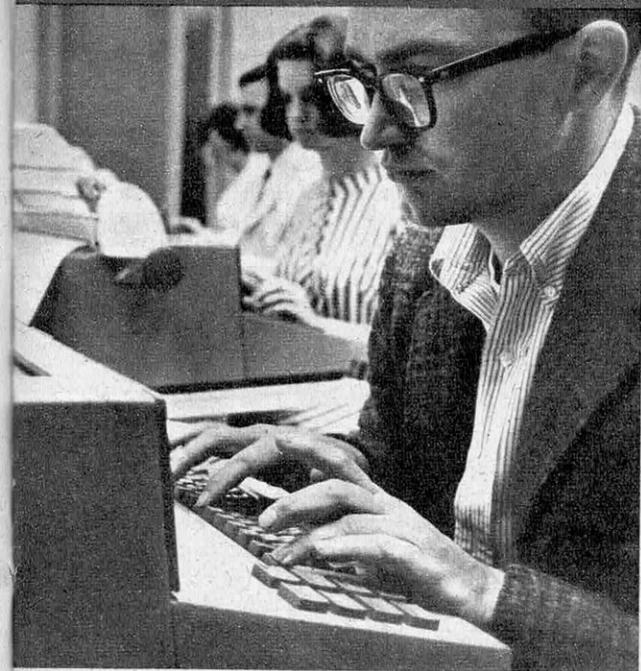
Heureusement, certains moyens automa-



◀ L'ordinateur IBM 7094 à l'aide duquel sont poursuivies les recherches sur la documentation et la traduction automatiques. Sa mémoire centrale peut contenir 200 000 caractères alphabétiques. Il peut lire les informations enregistrées sur bandes magnétiques à la vitesse de 90 000 caractères à la seconde.

Tous les pupitres de cette salle d'études de l'Université de Pennsylvanie sont reliés à un ordinateur central programmé pour poser des questions, analyser les réponses frappées sur le clavier, corriger les erreurs, fournir à chaque étudiant individuellement des instructions et des problèmes gradués suivant son niveau de connaissances et sa rapidité d'assimilation.

I.B.M.



tiques peuvent être utilisés. En effet, la recherche des termes sémantiquement voisins d'un terme donné consiste en fait à comparer des définitions. Si les définitions de deux mots possèdent entre elles un certain nombre de points communs, on peut en déduire que ces deux mots sont voisins l'un de l'autre.

Il est possible d'utiliser ce principe pour la formation du thésaurus. On emploie alors pour définir chacun des termes du vocabulaire un système de mots-clés. Ainsi chaque terme du vocabulaire d'indexage est-il indexé à son

tour à l'aide d'un certain nombre de mots qui en précisent la signification exacte. On obtient de cette manière une sorte de fichier documentaire purement lexicologique. Il est clair qu'un fichier de ce genre permet de retrouver facilement les termes du vocabulaire ayant un sens voisin d'un terme donné : il suffit pour cela de chercher les termes qui ont été indexés à l'aide de la même liste de mots-clés ou par une liste contenant un nombre suffisant de mots-clés communs.

L'utilisation d'un thésaurus organisé de cette façon permet de répondre à des demandes de documentation d'une manière très complète. En effet, les termes de la demande initiale ne sont plus pris sous leur forme stricte et restrictive, mais seulement comme des éléments proposés par le demandeur et définissant chacun toute une série de termes en relation étroite avec la question posée.

Lorsque le processus de recherche est rendu automatique, c'est la machine elle-même qui peut utiliser le fichier lexicologique et engendrer de nouvelles formes d'interrogations à partir de la demande.

### La diffusion de la documentation

Il s'agit essentiellement de prévenir chaque utilisateur lorsqu'un document susceptible de l'intéresser vient de paraître. En fait, ce problème est très semblable au problème de la sélection rétrospective. La seule différence est que la demande de diffusion peut être considérée comme une question permanente et que le fichier documentaire qu'il convient d'interroger est limité aux documents nouveaux. Dans les systèmes de « diffusion sélective de l'information », chaque utilisateur définit à l'aide d'une suite de mots-clés la nature des documents dont il désire être avisé. Ces mots-clés constituent la demande qui sera systématiquement comparée à l'indexage des documents nouvellement parvenus au centre de documentation. Chacun peut, dans ces conditions, recevoir une sorte de bulletin signalétique personnel, adapté à ses besoins et à ses centres d'intérêt.

### La documentation de demain

Il ne faut pas cacher que, parmi les différentes méthodes que nous avons évoquées, certaines en sont encore au stade expérimental. La constitution des thésaurus, l'analyse automatique des textes, la lecture automatique sont autant de problèmes pour lesquels des progrès importants restent à faire. Il n'en est pas moins vrai que l'on peut dès maintenant penser à l'implantation future de centres de documentation totalement automatisés. L'ensemble des textes techniques et scientifiques y sera lu, indexé et classé auto-

matiquement. Les fichiers correspondants seront conservés dans des mémoires magnétiques ou photocopiques. Chaque chercheur sera tenu au courant de tout ce qui concerne sa spécialité et pourra en outre interroger la machine pour obtenir une bibliographie rétrospective sur un sujet quelconque.

Il s'agit, bien entendu, d'une anticipation, mais les progrès actuels dans ce domaine permettent d'en considérer la réalisation à relativement court terme.

## Les machines à enseigner

Lorsqu'un professeur dispense un enseignement, il est amené à fractionner les difficultés et à présenter son cours dans un ordre logique. Il ne peut à aucun moment se servir d'une notion qui n'aurait fait l'objet d'une définition ou d'une explication antérieure. Pour que l'enseignement puisse arriver à son terme, il faut qu'à chaque étape l'élève ait une bonne connaissance des étapes précédentes.

Les « machines à enseigner » ont précisément pour but d'aider l'élève et le professeur dans ce travail de vérification des connaissances. C'est pourquoi elles reposent toutes sur le principe de l'interrogation.

La matière à enseigner est décomposée en une série d'éléments liés logiquement. A chaque élément du cours est associée une série de questions permettant de tester si la connaissance correspondante a été correctement acquise. Un élément d'enseignement n'est fourni à l'étudiant que s'il a répondu correctement aux questions associées aux éléments précédents. Chacune des parties du cours peut être proposée à l'étudiant à l'aide d'un moyen audio-visuel quelconque commandé par la machine.

Le degré de complexité des machines à enseigner tient essentiellement à leur possibilité de réaction en cas d'erreur de l'élève.

La réaction la plus élémentaire consiste à indiquer seulement que la réponse est fausse. La machine est alors bloquée et l'étudiant n'a plus qu'à se reporter à ses cours pour retrouver son erreur.

Une réaction déjà plus complexe consiste à fournir la réponse juste avec explication du raisonnement correct. En général, une nouvelle question de même nature est alors automatiquement proposée. Le processus peut se renouveler aussi longtemps qu'il convient jusqu'à ce que l'élève ait trouvé lui-même la réponse exacte, ce qui semble indiquer qu'il a compris et qu'il est possible de passer à l'étape suivante du cours.

Dans cette hypothèse, la machine n'est plus seulement une « machine à interroger » puisque la présentation d'un raisonnement correct constitue bien un « enseignement ».

## La leçon particulière

Pour certaines machines plus élaborées, ce sont de nouvelles informations, c'est-à-dire des éléments des cours précédents, qui sont choisies automatiquement et fournies à l'élève en fonction de l'erreur commise. Ainsi la réaction de la machine varie selon la réponse de l'étudiant et un véritable dialogue s'engage.

L'avantage essentiel de tels systèmes est de permettre à chaque élève de suivre son rythme personnel. Ainsi, au cours d'une expérience réalisée au Massachusetts Institute of Technology, Richard D. Smallwood a utilisé un calculateur pour enseigner un cours de géométrie d'une heure à un groupe de 20 étudiants. L'expérience a montré que le temps nécessaire à la compréhension du cours variait avec chaque élève (de 33 à 78 minutes).

Le projet PLATO, confié à l'Université de l'Illinois, consiste à utiliser un calculateur pour 1 000 élèves. A l'aide d'un programme unique, chaque élève pourrait demander à tout instant des renseignements complémentaires. Le temps d'attente serait de 10 secondes environ.

A l'Université du Massachusetts, un programme a été écrit pour l'enseignement du vocabulaire des langues étrangères.

A Kiev et à Léninegrad, des calculateurs sont utilisés pour l'enseignement de la grammaire allemande.

En Grande-Bretagne, la Royal Air Force utilise des machines à enseigner pour la formation de son personnel.

## L'homme et la machine

Le fait que l'on envisage de confier à des machines des travaux tels que la traduction des langues, la documentation ou certaines fonctions d'enseignement a provoqué de vives réactions. Certains ont parlé de « machines qui pensent », d'autres ce sont effrayés à l'idée de « robots intelligents », susceptibles de remplacer l'homme, voire de le dominer. Nous pensons qu'il ne faut pas perdre de vue que la machine ne fait et ne fera sans doute jamais qu'effectuer fidèlement ce qu'un homme lui a commandé de faire. Elle n'invente pas. C'est la rapidité avec laquelle elle parvient au résultat qui donne l'impression d'une intelligence surhumaine. Mais en fait chaque résultat n'est que le produit d'un raisonnement connu, analysé dans ses moindres détails, où aucune place n'est laissée à l'intuition ou à la fantaisie. Le travail effectué par la machine a toujours été minutieusement prévu et si les réalisations sont quelquefois spectaculaires, elles sont toujours sans surprise. A travers les circuits électroniques d'un calculateur, c'est toujours l'homme qui pense.

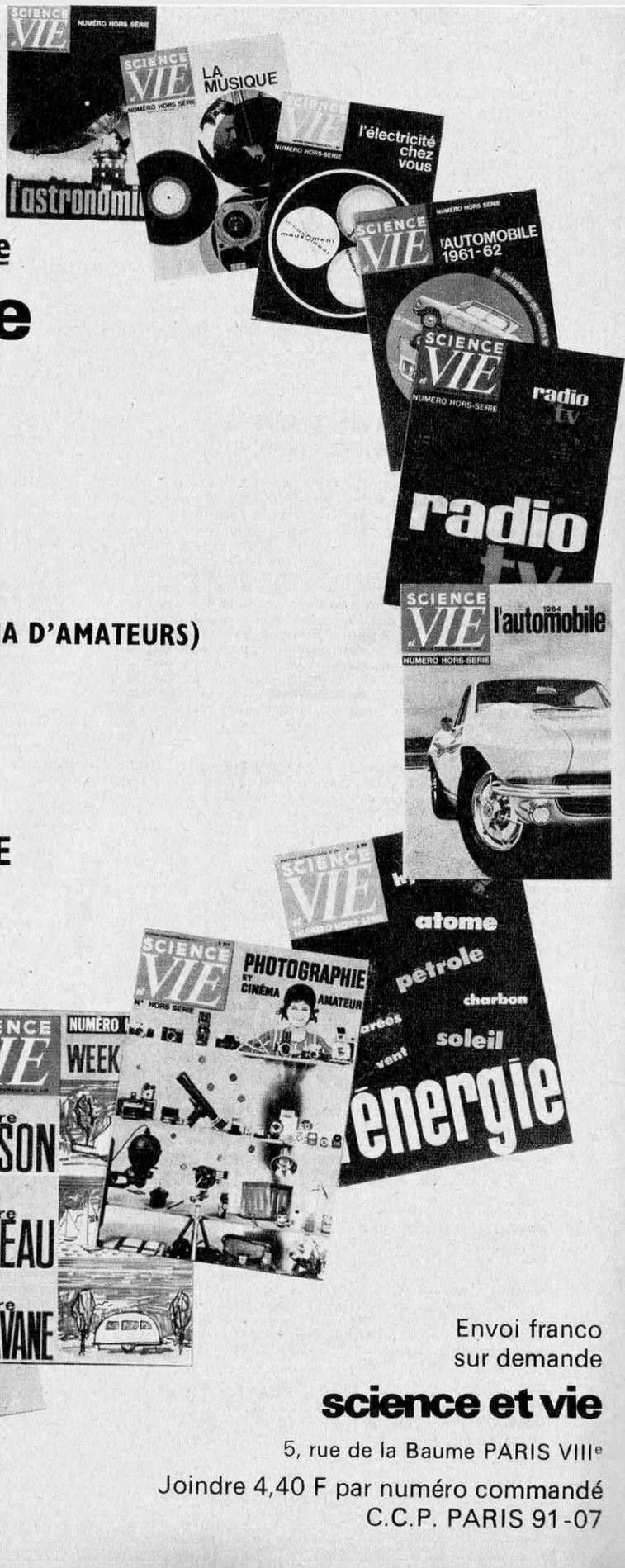
F. L.



Une véritable  
encyclopédie  
permanente

les numéros hors-série de  
**science et vie**

- L'ÉLECTRONIQUE
- LA MUSIQUE
- L'AVIATION
- LES CHEMINS DE FER
- L'ÉNERGIE
- PHOTOGRAPHIE (ET CINÉMA D'AMATEURS)
- AUTOMOBILE 1965
- L'HABITATION
- MÉDECINE-CHIRURGIE
- LA VITESSE
- L'HOMME DANS L'ESPACE
- ASTRONOMIE
- RADIO T.V.



PROMOTION-PUBLICITÉ

Envoi franco  
sur demande

**science et vie**

5, rue de la Baume PARIS VIII<sup>e</sup>

Joindre 4,40 F par numéro commandé

C.C.P. PARIS 91-07

# LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE

24, Rue Chauchat, Paris 9<sup>e</sup> - Tél. TAI 72 86

## AUTOMATISMES - CALCULATRICES ÉLECTRONIQUES

Cette bibliographie, établie d'après le stock d'ouvrages sélectionnés de notre librairie, ne représente qu'une partie des ouvrages figurant dans notre catalogue général. Prix F 5,00

### ASSERVISSEMENTS AUTOMATISMES

**THÉORIE ET CALCUL DES ASSERVISSEMENTS.** (Gille G.-C., Decaulne P. et Pelegrin M.). Introduction générale. Notion de système asservi. Dynamique générale des systèmes de commande. La mise en équations. Systèmes linéaires et non linéaires. Régimes transitoires. La transformation de Laplace et le calcul des transitoires. Systèmes du premier ordre. Systèmes du second ordre. Fonctions et lieux de transfert. Détermination pratique des fonctions et lieux de transfert. Stabilité des systèmes linéaires. Extension des méthodes harmoniques aux systèmes non linéaires. **Application aux asservissements.** Fonctions de transfert des systèmes asservis. Lieux de transfert des systèmes asservis linéaires. Régime définitif des systèmes asservis. Stabilité des asservissements linéaires. Critères de performance des asservissements. Compensation des systèmes asservis linéaires. Stabilité et compensation des asservissements non linéaires. 322 p. 18,5 x 27, 365 fig., 3 pl., relié, 3<sup>e</sup> édit., 1963..... F 45,00

**MÉTHODES MODERNES D'ÉTUDE DES SYSTÈMES ASSERVIS.** (Gille J.-C., Decaulne P. et Pelegrin M.). Techniques des pôles et zéros dans le plan de Laplace: La configuration des pôles et des zéros. Le lieu des pôles ou lieu d'Evans. Compensation et synthèse dans le plan de Laplace. (Méthode de Guillemin et Truxal). **Méthodes statistiques:** Entrées aléatoires. Notions sur les spectres de fréquence et la théorie de l'information. Critères statistiques. Optimisation et synthèse des systèmes asservis. **Extensions des méthodes linéaires:** Asservissements à plusieurs variables. Fonctions de transfert des systèmes linéaires pulsés. Réponse en fréquence et synthèse des asservissements pulsés. **Asservissements non linéaires:** Généralités. Régimes transitoires. L'approximation du premier harmonique. La méthode du plan de phase. Oscillation des asservissements par plus ou moins. Méthodes générales de mécanique non linéaire. Stabilité non linéaire. Conclusion. Annexes. 460 p. 19 x 28, 435 fig., relié toile, sous jaquette couleurs, 1960..... F 64,00

**LES ORGANES DES SYSTÈMES ASSERVIS.** (Pelegrin M., Gille J.-C. et Decaulne P.). Introduction. Adaptation d'impédance. Réseaux correcteurs. Organes comparateurs d'écarts. Détermination et calcul des moteurs des systèmes asservis. Organe moteur: moteurs électriques. Organe moteur: moteurs hydrauliques. Amplificateurs premier groupe. Redressement. Démolition. Filtrage. Avant-projet des systèmes asservis. Notes sur les calculateurs. Conclusions. 534 p. 19 x 27, 523 fig., relié toile, 3<sup>e</sup> édit., 1964..... F 85,00

**PROBLÈMES D'ASSERVISSEMENTS avec solutions.** (Decaulne P., Gille J.-C. et Pelegrin M.). Mise en équations. Analogies. Transformations de Laplace: systèmes du premier et second ordre. Fonctions de transfert et régimes transitoires. Diagrammes et calculs simples des systèmes asservis. Stabilité et compensation des systèmes asservis. Entrées aléatoires. Asservissements non linéaires. Calcul d'organes de systèmes asservis. Problèmes complémentaires de systèmes asservis. 256 p. 16 x 25, 241 fig., relié toile, 2<sup>e</sup> édit., 1963..... F 36,00

**TECHNOLOGIE ET CALCUL PRATIQUE DES SYSTÈMES ASSERVIS (Régulateurs et servomécanismes).** (Naslin P.). Principes et technologie des systèmes asservis. Théorie simplifiée et calcul pratique des systèmes asservis

linéaires et non linéaires. Étude de quelques organes technologiques (moteurs, amplificateurs, organes de mesure). Servomoteurs. Génératrices amplificateurs. Amplificateurs magnétiques. Amplificateurs à tubes à gaz (thyatron et ignitron). Amplificateurs à tubes à vide. Modulateurs et démodulateurs. Calcul analogique. Simulateur. Mesure électrique des grandeurs cinématiques. 448 p. 16 x 25, 482 fig., 2<sup>e</sup> édit. entièrement refondue et augmentée, reliée toile, sous jaquette, 1958... F 36,00

**TECHNIQUE DE L'EMPLOI DES RELAIS DANS LES MACHINES AUTOMATIQUES.** (Polgar C.). La technique des schémas développés: Symboles graphiques pour schémas électriques. Schémas d'exécution et schémas développés. Quelques conventions et définitions. La numération binaire. Notions sur les codes. Les circuits de pure combinaison. Notions d'algèbre de Boole: La notion de dipôle. Opérations logiques de base. Décomposition des circuits dipôles. Simplification des circuits dipôles à trois variables. Représentation géométrique des fonctions de plus de trois variables. Les circuits en pont. Remarque sur le choix des fonctions de base. **Les circuits séquentiels:** La notion de circuit séquentiel. Quelques exemples de séquences à un seul cycle et sans mémoire. Séquence à un seul cycle avec mémoire. Continuité de l'alimentation. Circuits à plusieurs séquences. Recherche des périodes optima pour l'excitation des relais auxiliaires. Recherche du nombre minimum de relais. **Relais à contacts temporisés. Circuits multipôles. Simplification des circuits au moyen d'organes mécaniques associés aux relais.** Remarques générales, conclusions. 336 p. 15,5 x 24. 561 fig. Cart. 2<sup>e</sup> édit., 1964..... F 62,00

**CIRCUITS A RELAIS ET AUTOMATISMES A SÉQUENCES.** (Naslin P.). Les fonctions logiques et les circuits combinatoires. Exemples de circuits à séquences. Les notions de code et de programme. Méthode matricielle d'analyse et de synthèse des réseaux combinatoires. Simplification systématique des fonctions logiques. Établissement des synthèses à séquences. Continuité des circuits. Aléas. Organes logiques électroniques et magnétiques. Circuits. 240 p. 16 x 25, 200 fig., relié toile, 1958 F 27,00

**SERVOMÉCANISMES. Théorie et technologie.** (Bonamy M.). Théorie des servomécanismes: Généralités. Méthodes générales d'analyse des servomécanismes linéaires. Servomécanismes non linéaires. **Technologie: Les éléments des servomécanismes:** 1<sup>o</sup> Éléments des servomécanismes électriques. Les capteurs. Les comparateurs. Les amplificateurs et moteurs. 2<sup>o</sup> Aperçu sur les relais d'asservissement et les servomoteurs à fluide sous pression. 284 p. 18 x 25, 352 fig., relié toile, 1957..... F 55,00

**LA PRATIQUE DES SERVOMÉCANISMES.** (Ahrendt W. R., traduit de l'américain par Cardot Cl.). Fonctionnement d'un servomécanisme simple. Potentiomètres. Synchro-machines et comparateurs analogues. Circuits de synchronisation à double vitesse. Modulateurs et démodulateurs. Quatriplôles correcteurs. Amplificateurs électroniques. Génératrices tachymétriques. Servomoteurs. Amortisseurs à friction. Amplificateurs magnétiques. Amplificateurs rotatifs. Commandes hydrauliques. Conception d'un servomécanisme. Fabrication des servomécanismes. Réglage, dépannage et essai des servomécanismes. Description et fonctionnement d'un servomécanisme. Théorie des servomécanismes. 356 p. 16 x 25, 274 fig., relié, 1959 F 73,00



**SYSTÈMES DE SYNCHRONISATION ET SERVO-MÉCANISMES.** (Van Valkenburgh, Nooger et Neville, traduit de l'américain). Tome I: Introduction aux systèmes d'asservissement. Synchronismes: synchro-transmetteurs et synchro-moteurs; synchro-différentiels; synchro-comparateurs; condensateur de compensation. Introduction aux servomécanismes. Construction pratique d'un servomécanisme. 138 p. 15 x 21,5. Tr. nbr. fig., 1964 ..... F 9,50

**Tome II:** Détecteurs d'erreurs. Servomoteurs et servo-amplificateurs. Thyristors et circuits de commande. Système Ward Leonard et système de commande amplidyne. Suppression des oscillations pendulaires et transmission asservie à deux vitesses. 122 p., 15 x 21,5. Tr. nbr. fig., 1964 ..... F 9,50

**RÉGULATION AUTOMATIQUE INDUSTRIELLE.** (Eckman D. P., traduit de l'anglais par R. Janiaud). Note liminaire sur les unités. La science de la régulation automatique. Caractéristiques du processus. Caractéristiques du régulateur. Boucle fermée en régulation automatique. Éléments de mesure (en réaction). Éléments régulateurs. Éléments terminaux de régulation. Instrumentation du processus. Analyse sinusoidale. Analyse de la stabilité. Appendice: Glossaire de régulation automatique. Transformation de Laplace. Utilisation des analyseurs différentiels. Expériences. Solutions des exercices. 396 pages 16 x 25, 249 fig., relié toile, 1963 ..... F 68,00

**MODULATION ET CODAGE DANS LES SYSTÈMES AUTOMATIQUES.** (Russel G. M., traduit de l'américain par Pillon M.). L'information dans les grands ensembles automatiques. Circuits linéaires. Fonctionnement des circuits non linéaires. Multiplexage en fréquence. Modulation d'angle. Efficacité de transmission. Multiplexage en temps. Méthodes de modulation des impulsions. Systèmes à information limitée. 266 p. 16 x 25, 129 fig., relié toile, 1964 ..... F 54,00

**LES MACHINES S'EN CHARGERONT.** Une histoire de l'automatisme et des cerveaux électroniques. (Woodbury D. O., traduit de l'américain par Bernard E.). Histoire de l'automatisme. Erma et ses compagnes. 308 p. 14 x 22, nbr. fig., 1959 ..... F 14,80

**LA CONSTRUCTION DES MACHINES AUTOMATIQUES.** (Prudhomme R.). Introduction. Classification des automatismes. Les méthodes: Aperçu sur l'automatisation dans la production continue. Étude transitoire des systèmes asservis. Étude fréquentielle des systèmes asservis. Logique des machines. Notions de programmes, mémoires, codes. Les techniques: Commandes pneumatiques. Commandes hydrauliques: étude des organes; étude des circuits. Commandes électriques et électroniques; automatismes à séquences; systèmes asservis. Règles d'établissement et de représentation des circuits de commandes électriques. Exemples de machines automatiques: Éléments de machine automatique à commande électromécanique. Machine à bobiner automatique à commande hydraulique. Machine à souder automatique. Machine à composer photographique. Machine automatique à équilibrer les vilebrequins. 340 p. 16 x 25, 528 fig., 1962 ..... F 45,00

**LA COMMANDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET ÉLECTRONIQUE DES MACHINES-OUTILS.** (Fouillé A. et Canuel J.). Généralités sur les moteurs appliqués à la commande des machines-outils. Le moteur électrique en marche de régime, en période de variable. Moteurs fractionnaires. Réglage de la vitesse. La commande électromagnétique des machines-outils. Choix d'un moteur électrique. Appareillage électrique. Schémas élémentaires permettant les diverses commandes. La commande électronique des machines-outils. Fondements de l'électronique. Servo-mécanismes. Servo-mécanismes électroniques, magnétiques et électromagnétiques. Commandes spéciales. 332 p. 16 x 25, 400 fig., 2<sup>e</sup> édit., relié, 1959 ..... F 39,00

**TÉLÉCOMMANDE ET TÉLÉMESURE RADIO appliquées aux engins spéciaux.** (Marcus J.). Généralités. Les différents types de modulation. Notions d'information et de codage. Les limitations de l'information. Champ, propagation et aériens sur engins spéciaux. Liaisons radio pour dispositifs de télécommande et de télémésure considérés comme systèmes multiplex. Guidage des engins par télécommande radio. Les dispositifs de télémésure radio. Annexe: Standard de télémésure. 280 p. 16 x 25, 190 fig., 11 tabl., 8 photos, cartonné, 1962 ..... F 48,00

**GESTION AUTOMATISÉE DES ENTREPRISES.** (Lhoste et Pépe). Introduction: La gestion des entreprises. Principes et constituants des machines à cartes perforées. Constitution d'un fichier de cartes perforées: Opérations et matériels de création d'un fichier. Opérations préliminaires à la création des cartes. Emploi des cartes perforées. Exploitation d'un fichier de cartes perforées: La trieuse. La tabulatrice. Matériels de mise à jour et de préparation des fichiers de travail. Matériels de calcul. Ensembles électroniques. Les papiers et les imprimés. Création d'un atelier: Les exploitations d'entreprise et la carte perforée. Automatisation par les autres systèmes. Adoption d'un système automatisé. Les travaux à façon. Acquisition du matériel. Implantation, locaux, courant. Les personnels. Conduite d'un atelier: Structure et ambiance. Préparation et exécution des travaux. Programmation des machines par connexions. Programmation des ensembles électroniques. Incidents et accidents. Contrôle des travaux. Prix de revient et rentabilité. 488 p. 21 x 27, 137 fig., relié toile, 3<sup>e</sup> édit., 1964 ..... F 88,00

**LA MÉCANOGRAPHIE.** (Favier J. et Thomelin R.). Machines à calculer et machines comptables. Machines à cartes perforées, calculatrices et ensembles électroniques. Machines à calculer et machines comptables. Applications. Machines à cartes perforées et applications. Tabulatrices, trieuses, perforatrices interclassées, reproductrices comparatrices, machines à interpréter, calculatrices, machines spéciales. Prix de revient des travaux mécanographiques. Calculatrices et ensembles électroniques actuels: description des grandes marques du marché. Mise en œuvre des ensembles électroniques de gestion. 304 p. 16 x 24, 247 fig., 5<sup>e</sup> édit., 1963 ..... F 23,00

**LES MACHINES COMPTABLES.** (C.E.D.O.M.). Breuil J., Maybon D. et Blet P. Organisation de la mécanographie: Principes d'organisation. Étude préalable. Étude d'application. Principes de base de la comptabilité mécanographique. La machine comptable: Description de la machine comptable. Applications pratiques. Annexe: Fiches techniques des principales machines comptables classiques. 176 p. 21,5 x 27. 6 photos. 36 tabl. Cart. 1964 F 25,00

## MACHINES A CALCULER ÉLECTRONIQUES

**ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DES MACHINES ARITHMÉTIQUES.** (Boucher H.). Généralités sur le calcul numérique. Technique des machines à calcul arithmétiques: Langage des machines. Organes de mémoire. Bloc de calcul. Organes d'accès. Fonctionnement des calculatrices arithmétiques: Bloc de commande. Programmation. Sécurité de fonctionnement. Évolution et tendances. 428 p. 16,5 x 24,5, 233 fig., 3 pl. relié toile, 1960 ..... F 70,00

**CALCULATEURS NUMÉRIQUES.** Éléments et circuits. (Richards R. K., traduit de l'américain par Soubies-Gamy H.). Historique et introduction. Circuits de commutation à diodes. Système logique: de circuits à tubes à vide, de circuits à transistors, de circuits à noyaux magnétiques. Mémoires à grande capacité: dispositifs non magnétiques. Enregistrement des informations sur une surface magnétique. Mémoires à noyaux magnétiques. Circuits et tubes de comptage décimal. Éléments de circuits divers. Traducteurs analogiques-numériques et numériques-analogiques. 522 p. 15,5 x 24, 166 fig., relié toile, 1959 ..... F 64,00

**MACHINES A CALCULER ÉLECTRONIQUES APPLICATIONS AUX AUTOMATISMES.** (Pelegri M.). Introduction et définition. Machines analogiques: Machines analogiques mécano-électriques, à courant porteur, électroniques. Cuves rhéographiques. Réseaux à résistances. Machines arithmétiques. Notion intuitive de machine à calculer arithmétique. Représentation de grandeurs en vue de leur manipulation arithmétique. Organisation logique d'une machine. Circuits fonctionnels fondamentaux. Principes et réalisations. Organe de calcul. Principes et réalisations. Description de quelques machines. Machines incorporées. Analyseurs différentiels arithmétiques. Machines spécialisées. Conclusions. 576 p. 16 x 25. Tr. nbr. fig. Relié toile, 2<sup>e</sup> édit., 1964 ..... F 68,00

**CALCULATRICES ÉLECTRONIQUES NUMÉRIQUES.** Principes et composants. (B. B. Technique Philips). (Haas G., traduit du néerlandais par Aronssohn R.). Introduction. Principes des machines à calculer

digitales électroniques. Éléments de construction des calculatrices numériques. Exemples de montages. 276 p. 16 x 25, 138 fig., relié toile, 1963 ..... F 36,00

**ARITHMÉTIQUE POUR CALCULATRICES ÉLECTRONIQUES.** (Klinger F.). Les opérations dans les systèmes binaire, tertiaire, octal, etc., dans les divers codes, le tout suivi d'exercices avec leurs solutions : Les systèmes de numération. Additions. Soustractions. Multiplications. Divisions. Les décimales. Autres systèmes. Codes. 176 p. 16 x 22, 1963 ..... F 12,00

**TRAITÉ DES ORDINATEURS.** (Chorafas D. N., traduit de l'américain). Introduction. Éléments et matériaux. L'unité arithmétique. La mémoire. Trois sujets fondamentaux. Programmation automatique. Applications. 400 p. 17,5 x 24, 147 fig., relié toile, 1960 ..... F 60,00

**L'INFLUENCE DES ORDINATEURS SUR LA STRUCTURE DES ENTREPRISES.** Politique du traitement de l'information. Choix et gestion d'un centre de calcul. (Chorafas D. N., adapté de l'anglais par Voraz Ch.). Problèmes de structure, d'organisation et leur évolution : L'information et la hiérarchie. Une définition nouvelle de l'organisation. Les choix et leurs aléas : Le choix du matériel. Classification des matériels de calcul. Étude des offres de constructeurs d'ensembles électroniques. Étude d'un insuccès. Commentaire sur le cas de la Société chimique du Mont-Rose. Face à face avec les problèmes : Définir les problèmes. La programmation. Les processus de travail. Comment juger le travail de programmation. Organisation du centre de calcul : Structure de la fonction. Considérations financières. Les fonctions de l'analyste. Procédés de travail des centres de calcul. 228 p. 16 x 24, 23 fig. Cartonné. 1964 ..... F 44,00

**LES APPLICATIONS DES ORDINATEURS DANS L'INDUSTRIE, LE COMMERCE ET LES SERVICES PUBLICS.** (Chorafas D. N., traduit de l'anglais par Voraz Ch.). L'avenir des applications des ordinateurs. Introduction dans l'entreprise moderne. Application dans diverses entreprises. Le traitement automatique des données de vente. La gestion de la production par le traitement automatique des données et la gestion automatique de stock. Exemples d'applications industrielles. Emploi dans les opérations de fabrication. Les ensembles électroniques de traitement des données. Emploi dans le trafic aérien. Applications générales dans les administrations remarquables. 288. 16 x 24, 30 illustr., relié toile, 1962 F 57,00

**LOGIQUE DE LA PROGRAMMATION SUR LES ENSEMBLES ÉLECTRONIQUES.** (Thuring B., traduit de l'allemand par Vangrevelinghe G.). Représentation des nombres et des mots. Opérations fondamentales. Programmation des problèmes de gestion. Programme général, programme principal et sous-programmes. Organigramme et représentation algorithmique de programmes. Programmation dans le calcul scientifique. Entrée et sortie. Unités d'information blocs d'information, fichiers. Classe.

ment, surimpression. Appendice. 244 p. 16 x 25, 109 fig., relié toile, 1963 ..... F 56,00

**PROGRAMMATION DES CALCULATRICES NUMÉRIQUES.** (Mc Cracken D. D., traduit de l'américain par Pépe P.). Principes du calcul et du codage. Systèmes de numération binaire et octale. Méthodes de placement de la virgule. Calcul d'adresse. Boucles dans le calcul. Organigrammes. Registres d'index. Sous-programmes. Méthodes de virgule flottante. Méthodes d'entrée-sortie. Programmation avec bande magnétique. Vérification du programme. Méthodes de programmation : relative, interprétative. Calculs à précision double. Techniques diverses de programmation. Codage automatique. Codes numériques des ordres pour la CENTY. Résumé des instructions de la CENTY. Programmation à accès minimal Calculatrices à programmation externe. Table de conversion octale-décimale des nombres entiers. Table de conversion octale-décimale des fractions. 256 p. 16 x 25, 23 fig., relié toile, 1960 ..... F 36,00

**CIRCUITS A TRANSISTORS POUR CALCULATRICES NUMÉRIQUES.** (Pressmann A. I., traduit de l'américain par Pillon M.). Blocs fonctionnels de base des calculateurs numériques. Chaînes logiques dans les calculateurs numériques. Propriétés fondamentales des transistors. Réponse transitoire du transistor. Portes à diodes. Commutation de tension et de courant par portes à diode avec amplificateur inverseur à transistor. Circuits logiques à résistances avec amplificateur inverseur à transistor. Circuits logiques à transistors à couplage direct. Divers circuits logiques transistorisés. Détermination des flip-flops et des multivibrateurs à retard. Mesure des temps de mise en conduction et de blocage des transistors. 353 p. 16 x 25, 255 fig., relié toile, 1963 ..... F 64,00

**LES TECHNIQUES BINAIRES ET LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION.** (Soubiès-Camy H.). Principes de l'algèbre logique et opérations de base. Fonctions de commutation. Technologie des circuits logiques de base. Comptage binaire et décimal. Opérations et circuits arithmétiques. Notions sur les techniques de programmation et l'agencement de l'unité centrale d'un calcul numérique. La mise en mémoire des informations. Méthodes d'enregistrement et de lecture des informations. Organes d'entrée et de sortie. Traduction analogique-digitale des informations. Traduction digitale-analogique des informations. Les techniques binaires appliquées : à la transmission cyclique des télémesures, à la transmission des télécommandes et des téléseñalizaciones. Étude qualitative des différents types de bascules à transistors rencontrés dans les techniques binaires. 424 p. 16 x 25, 172 fig., relié toile, 1961. F 75,00

**TRAITEMENT ÉLECTRONIQUE DE L'INFORMATION.** (Gutenmakher L. I., traduit du russe par Dewèze A.). Notions fondamentales. Mémoire de la machine. Systèmes d'adresses de la mémoire de la machine. Transfert de l'information dans la machine. Éléments de l'organe de décision des machines informatiques. Problème de traitement de l'information par machine. 152 p. 15,5 x 24, 50 fig., 1961 ..... F 18,00

Les commandes doivent être adressées à la **LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE**, 24, rue Chauchat, Paris (9<sup>e</sup>). Elles doivent être accompagnées de leur montant, soit sous forme de chèque bancaire ou de mandat-poste (mandat-carte ou mandat-lettre), soit sous forme de virement ou de versement au Compte Chèque Postal de la Librairie : Paris 4192 - 26. Au montant de la commande doivent être ajoutés les frais d'expédition, soit 10 % (avec un minimum de F 1,10). Envoi recommandé : F 1,00 de supplément.

Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

**LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS (9<sup>e</sup>)**

La Librairie est ouverte de 8 h 30 à 12 h 30 et de 14 h à 18 h 30. Fermeture du samedi 12 h 30 au lundi 14 h.

Le directeur de la publicat.: Jacques DUPUY — Dép. légal: 1964, N° 4.023 — Imp. des Dernières Nouvelles de Strasbourg



# CECI INTÉRESSE

tous les jeunes gens et jeunes filles,  
tous les pères et mères de famille.

L'enseignement par correspondance de l'ÉCOLE UNIVERSELLE, la plus importante du monde, vous met en mesure de faire chez vous, en toutes résidences, à tout âge, aux moindres frais, des études complètes dans toutes les branches, de vaincre avec une aisance surprenante les difficultés qui vous ont jusqu'à présent arrêté, de conquérir en un temps record le diplôme ou la situation dont vous rêvez. L'enseignement étant individuel, vous avez intérêt à commencer vos études dès maintenant.

**Demandez l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse :**

- C.E. 17 830 : **Les premières classes** : 1<sup>er</sup> degré : 1<sup>er</sup> cycle du cours préparatoire à l'admission en 6<sup>e</sup>.  
T.C. 17 835 : **Toutes les classes, tous les examens** : 1<sup>er</sup> degré : 2<sup>e</sup> cycle, C.E.G., brevets; 2<sup>e</sup> degré : B.E.P.C., Baccalauréats, Classes des lycées techniques, B.E.I., B.E.C.  
E.D. 17 832 : **Les études de Droit** : Capacité, Licence. Carrières juridiques. Admission faculté.  
E.S. 17 844 : **Les études supérieures de Sciences** : M.G.P., M.P.C., S.P.C.N., etc., C.A.P.E.S., Agrégation de mathématiques. Admission faculté. Médecine : C.P.E.M.  
E.L. 17 853 : **Les études supérieures de Lettres** : Propédeutique, Licence, C.A.P.E.S., Agrégation. Adm. fac.  
G.E. 17 857 : **Grandes Écoles et Écoles spéciales** : E.N.S.I., Militaires; Agriculture; Commerce; Beaux-Arts; Administration; Lycées techniques.  
A.G. 17 840 : **Carrières de l'Agriculture** (France et Rép. africaines) : Industries agricoles; Génie rural; Radiesthésie; Topographie.  
C.T. 17 833 : **Carrières de l'Industrie et des Travaux publics** : Toutes spécialités, tous examens; C.A.P., B.P., Brevet technique; Admission aux stages payés (F.P.A.).  
D.I. 17 846 : **Carrières du Dessin Industriel**.  
M.V. 17 837 : **Carrières du Mètre** : Mètreur, Mètreur-vérificateur.  
L.E. 17 847 : **Carrières de l'Électronique**.  
E.C. 17 849 : **Carrières de la Comptabilité** : C.A.P., B.P., Expertise comptable.  
C.C. 17 836 : **Carrières du Commerce** : Employé de bureau, de banque; Sténodactylo, Publicitaire; Secrétaire de direction : C.A.P., B.P.; Publicité; Assurances; Hôtellerie.  
F.P. 17 834 : **Pour devenir Fonctionnaire** : Toutes les fonctions publiques, E.N.A.  
E.R. 17 845 : **Tous les emplois réservés**.  
O.R. 17 854 : **Orthographe** : Rédaction, Versification, Calcul, Dessin, Écriture.  
C.M. 17 848 : **Calcul extra-rapide et mental**.  
M.M. 17 838 : **Carrières de la Marine Marchande** : Écoles nationales de la Marine Marchande; Élève chef de quart; Capitaine; Officier mécanicien; Pêche; Certif. internat. de Radio (P.T.T.); Navigation de plais.  
M.N. 17 856 : **Carrières de la Marine Nationale** : Écoles : Navale, Élèves officiers, Élèves ingénieurs de marine; Service de Santé, Maistrance, Apprentis marins, Pupilles, Techniques de la marine, Génie maritime, Commissariat et administration.  
C.A. 17 850 : **Carrières de l'Aviation** : Écoles et carrières militaires; Aéronautique; Carrières administratives; Industrie aéronautique; Hôtesse de l'air.  
R.T. 17 855 : **Radio** : Construction; Dépannage. **Télévision**.  
L.V. 17 831 : **Langues Vivantes** : Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Russe. **Tourisme**. Hôtesse.  
E.M. 17 851 : **Études Musicales** : Solfège, Harmonie, Composition, Orchestre, Piano, Violon, Guitare, Flûte, Clarinette, Accordéon; Jazz, Chant; Professorats publics et privés.  
D.P. 17 841 : **Arts du Dessin** : Cours universel; Anatomie artistique; Illustration; Mode; Aquarelle, Gravure, Peinture, Pastel, Fusain; Professorat.  
C.O. 17 858 : **Carrières de la Couture et de la Mode** : Coupe (h. et d.), Couture, C.A.P., B.P., Professorat, Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse-retoucheuse, Modiste, Chemisier, etc.; Enseignement ménager; Monitorat et professorat.  
C.S. 17 842 : **Secrétariat** : Secrétaire de direction, de médecin, d'avocat, d'homme de lettres; Secrétariat technique; Journalisme; Art d'écrire; Art de parler en public.  
C.I. 17 839 : **Cinéma** : Technique générale, Décoration, Prise de vues, Prise de son; Institut des hautes études cinématographiques. **Photographie**.  
C.B. 17 852 : **Coiffure et soins de beauté**.  
C.F. 17 843 : **Toutes les carrières féminines**.  
P.C. 17 859 : **Cultura** : Cours de perfectionnement culturel : Lettres, Sciences, Arts, Actualité. **Universa** : Enseignement préparatoire aux études supérieures.

La liste ci-dessus ne comprend qu'une partie de nos enseignements. N'hésitez pas à nous écrire. Nous vous donnerons gratuitement tous les renseignements et conseils qu'il vous plaira de nous demander.

**DES MILLIERS  
D'INÉGALABLES  
SUCCÈS**

remportés chaque année par nos  
élèves dans les examens  
et concours officiels prouvent  
l'efficacité de notre enseignement  
par correspondance.

— — — — —  
ENVOI  
GRATUIT

A découper ou à recopier — — — — —  
**ÉCOLE UNIVERSELLE**

59, Bd Exelmans, Paris-16<sup>e</sup>

— — — — —  
Veuillez me faire parvenir gratuitement

— — — — —  
Votre brochure N° .....

— — — — —  
Nom .....

— — — — —  
Adresse .....

# Ayez votre moteur sous les yeux



**JAEGER**

Compte-tours électronique, compteur de vitesse bi-totalisateur, ampèremètre, température, pression (huile et eau), jauge d'essence, montre électrique...

**Autant d'éléments indispensables à la conduite rationnelle et sûre.**

**Vous pouvez "avoir votre moteur sous les yeux".**

En faisant monter sur votre tableau de bord les appareils qui vous font défaut.

Ou bien en faisant équiper votre planche de bord d'un ensemble personnel d'appareils au moyen de montages étudiés pour vous (ainsi, l'ensemble ci-dessus est prévu pour Renault R8 normale, R8 automatique et R8 Major) (existe aussi pour Simca 1000, Citroën DS 19, ID 65, Peugeot 404 ).

VP 64. **LELEROY**

**2 Rue Baudin**

**LEVALLOIS-PERRET**

**TEL. 737 71.20**