

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 88 (1962)
Heft: 20: Automation

Artikel: Réalisations industrielles automatisées fonctionnant suivant des programmes variables
Autor: Lejeune, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-771850>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole
polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrain, arch.; E. Martin, arch.
J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION

Vacat
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	"	" 23.—	"	" 28.—
Prix du numéro	"	" 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 11 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29,
Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:	
1/1 page	Fr. 320.—
1/2 "	" 165.—
1/4 "	" 85.—
1/8 "	" 42.50

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succurselles



SOMMAIRE

Réalisations industrielles automatisées fonctionnant suivant des programmes variables, par M. A. Lejeune, ingénieur.
Application des circuits logiques dans la transmission des informations numériques, par M. A. Desblache, ingénieur.
Bibliographie. — Nouveautés, informations diverses.

RÉALISATIONS INDUSTRIELLES AUTOMATISÉES FONCTIONNANT SUIVANT DES PROGRAMMES VARIABLES¹

par M. A. LEJEUNE, ingénieur chef de service aux Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (ACEC)

D'après une définition fort générale, les installations automatisées à programme sont des ensembles fonctionnant d'une manière entièrement autonome pour réaliser un programme prévu.

M. Naslin² distingue les cas où le programme est défini *implicitement* par l'ensemble des liaisons établies entre les divers organes de commande et de contrôle de la machine et ceux dans lesquels le programme est *explicitement* inscrit sur un support convenable, sous forme codée ou non.

La machine-transfert est l'exemple le plus typique du programme implicite: la machine est *câblée* pour exécuter une pièce bien définie en un temps invariable. Toute variation de programme nécessite un changement de câblage.

Dans la plupart des cas, il est, par contre, nécessaire de pouvoir changer assez facilement un nombre plus ou moins grand de consignes. Nous arrivons ainsi au programme variable dont les différentes consignes sont données explicitement.

Support de l'information

Tableaux à fiches, commutateurs et claviers

Les tableaux à fiches et les commutateurs forment le système se rapprochant le plus du programme implicite. Des fils peuvent être connectés entre eux de différentes manières correspondant à des programmes différents. L'affichage est ici direct, non codé.

Les tableaux à fiches et commutateurs servent surtout pour l'affichage de données qui changent assez rarement; ils servent notamment à l'inscription de valeurs telles que quantité, poids, vitesse. Nous verrons plus loin un exemple d'affichage de vitesses sur tableau à fiches.

¹ Conférence présentée le 2 avril 1962 devant la Section genevoise de l'Association suisse pour l'Automatique (ASSPA).

² « Les machines à programme », par P. NASLIN. Revue Automatismes, octobre 1959, n° 6, p. 321.

Hiérarchie des valeurs dans les systèmes automatiques

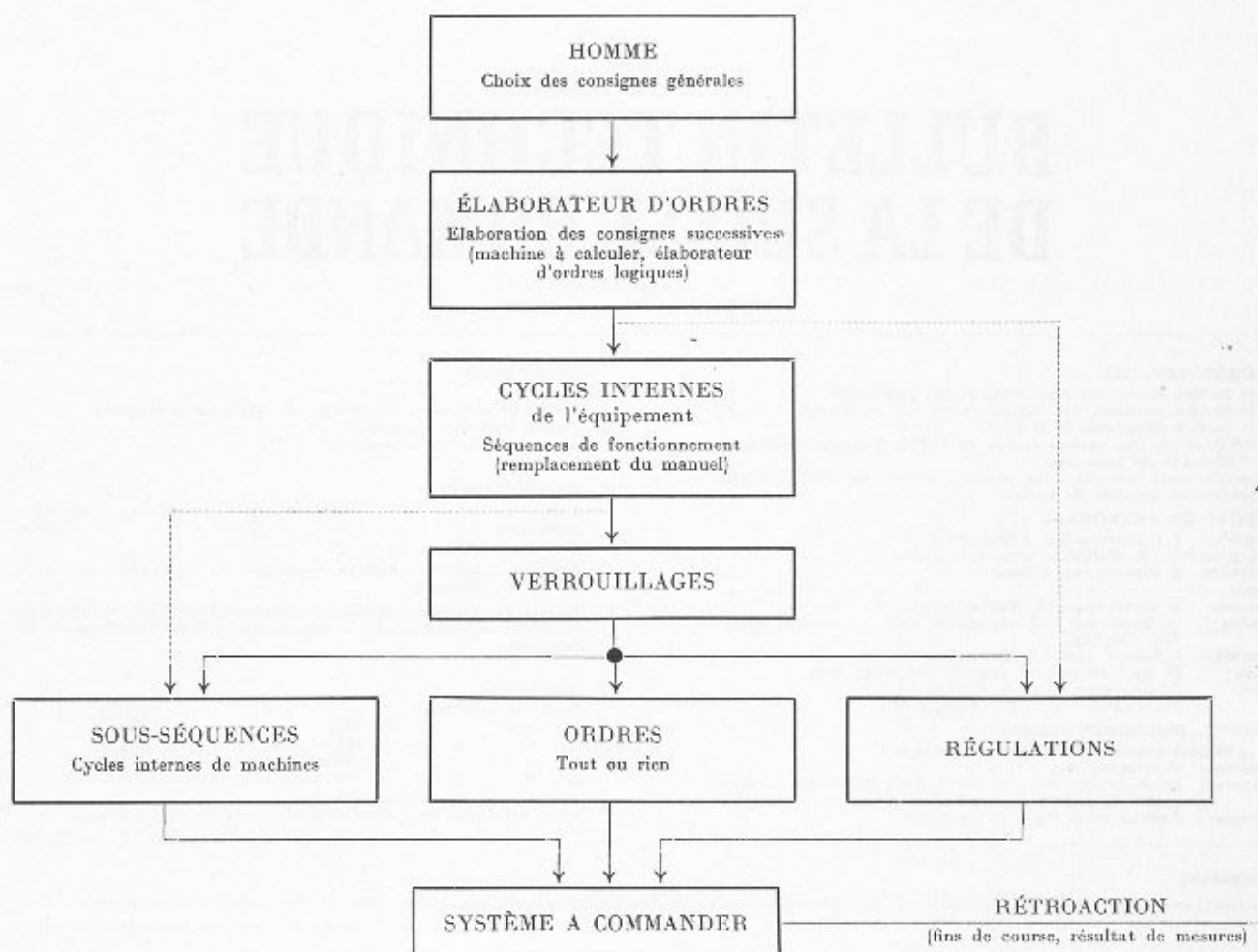


Fig. 1. — Hiérarchie des valeurs dans les systèmes automatiques.

Boutons-poussoirs

Les boutons-poussoirs suivis de mémoires servent le plus souvent à introduire des demandes dans un programme. Lorsque le programme a permis la satisfaction de cette demande, la mémoire retombe.

Cartes et bandes perforées

Sur les cartes et bandes perforées, les informations sont emmagasinées sous formes codées. Elles permettent un passage très rapide à un programme entièrement différent.

Bandes et tambours magnétiques

Les bandes et tambours magnétiques ne s'emploient qu'en liaison avec les calculatrices pour de très grosses installations. Les informations y sont évidemment codées.

Le choix des supports de l'information dépendra du mode de fonctionnement de l'équipement : soit qu'un même cycle se répète constamment, soit qu'il faille donner un nouveau programme pour chaque opération, soit que le programme soit constamment variable en cours de fonctionnement.

Le premier cas se présente dans les pesées en vue d'un mélange invariable, le second dans la préparation des commandes à fournir à des clients, le dernier dans le fonctionnement d'un ascenseur.

Automatismes à programmes variables

On ne peut guère parler de programmes variables qu'à partir d'un certain niveau d'automatisation. La figure 1 montre les différents niveaux possibles. En dessous il y a le système à commander, au-dessus l'homme.

À l'origine, l'homme se trouvait tout au bas de l'échelle, en contact direct avec le système à commander ; il donnait lui-même des ordres par tout ou rien en fermant des interrupteurs ou réglait par un potentiomètre la vitesse de son moteur.

Au cours du temps, l'automatisme élève l'homme vers des fonctions de plus en plus nobles et prend sa place en progressant à partir du bas de cette « hiérarchie technique ». Les différents niveaux représentés sur la figure marquent des étapes importantes de cette évolution sans qu'il soit évidemment possible, en pratique, de tracer des frontières aussi nettes. On voit d'abord apparaître des machines à cycle interne invariable ; une cisaille ou une agrafeuse, par exemple, fait un cycle invariable lorsqu'on pousse sur son bouton de mise en marche. D'autre part, les régulations font apparaître la nécessité de fournir des consignes pouvant être changées. Nous en verrons des exemples plus loin.

Les verrouillages ne font apparaître qu'un embryon de programme variable : c'est l'élimination du verrouillage par les dangereuses clés de déverrouillage.

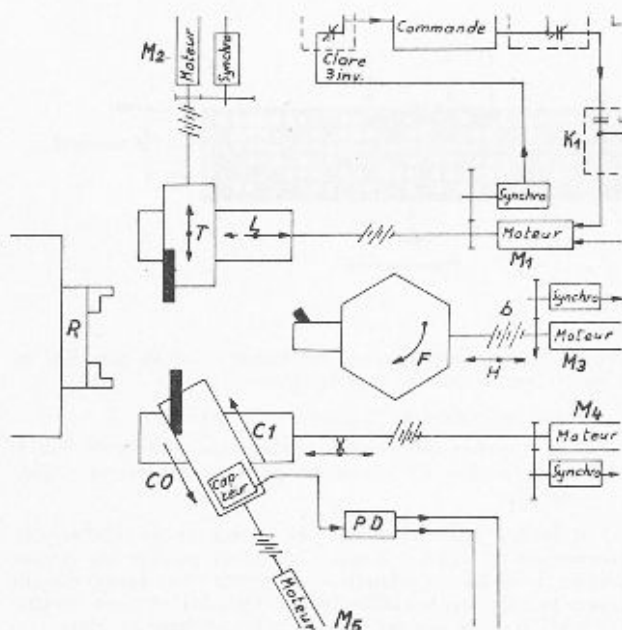


Fig. 2. — Mouvements automatisés du tour à consignes numériques.

L'automatisme à programme variable fait réellement son apparition à partir des cycles internes d'équipements où une séquence de fonctionnement réalisée par une suite de fonctions logiques remplace le fonctionnement « manuel ».

Les consignes qui sont données à l'équipement sont, dans ce cas, pratiquement impératives ; moyennant le respect des verrouillages, elles sont à exécuter dans un ordre prévu, à des moments déterminés notamment par des fins de course ou des cellules photo-électriques.

Quatre exemples de ces équipements à cycles internes sont développés plus loin :

- Tour à commande numérique.
- Blooming automatique.
- Train réversible à billettes.
- Chargeuse de haut fourneau.

Plusieurs cycles internes peuvent se dérouler simultanément ; c'est la carte ou la bande perforée et ses équipements d'avance qui rythment le programme et assurent avec les interverrouillages, la coordination entre ces différents cycles.

Dans les équipements à élaborateur d'ordre, c'est ce dernier qui élabore lui-même les consignes successives en fonction de demandes aléatoires qui lui sont faites ou de conditions aléatoires. L'élaborateur d'ordres logiques sera illustré par la description d'un ascenseur à mémoire.

Le stade ultime de l'élaborateur d'ordre est le calculateur d'optimisation à qui l'homme ne fournit plus que des consignes extrêmement générales telles que la fonction à optimiser et les contraintes à respecter. Nous y reviendrons par un exemple de calculateur de processus appliqué à une installation d'agglomération de minerais.

Il faut remarquer que les automatismes dont il est question ici sont relativement compliqués et exigent donc des circuits extrêmement sûrs. Tous les exemples traités sont réalisés uniquement en technique électronique à transistors : le dernier fait appel à la technique

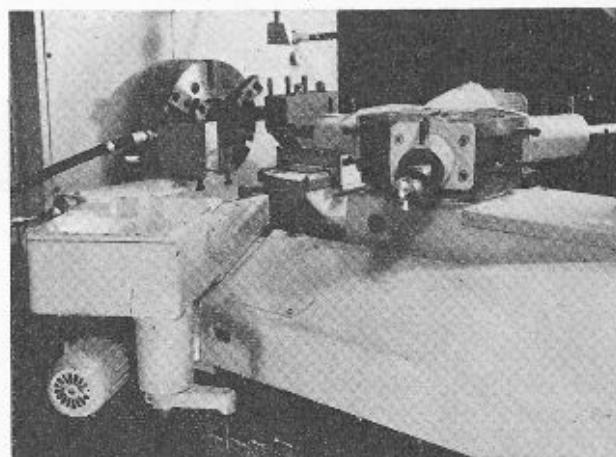


Fig. 3. — Vue des pièces mobiles du tour à consignes numériques.

calculateur, les autres emploient des circuits logiques à transistors (relais sans contact).

Tour à commande numérique

Le tour automatisé comporte (fig. 2 et 3) :

- Un outil de plongée à déplacement longitudinal et transversal.
- Un outil de copiage à déplacement longitudinal et oblique.
- Une tourelle hexagonale à déplacement longitudinal et rotation.
- La broche à vitesse de rotation variable.

Déplacements

Un déplacement dans une certaine direction est caractérisé par une lettre désignant le mouvement à faire (L, T ou H) suivie d'un groupe de sept chiffres (fig. 4).

- La cote du point à atteindre exprimée en centièmes de millimètre par un nombre de cinq chiffres (cotes inférieures à 1 mètre).
- La vitesse d'avance donnée par deux chiffres codés : le premier, qui peut être 1, 4 ou 7, choisit un embrayage de chariotage ; le deuxième, qui est compris entre 0 et 7, choisit une vitesse du moteur de chariotage.

Dans l'exemple donné à la figure 4, après la lettre A qui marquait le début du travail, les deux lignes « L » et « T » amènent, en vitesse rapide, l'outil de plongée à son point de départ ; la ligne suivante « H » retire la tourelle.

Séquence de travail du tour à consignes numériques

A	3500010	
L	1500010	
T	1500010	
H	3800010	
R	14	
F	4	
H	2000010	
H	1550077	
H	2000010	
R	37	
H	1854574	
H	3800010	
R	24	
L	1950010	
T	1000040	
L	0551044	
L	1950010	
T	0997577	
L	0855571	
L	3500010	
T	1500010	
E		

Légende

- A Alimentation
- L Plongée longitudinale
- T Plongée transversale
- H Déplacement tourelle hexagonale
- F Rotation face tourelle
- R Réduction broche
- E Evacuation

Fig. 4. — Séquence de travail du tour à consignes numériques.

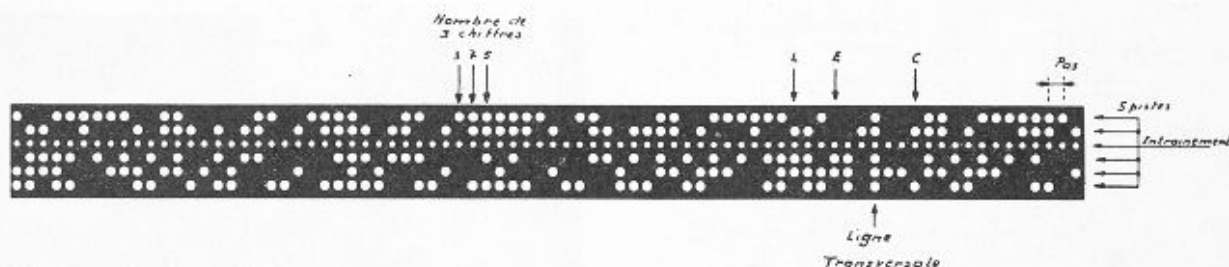


Fig. 5. — Bande perforée.

Réduction broche

Un nombre de deux chiffres suit la lettre « R » pour spécifier la combinaison des accouplements donnant à la broche la vitesse voulue : R 14. Le moteur de broche est à vitesse constante.

Mouvement de la tourelle

La tourelle portant 6 outils, la face à choisir est indiquée par un chiffre de 1 à 6 qui suit la lettre F.

Les lignes suivantes de l'exemple imposent une avance à grande vitesse jusqu'à la cote 20 000, puis une avance de travail jusqu'à la cote 15 500, puis un recul rapide. On change ensuite la réduction de broche.

Bande perforée

Ce tableau de consignes est emmagasiné sur une bande perforée. Cette bande (figure 5), identique à celles employées en téléimprimeurs à 5 moments, comporte 5 pistes de lecture, les petits trous au centre servant à l'entraînement. Chaque ligne transversale comporte donc 5 emplacements pouvant être perforés ou non.

Par convention, on appelle état 0 l'absence de perforation et état 1 la présence d'une perforation. Toutes les informations à enregistrer doivent donc être codées sous forme binaire.

Les 5 emplacements d'une même ligne transversale sont lus en même temps. Une transversale représente donc un nombre binaire à 5 chiffres ou « bits » soit $2^5 = 32$ possibilités.

Pour le tour à consignes numériques (fig. 6) il faut coder d'une part les 10 chiffres pour les données numériques, d'autre part une douzaine de lettres pour choisir les mouvements. On distingue ces 2 groupes en donnant au premier bit la valeur 1 pour les chiffres et la valeur 0 pour les lettres ; les 4 autres bits qui permettent encore 16 possibilités, suffisent à différencier, d'une part les chiffres entre eux, d'autre part, les lettres entre elles.

Le codeur (fig. 7)

Pour inscrire le programme sur la bande, on se sert d'un codeur qui se présente sous la forme d'une machine à écrire

Tour à consignes numériques TCN 2

	CODE		
Alimentation	A	0 0 1 1 1	0 1 0 1 1 1
Evacuation	E	0 0 1 1 0	1 1 0 1 0 0
Chariot plongée dépl. longit.	L	0 1 1 1 0	2 1 0 0 1 1
Chariot plongée dépl. transvers.	T	0 1 1 0 0	3 1 0 0 0 0
Tourelle hexag. dépl. longit.	H	0 1 0 1 0	4 1 0 0 1 0
Tourelle hexag. choix outil	F	0 0 0 1 1	5 1 1 1 0 1
Copieur dépl. longit.	C	0 1 0 0 0	6 1 1 1 1 0
Combin. boîte vit. broche	R	0 1 1 1 1	7 1 1 0 0 1
Opération simultanée	U	0 1 1 0 1	8 1 1 0 1 0
Fin d'opération simultanée	V	0 0 1 0 1	9 1 1 0 0 0
Nouvelle opération à la ligne		0 0 0 1 0	

Annulation d'une erreur 1 1 1 1 1
1 = trou 0 = non perforé

Fig. 6. — Code pour tour à consignes numériques.

équipée d'une perforatrice de bande (sur la gauche) et d'un lecteur auxiliaire (sur la droite).

Le clavier comporte 2 groupes de touches :

- dix touches numériques portant les chiffres de 0 à 9.
- Les touches « d'adresses » portant les lettres d'opérations.

On frappe successivement les lettres et les chiffres du programme. A chaque frappe, le codeur perce une transversale de la bande selon le code prévu et imprime sur un papier la lettre ou le chiffre frappé. On obtient donc, comme vérification de ce qui est frappé, le programme en clair.

Il existe encore d'autres touches à fonctions particulières. La touche « erreur » reperfère 5 trous dans la transversale qui vient d'être frappée, annulant le signe qui s'y trouvait. A la lecture, cette transversale ne produit aucun effet.

La touche « nouvelle opération » a deux effets :

- a) sur le codeur même, le chariot revient à la ligne, de sorte qu'à chaque ligne imprimée sur la feuille de contrôle correspondent les données relatives à une opération et une seule.
- b) en cours de travail sur la machine, l'information codée « nouvelle opération » provoque notamment l'arrêt du lecteur de bande ; la lecture de la bande ne pourra continuer qu'après réception d'un contrôle extérieur signalant par exemple la fin de l'opération en cours.

Le codeur peut être employé dans trois buts différents :

- a) pour perforer une bande par frappe manuelle à partir d'un tableau de données, venant, par exemple, d'un bureau de préparation. En même temps que le ruban est perforé selon le code prévu, les données sont imprimées sur une feuille de lecture.
- b) pour vérifier le contenu d'une bande perforée. Celle-ci est introduite dans le lecteur auxiliaire et l'information codée sur la bande apparaît en clair sur la feuille de lecture.
- c) pour reproduire la bande perforée. Celle-ci est introduite dans le lecteur auxiliaire. En joignant le début et la fin de la bande originale, il est possible de produire un nombre élevé de duplicata.

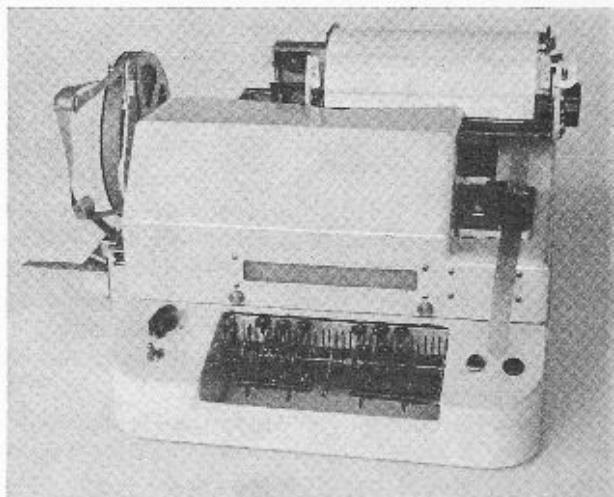


Fig. 7. — Codeur type CPc 101.

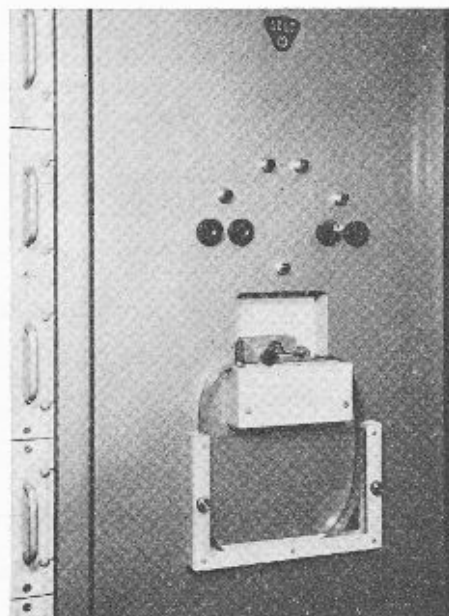


Fig. 8. — Lecteur de bande perforée monté sur un panneau.

Le lecteur (fig. 8)

Lors du fonctionnement, la bande défile pas à pas entre une source lumineuse et deux rangées de cinq cellules photo-électriques qui traduisent, sous forme électrique, les perforations de la bande.

Des amplificateurs amènent ces signaux à une valeur standardisée :

Etat 0 : 0 volt

Etat 1 : -12 volts

Si a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 sont les signaux fournis par la première rangée et a_2, b_2, c_2, d_2, e_2 ceux fournis par la deuxième rangée de cellules, il faut d'abord vérifier les identités $a_1 = a_2, b_1 = b_2$, etc.

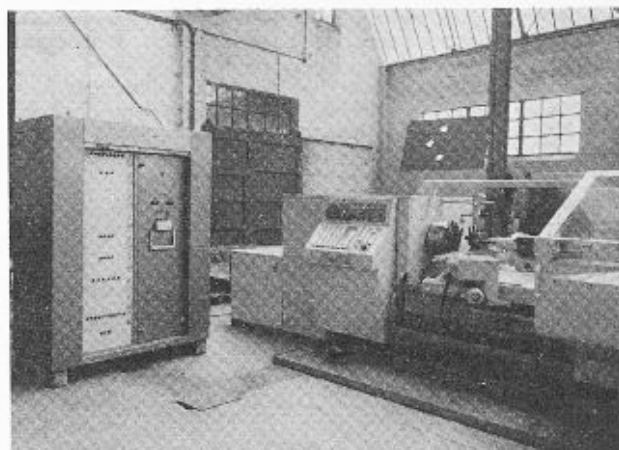


Fig. 10. — Tour à consignes numériques. Au centre, clavier pour fonctionnement manuel. A gauche, armoire d'automatisme portant le lecteur de bande. Les blocs logiques se trouvent à la face arrière.

Pour cela, on réalise la fonction logique de panne qui s'écrit :

$$P = a_1 \cdot a_2' + a_1' \cdot a_2 + b_1 \cdot b_2' + b_1' \cdot b_2 + c_1 \cdot c_2' + c_1' \cdot c_2 + d_1 \cdot d_2' + d_1' \cdot d_2 + e_1 \cdot e_2' + e_1' \cdot e_2$$

les fonctions avec « prime » — ' — étant les inverses des autres (a_1' est l'inverse de a_1 , etc.).

Si la fonction P vaut 1, c'est qu'il n'y a pas identité entre chaque variable à indice 1 et sa correspondante à indice 2 ; il y a risque d'erreur et l'opération est arrêtée.

Si P vaut 0, la lecture est bonne et les valeurs a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 sont aiguillées vers une mémoire.

Si la lecture correspond au code nouvelle opération, rien d'autre ne se passe jusqu'à réception d'un signal extérieur remettant la bande en marche. Dans les autres cas, après un temps de quelques centièmes de seconde, la bande avance d'un pas, la lecture étant bloquée pendant cette avance.

Si le code lu correspond à erreur, cette avance a lieu sans mise en mémoire des signaux et sans aucun effet sur les circuits suivants.

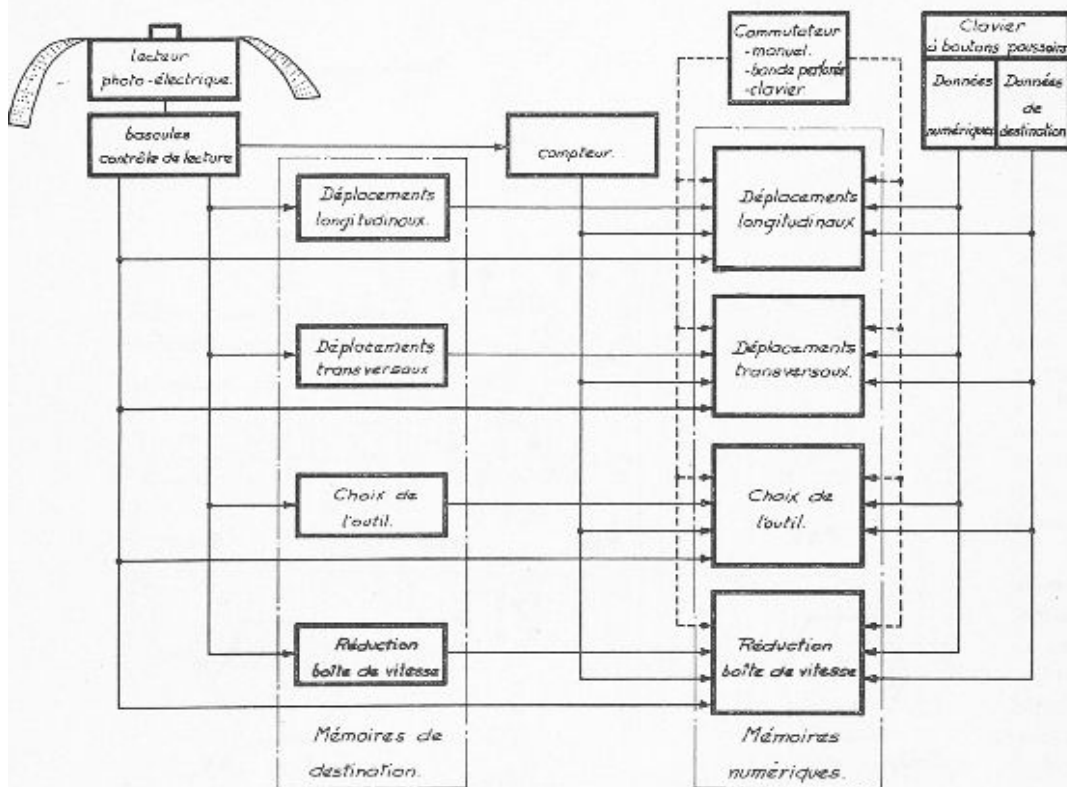


Fig. 9. — Schéma d'utilisation de la lecture d'une bande perforée.

Utilisation de la lecture (fig. 9)

Les valeurs numériques intéressent un certain mouvement : soit plongée longitudinale, soit rotation face tourelle, etc.

Elles doivent donc être aiguillées vers la commande de cet organe. C'est ce que réalise la lettre lue d'abord (L ou F...) et qui pour cela est appelée adresse.

Lorsque le lecteur lit une adresse, il prépare les mémoires qui devront enregistrer les valeurs numériques relatives à cette adresse : cette lecture ramène également un compteur à 0. La bande avançant d'un pas, ce compteur avance d'une unité : la mémoire, prête à recevoir la lecture, est la première de cette adresse.

Par exemple, après L, c'est un nombre de décimètres, après F, le numéro de la face.

Après avoir enregistré ce chiffre, la bande et le compteur avancent d'un nouveau pas et ainsi de suite. Toutes les mémoires correspondant à cette adresse sont remplies au moment où apparaît le signe fin d'opération qui arrête la

	4	3	2	1	0		Nom de passe
	X	X	X	X	X	1	Cage 1 } Cages 1 et 2
	X	X	X	X	X	2	Cage 2 }
	X	X	X	X	X	3	Passe AV
	X	X	X	X	X	4	Passe AR
	X	X	X	X	X	5	Billettes en larges
	X	X	X	X	X	6	
	X	X	X	X	X	7	Vitesse de laminage
	X	X	X	X	X	8	(5 valeurs)
	X	X	X	X	X	9	
	X	X	X	X	X	10	Valeurs de serrage de vis
	X	X	X	X	X	11	(15 consignes)
	X	X	X	X	X	12	
	X	X	X	X	X	13	Ripeurs AR
	X	X	X	X	X	14	(4 consignes)
	X	X	X	X	X	15	
	X	X	X	X	X	16	Ripeurs AV
	X	X	X	X	X	17	(4 consignes)
	X	X	X	X	X	18	
	X	X	X	X	X	19	Retourneur à pince
	X	X	X	X	X	20	1re cage
	X	X	X	X	X	21	(9 consignes)
	X	X	X	X	X	22	
	X	X	X	X	X	23	Retourneur à pince et
	X	X	X	X	X	24	manipulateur à cônes, 2e cage
	X	X	X	X	X	25	(16 consignes)
	X	X	X	X	X	26	
	X	X	X	X	X	27	Evacuation cage 1 vers débit.
	X	X	X	X	X	28	
	X	X	X	X	X	29	Evacuation cage 1 vers cage 2
	X	X	X	X	X	30	(2 consignes)
	X	X	X	X	X	31	
	X	X	X	X	X	32	Evacuation cage 2 vers débit.
	X	X	X	X	X	33	
	X	X	X	X	X	34	Angle de retournement cage 1
	X	X	X	X	X	35	(4 consignes)
	X	X	X	X	X	36	
	X	X	X	X	X	37	Angle de retournement cage 2
	X	X	X	X	X	38	(3 consignes)
	X	X	X	X	X	39	
	X	X	X	X	X	40	Contrôle avance chariot
	X	X	X	X	X		Informat. pour retour
	X	X	X	X	X		chariot lectrice

Fig. 12. — Carte perforée pour train à billettes.

Les ordres d'évacuation des produits de même que leur acheminement vers les installations de débitage des billettes, qui s'opère sous le contrôle de détecteurs, résultent de l'automatisme du laminage proprement dit. Par contre, les consignes concernant le débitage, c'est-à-dire, sciage et cisailage avec positionnement des butées respectives, puis évacuation vers les refroidisseurs sont fournies par un autre équipement d'automatisme.

Cartes perforées (fig. 12)

Le nombre de programmes possible étant limité à quelques dizaines, il a été décidé de mettre ces consignes sur cartes perforées. Pour assurer à ces cartes une durée de vie suffisante, elles sont faites en aluminium.

Dans de nombreux autres systèmes, les cartes perforées travaillent en système décimal : les 10 chiffres étant représentés sur une colonne, on perce le chiffre désiré. Il n'en est pas de même ici où la carte est basée, comme la bande perforée, sur la numérotation binaire : état 1 = trou ; état 0 = pas trou. Mais au lieu de ne lire que 5 pistes, comme sur la bande perforée, on lit ici simultanément 40 pistes. Il est ainsi possible de lire, en une seule fois, toutes les consignes se rapportant à une passe. Chaque valeur étant lue par une photodiode bien déterminée, il n'y a donc plus besoin d'adresses.

Pour le contrôle du fonctionnement du lecteur, on lit deux lignes simultanément, la seconde étant l'inverse de la première. Le lecteur, après la passe, avance de deux lignes à la fois. Si 40 pistes suffisent au codage, c'est qu'aucune grandeur numérique (cote ou vitesse) n'est donnée sur la carte. La carte ne fait que choisir parmi des valeurs possibles.

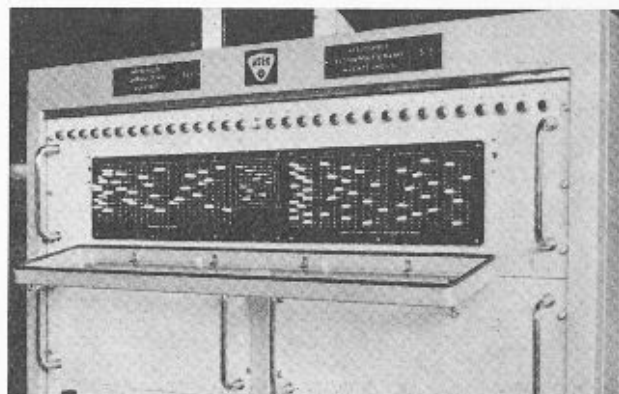


Fig. 13. — Panneau à fiches pour données numériques du train à billettes faisant partie de l'armoire programme.

La vitesse, par exemple, est déterminée par trois crans de courant d'induit et trois crans de désexcitation. Le démarrage du moteur s'effectue successivement par augmentation du courant d'induit puis introduction éventuelle de résistances pour la désexcitation jusqu'au cran choisi par la carte perforée.

Carte et fins de course

Les ripeurs ne doivent occuper que quatre positions différentes et les retourneurs à pince de la première cage, neuf positions ; ces positions sont, en effet, directement liées aux cannelures des cylindres dont le profil est invariable. De même, il n'y a que quatre angles de retournement à prévoir à la cage 1, et trois à la cage 2. Ces positions et ces angles couvrant l'ensemble des programmes sont imposés aux appareils par des fins de course. Les déplacements et les rotations ont lieu jusqu'à ce que l'organe mobile soit venu actionner la fin de course choisi par la carte.

Carte et tableaux à fiches

Le retourneur à pince et le manipulateur à cônes de la cage 2 doivent occuper toutes les positions possibles de centimètre en centimètre vu que pour cette cage on emploie successivement des cylindres à profils différents. On fait donc appel à un positionnement qui compare la position de selsyn avec des consignes numériques de position, cette comparaison se faisant à l'aide de transformateurs multiphasés.

Les consignes sont fournies par un tableau à fiches (fig. 13, partie droite).

Pour chaque jeu de cylindres, il est nécessaire de prévoir au maximum 16 consignes de position. Un certain jeu de cylindres étant en service, on affiche, ligne par ligne, les différentes consignes qui y sont relatives. La carte perforée choisit, à chaque passe, une de ces lignes.

Carte, tableau à fiche et commutateur : serrage de vis première cage

De la même manière, 15 valeurs de serrage de vis peuvent être affichées sur la partie gauche du tableau à fiches et sélectionnées par 15 consignes de la carte. Mais il existe, en plus, trois possibilités de correction :

- correction d'usure générale et zéroage : permet de régler et de modifier le point de référence.
- correction d'usure de cannelure : chaque cannelure s'use différemment et le serrage de vis doit en tenir compte ; le petit tableau à fiche situé au centre permet d'indiquer pour les 9 cannelures une correction pouvant atteindre 9 mm. Chaque fois que le positionnement amène un produit devant cette cannelure, la correction correspondante s'applique automatiquement.
- correction manuelle : si le produit est plus froid que normal, par exemple, il faut compenser le cedage de la cage par une nouvelle correction. L'opérateur dispose d'un commutateur pour imposer cette correction supplémentaire.

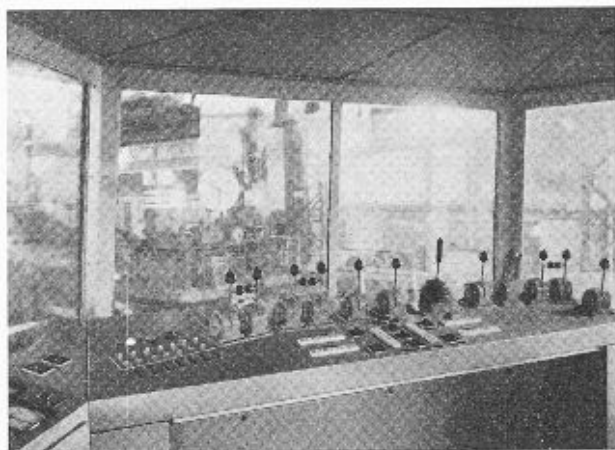


Fig. 14. — Pupitre principal de commande du laminoir. A l'arrière-plan, première cage du train.



Fig. 15. — Lectrice de carte perforée avec, dans le tiroir inférieur, les circuits de lecture de la carte, le circuit de sécurité et de test et les décodages par diodes.

Pupitre principal de commande (fig. 14)

En cours de fonctionnement automatique, l'opérateur peut, à tout moment, ajuster une commande en manuel. Toute intervention bloque définitivement pour la passe considérée l'automatisme de l'opération effectuée manuellement et interrompt la séquence automatique qui aurait suivi l'achèvement de cette opération.

L'intervention terminée, l'opérateur appuie sur un bouton, permettant ainsi la poursuite normale de la séquence.

L'opérateur dispose enfin du fonctionnement semi-automatique qui lui permet de sélectionner toutes les consignes à partir de claviers et de commutateurs.

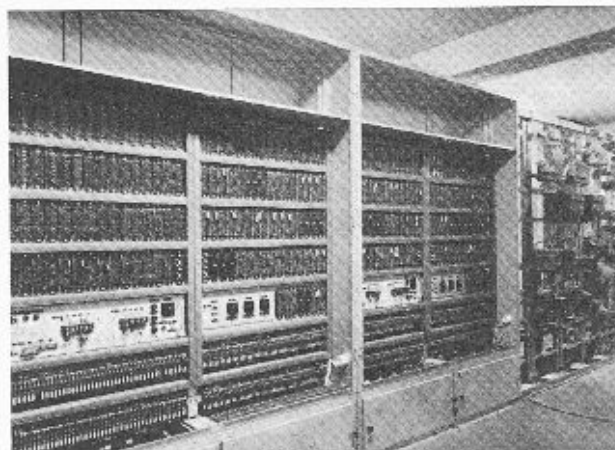


Fig. 17. — Armoire d'automatisme du train à billettes.

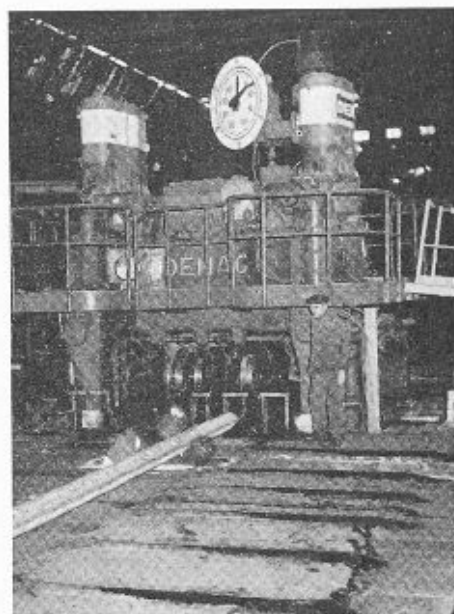


Fig. 16. — Première cage. A l'avant-plan, retourneur à pince en action. En haut de la colonne de droite, boîtier à selsyns. Au centre, horloge du serrage de vis.

Chargeuse de haut fourneau

Le chargement du haut fourneau (fig. 18) se fait par deux skips. Chaque skip contient soit une des deux sortes de coke, soit un minerai ou un aggloméré choisi parmi six, auquel peut s'ajouter une addition.

On peut ajouter de l'eau dans certains skips. Enfin, la grande cloche peut supporter le contenu de plusieurs skips. Il faut désigner sur le programme le skip après lequel cette cloche doit s'ouvrir.

Après un cycle de 32 skips maximum, le même programme recommence. Un affichage par commutateurs est donc suffisant.

Il y a 32 colonnes comportant chacune :

- 1 voyant ;
- 2 commutateurs ;
- 3 inverseurs.

Les deux commutateurs servent à choisir la matière ; le premier inverseur décide si on met de l'eau ou non, le second si on abaissera la cloche après que la matière choisie y aura été déversée ; le troisième inverseur, permet d'arrêter le cycle à cet endroit et de le faire recommencer au début si le programme comporte moins de 32 skips.

Le voyant qui est éclairé indique la colonne que les mémoires sont occupées à lire. Un pas à pas réalisé par circuits transistorisés et qui progresse d'un pas chaque fois qu'un skip est chargé, permet à des mémoires d'emmagasiner les indications de cette colonne. Cette lecture est en avance de deux skips sur celui en chargement de telle façon que la préparation des charges puisse commencer aussitôt que possible ; les informations lues ne seront pas nécessairement employées immédiatement. L'indication de descente de grande cloche, par exemple, doit être retardée. C'est pourquoi le système de lecture est suivi de mémoires successives dans lesquelles les informations cheminent jusqu'au moment où elles auront été employées.

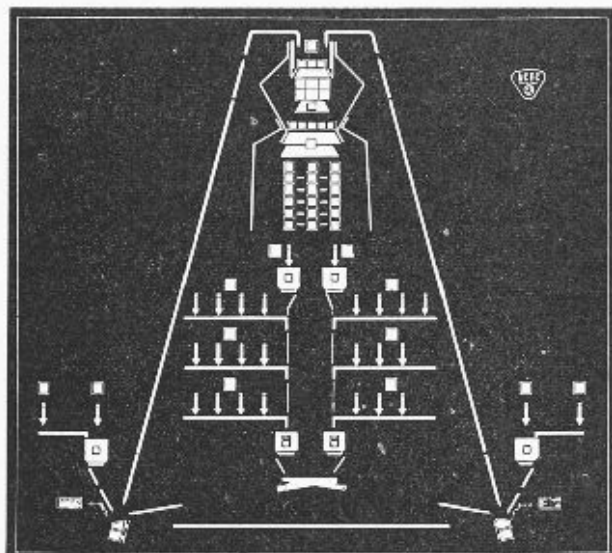


Fig. 18. — Schéma synoptique d'une chargeuse de haut fourneau.

Par ce programme, les charges voulues sont pesées dans des trémies jusqu'au poids affiché sur le tableau par potentiomètre à indication digitale, puis déversées dans un des skips qui reçoit éventuellement de l'eau; l'automatisme donne les consignes à la régulation pour la montée des skips qui se déversent sur une petite cloche.

Un programme auxiliaire également fixé par commutateurs détermine l'angle de rotation à appliquer à cette charge. La petite cloche s'ouvre et si le programme le demande, la grande cloche s'ouvre ensuite.

Des sondes qui contrôlent le niveau dans le haut fourneau ne permettent toutefois cette ouverture de grande cloche que s'il est nécessaire de déverser une charge. Dans le cas contraire, le programme est bloqué jusqu'au moment où le haut fourneau en a besoin.

En cours de fonctionnement automatique, il est possible à un opérateur d'intervenir dans n'importe quelle opération; cette intervention sera cependant toujours soumise à tous les verrouillages de sécurité. Il est également possible de faire passer en « Entretien » une partie de l'installation.

Ascenseur à mémoire

L'ascenseur sélectif-collectif réalise automatiquement une marche équivalente à celle d'un train omnibus qui ne s'arrêterait qu'aux stations où un passager désire débarquer ou embarquer pour aller dans le sens du mouvement en cours et qui ferait demi-tour avant d'atteindre son terminus, s'il n'y a personne à déposer ou à prendre aux dernières stations.

Ce qui distingue ce programme des précédents, c'est le caractère entièrement aléatoire des appels. Ceux-ci non seulement arrivent dans un ordre quelconque, mais en plus ils peuvent se présenter en cours de fonctionnement: aussitôt que ce nouvel appel se présente, l'automatisme l'intègre dans le cycle prévu. Bien que par l'ampleur cette réalisation soit beaucoup plus simple que la précédente, on y voit apparaître un élément nouveau: l'élaborateur d'ordres logiques (fig. 19). C'est lui qui fait le pont entre les appels et les ordres de mouvement

Ascenseur sélectif collectif à groupe W. L.

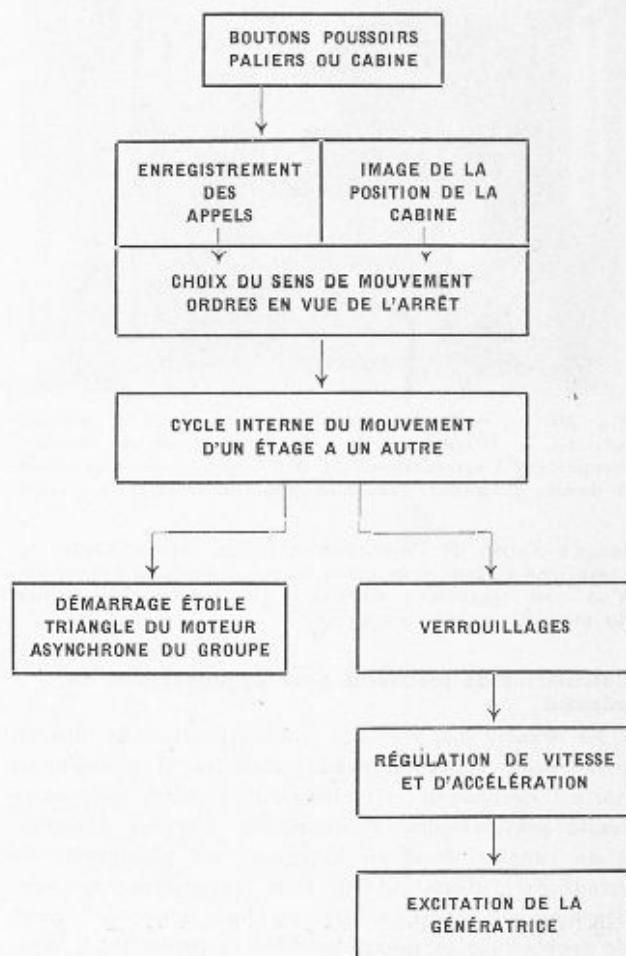


Fig. 19. — Bloc schéma de la commande d'un ascenseur sélectif-collectif.

en appliquant les consignes générales qui ne sont rien d'autre que la définition donnée plus haut de l'ascenseur sélectif-collectif.

Elaborateur d'ordres logiques

L'élaborateur d'ordres logiques comporte deux parties auxiliaires:

- L'enregistrement des appels qui mémorise tout appel jusqu'au moment où il a été satisfait.
- L'image de la position de la cabine; il ne s'agit pas d'une image mécanique, mais de fonctions logiques définissant cette position.

En connaissance de ces deux données, l'élaborateur d'ordres logiques fournit deux sortes de consignes:

- lorsque l'ascenseur est à l'arrêt, le sens dans lequel le mouvement doit s'enclencher;
- lorsque l'ascenseur est en mouvement, l'ordre en vue de l'arrêt.

Séquences internes et verrouillages

Ayant reçu une consigne de sens de marche, l'automatisme déclenche la séquence nécessaire à la mise en marche de la cabine: démarrage du groupe Ward-Léonard si celui-ci est à l'arrêt, fermeture des portes, verrouillages, levée du frein et envoi des consignes de vitesse et d'accélération à l'organe de régulation qui est ici un amplificateur magnétique. Une autre séquence se déroule lorsqu'il reçoit un ordre en vue de l'arrêt.

Armoire de commande (fig. 20)

L'équipement de commande réalise une liaison directe entre l'automatisme à transistor et la régulation à amplificateur magnétique. Depuis l'appel par bouton-poussoir

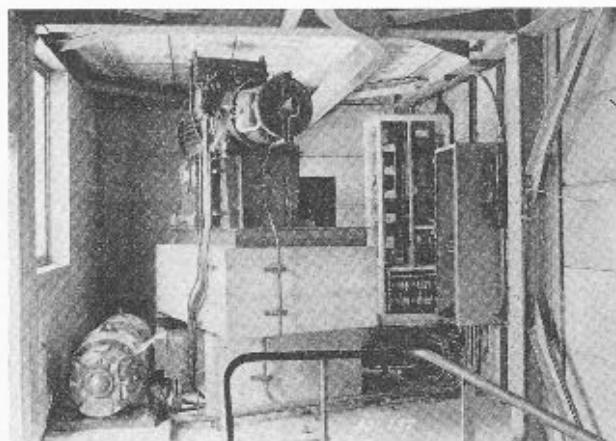


Fig. 20. — Salle des machines d'un ascenseur sélectif-collectif à Ward-Leonard. Au fond, à droite, armoire comportant l'automatisme et les organes de régulation. A droite, à l'avant, boîtier d'appareillage pour le groupe.

jusqu'à l'arrêt de l'ascenseur à l'étage désiré, toutes les opérations se font sans relais ni contacteurs, à l'exception d'un seul contacteur auxiliaire qui diminue l'excitation du moteur pendant les arrêts.

Calculateur de processus pour agglomération de minerais

Le dernier pas vers une automatisation de plus en plus poussée est fourni par le calculateur d'optimisation qui est également un élaborateur d'ordres mais ne se limite plus, comme l'élaborateur d'ordres logiques, à de simples décisions logiques : ses possibilités de calcul lui permettent de faire apparaître dans ces décisions des fonctions fort compliquées qui s'efforcent de représenter le mieux possible le processus à commander : le *modèle mathématique*.

Ce modèle mathématique qui relie entre elles toutes les variables du phénomène doit permettre au calculateur, en tenant compte des mesures qui lui sont fournies, de donner des consignes aux variables d'entrées en vue d'obtenir un certain résultat à la sortie.

Il est bon de préciser ces idées en se basant sur le problème en cours de réalisation : l'agglomération de minerais.

Consignes générales

Dans la majorité des cas, les consignes générales se rapportent aux résultats de sortie :

- rendement et prix de revient ;
- volume de production ;
- qualité du produit : l'aggloméré est notamment défini par sa composition chimique et sa constitution physique (granulométrie, friabilité, cohésion).

Dans d'autres fabrications, ces consignes pourraient également porter sur les proportions des matières premières à l'entrée ou les quantités relatives de produits finis (essence et fuels de différentes compositions, par exemple).

La consigne donnée au calculateur est d'optimiser l'une de ces valeurs ou une fonction qui en inclut plusieurs. Il n'est évidemment pas possible de demander au calculateur d'optimiser deux valeurs (sauf le cas pratiquement inexistant de deux variables indépendantes) : l'optimum de l'une ne saurait coïncider avec l'optimum de l'autre. Pour les autres valeurs, on doit se contenter d'imposer des contraintes sous lesquelles on ne descendra pas. Les caractéristiques de l'installation imposeront également d'autres contraintes : température maximum, etc.

Dans l'installation prévue, on cherchera d'abord à produire du bon aggloméré de qualité optimum.

Lorsqu'une qualité suffisante aura été atteinte, on pourra imposer cette qualité comme contrainte et demander un prix de revient minimum.

Mise en marche de l'installation

À la mise en marche de l'installation, le modèle mathématique que permet de bâtir la bibliographie existante n'est pas suffisant pour intégrer immédiatement le calculateur dans la boucle. Il fera uniquement du *data logging* : scrutation d'un grand nombre de mesures et du *data handling* : manipulation de ces données.

Lorsqu'une quantité suffisante d'informations aura été recueillie, une calculatrice à usage général recherchera les corrélations et bâtira un premier modèle mathématique qui sera alors fourni au calculateur de processus. À ce stade, on aura besoin d'un modèle de remise à jour qui devra corriger le modèle mathématique. Ce n'est que lorsqu'on disposera d'un modèle suffisamment sûr qu'il sera possible de passer à l'optimisation.

Conclusions

Ces quelques exemples montrent qu'aucun des procédés utilisés pour fournir les données à des automatismes à programme variable n'exclut les autres.

La chargeuse de haut fourneau fournit l'exemple d'un programme qui se reproduit constamment et peut être simplement affiché sur commutateurs. Les exemples à bandes et cartes perforées montrent plusieurs manières de donner les valeurs numériques : sur la bande dans le cas du tour, par des tableaux à fiches ou des fins de course dans le train réversible à billettes.

D'autre part, chaque exemple montre qu'il faut pouvoir intervenir dans tous les processus par des claviers, des commutateurs ou des boutons-poussoirs.

Le calculateur nous a montré, enfin, les grandes possibilités de l'optimisation qui n'excluent toujours pas, cependant, les interventions manuelles.

Il faut enfin souligner combien il est heureux que l'on dispose, à l'heure actuelle, pour ces problèmes, de circuits logiques statiques qui présentent la sécurité nécessitée par ces grands complexes et qui forment la transition idéale vers les calculateurs puisque tous deux emploient les mêmes techniques et le même langage.

621.391 : 53.083.7

APPLICATIONS DES CIRCUITS LOGIQUES DANS LA TRANSMISSION DES INFORMATIONS NUMÉRIQUES¹

par M. A. DESBLACHE²

Le problème de la transmission des informations en général est un vieux problème. Sans remonter plus haut que le XX^e siècle, on peut dire que celui-ci a été traité d'une manière extensive pour le téléphone et le télégraphe.

Pour le téléphone, il y a séparation complète des deux actions :

- 1^o Recherche du correspondant.
- 2^o Transmission de l'information parlée.

Les moyens logiques mis en œuvre pour la recherche du correspondant correspondent à une technique très

¹ Conférence présentée le 18 décembre 1962 devant la Section genevoise de l'Association suisse pour l'Automatique (ASSPA).

² Ingénieur, à la Compagnie IBM France.