

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept.)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

	1983, n° 1
	1983, n° 3-4
	1983, n° 3-4
	1984, n° 1 (1er semestre)
	1984, n° 2
	1985, n° 1
	1985, n° 2
	1986, n° 1
	1986, n° 2
	1987, n° 1
	1987, n° 2
	1988, n° 1
	1988, n° 2
	1989
	1990
	1991
	1992
	1993, n° 1 (1er semestre)
	1993, n° 2 (2eme semestre)
	1994, n° 1 (1er semestre)
	1994, n° 2 (2eme semestre)
	1995, n° 1 (1er semestre)
	1995, n° 2 (2eme semestre)
	1996, n° 1 (1er semestre)
	1997, n° 1 (1er semestre)
	1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)
	1998, n° 4 (4e trimestre)
	1999, n° 2 (2e trimestre)
	1999, n° 3 (3e trimestre)
	1999, n° 4 (4e trimestre)
	2000, n° 1 (1er trimestre)
	2000, n° 2 (2e trimestre)
	2000, n° 3 (3e trimestre)
	2000, n° 4 (4e trimestre)
	2001, n° 1 (1er trimestre)
	2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)
	2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)
	2002, n° 2 (décembre)
	2003 (décembre)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1978, n° 1
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1978

Collation	1 vol. ([40] p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	44
Cote	INDNAT (122)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.122

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reporterà à la [notice publiée en 2012 : « Pour en savoir plus »](#)

[Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

[Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abondant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

Daniel Blouin, Gérard Emptoz, [« 220 ans de la Société d'encouragement »](#), Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMPTOZ, [« Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours »](#), Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

*Comptes rendus et Conférences
de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale*

*fondée en 1801
reconnue d'utilité publique*

Revue trimestrielle
1978 - N° 1

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

- **La cinématique continue —
son principe, ses réalisations, son évolution,**

par Gérard BARDET, p. 3

- **Les mécanismes à mouvements séquentiels et leur application dans
la conception des machines spéciales travaillant par enlèvement
de copeaux,**

par Bernard HENRY, p. 7

Publication sous la direction de M. Henri NORMANT

Membre de l'Institut, Président

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité
de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.

Abonnement annuel : 60 F le n° : 20,00 F C.C.P. Paris, n° 618-48

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

EXTRAIT DES COURS DE MÉTALLURGIE ET MÉTALLURGIE

La Cinématique Continue

Son principe, ses réalisations, son évolution ^(*)

Président-Directeur Général d'AUTOMATISME ET TECHNIQUE.

La Cinématique Continue est un procédé cinématique permettant d'effectuer sur un produit des opérations de traitement successives tandis que ce produit reste animé d'une vitesse de translation constante.

Une machine en Cinématique Continue permettant la mise en œuvre de ce procédé est un ensemble constitué par des barillets opérationnels, équipés de postes de travail ou de postes de contrôle, et par des dispositifs de transfert reliant entre eux ces barillets opérationnels. Le produit à traiter parcourt cet ensemble d'un mouvement continu à vitesse constante, les opérations de traitement du produit, qui peuvent être des opérations de transformation ou de contrôle, étant effectuées sans altérer ce mouvement.

**

On appelle « système élémentaire » l'association d'un barillet opérationnel et des dispositifs de transfert qui lui sont liés et qui assurent l'alimentation de ce barillet en produits à traiter ainsi que l'évacuation des produits traités.

Le traitement effectué sur un barillet opérationnel ne comporte en principe qu'une seule opération, qu'il s'agisse d'une opération de transformation du produit ou de contrôle de ce produit.

Cette opération s'effectue tandis que le produit parcourt, d'un mouvement continu à vitesse constante, un arc α sur le barillet opérationnel. On s'efforce généralement, dans la conception des machines en Cinématique Continue, de donner à cet arc α une valeur maximale. Il subsiste toutefois toujours un arc $(2\pi - \alpha)$ qui n'est pas utile pour l'opération de traitement, mais qui est nécessaire pour établir les liaisons entre le barillet opérationnel et les dispositifs de transfert et aussi pour procéder à des opérations annexes (nettoyage des outillages, étalonnage des dispositifs de contrôle etc...).

Pendant son parcours de l'arc α sur le barillet opérationnel le produit reste indexé avec un poste de travail comportant des outillages ou des dispositifs qui interviennent sur le produit. La durée de cette intervention, augmentée des temps se-

(*) Conférence prononcée dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, le 27 octobre 1977.

condaires nécessaires pour l'engagement des outillages ou des dispositifs sur le produit, et pour leur dégagement, constitue la durée pratique d'exécution θ , exprimée en secondes, de l'opération de traitement.

Si ω est la vitesse de rotation constante du bâillet opérationnel, exprimée en nombre de tours par seconde :

$$\omega = \frac{\alpha}{2\pi\theta} \quad (1)$$

Si φ , exprimé en nombre de produits par seconde, est la cadence de production recherchée, N le nombre de postes de travail à répartir suivant un pas p constant sur la circonference primitive du bâillet opérationnel, c'est-à-dire la circonference de rayon r sur laquelle se situent les produits à traiter :

$$N = \frac{\varphi}{\omega} = \varphi \frac{2\pi\theta}{\alpha} \quad (2)$$

$$r = \frac{Np}{2\pi} = \frac{p\varphi\theta}{\alpha} \quad (3)$$

Tout produit sur lequel doit être appliquée un traitement en Cinématique Continue comportant n opérations individuelles, de transformation ou de contrôle, doit faire au préalable l'objet d'une analyse fonctionnelle très précise. Cette analyse permet :

- de connaître la durée θ de chaque opération ;
- d'évaluer les cotes d'encombrement des outillages ou des dispositifs qui doivent intervenir sur le produit et qui, rapprochées des cotes du produit lui-même, permettent de définir l'intervalle ou pas qui doit séparer deux produits successifs ;
- de choisir les dispositifs de transfert les mieux adaptés, ce qui permet d'évaluer α .

Connaissant ainsi les valeurs de θ , p et α , on peut, par les relations (2) et (3), déterminer les valeurs de N et de r et donc définir dans son ensemble le bâillet opérationnel correspondant à une opération donnée, et, en fin de compte,

les n bâillet opérationnels correspondants à l'ensemble du traitement.

Le choix des dispositifs de transfert, intervenu antérieurement permet également d'évaluer les distances à ménager entre les axes des bâillet opérationnels et de déterminer la disposition relative la plus avantageuse de ceux-ci.

On aboutit ainsi très rapidement et simplement à une définition, au moins approchée, de l'encombrement de la machine perpendiculairement aux axes des bâillet opérationnels, c'est-à-dire de l'encombrement au sol de la machine.

Les dimensions de la machine parallèlement aux axes des bâillet peuvent également être cernées rapidement à partir des encombrements et des courses des outillages ou dispositifs de traitement, fournis par l'analyse fonctionnelle préalable, ainsi qu'à partir des encombrements des dispositifs d'alimentation des composants secondaires.

Enfin, connaissant le nombre et les dimensions des bâillet, leurs vitesses de rotation ainsi que leurs positions relatives, il est facile de définir dans ses grandes lignes le système de transmission à prévoir pour l'animation des bâillet, et de définir l'ordre de grandeur de la puissance à mettre en jeu.

Ainsi est-il possible, à partir d'un produit et d'une analyse fonctionnelle précise de son procédé de traitement, de parvenir rapidement pour la machine en Cinématique Continue susceptible d'effectuer ce traitement, à une définition sommaire certes, mais suffisante pour esquisser une structure d'ensemble de la machine, situer son encombrement et la puissance qui lui est nécessaire, voire même en estimer le coût de construction approximatif.

**

Après cet exposé théorique, le conférencier projette deux films qui soulignent la diversité possible des applications de la Cinématique Continue puisque l'un d'eux concerne la fabrication de produits pesant quelques grammes

(cubes-cocktails) et l'autre le traitement d'objets pesant plus d'une centaine de kilos (moules et boîtes à noyaux de fonderie).

De nombreuses variantes peuvent être prévues dans les dispositions d'assemblage des barillets opérationnels et des dispositifs de transfert, de façon à tirer dans chaque cas particulier le maximum de profit des particularités et des avantages de la Cinématique Continue, particularités et avantages que l'on peut résumer comme suit :

1. — *La Cinématique Continue est spécifique des hautes cadences.*

Il faut entendre par là la possibilité de choisir une valeur élevée pour le produit $\theta \times \varphi$ du temps opérationnel par la cadence de production de la machine, cette cadence étant par ailleurs fonction de la nature, des dimensions, et de la masse du produit à traiter. Des cadences de l'ordre de 10 pièces par seconde sont fréquemment atteintes et même dépassées, puisque une réalisation récente dans le traitement des munitions de petit calibre assure un débit de plus de trente pièces par seconde. De telles cadences sont inaccessibles, sous un encombrement acceptable, aux machines en cinématique non continue.

2. — *La Cinématique Continue permet d'effectuer automatiquement une succession d'opérations diverses dans lesquelles ces opérations sont en nombre pratiquement illimité.*

Cette possibilité repose avant tout sur l'extraordinaire fiabilité des machines en Cinématique Continue, fiabilité établie sur l'observation prolongée de plusieurs centaines de machines *AUTOMATISME ET TECHNIQUE* en exploitation. Seule, cette fiabilité exceptionnelle peut permettre, sans la moindre reprise intermédiaire l'enchaînement automatique dans de bonnes conditions de rendement d'un grand nombre d'opérations successives sur un même produit. La suppression de toute manipulation intermédiaire s'affirme ainsi comme un facteur important d'amélioration du prix de revient.

3. — *Dans la succession automatique des opérations effectuées sur un même produit, la Cinématique Continue s'accommode, de façon optimale de temps d'exécution très différents.*

En effet, tandis que lors de l'exécution automatique d'une succession d'opérations sur un produit dans une installation transfert en cinématique non continue, la cadence de production est commandée par l'opération la plus longue, puisque le nombre des outillages affectés à l'exécution de chacune des opérations est identique, il n'en est pas de même en Cinématique Continue, où le nombre d'outillages affectés à l'exécution de chacune des opérations est proportionnel à la durée de cette opération. Cette adaptation du nombre des outillages se traduit par l'adaptation des diamètres des barillets opérationnels et elle a en outre comme conséquence que tous les outillages de la machine sont utilisés à temps complet soit pour le traitement du produit, soit pour assurer le reste du temps le nettoyage et l'étalonnage. Cette utilisation à plein temps n'est pas possible en cinématique non continue.

4. — *La Cinématique Continue permet une grande précision dans le traitement des produits.*

Cette précision est essentiellement une conséquence des perfectionnements successifs apportés aux concepts des « véhicules » et des montages d'indexage du produit sur les barillets opérationnels.

Si le produit circule dans des véhicules successifs dont les formes successives s'adaptent étroitement aux formes successives revêtues par le produit en cours de transformation, on sait extraire temporairement de façon simple le produit d'un véhicule pour l'indexer rigoureusement par rapport au poste de travail en vue de l'exécution d'une opération donnée.

5. — *La Cinématique Continue offre une grande souplesse d'adaptation.*

Cette souplesse revêt deux aspects :

- le perfectionnement de la construction « modulaire » — un module étant par exemple constitué d'un barillet opérateur et d'un dispositif de transfert associé — permet maintenant très rapidement sur une machine en Cinématique Continue effectuant une succession d'opérations, d'ajouter ou de retrancher des opérations ou encore de substituer des opérations à d'autres ;
- le perfectionnement des postes de travail et notamment la mise au point de têtes de travail automotrices, préglables et à mise en place rapide permet en quelques minutes d'échanger des postes de travail soit pour apporter une modification aux opérations, soit pour remédier à un incident.

6. — Les organes des machines en Cinématique Continue, ainsi que les produits qui y sont associés, ne sont pas soumis comme sur les machines classiques à des décélérations et accélérations successives. Il en résulte un fonctionnement silencieux, et une réduction spectaculaire de l'usure des organes et de l'énergie mise en œuvre pour les animer.

7. — A cadence de production égale, l'encombrement au sol d'une installation en Cinématique Continue est beaucoup plus faible que celui de l'installation classique réalisant les mêmes opérations.

**

La sanction la plus éloquente de ces avantages est à la fois le nombre de machines en Cinématique Continue étudiées par *AUTOMATISME ET TECHNIQUE* qui sont actuellement en service dans 35 pays et la variété des Industries auxquelles ces machines sont destinées. Ce nombre et cette variété portent témoignage de l'intérêt de cette conception.

Les mécanismes à mouvements séquentiels

et leur application

dans la conception des machines spéciales travaillant par enlèvement de copeaux ()*

par Bernard HENRY

Chef de Service attaché à la direction de Renault-Machine-Outils Billancourt

I. — DEFINITIONS GENERALES.

Tout mécanisme industriel à mouvements séquentiels, fonctionnant dans un but déterminé, se caractérise par une suite de mouvements logiques simultanés ou successifs, organisés de telle sorte que l'ordre de départ ou d'arrêt est commandé par une fonction magnétique, pneumatique, hydraulique, électrique (électronique), introduite dans la chaîne de fonctionnement du mécanisme.

Les moteurs assurent les mouvements.

Une unité de commande en assure le contrôle et la gestion grâce aux informations reçues des capteurs.

Si la machine-outil spéciale est une application des mécanismes à mouvements séquentiels, toutes les industries les utilisent :

— machines d'usinage,

— machines de soudure,

— machines de fonderie,

pour ne citer que celles du domaine qui nous intéresse.

II. — LES MACHINES SPECIALES D'USINAGE.

2.1. DÉFINITION DE LA MACHINE SPÉCIALE D'USINAGE.

Une machine-outil d'usinage est destinée à exécuter le plus souvent un type d'usinage déterminé sur des pièces de formes et dimensions différentes dans certaines limites. Par contre, la machine spéciale exécute des usinages variés et simultanés nécessaires à l'obtention de pièces identiques ou peu différentes, appartenant à une même famille et, de ce fait, permet une production maximum pour un investissement inférieur.

(*) Conférence prononcée dans l'Hôtel de la Société, le 27 octobre 1977.

2.2. HISTORIQUE.

La machine spéciale est née des nécessités de la production automobile dans nos pays occidentaux et, par un effet de réciprocité, le développement des véhicules de tourisme, à la demande de la clientèle, a entraîné des progrès considérables aux machines spéciales et un développement d'un réseau important de

de nouveaux moyens d'usinage, des ingénieurs ont conçu des machines-outils spéciales à mouvements séquentiels, permettant une fabrication de pièces en grande série, à cadence élevée. A l'époque : 25 - 40 - 60 pièces à l'heure étaient une performance. Des machines transfert usinaient les pièces principales des moteurs, boîtes de vitesses et organes mécaniques du véhicule.

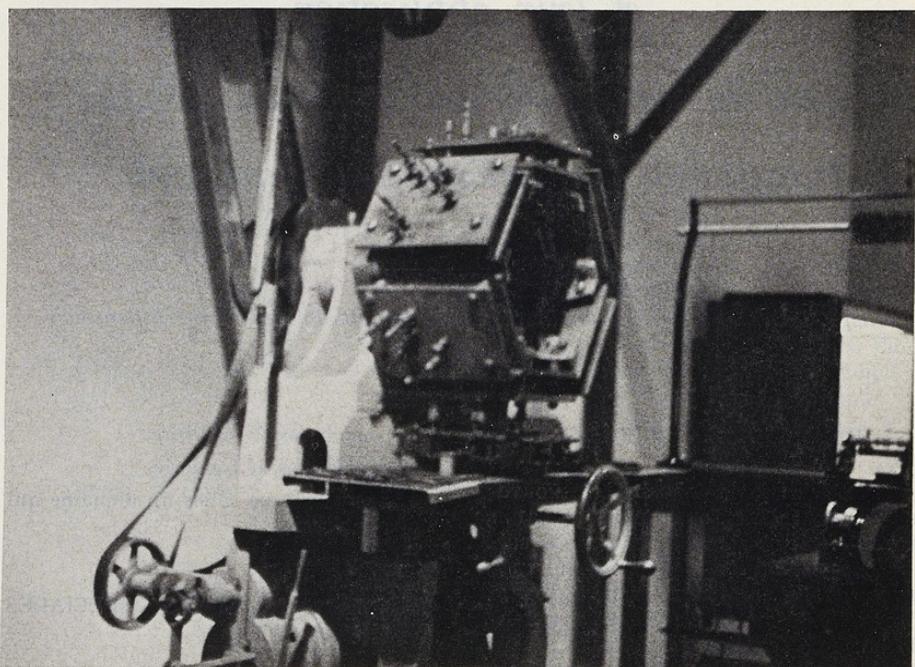


PHOTO U.S.A. — *Fraiseuse Cincinnati équipée en machine spéciale avec têtes multiples, année 1890.*

constructeurs dans les principaux pays les plus industrialisés.

Néanmoins, déjà en 1890, pour une production en série de bâts de machines à écrire, Cincinnati créait une machine spéciale en adaptant, sur une fraiseuse classique, des boîtiers de broches de perçage, permettant l'usinage des différents trous, simultanément sur les 3 faces de la pièce.

En 1945, lorsqu'il a fallu rééquiper les usines d'automobiles, et doter les ateliers

2.3. FONCTIONNEMENT.

Tous les mouvements de déplacement de pièces : orientation, fixation, opérations d'usinage, sont gérés par des unités de commande recevant les informations des capteurs disposés sur les trajectoires des différents mouvements, que les fonctions soient assurées par une logique pneumatique, hydraulique, électrique ou bien, dans l'évolution actuelle, par un calculateur ordinateur et ses périphériques.

ques. Ceux-ci sont reliés à des unités de distribution de puissance, à relais électro-magnétiques. D'ailleurs, le plus souvent, ces différents systèmes de commandes sont associés suivant le type de mouvement à assurer ou l'organe à mettre en action.

2.4. CONCEPTION ACTUELLE DES MACHINES SPÉCIALES D'USINAGE.

2.4.1. *But.*

Il ne faut pas oublier que la réalisation d'une machine spéciale d'usinage n'est pas une fin en soi. C'est un moyen, pour un industriel, d'obtenir une pièce à un prix de revient le plus économique possible, c'est-à-dire pour une production donnée de pièces de qualité souhaitée, choisir les moyens en : main-d'œuvre et machines nécessaires et suffisants, en tenant compte :

- de la charge salariale,
- de l'investissement et de son amortissement.

La machine spéciale est donc issue de la gamme de fabrication de la pièce.

2.4.2. *Gammes de fabrication.*

Elle est fonction de la qualité de pièces à produire dans un temps déterminé (cadence horaire et nombre de mois ou d'années de production). L'expérience, la connaissance des possibilités actuelles des machines, des outils de coupe, le niveau des progrès techniques actuels des moyens de réalisation offerts par les constructeurs de machines-outils (sans oublier les contraintes de plus en plus fortes concernant les conditions de travail de la main-d'œuvre) sont les éléments indispensables nécessaires au préparateur de conception de gammes de fabrication.

Le plus souvent, la gamme d'usinage réagit sur le dessin de la pièce à produire et les possibilités de modifications de ce dessin influeront sur les moyens à mettre en œuvre pour son exécution (présence de points de départ, points de bri-

dage, faces de manutention, précision désirée...).

Le départ de la conception d'une machine spéciale repose donc sur une gamme de fabrication logique, compte tenu des facteurs signalés précédemment.

2.4.3. *Conception générale des machines-outils spéciales. Cas de pièces fixes pendant l'usinage à l'outil.*

A partir d'une gamme d'usinage d'une pièce mécanique donnée qui est établie en fonction : d'un regroupement de types d'opérations, d'une progression logique dans l'obtention de surfaces de précision souhaitée, le concepteur de la machine (le projeteur du bureau d'études) imagine et trace la pièce à usiner dans son environnement :

- *l'outil* : son choix, son type, son encombrement ;
- *la pièce* : ses appuis, les moyens de son orientation, de son maintien pendant les opérations d'usinage.

Ce sont les bases de départ de l'étude des postes de travail de la machine, sans oublier que l'outil fait des copeaux et qu'il faut les évacuer. Tout cela c'est « l'art » du dessinateur de machines spéciales. Naturellement, à ces éléments s'ajoutent :

- La conception des supports de postes de travail.
- Les bâtis.
- Les moyens de déplacement des pièces : manuels ou automatiques (transfert).
- Les systèmes de commandes, côté outil.

Ce sont tous les organes d'entraînement, de guidage, de pénétration (avance de travail), de recul, etc...

Les constructeurs de machines spéciales ont établi, pour tous ces organes de : supports, bâtis, consoles, éléments statiques, un choix tout dessiné et, le plus souvent en stock. De même, côté outils,

un choix d'organes (unités d'usinage), broches, paliers, glissières, systèmes d'entraînement en rotation, systèmes d'avance, dispositifs de guidage, etc..., qui existent et que le dessinateur incorporera dans sa conception de la machine en fonction des types d'opérations d'usinage à réaliser, en tenant compte :

- des efforts en jeu,
- des conditions d'usinage,
- vitesses de coupe,
- avance de l'outil,
- précision du travail nécessaire,
- élimination des copeaux,
- matière de la pièce à travailler,

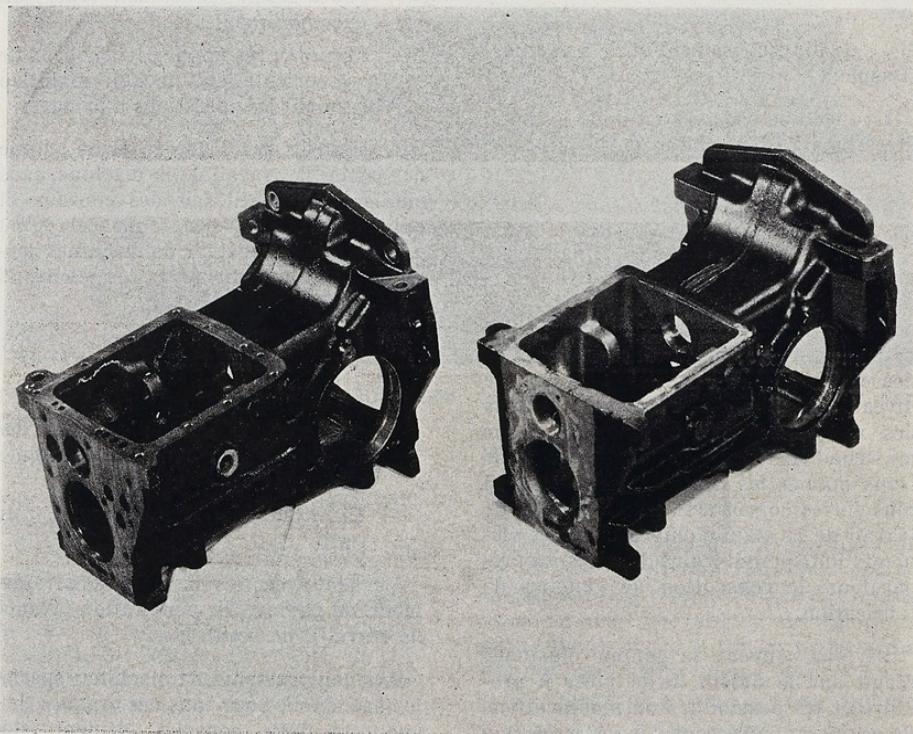
autant de conditions que l'expérience et son niveau de connaissances de la tech-

nique actuelle lui permettent d'observer judicieusement.

L'ensemble complexe, étudié autour de la pièce et de l'outil, ne s'anamera que par les : moteurs (électriques et hydrauliques), vérins pneumatiques, hydrauliques, magnétiques, commandés en séquentiels par un ensemble de relais, distributeurs ou unité de commande électronique, de gestion, informés par les capteurs disposés sur les mouvements des organes constituant la machine.

III. — APPLICATIONS.

Afin de rendre plus vivant cet exposé, nous allons prendre quelques exemples de chaînes de fabrication avec quelques machines spéciales, transfert, conçues



DOCUMENT RNUR. — *Carters de boîte de vitesses : à droite, pièce brute ; à gauche, pièce usinée terminée.*

pour la très grande série, la fabrication des pièces mécaniques constitutives des organes de véhicules automobiles et leurs accessoires. Réalisations de Renault Machines-Outils.

3.1. *Prenons un exemple de chaîne complète d'usinage pour un carter en fonte de boîte de vitesses d'un véhicule automobile dont la production journalière doit atteindre 2 500 boîtes par jour, cette boîte étant montée sur plusieurs véhicules de la marque, en l'occurrence dans la gamme des véhicules Renault : R4, R5 et R6.*

La cadence horaire théorique de la chaîne, élément de base de la préparation de la gamme et de la conception des machines, sera calculée sur 230 pièces/heures environ, sachant que les ateliers de fabrication travaillent en 2 équipes et que le rendement global de la chaîne atteint 66/70 %, soit une sortie

pratique moyenne horaire de 160 pièces environ pendant 15 heures.

Ce rendement peut paraître faible, mais il tient compte de l'ensemble des facteurs humains et matériels, provoquant un arrêt momentané de la chaîne : pannes diverses, mécaniques, électriques, fluides, manque d'approvisionnement de pièces brutes à l'entrée, engorgement par arrêt des opérations diverses ultérieures, changement des outils, etc...

La gamme a établi une succession de 12 machines transfert, sans palette support de pièces, reliées par des convoyeurs, soit une installation complètement automatisée avec des lignes de stockage de pièces entre machines permettant d'arrêter l'une d'elles pour changements d'outils accidentels ou pour de courts dépannages, sans interrompre l'usinage et le fonctionnement des autres machines.

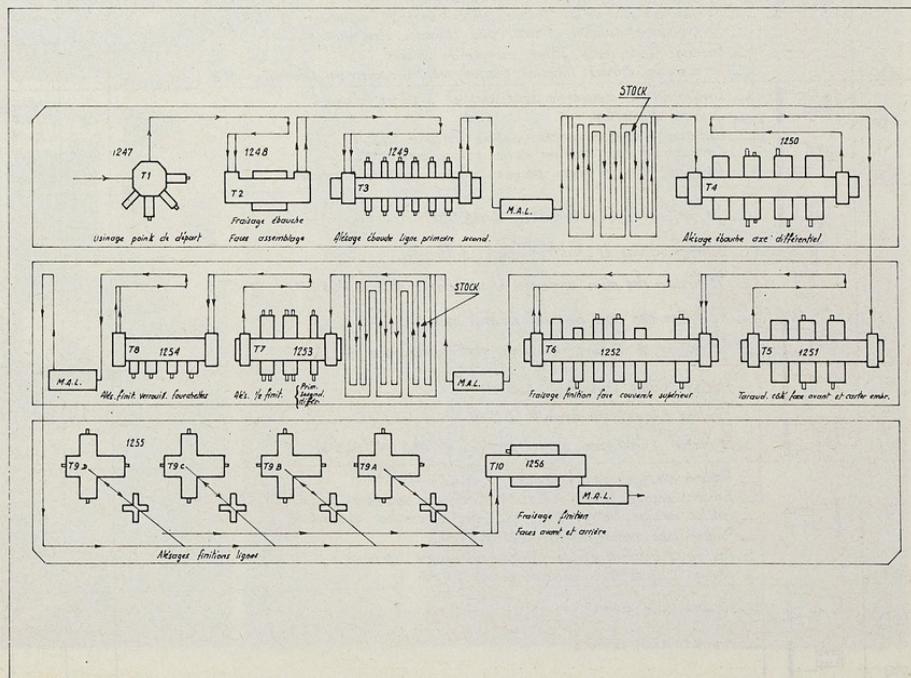


Schéma d'implantation des machines. Installation complète de la ligne.

CARTER DE MECANISME			Hauteur des pieds Intérieur Supérieur
N° TRANSFERT	SILHOUETTE	OPERATIONS	
1247		<ul style="list-style-type: none"> Fraisage 2 palins inférieurs. Usinage 2 trous départ usinage inférieur $\phi 12,48$. Percage 2 trous pied. barre transfert $\phi 10$. Percage 2 trous dégagement $\phi 10$. Usinage 1 trou de vidange $G 3/8$. Usinage 4 appuis de barre transfert $\phi 25$. 	4
1248		<ul style="list-style-type: none"> Ebauche face avant. Ebauche face arrière. 	4
1249		<ul style="list-style-type: none"> Ebauche face couverte supérieur et deux zones d'appui. Ebauche axes primaires et secondaires $\phi 38,5 - 45,5 - 70,5 \times 80 - 73 \times 76,5$. Ebauche 3 trous verrouillage $\phi 7$. Ebauche 1 trou axe de marche arrière $\phi 17,5 \times 23,5$. Ebauche 3 trous axe de fourchette $\phi 13,75 \times 14$. Usinage 1 trou de goupille $\phi 5,5 H 13$. Usinage 2 trous évacuation huile $\phi 13$. Percage 2 trous fixation plaque retenue roulement arbre primaire $\phi 6,75$. 	6,5
1250		<ul style="list-style-type: none"> Ebauche axe différentiel $\phi 102$. Percage et taraudage de 1+1 trou fixation arrière MB. Percage et taraudage de 12 trous fixation couverte supérieur $M7 \times 1,00$. Percage et taraudage de 1 trou remplissage $G 3/8$. Percage et taraudage de 1 trou contreferce phase reuel $M16 \times 1,00$. Lamage de 1+1 trous d'arrêt MB $\phi 20$. Lamage de 1 trou contreferce phase reuel $\phi 27$. Percage de 2 trous départ usinage $\phi 10,5$. Percage de 2 trous couverte supérieur $\phi 4,5$. 	
1251		<ul style="list-style-type: none"> Percage et taraudage 9 trous de fixation couverte avant MB. Percage 2 trous douille $\phi 25$. Percage 2 trous fixation carter embrayage $\phi 11,5$. Percage 2 trous pied couverte avant $\phi 4,5$. 1/2 finition et finition 2 trous départ usinage supérieur $\phi 12,47$. 1/2 finition et finition 2 trous pied couverte supérieur $\phi 6,7$. Fraisage zone bulle levier commande vitesse. Taraudage 2 trous fixation plaque retenue roulement primaire MB. 	6,5
1252		<ul style="list-style-type: none"> Finition face couverte supérieur et 2 zones d'appui. Sciage 2 parties. Usinage encoche condamnation largeur $5,011$. Lamage 4 trous fixation carter embrayage $\phi 22$. Usinage face d'appui plaque retenue roulement primaire. 	9 (st. 3) 7 (st. 10)
1253		<ul style="list-style-type: none"> 1/2 finition axe différentiel $\phi 103 H 11$. Usinage gorge et chanfrein dans différentiel. 1/2 finition des axes primaires et secondaires $\phi 39,5 - 46,5 - 71,5 - 74 \times 77,5$. 1/2 finition des trous de pied couverte avant $\phi 5,5$. 1/2 finition de 2 trous de douille carter embrayage $\phi 12,5$. 	4
1254		<ul style="list-style-type: none"> Finition 3 trous verrouillage $\phi 8 H 11$. Finition 3 trous axe fourchette $\phi 15 H 9$. 1/2 finition 1 trou axe marche arrière $\phi 18,5 H 10 / 24,5 H 10$. 	7
1255		<ul style="list-style-type: none"> Finition clésages ligne primaire $\phi 40 K 7 - 47 K 7$. Finition clésage, filetage $M76 \times 1,50$ et filetage ligne secondaire $\phi 72 K 7 - 74,376 \times 78 H 7$. Finition clésage, filetage $M105 \times 1,50$ ligne différentiel $\phi 103,5 H 7$. Finition axe marche arrière $\phi 25 H 8 / 19 H 8$. Finition 2 trous de douille carter embrayage $\phi 13 H 8$. Finition 2 trous pied couverte avant $\phi 6,7$. 	7
1256		<ul style="list-style-type: none"> Finition face avant. Finition face arrière. 	7

Gamme complète d'usinage du carter.

La chaîne comprend :

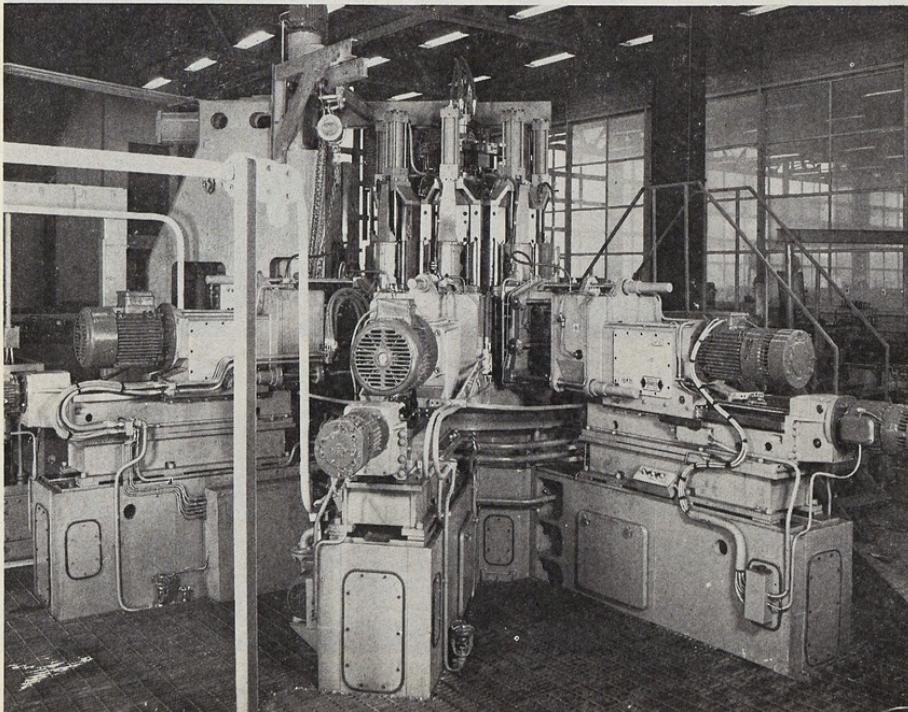
- 1 plateau pivotant d'usinage des points de départs, à 8 montages supports de pièces. La suite de la chaîne d'usinage est constituée de postes d'usinage avec transfert de la pièce sans palette ;
- 7 transferts d'usinage (fraisage, perçage, alésage, taraudage), disposés en série, reliés par convoyeurs ;
- 3 machines d'alésage finition des lignes principales des arbres (machines en croix permettant d'obtenir la haute précision des axes). Ces machines travaillent en parallèle, compte tenu du temps élémentaire d'opération incompatible avec la cadence du reste de la chaîne ;

- 1 dernière machine transfert de reprise en finition des faces d'assemblage avec les autres organes du véhicule.

Réalisation de cette ligne et description des machines.

Les pièces brutes, venant de la fonderie, sont déposées en position verticale sur un convoyeur à rouleaux d'où elles sont prises, une par une, par les pinces d'un transbordeur aérien alimentant la première machine.

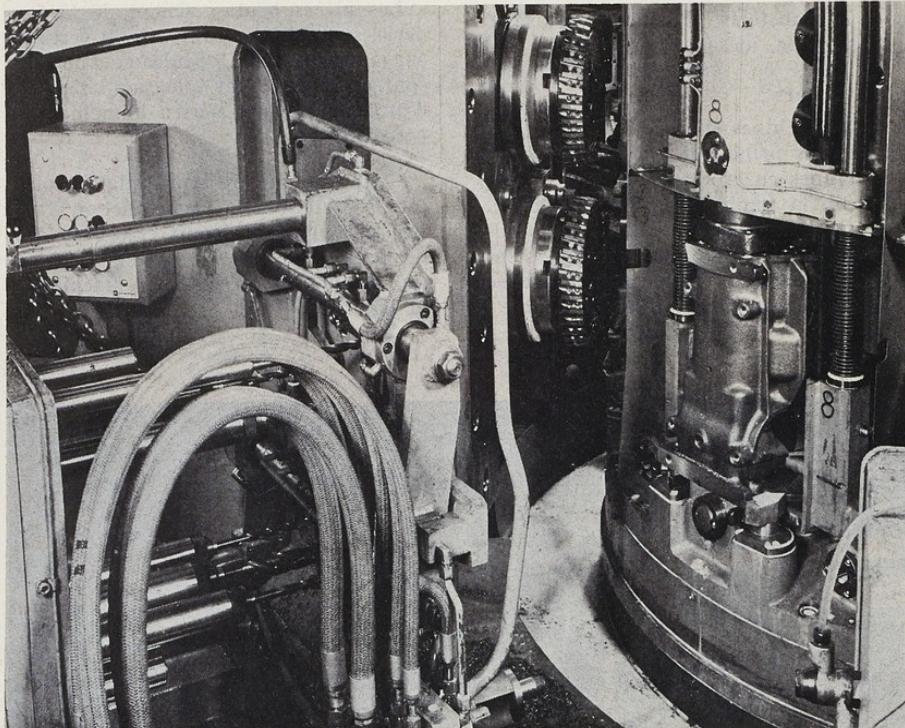
Cette machine, du type à plateau pivotant à 8 stations, a pour fonction d'usiner les points de départ et les surfaces des patins de dégauchissage et de bridage qui seront utilisés sur la 2^e machine de la ligne.



1^{re} machine de la ligne. Plateau pivotant à 8 stations.

La pièce est dégauchie automatiquement d'après le brut de fonderie. La fin de bridage déclenche l'évolution du plateau tournant.

7^e évolution du plateau amène la pièce au poste de déchargement d'où elle sera évacuée automatiquement vers un convoyeur alimentant la 2^e machine transfert à 6 stations.



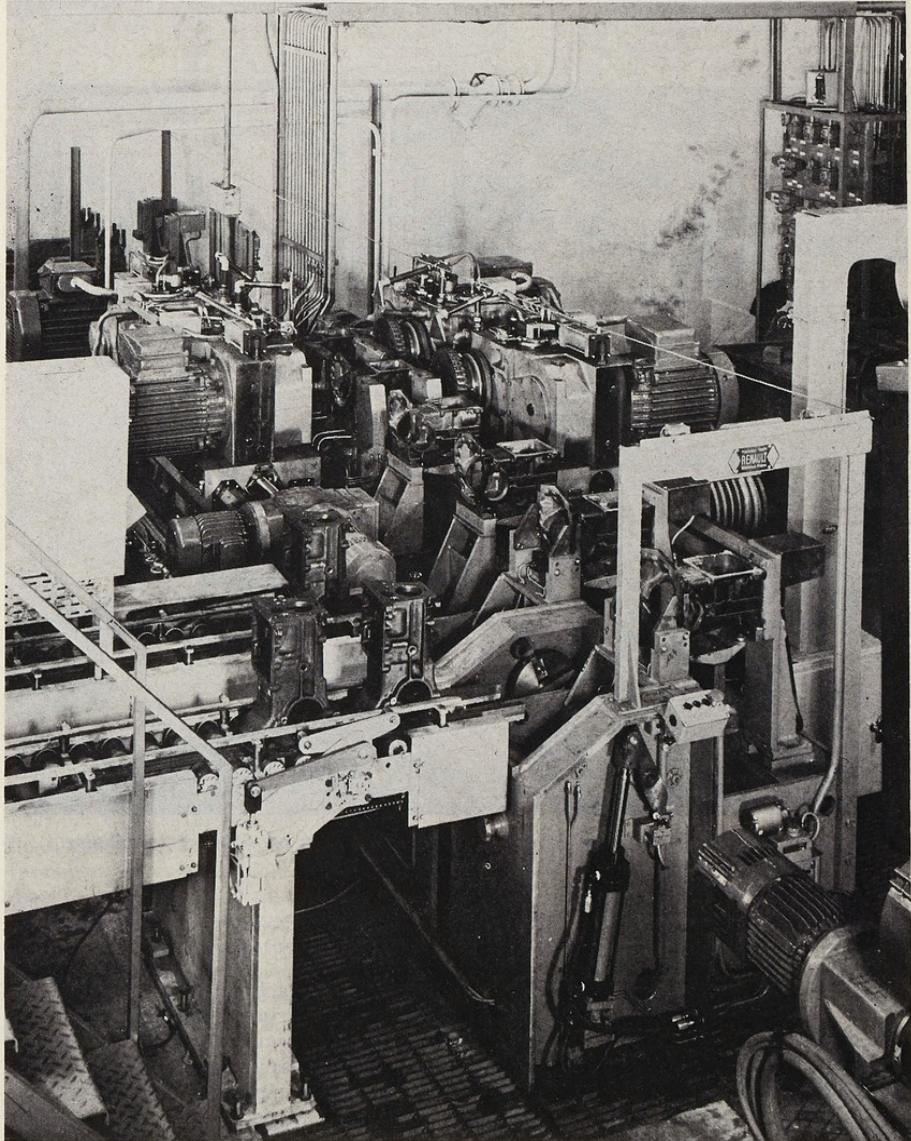
Vue détaillée du poste de fraisage.

Au poste 2, une unité verticale de fraisage à 2 broches, assure le fraisage de zones pour départ d'usinage et la fixation sur la chaîne d'assemblage finale de l'organe complet.

A chacun des postes suivants : 3, 4, 5, une unité horizontale multibroche, perce, alèse, chanfreine et taraude tous les trous situés sur la face inférieure de la pièce, face qui ne sera plus accessible sur les machines suivantes. Toutes les opérations sont exécutées simultanément, la

Sur cette machine, où les pièces seront usinées simultanément par groupe de 2, sera effectué le fraisage ébauche des faces A.V. et A.R., par 2 unités standards équipées chacune de 2 fraises.

A la sortie de cette machine, les pièces sont évacuées par un convoyeur vers la 3^e machine transfert à 15 stations, où les pièces sont également placées en travers du sens de déplacement et usinées par groupes de 2.

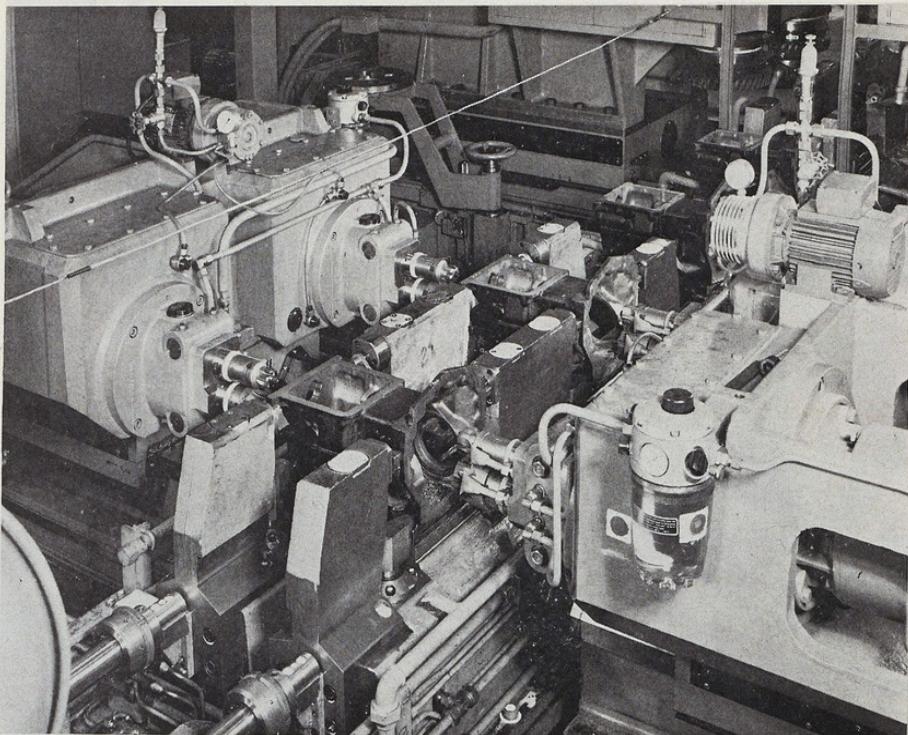


2^e machine. Transfert de fraisage des faces AV et AR.

9 unités d'usinages effectuent les opérations suivantes :

- fraîsage ébauche de la face couvercle et de 2 patins d'appui ;

tions, la pièce est pivotée et se présente en long par rapport au transfert ; y seront réalisées les ébauches des axes de différentiel et tous les perçages, lamages



3^e machine. Transfert-postes d'alésage ébauche des axes primaire et secondaire.

- perçage et alésage des trous de verrouillage et axes de fourchettes ;
- alésage ébauche des axes primaires et secondaire.

Après passage dans un tunnel de lavage, les pièces sont transportées vers la 4^e machine.

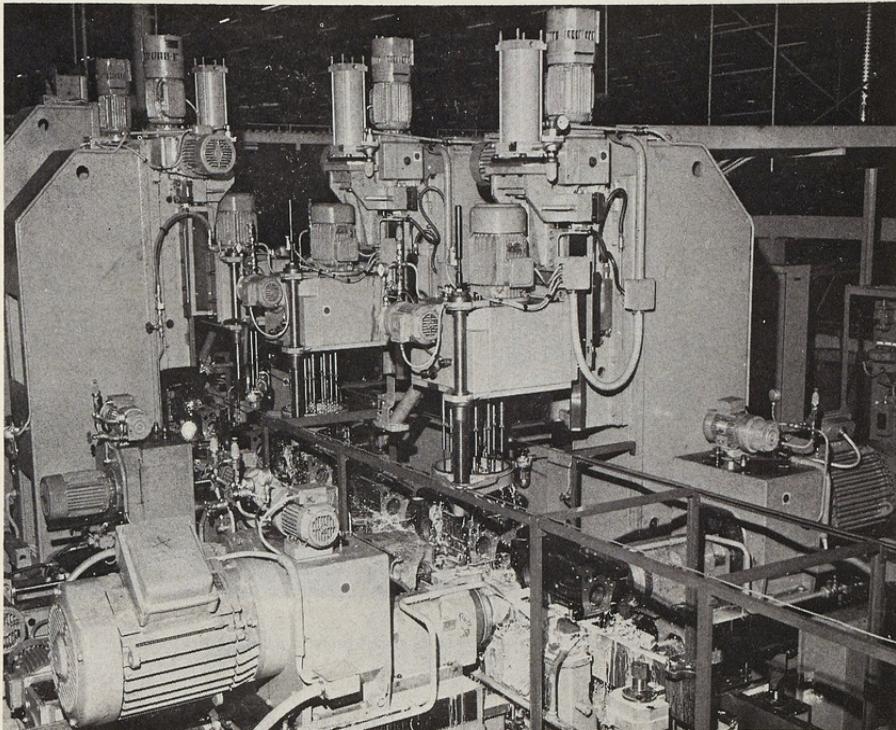
Un banc de stockage permet un stockage éventuel de 2 heures de production, en cas d'arrêt pour panne ou changement d'outils.

Sur cette machine transfert à 18 sta-

et taraudages situés sur les faces latérales.

De cette machine les pièces sont évacuées une par une, par un système de convoyeur enjambant l'allée de service et, après basculement, traverseront la 5^e machine transfert.

Cette machine à 14 stations reçoit la pièce en travers ; y seront effectués tous les perçages, taraudages, lamages, chanfreinages de tous les trous des faces A.V. et A.R., ainsi que les trous pilotes pour les opérations ultérieures.



4^e machine. Transfert d'usinage des axes du différentiel et perçages multiples.

Sur la machine suivante : la 6^e transfert à 16 stations, les pièces sont regroupées par 2 en travers du sens de déplacement pour subir les fraisages finition des faces couvercles et d'appui du roulement d'arbre primaire ainsi que l'encoche de condamnation et le lamage des 4 trous de fixation du carter d'embrayage. Un tunnel de lavage suit cette machine, puis un stock-tampon de même capacité que celui déjà vu entre la 3^e et la 4^e machine.

Les pièces arrivent à la 7^e machine transfert à 12 stations où, après pivotement, elles se présentent en long, pour y subir sur deux postes successifs, les alésages 1/2 finition d'axe de différentiel et les gorges de dégagement.

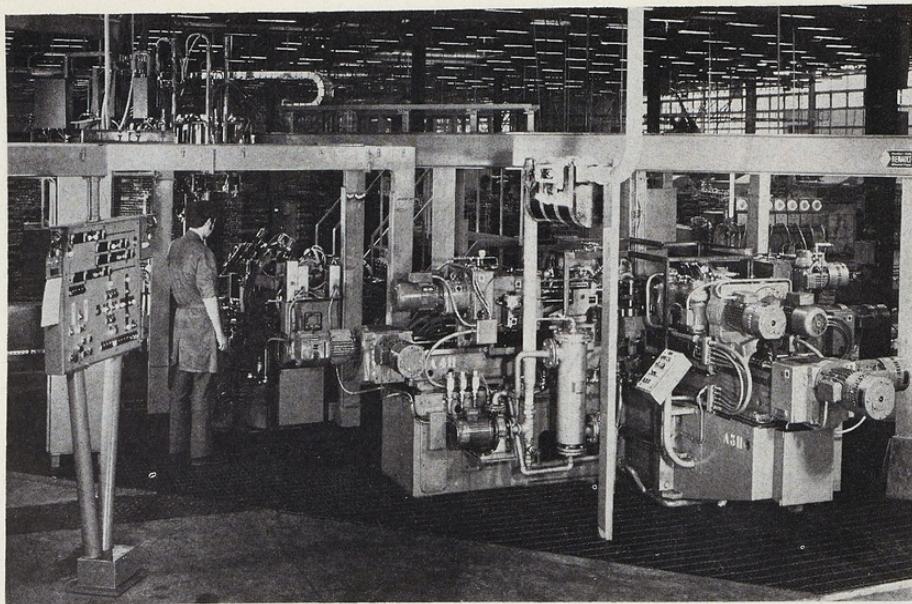
La pièce est pivotée de 90° et à la station 9 seront réalisés l'alésage 1/2 fini-

tion des axes primaire et secondaire ainsi que les trous de pieds de centrage.

De cette machine les pièces arrivent à la 8^e transfert à 11 stations où elles seront à nouveau regroupées par deux pour les alésages de finition des axes de fourchettes, de marche A.R. et des trous de verrouillage ; à la station 9, contrôle géométrique par appareil Etamic.

Après passage dans un tunnel de lavage, un convoyeur enjambant la 2^e allée de service alimente, par un répartiteur, le groupe des machines d'alésage-finition.

Ces opérations de finition ayant une durée triple de celles effectuées sur les autres machines, Renault-Machines-Outils a été amené à prévoir un groupe de



Groupe des machines d'alésage finition des lignes. 3 axes principaux.

3 machines en parallèle pour permettre d'assurer la cadence demandée.

Chacune de ces machines réalise simultanément toutes les opérations d'usinage de précision au même poste, de manière à garantir une parfaite géométrie de la pièce usinée, dans les tolérances les plus serrées.

Un ensemble automatique de transfert aérien charge et décharge la machine, il dessert également à l'A.R., un « automate » de contrôle géométrique des usinages réalisés, asservi à la machine d'alésage.

Celle-ci comprend 4 unités horizontales de précision, disposées à 90° l'une de l'autre.

Usinages réalisés simultanément sur ces 3 machines :

Postes 1 et 3 (monobroches).

— Alésage finition axe différentiel et filetage intérieur (pas de 1,50).

Poste 2 (4 broches).

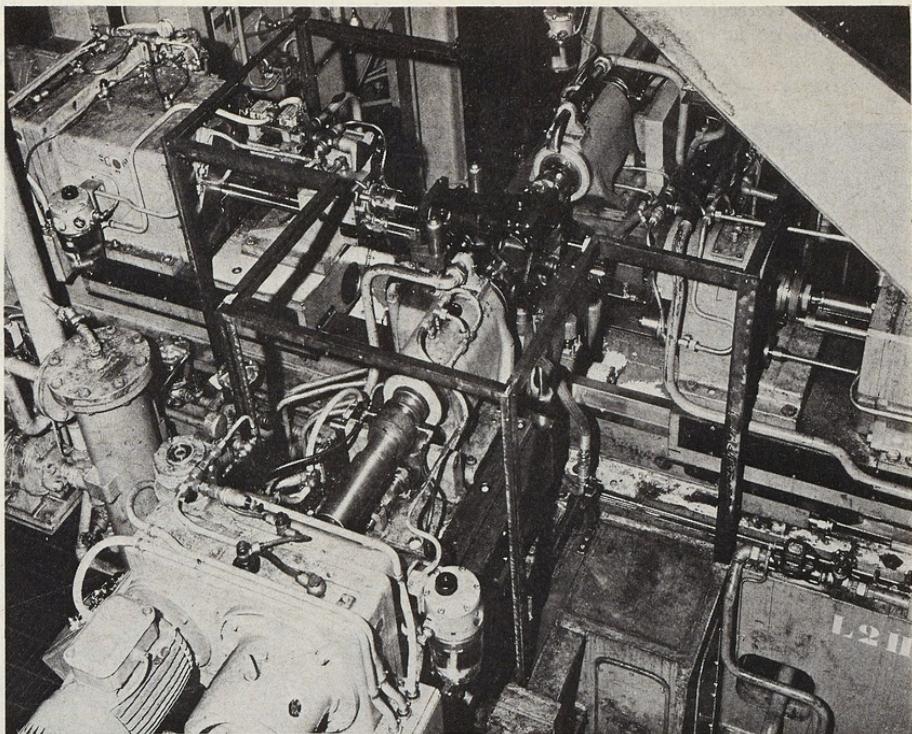
- Alésage finition axe primaire et 2 trous de centrage (H 7).
- Alésage finition et dressage face d'appui du pignon conique sur arbre secondaire.

Poste 4 (5 broches).

- Alésage finition axes primaire et secondaire et marche AR.
- Alésage finition trous de centrage.
- Filetage inférieur axe secondaire (pas de 1,50).

Les filetages sont réalisés à l'aide de peignes rétractables portés par les broches d'alésage de façon à garantir leur parfaite concentricité.

Le contrôle géométrique est effectué par 4 unités portant des broches à fuite pneumatique Etamic. Elles sont visualisées par voyants lumineux au pupitre de commande. Toute cote « hors tolérance » stoppe la machine à la 2^e lecture consécutive mauvaise.



Vue de dessus des postes d'usinage, le carter, les outils en travail.

Les différents alésages réalisés simultanément sont de la *classe 7*, la distance de la face d'appui du pignon d'attaque est tenue dans 0,05 mm.

Les pièces terminées d'alésage sont ensuite transférées vers la *dernière machine* où elles seront regroupées par deux pour le fraisage finition des faces AV et AR.

Après contrôle et lavage final, les pièces terminées sont acheminées vers l'atelier d'assemblage.

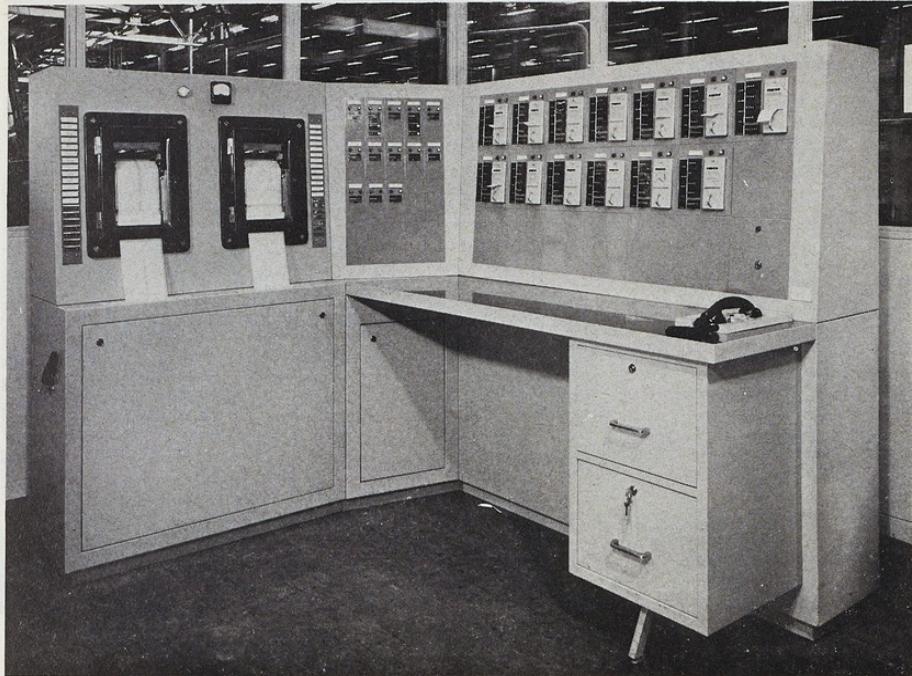
Caractéristiques techniques de la ligne :

— Nombre de machines 12

— Nombre total de stations de transfert	111
— Nombre total d'unités d'usinage	68
— Nombre total d'unités de contrôle	29
— Longueur développée de la ligne	240 m
— Puissance totale installée	960 Kw
— Encombrement au sol	34 m × 30 m
— Production réalisée	160 pièces/heure

Poste de contrôle général (ébauche de monitoring de la chaîne).

ment et le rendement de la ligne, il a été jugé indispensable de connaître les causes exactes des arrêts et d'en tenir des



Poste central de contrôle et surveillance de la chaîne complète des 12 machines et des stockages.

Toutes les machines de cette ligne sont connectées à un poste central de contrôle et surveillance.

A chaque unité correspond un enregistreur graphique horaire. La courbe tracée par le stylet sur les bandes des enregistreurs permet de savoir si la transfert correspondante est en service, si la cadence de fonctionnement est normale ou inférieure, et de combien. Si la transfert est arrêtée, la courbe permet de connaître la durée de l'arrêt. De ce fait, il est possible de prendre rapidement les décisions qui s'imposent dans le cas d'une situation anormale en un point quelconque de la ligne. Pour améliorer la qualité des usinages, le fonctionne-

ment et le rendement de la ligne, il a été jugé indispensable de connaître les causes exactes des arrêts et d'en tenir des statistiques. A chaque machine, un cadran téléphonique permet de composer un numéro code correspondant à la cause reconnue de l'arrêt.

La remise en marche d'une machine, ayant subi un arrêt ne peut s'effectuer qu'après l'envoi d'un signal codé au poste central où il est immédiatement enregistré. Une répétition trop fréquente d'un arrêt anormal pour une même raison, provoque une intervention pour y porter remède. Avec un personnel occupé principalement à des fonctions de surveillance ou de changement d'outils, la capacité de production horaire est de 160 pièces. Les usinages sont effectués sous arrosage

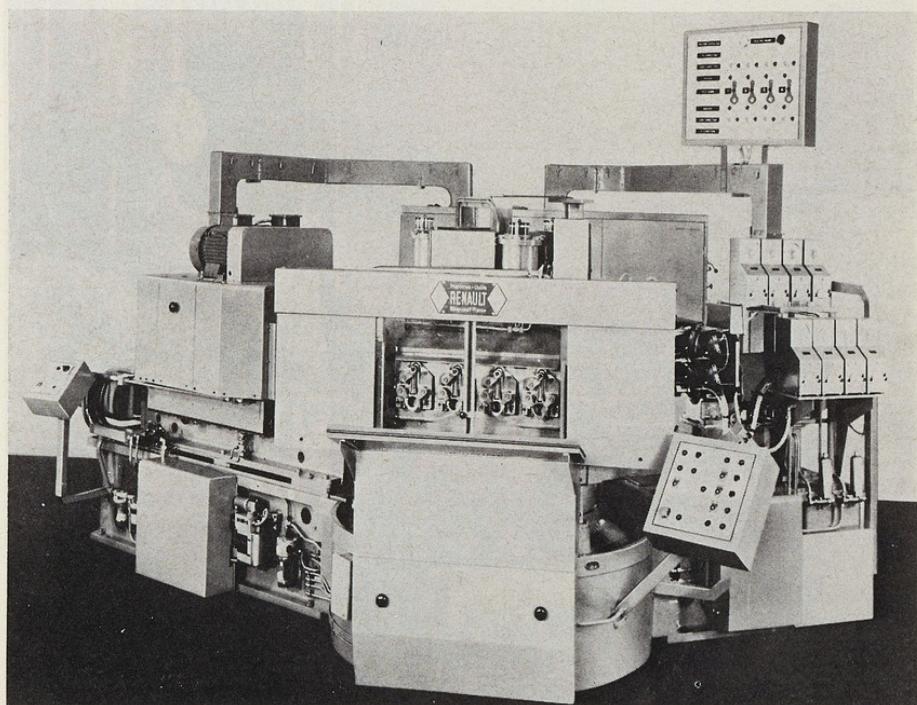
abondant d'huile soluble. Celle-ci est évacuée avec les copeaux au travers des bâts des machines par des caniveaux dans le sol. Une centrale de pompage renvoie le liquide épuré aux différentes machines.

3.2. UNE MACHINE SPÉCIALE DE PRÉCISION. ALÉSAGE FINITION D'UNE BIELLE DE MOTEUR.

Le corps de bielle et son chapeau ayant été usinés séparés sur différentes machines transferts, le chapeau est assemblé par boulons sur le corps pour subir les opérations d'alésage de précision, côté pied et côté tête.

de la chaîne avec un chargement manuel compte tenu du degré de soins nécessaire à son positionnement sur le montage. La machine comporte un poste de contrôle mesure des alésages exécutés avec une action mémorisée sur les broches d'alésage permettant une correction automatique de l'usure d'outils. Cette machine, du type à plateau pivotant à 3 divisions réalise *l'alésage finition de bielles*.

Du fait que les alésages de la tête et du pied sont réalisés simultanément sur 4 pièces, une seule intervention sur un grain aurait immobilisé toute la machine. Or, par expérience, un réglage s'avère



Machine à plateau pivotant d'alésage finition des bielles.

Ces opérations de haute précision ont été prévues par la gamme sur une machine à plateau pivotant isolée du reste

nécessaire toutes les 20 pièces. En considérant qu'un maximum de 200 pièces est réalisé entre deux affûtages de grain,

il apparaît que ces multiples interventions sur 8 porte-outils rendraient inacceptable le rendement de cette machine. Avec le dispositif de *correction automatique d'usure d'outil*, seul reste à effectuer manuellement le *remplacement des grains pour affûtage*.

Cycle de la machine.

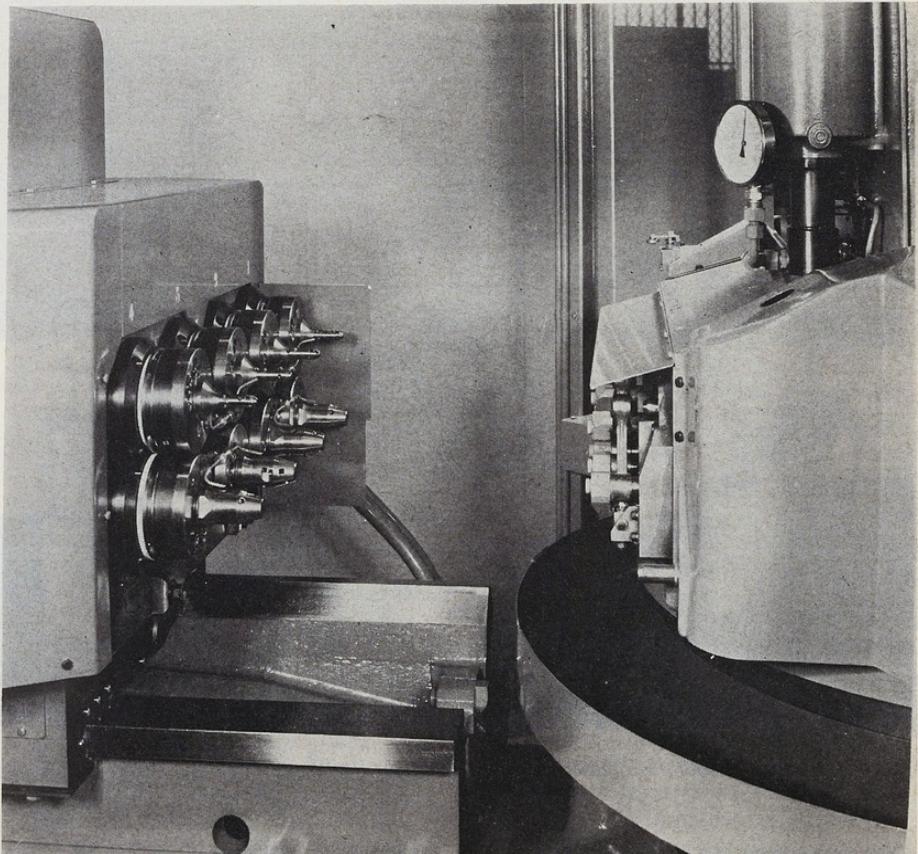
Les pièces sont déposées verticalement dans le montage porte-pièces par l'opérateur à la *station 1*.

Le bridage automatique des 4 pièces déclenche l'évolution de 120° du plateau

tournant qui présente les pièces à la *station 2*. A cette station, une *table électromécanique T.A.E.M. 24* équipée de 8 broches d'alesage de précision réalise l'alesage des têtes et pieds :

- alésage $1/2$ finition et chanfreinage à l'aller ;
- alésage finition au retour.

La fin de retour rapide de l'unité d'alesage autorise l'évolution de 120° du plateau tournant qui présente les pièces à la *station 3*. A cette station, une unité à déplacement commandé pneumatiquement, présente 8 broches de mesure qui



Le poste d'alesage avec ses 8 broches porte-outils de précision.

pénètrent dans les alésages réalisés à la *station 2*. Les lectures sont transmises à 8 têtes universelles « Etamic » qui relèvent et classent par plages les écarts entre la *cote réalisée* de chaque alésage et la *cote nominale*.

Ces informations sont mises en mémoire, et au moment voulu du cycle, elles seront transmises aux éléments de *commande de correction de position des outils* à la *station 2*.

Après *contrôle et enregistrement des cotes réalisées*, le plateau évolue de 120° et présente les pièces à la *station 1*, où elles seront déchargées par l'opérateur et remplacées par 4 pièces à usiner. Le temps de cycle de cette machine est de 30 secondes, permettant *une production horaire de 336 pièces à 70 % d'utilisation*.

Dispositif à correction automatique d'usure d'outils.

La lecture de la cote de chaque alésage à contrôler est faite par une broche à fuite pneumatique. Cette lecture ne se fait qu'après une temporisation d'environ 15 secondes, permettant une stabilisation de la pression de mesure et de la température de la pièce usinée. Elle est transmise à une tête universelle munie de 6 contacts qui déterminent, pour chaque alésage, 5 plages de tolérances.

Ces informations doivent être interprétées avant d'être transmises à l'élément de commande de correction.

Ainsi, pour les alésages de *pieds de bielle*, les lectures des cotes situées entre -3μ et $+6 \mu$ ne provoquent *pas de correction*.

Pour les alésages de *tête de bielle*, les lectures situées entre -7μ et $+10 \mu$ ne provoqueront également aucune correction.

Valeur des corrections.

La valeur de la correction à apporter à la position de l'outil varie suivant la position de la lecture par rapport à la

cote nominale. Plus on s'éloigne de celle-ci, plus la correction devra être importante.

Le tableau ci-dessous donne la valeur des corrections :

PIED DE BIELLE (tolérance $\pm 8 \mu$)	+ 10	correction :
	+ 6	-5μ
	0	<i>pas de correction</i>
	- 3	correction + 3
	- 6	correction + 6,5
	- 10	correction + 12
	- 17	
	+ 16	correction - 4,5
	+ 10	
	0	<i>pas de correction</i>
TETE DE BIELLE (tolérance $\pm 16 \mu$)	- 7	correction - 4
	- 10	correction - 9
	- 16	correction - 15
	- 23	

Les lectures donnant de gros écarts doivent pouvoir être confirmées par une *lecture sur la pièce suivante* après évolution du plateau car elles peuvent ne pas provenir du réglage des grains.

Un sélecteur au pupitre permet d'introduire les corrections :

- soit au début du cycle suivant,
- soit après une lecture de confirmation au début du 2^e cycle suivant.

Dans le cas où une première lecture n'est pas confirmée elle est effacée. C'est la seconde lecture qui passe en mémoire et ce sont les informations qu'elle donne qui commandent éventuellement une correction.

Un tableau lumineux visualise les lectures de cotes ; il permet à l'opérateur, d'une part, de contrôler la production et, d'autre part, lui signale le « lieu » et le « sens » des interventions.

Commande de la correction d'outil.

Etant donné que la lecture des cotes a lieu pendant le travail du poste d'alésage on ne peut donc intervenir immédiatement sur le réglage du grain. Il est donc

nécessaire de mettre en mémoire les informations relevées sur la tête de lecture.

Au moment voulu du cycle de la machine, c'est-à-dire après la fin de travail de l'unité d'alésage, les informations sont transmises aux éléments de commande de correction de position d'outils. L'élément de commande, disposé à l'arrière de la tête d'alésage, corrige, par un poussoir commandé électro-mécaniquement, la position de l'outil.

Retrait de l'outil.

En plus de la correction, l'élément de commande peut assurer une *seconde position d'outil* totalement indépendante du réglage pour usure. Cette seconde position d'outil, de valeur constante, est à commande électro-pneumatique. Cette possibilité est particulièrement intéressante pour effectuer un *retrait d'outil* dans le cas d'un alésage qu'on ne veut pas rayer au retour ou bien pour réaliser une passe de *1/2 finition à l'aller à une côte légèrement inférieure à la côte de finition au retour*.

Utilisation.

L'utilisation du *dispositif de correction automatique d'usure d'outils* sur cette machine a permis d'augmenter, dans de notables proportions, le rendement de cette machine qui est supérieur à 70 %, chiffre rarement atteint pour une machine de finition dans l'usinage de l'acier. Rendement qui serait inacceptable avec des réglages manuels, mettant en cause le principe même de la machine.

IV. — LES MACHINES SPECIALES DE MOYENNE SERIE.

Nous avons vu, précédemment, une chaîne d'usinage d'un carter de boîte de vitesses, composé d'une douzaine de machines transferts, adaptée à une fabrication de très grande série : 160 pièces/heure et plus, mais cela représente un investissement énorme, de l'ordre de 80 à 100 millions de francs et que des fabrica-

tions de petite série ne justifient plus. Les recherches concernant ces problèmes d'usinage ont abouti à la création de machines spéciales à éléments modulaires interchangeables automatiquement. Les boîtiers de broches multiples sont devenus interchangeables devant l'unité de travail, ou bien ceux-ci ont été disposés en tourelle à indexage automatique devant la face de la pièce à usiner.

Les constructeurs de machines spéciales ont donc créé de nouvelles unités standards et en particulier Renault Machines-Outils a développé ce type de machines dont les réalisations se classent en :

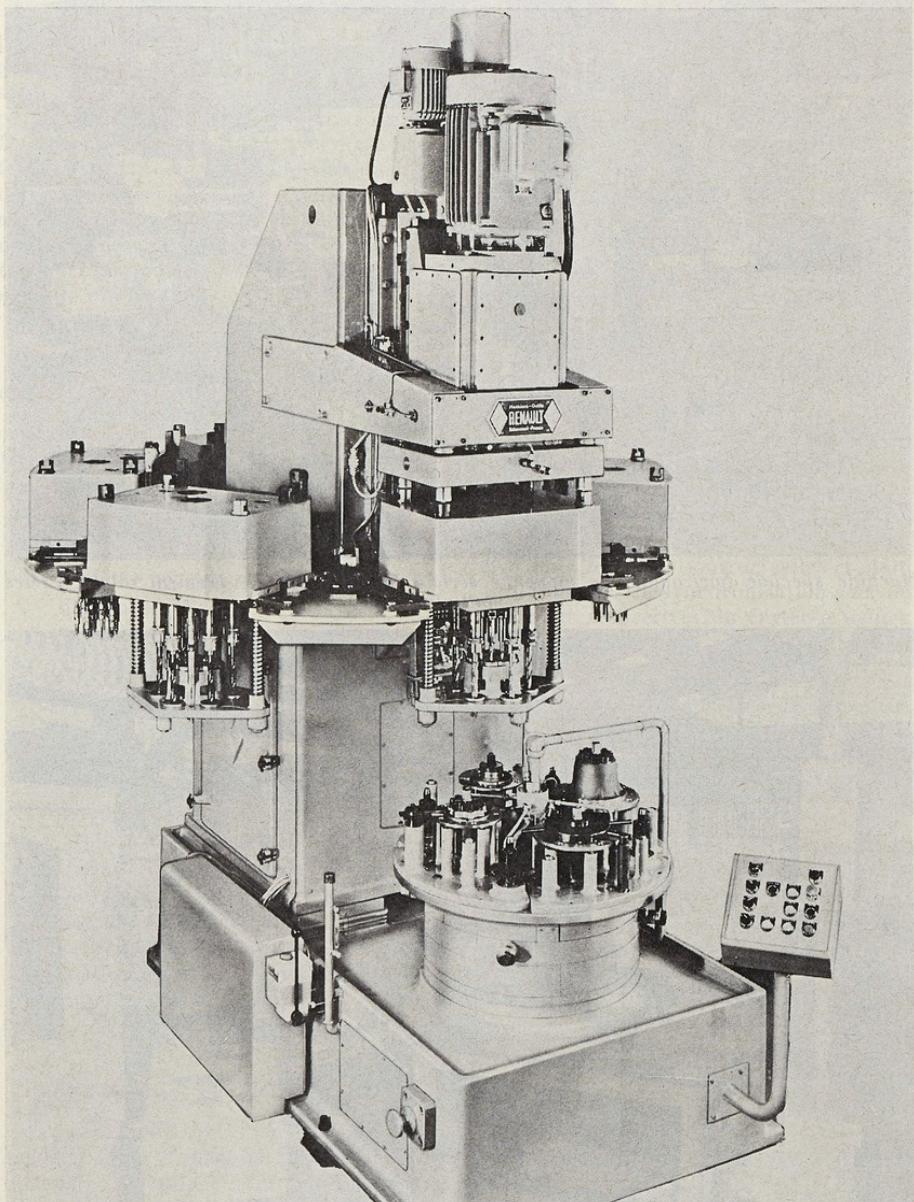
- machines verticales à couronnes de boîtiers de broches interchangeables, appelées P.T.M.A. (perceuses à têtes multiples amovibles).
- machines horizontales à tourelles de boîtiers de broches, appelées E.R.T.A. (éléments rotatifs à têtes multiples).
- enfin, une machine convertible : M.M.C. : unité à axe horizontal avec une circulation de boîtier de broches permettant l'usinage des différentes faces d'un carter par exemple mais, également, de carters de même famille, donc une machine de grande souplesse d'utilisation.

4.1. MACHINE VERTICALE P.T.M.A.

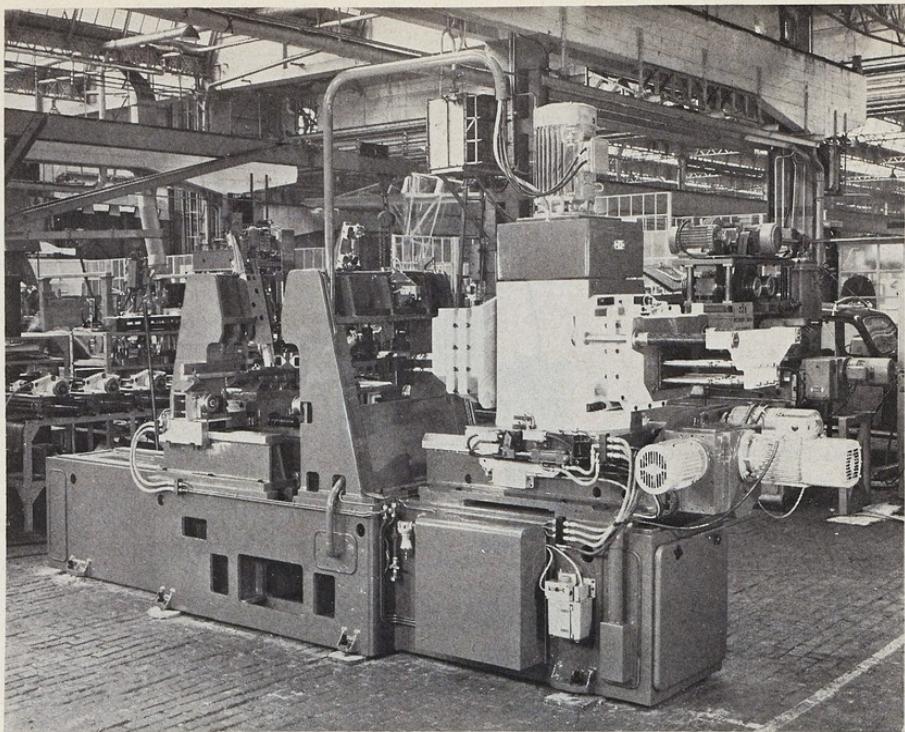
Machine spéciale adaptée à des cadences de fabrication de 2 à 10 pièces/heure. Pour un carter-cylindre Diesel 6 cylindres, de camions, nous avons réalisé plusieurs machines de ce type. En exemple, les faces supérieures et inférieures du carter comportaient respectivement :

- l'une, la *face culasse* : 87 trous à usiner ;
- l'autre, les *faces de carter d'huile et d'appuis des chapeaux* : 65 trous à usiner.

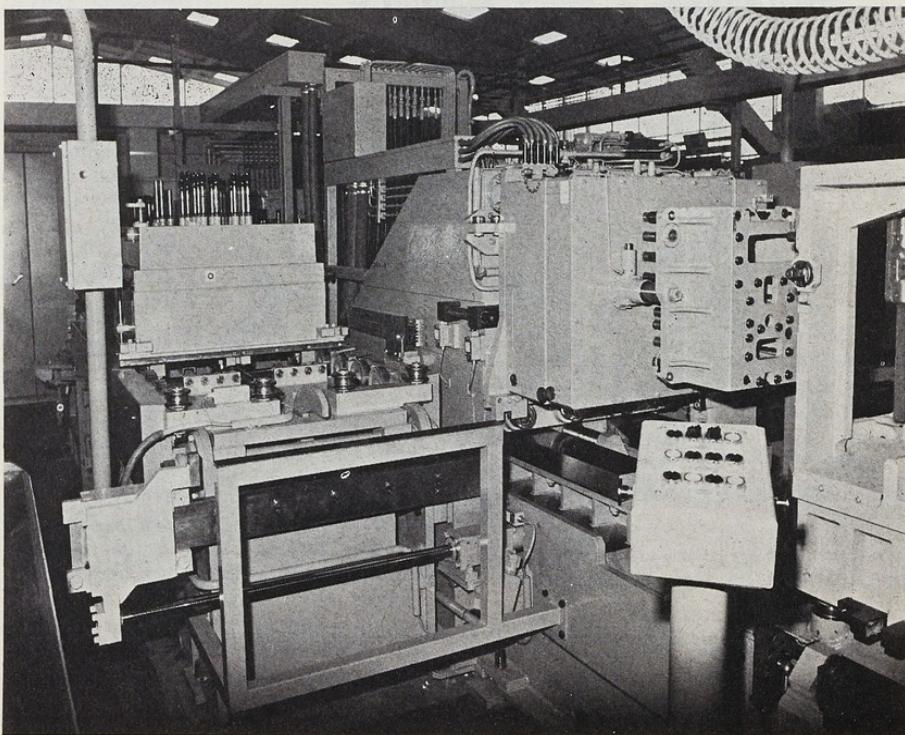
Certains de ces trous nécessitaient 2 ou 3 passages successifs d'outils, d'au-



Machine spéciale de moyenne série. Perceuse à têtes multiples amovibles. P.T.M.A.



Machine spéciale horizontale de moyenne série à tourelle. E.R.T.A. Elément rotatif à têtes multiples.



Machine spéciale horizontale de moyenne série à circulation de boîters de broches. M.M.C., machine modulaire convertible.

tres, à entr'axes réduits, entraînaient à répartir leurs usinages sur plusieurs têtes multiples de manière à éviter la fragilité de celles-ci.

La machine Renault, type P.T.M.A., a permis de résoudre tous ces problèmes avec un minimum de matériel et avec un seul opérateur employé à temps partiel pour le chargement et le déchargement. De plus, les usinages successifs étant effectués sur la même machine sans aucun démontage de pièces ou d'outils, nous avons une amélioration certaine de la qualité, une absence totale de stocks entre machines ainsi qu'un gain de surface occupée qui n'est pas négligeable.

Faces d'appuis du carter d'huile et des chapeaux :

1^{re} machine de base P.T.M.A. 23 : avec magasin de 5 têtes multiples.

- T.M. 1 : 49 broches de perçage.
- T.M. 2 : 22 broches de perçage, alésage ou lamage.
- T.M. 3 : 23 broches de perçage ou d'alésage.
- T.M. 4 : 6 broches de perçage + buses de soufflage/nettoyage.
- T.M. 5 : 49 broches de taraudage.

Cycle de fonctionnement.

- Chargement pièce dans montage à bridage hydraulique.
- L'unité verticale, par utilisation successive des 5 têtes multiples disposées dans le magasin circulaire entourant le bâti, réalise automatiquement les 149 opérations demandées. Temps sol à sol : 14 minutes à 70 % d'utilisation.

Face d'appui de la culasse.

Les usinages de cette face sont réalisés à l'aide d'une 2^e machine de même type P.T.M.A. 23, équipée d'un magasin comportant également 5 têtes multiples.

- T.M. 1 : 35 broches de perçage.

— T.M. 2 : 39 broches de perçage et alésage.

— T.M. 3 : 30 broches de perçage.

— T.M. 4 : 31 broches d'alésage ou de lamage.

— T.M. 5 : 31 broches de taraudage.

Les 166 opérations demandées sont exécutées en 12,5 minutes (sol à sol) à 70 % d'utilisation.

4.2. MACHINE HORIZONTALE (E.R.T.A.).

A partir de l'élément à tourelle de têtes multiples ont été conçues des machines à 3 directions d'usinage, avec déplacement de la pièce sur son montage-support à différentes positions. Toujours pour ce même carter-cylindre Diesel 6 cyl., nous avons réalisé plusieurs machines de ce type.

Les opérations les plus variées telles que : perçage, chambrage, lamage, fraisage, taraudage... sont successivement effectuées par les 4 têtes multiples dont sont pourvues les tourelles des unités E.R.T.A., les évolutions de celles-ci étant programmées en synchronisation avec les positions respectives du carter à usiner, celui-ci étant fixé sur une table à indexage à 2 positions.

Sur la machine ainsi décrite, les unités à tourelle (E.R.T.A.), totalisent, l'une 65 broches, l'autre 78 broches qui percent, fraisent, taraudent les 2 faces latérales du carter.

Une unité supplémentaire fixe dans l'axe de déplacement de la pièce perce et alése la face du carter côté distribution.

Description du cycle de la machine.

- Chargement de la pièce.
- Cycle d'usinage des têtes multiples 1 et 2 de chacune des unités latérales.
- Déplacement de la pièce, avance lente de la table vers les broches d'usinage de l'unité fixe.
- Cycle d'usinage des têtes multiples 3 et 4 de chacune des unités latérales.

- La fin du cycle d'usinage de la 4^e position des tourelles des unités E.R.T.A. déclenche le retour de la table portant la pièce vers l'opérateur pour le déchargement.

Cette machine exécute 148 *opérations* en 8,5 minutes, avec 1 seul opérateur employé uniquement au chargement et au déchargement.

4. 3. MACHINE MODULAIRE CONVERTIBLE.

Ce type de machine correspond à un nouveau développement des machines précédentes, avec permutation automatique des équipements au poste de travail :

- côté outils : une circulation de boîtiers de broches ;
- côté pièces : des montages supports avec manutention automatique du poste de travail au poste de chargement avec pivotement du montage éventuellement.

Ces machines, dont nous reparlerons plus en détails dans l'aperçu sur l'Exposition Mondiale de la Machine-Outil de Hanovre, constituent un progrès important dans les moyens d'usinage de familles de pièces à faible cadence et d'une grande souplesse d'utilisation.

V. — MACHINES SPECIALES D'USINAGE PARTICULIERES POUR DES PIÈCES VOLUMINEUSES DONT LA MANUTENTION EST DIFFICILE OU POUR REALISER DES OPERATIONS DE PRECISION DE CARACTERISTIQUES DIFFERENTES.

5. 1. MACHINE SPÉCIALE POUR ALÉSER LES ROUES DE WAGONS.

Bien qu'à priori, l'usinage de ces pièces sur tour horizontal ou vertical soit le genre d'opération courante auquel les usineurs pensent, il s'avère que l'alésage du moyeu sur une machine spéciale est plus précis et permet une manutention semi-automatique des roues.

Les pièces :

Les diamètres des roues de wagons s'échelonnent de 750 à 1 100 mm, l'alésage du moyeu de Ø 170 à 200 mm.

Matière :

Aacier mi-dur, de dureté 60 à 100 kg/mm².

Les pièces ont le chemin de roulement terminé d'usinage et le moyeu ébauché d'alésage.

Opérations effectuées sur la machine :

- Demi-finition de l'alésage du moyeu et chanfreinage d'un rayon côté appui de la pièce.
- Finition de l'alésage aux tolérances $\pm 0,02$ sur Ø 180 mm, cônicité et ovale $< 0,02$, état de surface 3,2 microns Ra.

Production :

60 pièces en 8 heures.

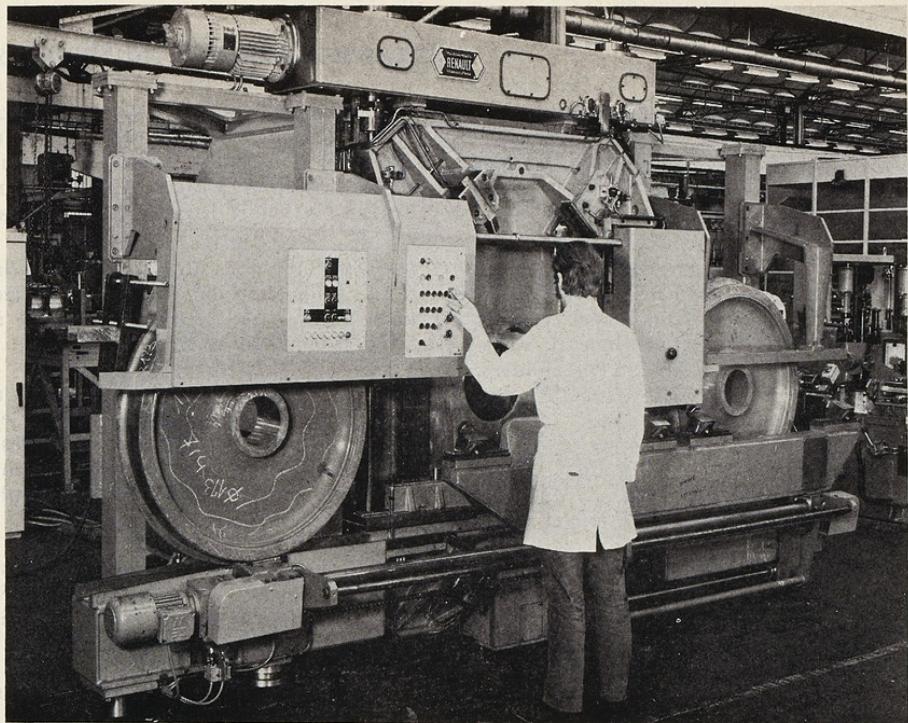
L'alésage est effectué par un porte-outil spécial à éclipsage des outils, avec plaquettes à jeter.

- Un outil à l'aller exécute la demi-finition,
- Un outil exécute le chanfrein rayon, côté appui de pièce,
- Un outil, au retour, exécute la finition à plus de 180 m/mn de vitesse de coupe.

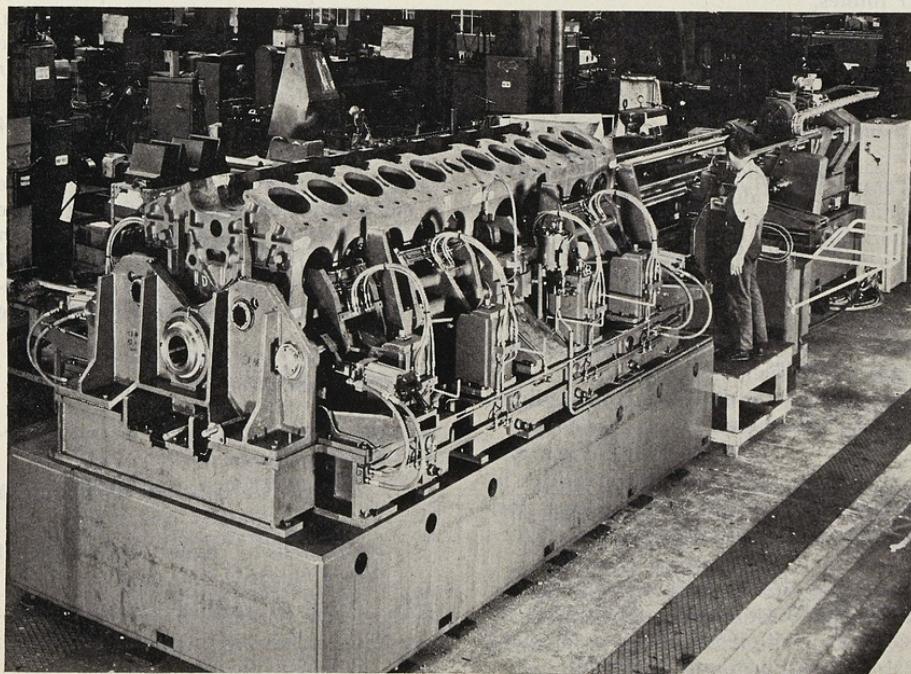
Le porte-outil est monté sur une broche de haute précision, à roulements N.N. et butées S.K.F.

La roue est dégauchie concentriquement par des mors auto-centreurs motorisés.

Le transfert des roues est commandé par un système automatique de manutention du poste d'entrée au poste d'usinage, puis au poste de sortie. Plusieurs de ces machines ont été réalisées pour les entreprises de matériel S.N.C.F.



Machine spéciale pour alésier les roues de wagons.



Machine d'alésage des lignes d'un carter cylindre Diesel V 10.

5. 2. MACHINE POUR ALÉSER LES LIGNES VILEBREQUIN ET ARBRE A CAMES DE CARTER-CYLINDRES DE MOTEURS MARINS OU MOTEURS DIESEL INDUSTRIELS OU MOTEURS DE LOCOMOTIVE.

Cette machine permet l'alésage des moteurs en V et en ligne par usinage simultané de 5 lignes pour les carters en V et de 3 pour les carters en ligne. Les carters en V sont des 12, 16 et 20 cylindres. Les carters en ligne sont des 6 et 8 cylindres.

Dimensions hors tout du 16 cylindres en V :

- largeur : 1,250 m,
- longueur : 2,982 m,
- hauteur : 1,168 m.

Matière : fonte ou acier moulé, suivant les types.

Masse du carter 20 cylindres en V : 7 tonnes.

Diamètre d'alésage de la ligne vilebrequin du 16 cylindres, Ø 188, 5 H6.

La machine comprend :

- 1 bâti rigide supportant le montage support des pièces et accouplé à un deuxième bâti aligné, supportant l'unité d'alésage qui entraîne :
 - la barre d'alésage ligne vilebrequin,
 - 2 barres d'alésage ligne arbre à cames,
 - 2 barres d'alésage pour les lignes palonniers.

Ces barres sont reguidées dans des lunettes mobiles et des lunettes fixes (positionnées sur le montage).

Usinage des alésages en demi-finition et finition. La coaxialité obtenue des alésages en finition sur toute la longueur, est de 0,05 à 0,06 mm maximum.

5. 3. MACHINE POUR ALÉSER LES LIGNES VILEBREQUIN ET ARBRE A CAMES AVEC MISE A ÉPAISSEUR DU PALIER DE BUTÉE ET FRAISAGE FINITION DE LA FACE CULASSE SUR UN CARTER-CYLINDRES DIESEL, 6 CYLINDRES.

On sait que dans un moteur Diesel, la face d'application de la *culasse* doit être tenue à tolérance serrée par rapport à l'*axe du vilebrequin*.

La méthode classique qui consiste à faire les deux opérations : fraisage et alésage, sur 2 machines différentes, est aléatoire. De grandes précautions doivent être prises sur les 2 machines et le résultat est souvent décevant.

Le problème de précision à obtenir est résolu par l'exécution des usinages différents sur une même machine, sans démontage de la pièce.

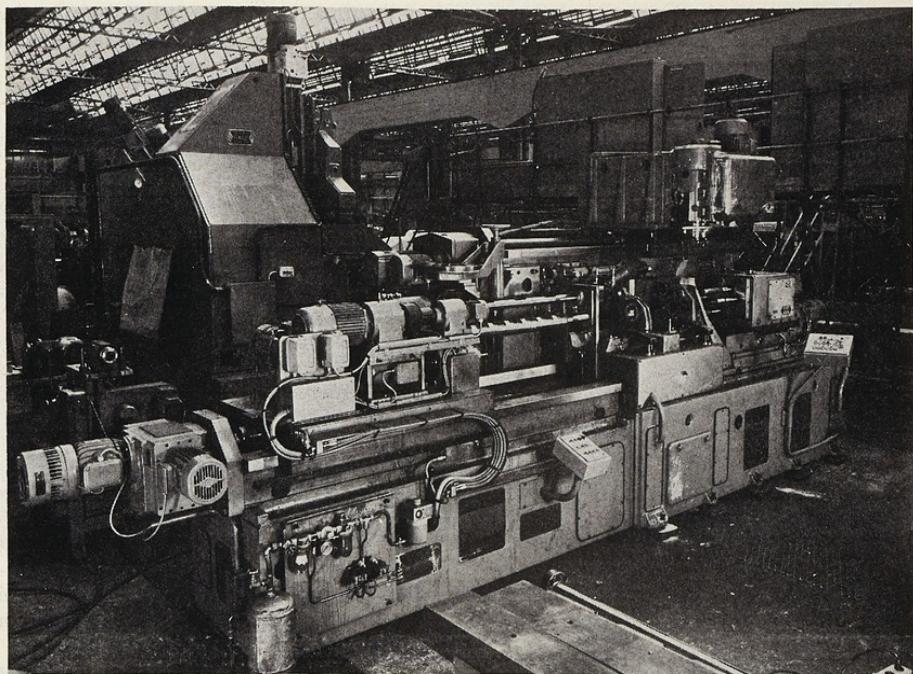
Cette machine comprend 3 unités d'usinage :

- *A gauche* : une unité électro-mécanique réalise la *demi-finition* et la *finition des lignes vilebrequin, arbre à cames*, 2 pieds de centrage et le *dressage des 2 faces du palier de butée*.
- *A droite* : une unité *finition de 4 alésages* sur la face distribution.
- *A l'arrière* : une unité à avance électro-mécanique, équipée d'une fraise de Ø 315, réalise la *finition de la face culasse*. Cette broche est dégagée automatiquement au retour pour éviter de rayer la face usinée.

Temps par pièce : 12,5 minutes.

Avec cette machine, les *tolérances tenues en série* sont :

- *Distance de l'axe du vilebrequin à la face culasse : 0,02 maxi.*
- *Parallélisme ligne vilebrequin et face culasse : 0,02 maxi.*
- *Etats de surface alésage lignes : R = 6,3 microns ; face culasse : R = 9 à 12 microns.*



Machine spéciale d'alésage des lignes et de fraisage de la face supérieure d'un carter cylindre Diesel.

VI. — EVOLUTION DES SYSTEMES DE COMMANDE DES MACHINES.

6.1. Les automates programmables.

6.2. La commande numérique généralisée des machines transfert d'usinage.

6.1. LES AUTOMATES.

Nous avons vu précédemment que les machines à mouvements séquentiels étaient caractérisées par un système de commande des mouvements comportant une unité centrale (armoire à relais électro-mécaniques, généralement).

Elle reçoit des informations :

1) de capteurs placés sur les courses et déplacements (contacts dits de fin de course, contacts ou détecteurs de position, détecteurs de proximité) ;

2) des boutons manuels du pupitre de commande.

Cette unité centrale, grâce à une armoire de relais de puissance, envoie des ordres vers le processus de fonctionnement en activant moteurs et électro-vannes généralement.

Les progrès techniques réalisés en informatique et en électronique ont conduit les ingénieurs à remplacer les armoires à relais électro-mécaniques de gestion du séquentiel par une logique de relais statiques câblés.

Cette solution offre certains avantages de fiabilité et de diminution du volume des armoires de commande, mais un nouveau pas est franchi avec l'utilisation comme unité centrale de gestion d'un automate programmable. Celui-ci reçoit toujours les informations de l'état des capteurs mais le câblage des relais est

remplacé par des états de mémoires programmés.

L'automate peut directement commander le pilotage des électro-vannes et actionner les circuits des moteurs électriques par l'intermédiaire de l'armoire à relais électro-mécanique de puissance.

Un ensemble électronique basé sur l'informatique permet de programmer les mémoires par l'écriture sur clavier des équations logiques de fonctionnement du séquentiel de la machine, ou même directement par introduction du schéma symbolisé.

L'automate programmable réunit les avantages de la logique à relais statiques câblés, à ceux de la programmation adaptée aux processus de commande souhaités. Tout changement de séquentiel se traduit par un effacement des mémoires et une nouvelle programmation selon le choix du concepteur de la machine et même de l'utilisateur.

L'utilisation industrielle des automates est récente mais, déjà, en 1969, en France, des ensembles électroniques similaires avaient été utilisés dans la gestion de centrales atomiques. Aujourd'hui, de nombreux constructeurs produisent des automates programmables industriels offrant une sécurité de fonctionnement et de nombreux perfectionnements permettant les temporisations de fonctionnement, le comptage-décomptage, les fonctions arithmétiques, l'entrée de données numériques ou analogiques avec l'incorporation de microprocesseurs.

En France, les sociétés Cit-Alcatel, Alsthom et Renault présentent des ensembles industriels bien au point assurant déjà le fonctionnement de centaines de machines aussi bien dans l'industrie de la machine-outils que dans les industries les plus diverses.

L'équipement des machines avec les automates programmables tend vers un prix de revient plus bas des machines, compte tenu : de la souplesse d'utilisation, de la diminution de la main-d'œuvre de câblage des armoires et du prix

de l'automate qui baisse relativement du fait du meilleur marché des composants électroniques.

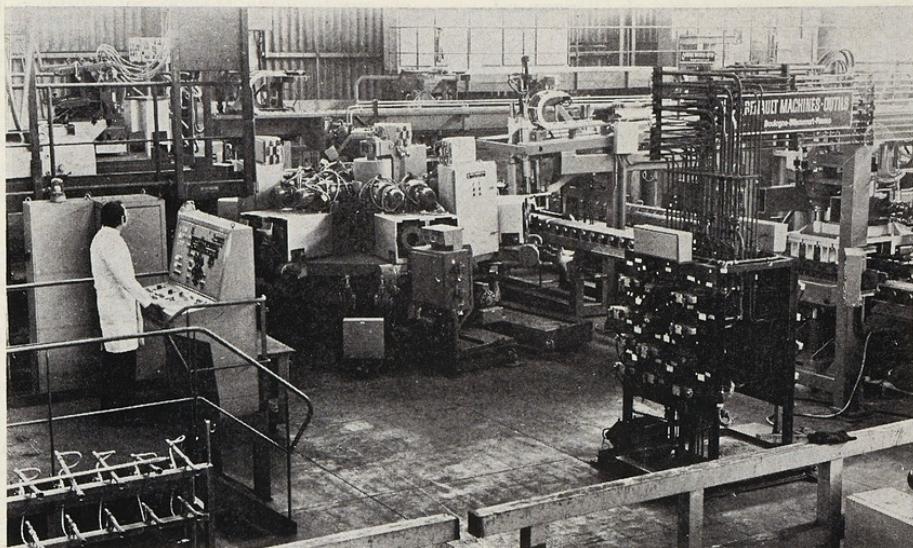
6.2. LA COMMANDE NUMÉRIQUE GÉNÉRALISÉE DES MACHINES TRANSFERTS.

Je ne ferai qu'un bref rappel sommaire du principe. Il s'agit de commander par un système entièrement programmable par Soft (en éliminant cames et distributeurs à contacts, la position et la vitesse des éléments et organes dont les déplacements conditionnent l'usinage de la pièce, objet de la machine considérée).

Les possibilités actuelles et le développement technologique conduisent aux choix d'un système hiérarchisé : gouverneur programmable, automate ou minicommandeur relié à des unités périphériques de gestion de l'élément considéré dont on contrôle son déplacement et sa vitesse.

La programmation, donnant la souplesse des réglages ainsi que la mémorisation des séquences est assurée au niveau du gouverneur programmable, tandis que le contrôle numérique des paramètres courants des déplacements élémentaires est assuré par les unités périphériques. Ces dernières comprennent une mémorisation temporaire des vitesses et des limites de déplacements ; les asservissements de vitesse et de position et les moyens de dialogue avec le gouverneur programmable (réception des ordres et émission des messages de fin de déplacements élémentaires).

De telles réalisations existent déjà dans des ateliers de fabrication de petites séries comprenant des ensembles de centres d'usinages automatisés reliés par convoyeurs de pièces et une première application élémentaire apparaît dans les machines spéciales transferts modulaires convertibles présentées à l'exposition mondiale de la machine outils à Hanovre en septembre 77, qui fera l'objet de mon dernier paragraphe de cette conférence.



Chantier de centrifugation de chemises de moteurs. vue générale.

VII. — DES MACHINES A MOUVEMENTS SEQUENTIELS DIFFERENTES DE LA MACHINE-OUTIL. UNE MACHINE ET UN MATERIEL DE FONDERIE. UN CHANTIER AUTOMATIQUE DE CENTRIFUGATION DES CHEMISES DE MOTEURS.

Depuis septembre 1976, la Fonderie Moderne de la Française de Mécanique à Douvrin est dotée de nouveaux moyens de production de coulée des chemises.

Deux chantiers, entièrement automatisés, de conception et réalisation R.M.O., produisent 29 000 chemises par jour, avec un rendement supérieur à 90 %.

7.1. PROCÉDÉ DE COULÉE CENTRIFUGE.

Le contenu dosé d'une poche de fonte liquide est versé et centrifugé dans une coquille métallique en deux pièces entraînée en rotation par une cage de centrifugeuse jusqu'à solidification du tube ainsi obtenu. Un potage très fin, à base de silice, est pulvérisé au préalable à l'intérieur des coquilles en rotation ; il

permet autant une protection thermique des coquilles que l'obtention d'une fonte à chemise à structure très fine, homogène et usinable.

La présence d'une rondelle dégorgeoir, à l'intérieur des demi-coquilles, permet l'élimination des crasses possibles et la tenue précise du diamètre intérieur des chemises.

7.2. COMPOSITION D'UN CHANTIER DE CENTRIFUGATION.

Il comprend :

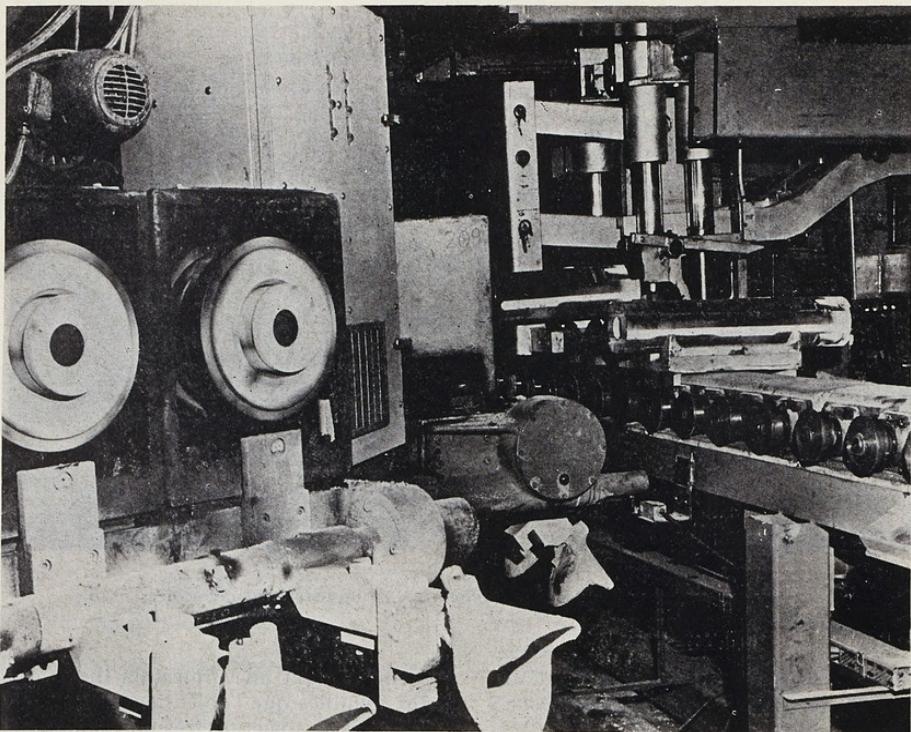
- *Un four électrique à induction, de 3 tonnes.*

Il est chargé de fonte spéciale à chemises et maintient le métal à une température de 1 320 à 1 350 °C.

Il alimente, par un système de coulée à quenouilles automatisées, les poches doseuses.

- *2 poches doseuses.*

Elles déversent leur contenu dans les coquilles en rotation des centrifugeuses, par l'intermédiaire de *goulottes* éclipsa-



Centrifugeuses et le poste d'extraction des coquilles.

bles, solidaires du plateau de centrifugation.

— *Un plateau à 6 positions.*

Indexé devant les différents postes ou opérations, portant 12 centrifugeuses réparties en 6 couples.

— *Des centrifugeuses.*

Elles sont constituées d'un panier ou cage de centrifugation qui entraîne les coquilles en rotation et les indexe au poste d'introduction ou d'extraction des coquilles.

— *Un poste automatique d'introduction et d'extraction des coquilles.*

— *Un convoyeur de chariots porte-coquilles.*

— *Un poste d'ouverture des demi-*

coquilles pour enlèvement des tubes de chemises solidifiées et de fermeture des coquilles vides.

— *Un deuxième convoyeur de chariots*, retournant au poste d'introduction des coquilles du plateau de centrifugation.

— *Un four de réchauffement des coquilles.*

Il est introduit sur le circuit des coquilles, pour le démarrage du chantier, le matin, lorsque les coquilles sont froides.

7.3. LES CENTRIFUGEUSES.

Le principe nouveau utilisé pour la centrifugeuse (brevet Renault), permet un chargement rapide et automatisé de

la coquille, un serrage automatique de ces dernières et un centrage dynamique de l'ensemble tournant, limitant les vibrations, donc d'une grande fiabilité.

Le panier ou cage de maintien et de centrage des demi-coquilles encastrées est fixé en porte-à-faux sur un arbre à deux paliers.

Chaque panier est amovible pour en effectuer l'échange en fonction des dimensions différentes de chaque type de coquille. Leur vitesse de rotation est réglable suivant le diamètre des chemises à couler (1 500 t/mn pour \varnothing 75 mm environ).

Un dispositif de sécurité est prévu en cas de coupure de courant électrique, pour permettre aux centrifugeuses de continuer à tourner pendant plusieurs secondes et à la fonte introduite de se solidifier dans les coquilles.

La commande séquentielle de l'ensemble des organes en mouvement du chantier est assurée par 2 automates programmables S.M.C., Renault.

Une centrale hydraulique, d'un débit de 220 l/mn et d'une puissance de 60 CV, assure l'énergie de commande des organes des postes automatisés de manutention des coquilles.

7.4. AVANTAGES DU PROCÉDÉ ET DE LA CONCEPTION DU CHANTIER.

L'usinage des chemises obtenues par ce procédé se réduit, pour le diamètre extérieur, au tournage des parties centrées dans le carter-cylindres, la paroi extérieure en contact avec l'eau de refroidissement pouvant rester brute, compte tenu de la concentricité parfaite de la pièce venant de fonderie ($< 0,5$ mm).

La précision obtenue sur la paroi extérieure du tube permet la reproduction de tout profil démoulable suivant le plan ci-joint.

Le procédé de centrifugation étant conçu en coquilles métalliques, aucune installation de sablerie n'est nécessaire dans cette fabrication.

La quantité de métal coulé correspond au poids des pièces augmenté d'une très faible valeur (inférieure à 12 %), cela grâce au dosage en poids effectué par le système de coulée, lié aux poches doseuses.

L'intérieur des tubes est obtenu avec précision, grâce à la présence de la rondelle dégorgeoir et, de plus, le métal des chemises est sain et exempt d'inclusions.

EXPOSITION DE HANOVRE, 2^e E.M.O.

Dans l'ensemble des exposants de machines-outils travaillant par enlèvement de métal, on découvre rapidement 3 axes de développement, universellement représentés :

1. — La commande numérique et ses perfectionnements, avec des calculateurs intégrés et les commandes séquentielles programmables avec unités de calcul pour la commande des machines-outils.

2. — Une nouvelle présentation des machines où la disposition et la structure des machines spéciales permettent une souplesse d'adaptation à des pièces différentes et à des familles de pièces ; ce sont les machines dites modulaires, convertibles, valables pour des cadences moyennes.

3. — Une prolifération de systèmes « Robots » programmables pour la manutention et, en général, pour remplacer toutes les opérations manuelles de mise en place, de soudure, de peinture, de remplissage, etc..., appliqués à toutes les industries.

Ces 3 axes de développement ne sont pas nouveaux, mais, maintenant, les constructeurs sont nombreux et présentent des ensembles bien au point, dont les utilisateurs peuvent apprécier leurs performances et leur fiabilité.

1. — LA COMMANDE NUMÉRIQUE.

La commande numérique, avec calculateur intégré C.N.C., est présente chez

presque tous les constructeurs de machines-outils, sur les centres d'usinage, les alésouses et fraiseuses de production, certaines machines spéciales, les tours, les rectifieuses, les machines de soudure, etc...

Les systèmes américains : Acramatic de Cincinnati, General Electric, Bendix, Data ; allemands : Siemens, Bosh ; japonais : Fannuc ; italiens : San-Georgio ; français : Renault, Sems, Feutrier... sont accouplés aux machines les plus diverses.

Beaucoup de C.N.C. présentent l'écran de visualisation en clair des phases d'usinage, les caractéristiques de coupe des opérations, etc... La programmation peut se formuler immédiatement sur les claviers : entrée des données (vitesses, avances, outils, positionnement, contour, etc...).

Les programmes élémentaires sont directement en mémoire.

Les programmes complets exécutés sont enregistrés, soit sur cassette magnétique, soit sur bande perforée, pour reproduction des cycles correspondants aux types de pièces à usiner.

Les techniques informatiques électroniques ont permis l'incorporation des micropresseurs permettant de simplifier et de réduire le volume des armoires des commandes numériques.

D'un autre côté, les automates programmables utilisés précédemment seuls ou avec mini-calculateurs intégrés, réalisent la commande des cycles et des mouvements des machines les plus complexes (le pas est franchi vers la commande numérique généralisée C.N.G. des machines transferts).

2. — LES MACHINES MODULAIRES CONVERTIBLES.

Nous avons vu la constitution des machines spéciales transferts pour les pièces de grande cadence.

De même, j'ai décrit certaines machi-

nes où, pour des cadences moyennes, une première évolution des machines spéciales consistait en des unités de travail entraînant des boîtiers de broches amovibles, disposés en couronne ou sur une tourelle.

L'évolution du principe de la permutation des équipements pour différentes faces d'une même pièce à usiner, ou les faces d'une même famille de pièces, ont donné essor à la machine modulaire convertible. L'unité de travail est une table d'avance avec un organe d'entraînement en rotation recevant des boîtiers de broches, ceux-ci équipés pour le perçage, l'alésage, le taraudage ou le fraisage, circulent sur un circuit à manutention automatique. L'ensemble est géré par une unité centrale à commande séquentielle et calculateur donnant les informations de vitesse de l'entraîneur, vitesses d'avances de travail, longueur des courses de travail ; information concernant l'appel du boîtier de broche correspondant à la phase d'usinage suivante.

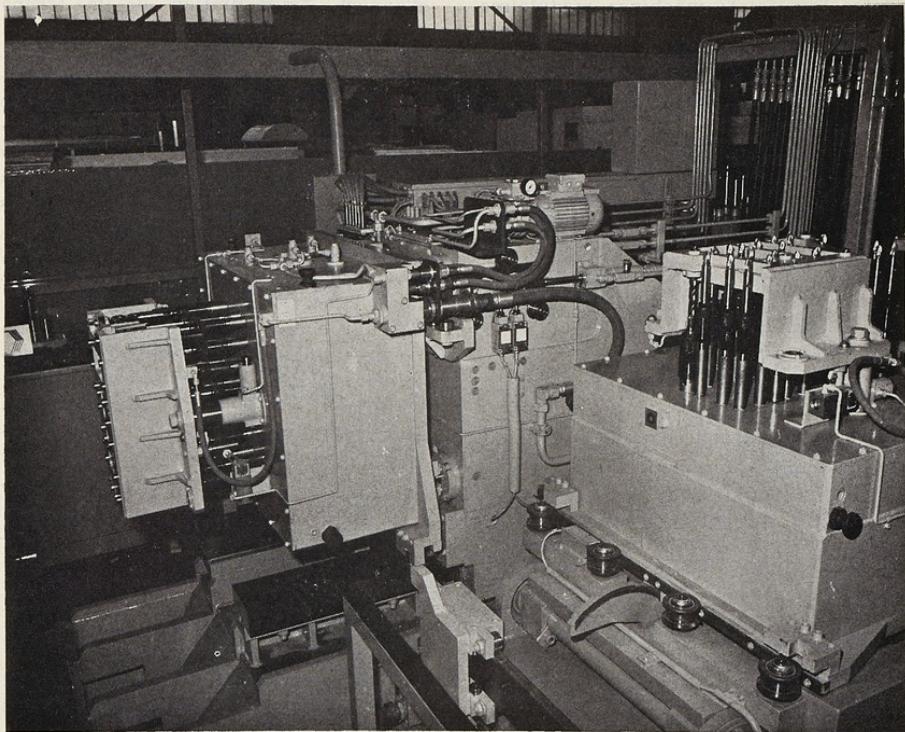
Du côté de la pièce, celle-ci se trouve située et bridée sur une palette de présentation, laquelle circule sur des postes de manutention automatique permettant la présentation des différentes faces à usiner de la pièce, ou sur des postes d'attente permettant le montage ou le démontage des différentes pièces ou des pièces de même famille.

Le codage des palettes en fonction des pièces à usiner appelle tel ou tel programme d'usinage avec tel ou tel boîtier de broche correspondant.

Trois constructeurs montraient, soit en maquette, en « vidéo » ou en machines réelles, des réalisations de ce type. Deux constructeurs allemands (Hiller Hille et Burkart et Weber) et un constructeur français Renault-Machines-Outils.

Des dispositions de structure des machines différenciaient les réalisations.

La maquette Hille figurait un stockage des boîtiers de broche sur deux barillets à axes horizontaux, avec un principe



*Exposition de Hannover, septembre 77.
Machine modulaire convertible. M.M.C. L'unité de travail avec 1 tête multiple accouplée.*

analogique aux magasins et changeurs d'outils des centres d'usinage classiques : Ex-Cel'o, Cincinnati Milacron, Huller, etc...

Un film vidéo Burkart et Weber et la machine R.M.O. présentaient une configuration presque identique avec circulation des boîtiers de broche sur convoyeurs à rouleaux commandés par sections automotrices.

Les boîtiers circulent broches en l'air, verticalement disposées. Deux systèmes pivoteurs à chaque extrémité du convoyeur rectangulaire replacent les boîtiers dans leur position d'usinage. Un système transfert hydraulique présente les boîtiers ou têtes multiples devant l'unité de travail. Successivement, un

piétage et un embrayage automatique du mouvement reconstituent l'unité type des machines transferts.

Le circuit des palettes porte-pièce peut être réalisé en boucle fermée ou par un principe de va-et-vient avec incorporation de poste de pivotement permettant la présentation de différentes faces de la pièce à usiner. Les guidages d'outils ou masque porte-canons, sont solidaires des têtes multiples.

Les voies de garage peuvent être disposées en arêtes sur le convoyeur des têtes multiples, permettant d'introduire des têtes multiples complémentaires pour usiner des pièces différentes.

On peut imaginer des machines transferts en ligne, constituées de plusieurs

postes formés de machines modulaires convertibles afin de couvrir des cadences de fabrication plus élevées pour usinage complet de pièces différentes, de formes analogues, pièces aux formes parallélépipédiques : carters moteurs, carters de boîtes de vitesse, etc...

3. — LES ROBOTS.

Les systèmes robots ou la « robotisation » des machines.

Les précédentes expositions montraient déjà des réalisations de systèmes aux configurations variées suivant les constructeurs. Ils permettent aux systèmes de préhension (main) des déplacements combinés rectilignes, circulaires. Les trajectoires dans l'espace sont déterminées par des compositions de mouvements rectilignes et circulaires à 4, 5, 6 axes.

Trois constructeurs présentaient des réalisations intéressantes. Présence d'un robot Cincinnati Milacron et d'un robot Asea dont la commercialisation date de plusieurs mois et le robot Renault, présenté en film sur le stand, mais dont plusieurs exemplaires fonctionnent et sont en service dans les usines de la Régie Renault.

La commercialisation sur le marché extérieur commence.

Le robot Asea présente la particularité de commande des bras et mouvements par moteurs à courant continu et vis à billes. L'ensemble asservi par un calculateur Asea.

La précision de trajectoire est telle qu'elle permet, par exemple, la soudure à l'arc des éléments en tôle d'un support moteur de véhicule. A la programmation du mouvement et de la trajectoire de la main, s'ajoute l'alimentation du fil

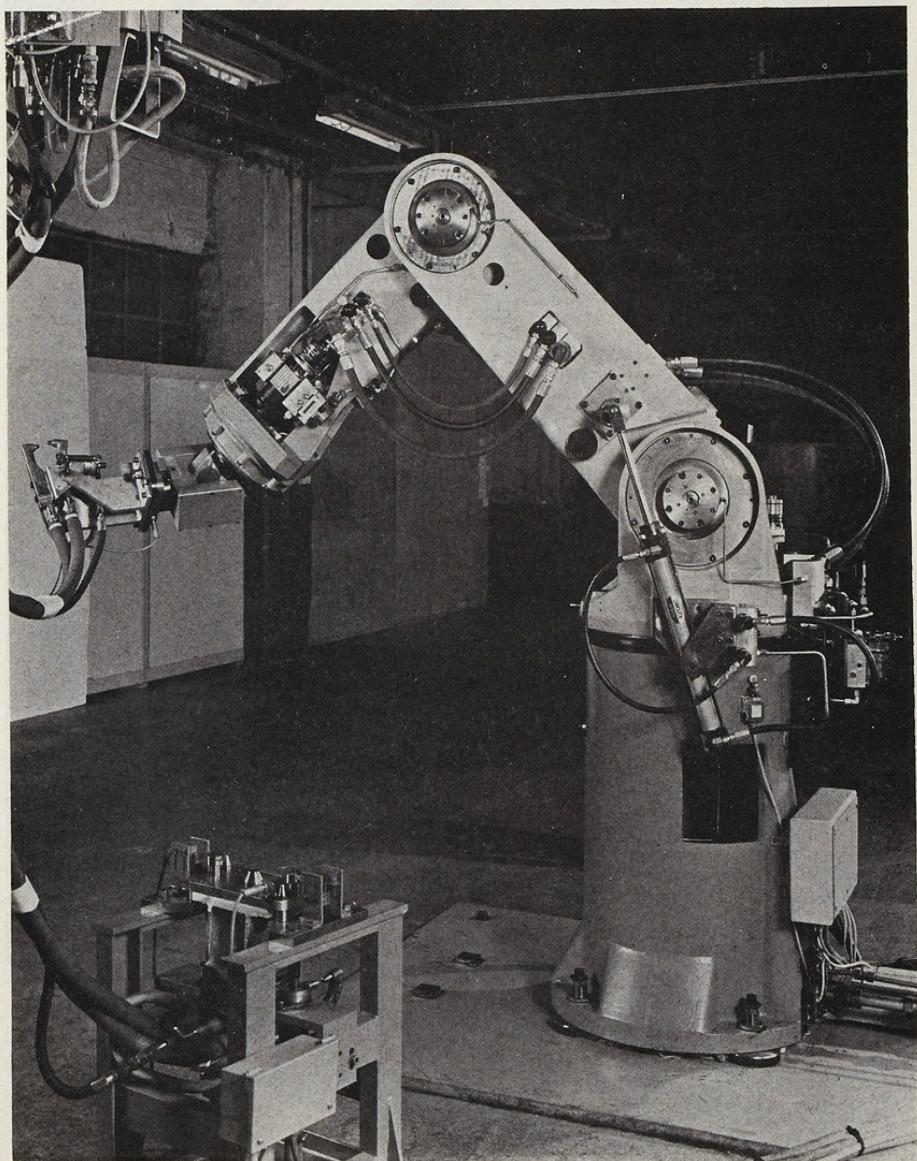
d'apport, l'alimentation de la torche gazeuse et son nettoyage.

Le robot Cincinnati de même configuration fait appel à des commandes de mouvements des différents axes par moteurs hydrauliques avec servo-valves. Un calculateur ordinateur Acramatic met en mémoire les séquences et les amplitudes des mouvements des 6 axes à partir d'un apprentissage manuel de l'opérateur, mais permet d'obtenir aussi des trajectoires calculées rectilignes dans l'espace.

Les robots Renault présentent différentes configurations : horizontal, vertical, en portique, elles-mêmes modulaires, permettant l'adaptation aux fonctions d'utilisation soudure, peinture, manutention. Les commandes sont assurées par moteurs hydrauliques et servo-valves dont la gestion est assurée par un calculateur Sems. L'apprentissage entre en mémoire par une commande manuelle par boîte à boutons avec la possibilité de corrections de trajectoire et interpolation linéaire.

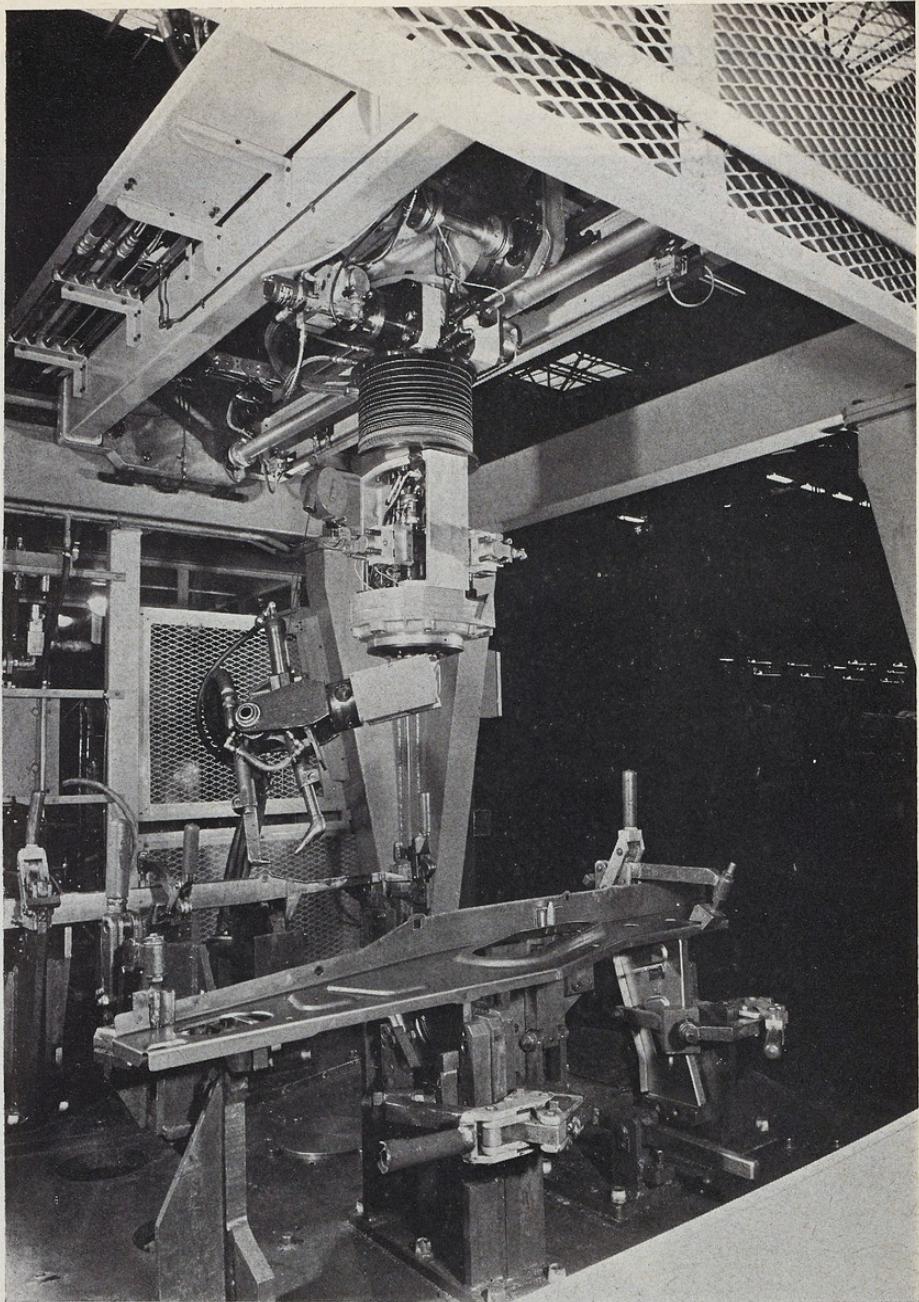
D'autres robots de manutention, aux configurations simplifiées, à mouvements rectilignes et circulaires à 3 ou 4 axes, fonctionnaient en chargement de pièces sur des machines-outils diverses et notamment pour l'extraction de pièces sur des machines à couler l'aluminium sous pression ou pour le remplissage par poche du conteneur d'injection.

Si j'ai retenu ces 3 axes de développement importants, l'exposition présentait d'autres nouveautés ou des matériels plus évolués, caractéristiques en progrès dans des domaines très variés : commande des machines, moteurs à courant continu à vitesse contrôlée : Gettys Inland, des moteurs pas à pas avec des couples-moteurs améliorés jusqu'à 4 m daN, des outils carbures aux conditions d'utilisation encore plus élevées. Je pense que les vues spécialisées ne manqueront pas de les présenter.



Robot vertical. Document Renault.

DRÔIT D'AUTEUR réservé à l'École nationale supérieure des arts et métiers (ENSAEM) - Paris - 75003
Toute reproduction interdite.



Robot en portique équipé pour la soudure par points.

Le Président de la Société, Directeur de la publication : H. NORMANT, D.P. n° 1080

*I.T.Q.A.-CAHORS. — 80072. — Dépôt légal : I-1978
Commission paritaire n° 57.497*

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Fondée en 1801

Reconnue d'Utilité Publique en 1824

4, place St-Germain-des-Prés, 75006 PARIS

Tél. : 548-55-61 - C.C.P. 618-48 Paris



HISTORIQUE

La « SOCIETE D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE » fondée en l'AN X de LA REPUBLIQUE (1801) par NAPOLEON-BONAPARTE, Premier Consul et CHAPTAL, Ministre de l'Intérieur et premier Président de la Société, assistés de Berthollet - Brongniart - Delessert - Fourcroy - Grégoire - Laplace - Monge - Montgolfier - Parmentier... et de nombreux autres savants, ingénieurs, et hommes d'Etat,

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE EN 1824,

a poursuivi son action pendant tout le XIX^e siècle, sous la présidence de Thénard - J.-B. Dumas - Becquerel et de leurs successeurs. On la voit encourager tour à tour Jacquard - Pasteur - Charles Tellier - Beau de Rochas.

Ferdinand de Lesseps - Sainte-Claire-Deville - Gramme - d'Arsonval furent titulaires de sa Grande Médaille.

BUT

LA SOCIETE S'EST PREOCCUPEE PARTICULIEREMENT, CES DERNIERES ANNEES, DE DONNER AUX MILIEUX INDUSTRIELS DES INFORMATIONS EXACTES LEUR PERMETTANT DE SUIVRE LES DERNIERS DEVELOPPEMENTS DE L'ACTIVITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

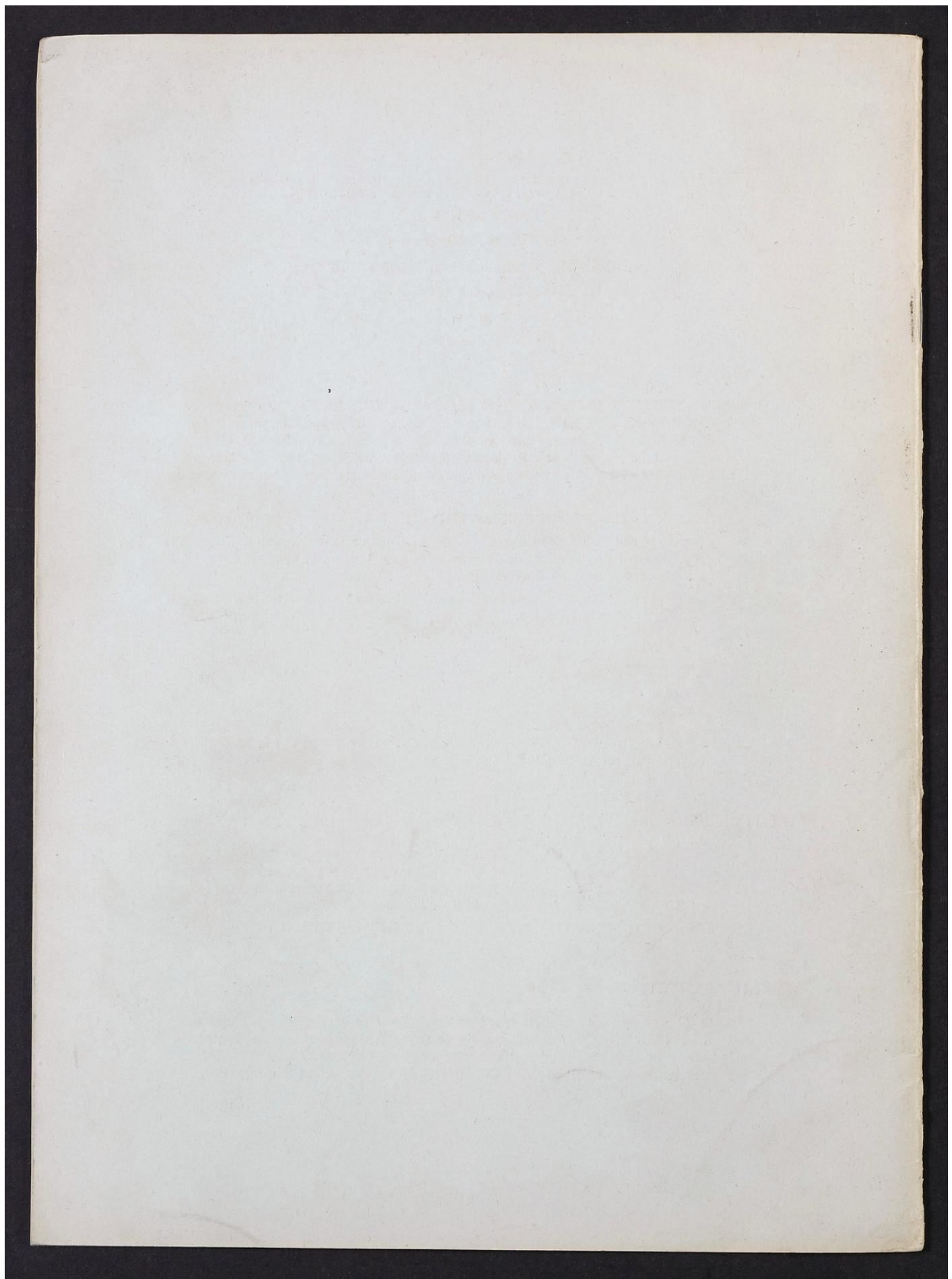
ACTIVITÉS

ELLE DECERNE DES PRIX ET MEDAILLES aux auteurs des inventions les plus remarquables et des progrès les plus utiles ainsi qu'aux ouvriers et contremaîtres qui se sont distingués par leur conduite et leur travail. Elle organise des CONFERENCES d'actualité scientifique technique et économique.

Elle publie une REVUE TRIMESTRIELLE : « L'INDUSTRIE NATIONALE ».

RECRUTEMENT

La Société recrute, en fait, ses Membres (Sociétés ou Individus) parmi ses anciens Conférenciers ou Lauréats. Ils ne sont soumis à aucune obligation particulière en dehors du paiement d'une cotisation annuelle de QUARANTE FRANCS pour les Personnes ou de CENT CINQUANTE FRANCS pour les Sociétés.



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires