



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

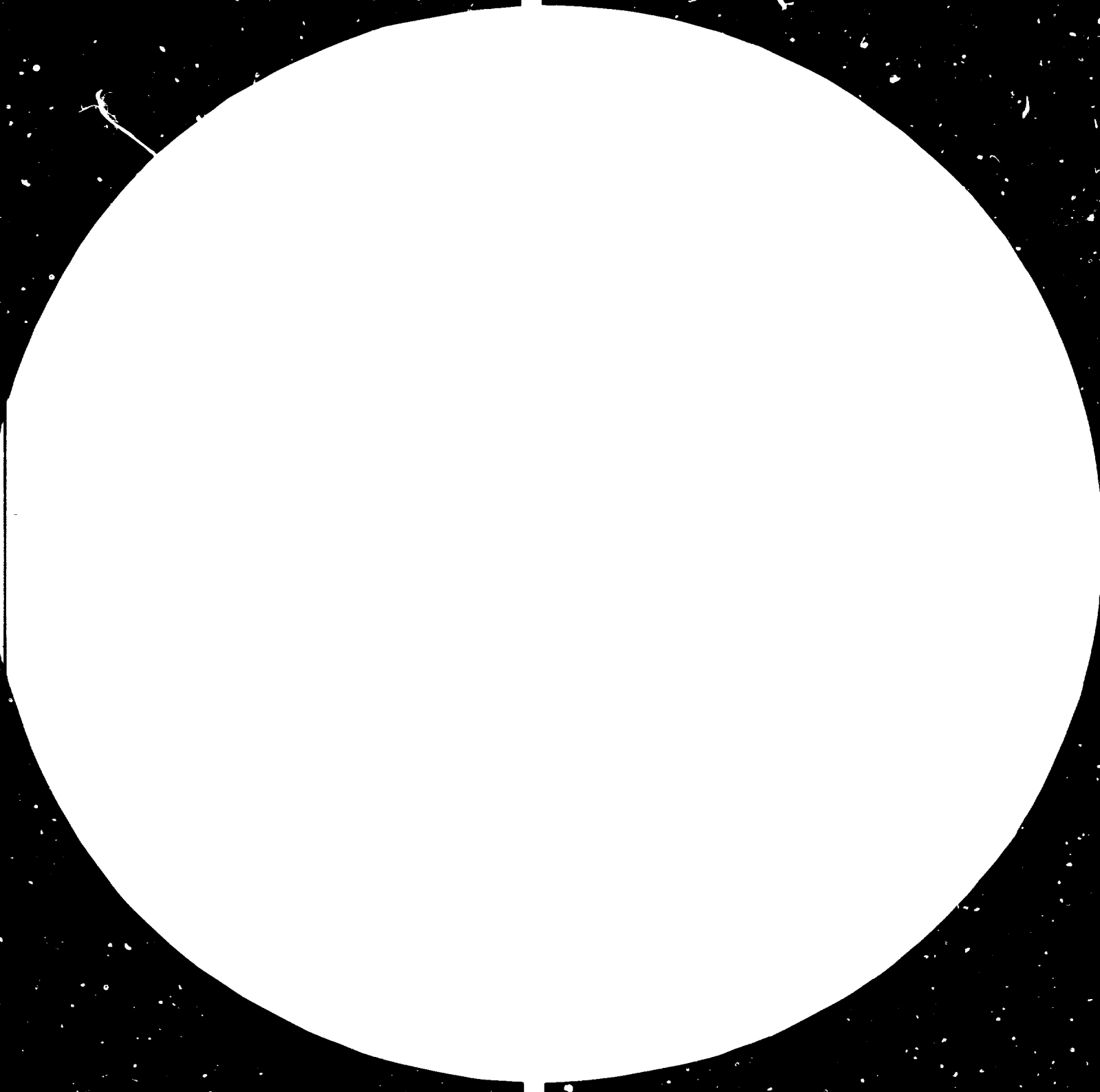
FAIR USE POLICY

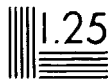
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





2.8

2.5

3.2

2.2

3.6

2.0



1.8

Resolution test targets are used to measure the resolution of a system. The resolution is the ability of a system to distinguish between two points that are close together. The resolution is measured in cycles per inch (CPI). The resolution of a system is the number of cycles per inch that the system can resolve. The resolution of a system is the number of cycles per inch that the system can resolve.



09990-F



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Distr.
LIMITÉE

ID/WG.324/4
19 septembre 1980

ORIGINAL: FRANÇAIS

Réunion Préparatoire Globale pour la Première
Consultation sur l'Industrie des Biens de Capital
Varsovie, Pologne, 24 - 28 novembre 1980

LA TECHNOLOGIE
AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT *)

Document préparé par le
Service des Etudes Sectorielles,
Division des Etudes Industrielles

000.00

*) Ce document est relatif au thème de discussion N° 2 de l'agenda :
Types de technologies au service du développement des industries
des biens de capital

Ce document a été reproduit tel quel

80-43753

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
I. Le management d'une opération complexe : la croissance des biens d'équipements dans les pays en développement	1
II. Une approche des "lois" de composition et du changement des biens de capital	14
A. Les "lois" de composition	15
B. Les "lois" du changement	53
III. Les stratégies technologiques	65
A. La signification générale de l'analyse de complexité techno- logique pour les stratégies de développement des industries de biens de capital	65
B. Propositions pour les stratégies de développement des industries de biens de capital	74
C. Propositions d'un plan d'action pour l'ONUDI	90
ANNEXE 1 : Quelques aspects du transfert technologique et de l'ingénierie dans l'industrie des biens de capital (Document ID/WG.324/4/Add.1)	
ANNEXE 2 : Annexe technique (Document ID/WG.324/4/Add.2)	

I. LE MANAGEMENT D'UNE OPERATION COMPLEXE : LA CROISSANCE DES BIENS D'EQUIPEMENTS DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

La croissance des biens d'équipements dans les pays en développement nécessite le management d'une opération complexe. Cette complexité vient de la diversité du secteur qui comprend des millions de produits, ainsi que de la diversité des situations et objectifs des pays en développement. Pour aider ceux-ci à définir et mettre en oeuvre des stratégies il a été tenté, dans une première approche, de formuler des sortes de "lois" de la composition et du changement du secteur des biens d'équipements.

Ces "lois" du développement technologique des biens de capital sont à l'interface des lois de la nature et de l'économie. Pour les dégager, il a fallu forger un outil : l'analyse de la complexité technologique (A.C.T.).

La discussion des résultats observés et des "lois" de complexité et de changement est essentielle pour l'intelligence de la situation de ce secteur clé. C'est cette dernière qui peut fournir les fils conducteurs des stratégies industrielles afin de mettre la technologie au service du développement.

Le but général de la déclaration et du plan d'action de Lima est clair. La contribution de chaque secteur de l'industrie doit être déterminée. La cible est mobile. Elle dépend de la vitesse de la croissance industrielle des pays développés d'ici la fin du siècle. Les possibilités des pays en développement sont inégales. Le défi n'est plus seulement contre la nature mais vis-à-vis des intérêts contradictoires. L'organisation met en jeu de multiples centres de pouvoirs. Les activités qui en découlent sont un mixte de conflits et de coopérations.

La complexité résultante est élevée. Son organisation requiert la complexe combinaison et l'échelonnement rigoureux dans le temps de nombreux activités et événements dûment programmés. L'industrialisation du "Tiers Monde" requiert aussi une méthodologie d'action qui s'apparente à ce que les spécialistes de l'analyse des systèmes appellent "le management des opérations complexes".^{1/}

L'établissement d'un programme de production des biens de capital dans les pays en développement entre dans cette catégorie. D'abord parce que ce secteur couvre plus de 30% de l'industrie manufacturière, qu'il est le coeur du procès d'industrialisation, ensuite parce qu'il comprend plusieurs millions de produits, types et modèles où coexistent différents âges technologiques, enfin parce qu'il est manifestation en même temps que cause de déséquilibres fondamentaux qui caractérisent d'un côté le sous-développement, de l'autre le monde industrialisé. La capacité, par la fabrication de biens d'équipements, de reproduire un appareil de production complexe - ou du moins une grande partie de celui-ci - est le privilège des pays les plus avancés.

Le point de départ des pays en développement, pris dans leur ensemble, est faible (de l'ordre de 5% de la production mondiale). L'inégalité entre eux est forte : elle recouvre des situations qui vont de l'absence d'industries de biens d'équipements dans une cinquantaine de pays, jusqu'à l'existence d'industries montées, pour l'essentiel, de quelques grands pays en développement qui peuvent prétendre entrer prochainement dans "le club industriel", en passant par des pays semi-industrialisés. ^{2/}

La diversité des situations va de pair avec la diversité des machines.

Le monde des machines et équipements est extraordinairement complexe. Chaque génération a créé de nouveaux engins qui s'ajoutent au stock des moyens de production de l'humanité. Leur nombre s'est accru prodigieusement durant les dernières décennies. Il y a peut-être actuellement de l'ordre de 4 millions de produits. Les machines résultent de l'association dans des combinaisons spécifiques de multiples procès de fabrication et de milliers de technologies. Malheureusement, on ne dispose pas des grands outils intellectuels nécessaires à la domination de cette complexité et que constituerait une typologie des technologies ^{3/}, une mécanologie et une organologie générale. ^{4/}

"L'ordre" technologique des machines n'a pas fait l'objet de descriptions systématiques.

Si de nombreuses histoires des machines existent, leur "ordre" technologique n'a pas fait l'objet d'analyse systématique. ^{5/}

Les recherches sur l'ordre technologique dans les pays occidentaux ont surtout été le fait de philosophes. ^{6/ 7/ 8/}

Dans les pays d'économie socialiste européens les lois du développement de la technologie apparaissent un thème important de recherches des Académies des Sciences. ^{9/}

Il va de soi que l'analyse des machines et équipements, qui sont le vecteur principal du progrès technique, est essentielle pour la compréhension de l'ordre technologique et des relations entre l'homme et la nature.

Le couple homme-machine est au coeur des évolutions sociétales. Il faut donc essayer de pénétrer dans l'agencement du système des machines et biens d'équipements.

L'analyse a eu pour point de départ la constatation d'une triple carence ^{10/} : l'absence signalée précédemment d'une typologie opérationnelle des technologies, l'absence de descriptions structurelles systématiques de l'évolution des machines, le cantonnement de la littérature courante du transfert technologique sur la valeur d'échange de celle-ci, et non sur les contenus des valeurs d'usages transférées. Il a donc paru essentiel de forger un instrument permettant d'identifier et de mesurer les contenus technologiques des biens de capital. Cet instrument est l'analyse de la complexité technologique (A.C.T.).

Pour avancer dans l'analyse du secteur on a été conduit à forger une méthode : l'analyse de la complexité technologique (A.C.T.)

La méthodologie utilisée est résumée ci-dessous. ^{11/} Les produits ont été mesurés par les coefficients α , valeur au kilo de produits (en dollars) et β , vitesse d'innovation de ceux-ci, c'est-à-dire le rythme du changement des produits en années (50 ans, 50 à 35, 35 à 25, 25 à 15, 15 à 10, moins de 10). Les limites de la signification de α sont discutées dans l'annexe technique.

L'analyse a été centrée sur la fonction de production et l'identification des inputs.

La mesure de la complexité des machines a donc été effectuée par la mesure de la complexité de leur fabrication.

Elle comprend 4 opérations : 1° l'identification des variables, c'est-à-dire des inputs nécessaires pour fabriquer chaque groupe de machines, 2° la définition technique pour chaque variable de niveaux de complexité, 3° le choix d'une échelle de

La méthode comprend 4 opérations successives.

cotation de la complexité et le calcul d'un indice, 4° la classification de ces variables en sous-ensembles - ou "blocs" - exprimant la structure de la production des biens de capital.

1ère opération:
l'identification
des inputs né-
cessaires

i) Les variables retenues sont au nombre de 80. Leur liste figure dans l'annexe technique à ce document ainsi que les définitions retenues pour chacune selon 6 niveaux de complexité.

En vérité l'identification des variables est une question de fait : il faut, ou il ne faut pas par exemple, recourir à tel ou tel moyen de production, à tel type de fonderie ou de forge, effectuer des opérations de chaudronnerie ou d'emboutissage, incorporer ou non des composants électriques, électroniques ou optiques. La seule exception est quand la fabrication d'une machine peut être faite selon une combinaison de variables. Dans cette analyse on s'en est tenu aux lignes de fabrication (filiales technologiques) les plus fréquemment utilisées dans l'industrie.

2ème opération:
la fixation de
niveaux de com-
plexité pour
chaque input

ii) La définition des niveaux de complexité pour chaque variable est une combinaison d'une analyse technique avec une référence historique. Les technologies appartiennent à des générations différentes qui sont historiquement datées.

Les 6 niveaux considérés correspondent à 6 stades de développement de l'industrie des biens de capital, définis sommairement ci-dessous :

1. Embryon d'infrastructure industrielle, sous forme d'ateliers petits ou moyens, employant des ouvriers qualifiés souvent originaires de pays qui ont déjà développé une industrie. Ces ateliers ont des équipements rudimentaires mais peuvent approvisionner une industrie naissante. Ce niveau n'existe pas dans tous les pays.

2. L'infrastructure industrielle se développe et s'élargit vers l'offre de divers services techniques et composants. Les activités doivent prendre en compte des standards de qualité, même si la technologie reste simple.

3. Une grande variété de biens de capital et d'installations d'infrastructure existe à ce niveau. Les produits semi-finis et les composants sont de poids et de performances accrus. Ce degré est pleinement atteint quand est mise en place une réelle industrie de construction mécanique et électrique, à technologie de bon niveau.

4. C'est le stade de la maturité du développement industriel, observé par exemple dans beaucoup de pays de l'OCDE. Le tissu industriel s'est élargi vers des activités de mécanique lourde et de précision. Les demi-produits et produits finis sont de haute complexité et qualité. Les capacités de recherche-développement sont importantes et créatrices. Pour la plupart des secteurs de biens de capital, ce niveau 4 constitue le point achevé du développement.

5 et 6. Ces deux niveaux correspondent à des industries spécifiques, d'armement, d'aviation civile, de l'espace et d'autres industries de "pointe" à très haute technologie.

Ces 6 étapes coexistent donc dans la réalité contemporaine, et les pays en développement se répartissent - outre le niveau 0 pour une cinquantaine d'entre eux - entre les classes 1, 2 et 3. Quelques pays en développement pénètrent dans la classe 4.

Ainsi qu'il a été dit, il a été possible pour chacun des facteurs considérés, de définir concrètement chacun de ces 6 niveaux de complexité (voir annexe technique).

On notera que pour passer d'un niveau à l'autre il faut un temps de passage et qu'un des objets de la coopération internationale est de faciliter ces passages et d'en raccourcir la durée.

3ème opération:
le calcul d'indices
de complexité

iii) L'établissement d'indices de complexité quantifiés

L'absence de critères et d'une méthodologie disponibles pour quantifier le poids des variables considérées, a conduit à avoir recours à une échelle conventionnelle de cotation.

La convention utilisée est la suivante : le niveau 1 de chaque facteur a été affecté de la valeur 1. On a ensuite supposé que la progression de la complexité entre les différents niveaux était de type géométrique, de "raison" mathématique variable suivant chaque facteur. Elle pouvait prendre les valeurs 1,19, $\sqrt{2}$, 1,68 et 2. La "raison" choisie pour chaque facteur est indiquée dans l'annexe technique. Elle est justifiée par une appréciation empirique basée sur l'expérience du secteur. A défaut de mesures objectives, bien évidemment cette échelle conventionnelle est discutable, de même que toute appréciation subjective. Elle est voisine dans sa philosophie des méthodes utilisées pour coter les postes de travail ("job-rating"). Des essais de sensibilité sont faits pour apprécier dans quelle mesure les résultats seraient affectés par le choix d'autres échelles.

Pour chaque produit il a été établi une "fiche technique" dont on trouvera un exemple dans l'annexe technique. Chaque case de cette grille est affectée d'un "poids" selon les valeurs conventionnelles ci-dessus.

La complexité totale C_t d'un bien de capital est la somme arithmétique des poids des différents facteurs de production utilisés parmi les 80 variables.

Les éléments étudiés étant en fait des "groupes de produits" homogènes, la complexité de tel ou tel facteur technique peut prendre pour un groupe de produits étudié une valeur maxi et une valeur mini. On obtient en conséquence un indice de complexité total maxi, un indice de complexité total mini, la moyenne représentant l'indice de complexité total moyen.

Compte tenu du caractère plus "exogène" des composants, qui peuvent être importés, et sont dans les phases initiales de développement rarement fabriqués sur place, on a établi également un indice de complexité SANS COMPOSANTS, en excluant donc du calcul de l'indice l'influence des facteurs qui leur sont relatifs.

4ème opération:
Pour produire des biens d'équipements il faut : un appareil final de production (les "unités centrales" de fabrication), une infrastructure (qui comprend les inputs semi-élaborés et les services techniques) et des composants.
Les 80 variables ont été ventilées dans ces ensembles et sous-ensembles.

iv) La classification des variables en "sous-ensembles" de la structure de la production des biens de capital

Les 80 variables se répartissent dans 3 ensembles :

- A. L'unité centrale de fabrication
- B. L'infrastructure de production
- C. Les composants incorporés dans les biens de capital.

Le schéma N° 1 représente cet aménagement.

a) L'unité centrale de fabrication est le bloc qui fournit le produit final complètement assemblé au client.

Elle comprend, obligatoirement, des hommes et des moyens de production.

Elle peut donc se partager en 2 sous-ensembles A1 et A2. Le premier, A1, comprend 8 variables centrées sur le management de la taille de l'entreprise, la variété des types, des modèles, des séries économiques, et sur le travail direct et le know-how nécessaires.

Schéma no 1

ENSEMBLES ET SOUS-ENSEMBLES DES FACTEURS TECHNICO-ECONOMIQUES DE L'APPAREIL DE PRODUCTION DES BIENS DE CAPITAL

B

INFRASTRUCTURE TECHNIQUE

31	Semi-elabore
1.	Fonderie de fonte (conventionnelle)
2.	Fonderie d'acier (conventionnelle)
3.	Fonderie de non-ferreux, procédés conventionnels
4.	Fonderie et forge des matériaux stratégiques
5.	Fonderie à pression, centrifuge, etc.
6.	Autres procédés de fonderie: microfusion, "shell-molding", etc.
7.	Forge libre
8.	Forge en estampe, estampage à chaud

32	Services techniques de tiers
9.	Recuit, réduction des tensions
10.	Traitements thermiques
11.	Dépôts métalliques superficiels
12.	Fabrication et maintenance des outils de coupe des métaux
13.	Construction de matrices pour estampage et emboutissage à froid
14.	Construction de moules à pression, pour injection, etc.
15.	Construction de "pigs", gabarits de perçage et similaires
16.	Services de chaudronnerie légère: tôle jusqu'à 1/2" (0.5 pouce)
17.	Services de chaudronnerie moyenne et demi-lourde, tôle jusqu'à 1" (1 pouce)
18.	Services de chaudronnerie lourde, tôle 1 1/4" (31.7 mm)
19.	Fabrication d'engrenages, taillage des engrenages
20.	Usinage spécial, de précision
21.	Usinage spécial moyen et demi-lourd
22.	Usinage spécial lourd
23.	Estampage à froid

A

UNITE CENTRALE DE FABRICATION

A'	Unité product/entreprise
T	No. d'employés
Vt	Variété de types
Va	Variété de modèles
S	Séries
P	Poids
Hd	Heures directes
Na	Know how
L	Laboratoires
X	Assemblage

A2	Moyens de production
1.	Coupe, tous les types
2.	Pliage, doublage, roulage, etc.
3.	Déformation à froid des tubes, ronds, etc.
4.	Rivetage, filetage par déformation, etc.
5.	Estampage et emboutissage
6.	Autres machines de déformation à froid
7.	Machines à souder de tous les types
8.	Tours horizontaux, monomandrin
9.	Tours avec 2 ou plusieurs mandrins (broches)
10.	Tours verticaux et plateau
11.	Tournage sphérique, globoidal, etc.
12.	Etaux-limeurs horizontaux, verticaux, fraiseuses
13.	Brochage
14.	Fraiseuses de tous les types
15.	Perceuses et taraudeuses à copeaux
16.	Aléseuses de tous les types
17.	Machines pour tailler les engrenages
18.	Rectifieuses de tous les types
19.	Machines de superfinition
20.	Machines d'électroérosion, rayon laser et autres de technologies de pointe
21.	Machines conçues et construites par l'utilisateur
22.	Machines pour les montages
23.	Machines-outils combinées, de déformation et copeaux
24.	Machines-outils pour enlèvement de copeaux, autres
25.	Machines spécifiques pour copeaux électriques et similaires
26.	Machines pour le plastique, les pièces en gomme et similaires
27.	Machines et installations pour le décapage, lavage, dégraissage, etc.
28.	Peinture, points fixes et install.
29.	Etours et sècheurs
30.	Contrôle de qualité du produit final

C

COMPOSANTS

C	Composants
1.	Mécaniques: éléments simples pour les machines, une ou quelques pièces seulement
2.	Mécaniques: éléments pour machines, composés de plusieurs pièces
3.	Mécaniques: éléments pour machines, lourds, complexes, spécialisés
4.	Hydrauliques
5.	Pneumatiques
6.	Pour les circuits en dépression
7.	Electriques: pour la commande et le contrôle
8.	Electriques: circuits de force
9.	Electroniques
10.	Mesure linéaire et angulaire
11.	Lubrifications et graissage
12.	Refroidissement par circulation d'eau ou d'autres liquides
13.	Composants pour l'industrie du froid (sans compresseurs)
14.	Composants pour vapeurs, gaz, corrosifs ou non
15.	Instrumentation pour température, pression, débit, humidité, mesures électriques, etc.
16.	Composants optiques
17.	Composants métalliques, spécifiques de la branche
18.	Composants non-métalliques, spécifiques de la branche

PRODUIT FINAL

Le sous-ensemble A2 comprend les moyens de production, c'est-à-dire la machinerie indispensable aux fonctions de l'unité centrale de fabrication. Il comprend 30 variables (appelées plus loin facteurs ¹).

b) L'infrastructure comprend les sous-ensembles semi-produits et services techniques.

Le sous-ensemble B1 "produits semi-finis" couvre les activités principales de l'activité "ère transformation des métaux", c'est-à-dire la fonderie, la forge et l'estampage, 8 facteurs ont été retenus.

Le sous-ensemble B2 "services techniques" rassemble les travaux habituels de sous-traitance dans les industries mécaniques (recuit, traitement thermique, métallisation), les fournitures de matériels de fabrication (outils, matrices et moules, engrenages, ...), mais aussi des procédés de fabrication caractéristiques du travail des métaux et de la construction mécanique (chaudronnerie, usinage et emboutissage). Il comprend 15 facteurs.

c) Les composants sont un ensemble où 18 types ont été considérés. Ils relèvent de l'industrie mécanique simple ou complexe (par exemple les roulements à billes) ou des industries électriques et électroniques, ou de spécialités hydrauliques, pneumatiques, d'instruments de mesure, ...

On reviendra plus loin sur la signification de ce groupement en "ensembles" et "sous-ensembles".

Pour mesurer la complexité des biens de capital un échantillon de 318 groupes de machines a été étudié.

L'analyse de complexité technologique a été effectuée à travers un échantillon de machines et équipements.

On a tenté de le constituer afin qu'il soit significatif de l'ensemble. La sélection a porté sur 318 groupes de machines (voir liste dans l'annexe technique) appartenant tous au groupe

"fabricated metal products, machinery and equipment" (groupe 38 de la nomenclature ISIC internationale).

Les produits choisis représentent des "groupes de biens" aux caractéristiques homogènes et qui sont représentatifs beaucoup plus d'un type de fabrication industrielle de biens de capital que de la fabrication d'un produit unique.

Dans ses proportions, l'échantillon est une image en réduction des sous-ensembles du secteur des biens de capital tel qu'on peut l'observer dans les pays développés et en développement.

Pour étudier plus spécialement la situation des pays les moins développés et ceux des pays industriels les plus avancés, l'échantillon devrait être élargi vers "le bas", c'est-à-dire les machines de technologies simples, et vers "le haut", c'est-à-dire le domaine de haute complexité. Sous cette réserve il correspond à une moyenne observable.

Un premier résultat est la constitution d'un système d'informations sur la complexité technologique des biens de capital.

On notera que, sur la base de cet échantillon, il a été réalisé un système d'informations sur la complexité technologique dont les possibilités combinatoires sont très élevées. ^{12/} Avec 318 groupes de produits, 80 variables et 6 niveaux de complexité, le système a une capacité d'enregistrement de 152.640 données. Par rapport à cette capacité théorique, l'analyse des 318 groupes de machines a mobilisé effectivement environ 35.000 données. ^{13/} L'importance de celles-ci a justifié un traitement de l'information sur ordinateur dont on rend compte ci-dessous des résultats.

Notes relatives au Chapitre I.

- 1/ Ainsi dans le rapport destiné aux Ministres de la Science de l'OCDE on peut lire : "the "management of complexity" calls for a new outlook and approach to overall policy-making" - Science and technology in the management of complex problems - OECD, 1976
- 2/ Voir document "Capital Goods in the developing countries (a digest of the world-wide study on the capital goods industry)" - ICIS/SEC - July 1980
- 3/ La nécessité d'établir une typologie des technologies a été perçue depuis longtemps et soulignée par tous ceux qui ont buté sur l'obstacle intellectuel et pratique que son absence constitue.
Par exemple, en 1867, K. Marx déplorait l'absence d'une histoire critique de la technologie. En 1955, Miss Joan Woodward signale que les chercheurs auraient besoin d'une histoire naturelle de l'industrie, quelque chose dans le genre d'une "flore" botanique. Leslie Holliday estime que nous avons besoin de faire pour l'évolution des technologies ce que Mendeleev et Darwin ont fait pour la connaissance de la chimie et de la biologie. (The integration of technologies - Hutchinson, London, 1966). De son côté, Hasan Ozbektan a émis l'idée d'établir une "table périodique des technologies" (Noté par Erich Jantsh - Design for evolution - International Library of Systems theory and philosophy) G. Braziller, New York, 1975.
L'amorce de typologies très simples se trouve dans les travaux de G.R. Hall et R.E. Johnson - Transfers of US aerospace technology to Japan - NBER 1979; et James D. Thompson - Organization in action - MacGraw Hill Book Co., 1967
- 4/ La mécanologie chercherait les individus techniques complets, l'organologie générale les "éléments" qui sont généralement les vecteurs des progrès techniques - Voir G. Simondon - Du mode d'existence des objets techniques, Aubier-Montaigne, 1969
- 5/ Le travail fondamental de J.P. Usher : A history of mechanical invention - Harvard University Press, 1959, ouvrirait la voie à une analyse structurelle de la genèse des machines
- 6/ Notamment Jacques Ellul : La technique (1954); Le système technique - Calman Levy, 1977
- 7/ G. Simondon : document cité (Réf. 4)
- 8/ Jean Ladrière : Les enjeux de la rationalité - Le défi de la science et de la technologie aux cultures - Aubier - UNESCO, 1977

- 9/ A. Zvorikine : Ideas of technology - Technology and the laws of its development - in the technological order - Proceedings of the encyclopaedia Britannica Conference edited by Carl F. Stover with a foreword by William Benton, Detroit, 1963 - Wayne State University Press
- 10/ Tout au moins au niveau de l'information que le Secrétariat a pu rassembler
- 11/ Les questions méthodologiques relatives à l'analyse des biens de capital donneront lieu ultérieurement à une publication séparée
- 12/ Les 80 variables considérées donnent en effet une variété combinatoire de 2^{80}
- 13/ La Division des Etudes Industrielles tient, à cette occasion, à exprimer sa gratitude à Mr. Franco Vidossich pour sa contribution à ce travail original.

II. UNE APPROCHE DES "LOIS" DE COMPOSITION ET DU CHANGEMENT DES BIENS DE CAPITAL

L'énorme variété et complexité qui caractérise les biens d'équipements suggère une impression de désordre puissant. Pourtant il apparaît, au-delà de cette impression, des relations d'ordre et un arrangement non arbitraire du monde des machines.

Un essai a été tenté de dégager les sortes de "lois" qui régissent la composition et le changement de secteur.

Ceci a été fait sous formes de "propositions" afin d'en faciliter la discussion.

Au total, concernant les "lois" de composition, 8 propositions principales ainsi que des propositions subsidiaires ont été formulées. Concernant les "lois" du changement, 7 propositions principales sont soumises. Elles sont soulignées dans le texte pour en permettre une première lecture rapide.

L'existence d'un "ordre technologique" est une question très controversée. ^{1/} Les définitions de la technique et de la technologie sont loin de faire l'unanimité. ^{2/} Ces questions sont importantes et le fait qu'elles fassent l'objet de débat est, en soi, significatif. Cependant, malgré leur intérêt, on a évité ici d'en discuter le principe. On s'en est tenu à l'observation des résultats de la recherche et on a essayé d'en tirer la signification.

Ceci a conduit le Secrétariat à formuler avec beaucoup de prudence et de modestie les propositions qui suivent. Il ne s'agit pas de conclusions définitives, encore moins de vérité révélée, mais de premières déductions soumises à la discussion *, limitées par la représentativité de l'échantillon de machines analysées autant que par le caractère nouveau de l'entreprise.

Ces propositions ont été classées en deux catégories : celles qui se rattachent à des sortes de "lois" de la composition du secteur, celles qui paraissent caractériser le changement en son sein.

* Rappelons que la discussion du "document introductif" au Séminaire d'Alger a facilité les recherches ultérieures. Celle qui s'instaurera au meeting de Varsovie (24-28 novembre 1980) devrait permettre de progresser et de mieux préparer la 1ère Consultation Sectorielle des biens d'équipements.

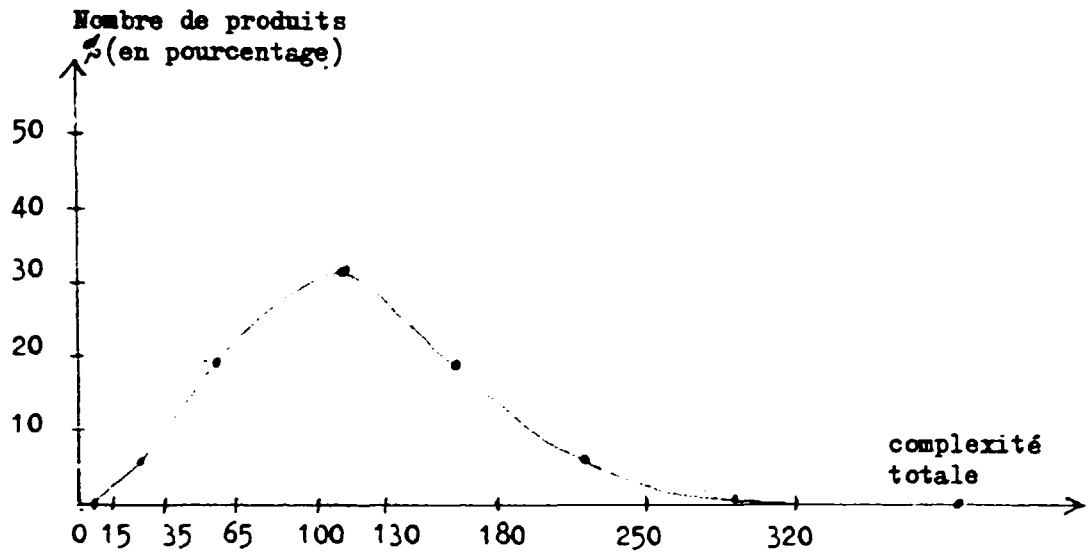
A. LES "LOIS" DE COMPOSITION

- 1ère proposition (*) : Les biens de capital se caractérisent par une grande hétérogénéité des contenus technologiques, et en conséquence, de leur complexité.

Les biens de capital analysés montrent une complexité technologique qui va de 1 à 40.

La dispersion observée des résultats pour la complexité totale va d'un rapport de 1 à 40, d'un minimum de 15 points pour les produits métallurgiques simples à plus de 600 pour les avions bi-réacteurs de l'industrie aéronautique.

La distribution des résultats est reflétée dans le graphique ci-dessous :



La concentration des résultats peut s'observer dans le graphique ci-dessus. Ainsi 85% des produits de l'échantillon sont contenus dans l'intervalle de cotation 35 - 180 - qui représente une dispersion de 1 à 5 -, 33% entre 60 - 180 - soit une dispersion de 1 à 3. Aux deux extrémités seulement 6% des produits ont une complexité inférieure à 35 et 9% supérieure à 180.

(*) Les "propositions" principales s'accompagnent de proportions subsidiaires dont les numéros se réfèrent à la proposition principale assortis d'une lettre.

L'observation de l'échantillon met en lumière un autre phénomène : l'importance du poids des composants (ensemble C) dans la complexité totale.

Le graphique 1 montre que la moyenne du poids des composants dans la complexité totale se situe autour de 30%.^{3/} Pour les produits de très faible complexité totale (jusqu'à 35 points) ce rôle est faible. Par contre, dans la partie supérieure de l'échantillon, ce poids représente 45%^{4/} d'où la proposition subsidiaire (PS) suivante :

PS 1a = L'importance de la complexité due aux composants croît avec celle de la complexité totale.

Il est donc important dans l'analyse de comparer les résultats avec et sans composants.

Le rapport de complexité n'est plus que 1 à 20 quand on élimine les composants.

La dispersion des résultats sans composants est de 1 à 20 (contre 1 à 40 avec composants), si le minimum de 15 points ne change pas, par contre le maximum est réduit à 336.

La concentration des résultats est aussi sensiblement différente. Ainsi 95% des produits ont une complexité sans composants comprise entre 15 et 130, 85% entre 15 et 100 - soit un rapport de dispersion de 1 à 6.

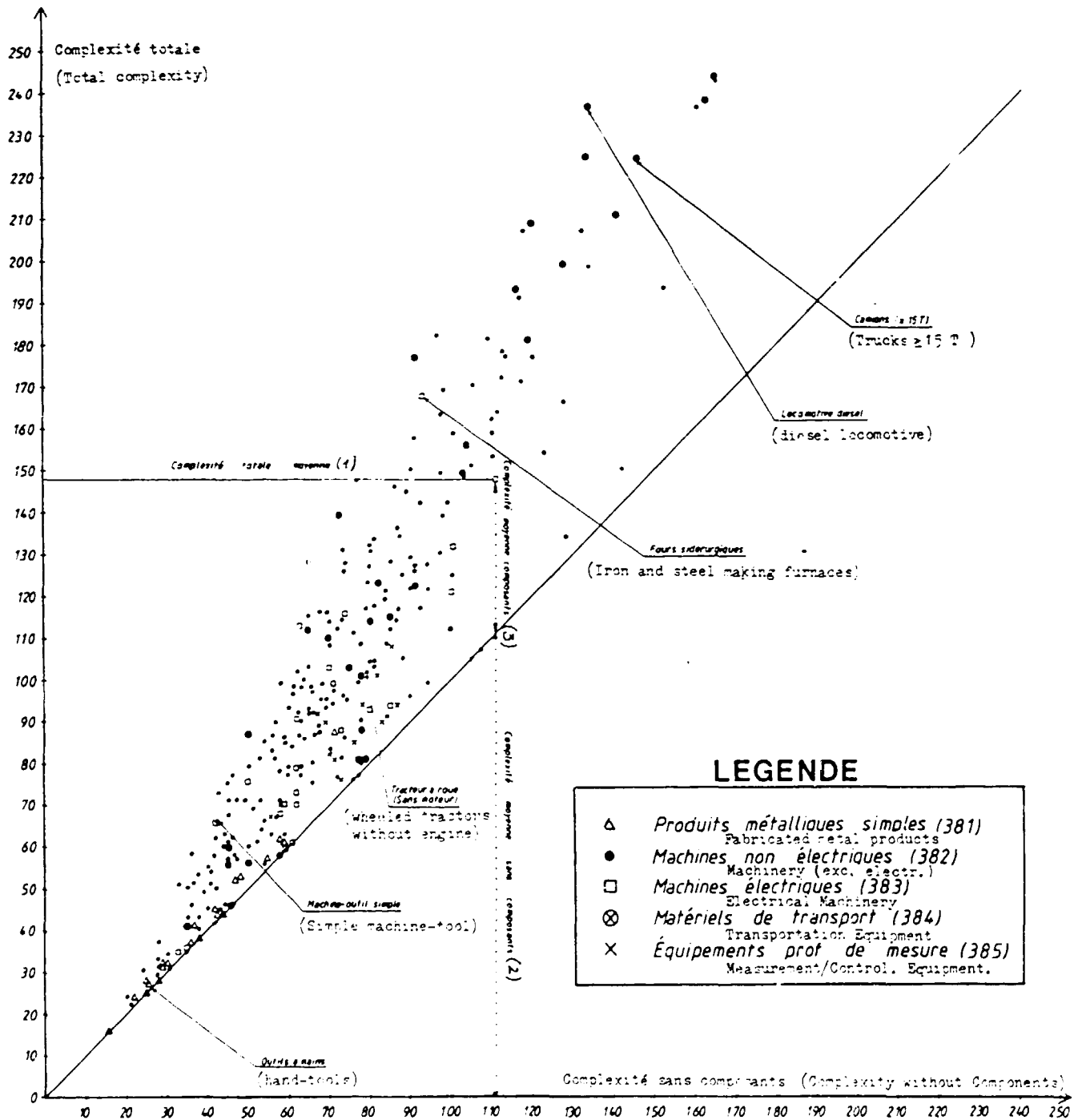
Aux extrémités, la zone de très faible complexité est peu modifiée, par contre au-delà de la cotation 130 on ne trouve plus que 5% des produits (au lieu de 25% avec les composants).^{5/} Plus du 1/3 des produits se trouvent dans la classe de complexité 35 - 65, donc à l'intérieur d'un rapport de dispersion inférieur à 2, alors que la même proportion de produits s'observait avec les composants entre les cotations 60 - 180, et donc à l'intérieur d'un rapport de dispersion de 1 à 3.

On peut observer qu'à un niveau de complexité sans composants voisin de 60 - 70 correspond environ 40% de l'ensemble considéré de biens de capital.

GRAPHIQUE No 1

DISPERSION DES COMPLEXITES TECHNOLOGIQUES DES BIENS DE CAPITAL

(DISPERSION OF TECHNOLOGICAL COMPLEXITIES
OF CAPITAL GOODS)



LEGENDE

- △ Produits métalliques simples (381)
Fabricated metal products
- Machines non électriques (382)
Machinery (exc. electr.)
- Machines électriques (383)
Electrical Machinery
- ⊗ Matériels de transport (384)
Transportation Equipment
- × Équipements prof de mesure (385)
Measurement/Control Equipment.

1) Average of total complexity
2) Average of complexity without components
3) Average of complexity of components

Il s'ensuit donc qu'il sera important d'identifier les niveaux de l'appareil productif constitué des ensembles A (unité centrale de production) et B (infrastructure technique) qui permettent de fabriquer différents assortiments de machines.

PS 1b - La dispersion de la complexité de production des biens de capital sans composants est moins large, bien qu'elle reste cependant forte.

°
° °

Les changements ont été étudiés au niveau de groupes de machines.

L'apparence générale du graphique 1 suggère l'impression d'une continuité de la complexité technologique et ne permet pas de dégager les groupes de produits homogènes, les niveaux typifiés de complexité et les discontinuités dans celle-ci. Il faut donc opérer des stratifications dans l'échantillon pour déceler ces phénomènes. C'est pourquoi il a été procédé à une analyse par groupes de biens de capital.

Ces groupes peuvent être envisagés de divers points de vue.

Selon la classification internationale classique.

Les catégories de machines peuvent être classées selon une caractéristique principale (ex. classification internationale). A l'intérieur de la classe 38 les produits métalliques sont simples (sous-classe 381), non électriques (382), électriques (383), de transport (384), de mesure et de contrôle (385). On remarquera que conceptuellement cette classification est un mixte des caractéristiques de production et d'usage des machines. Pour prendre un exemple, si l'on se place du point de vue de l'usage, les machines et instruments destinés à l'agriculture se trouvent ventilés dans les diverses catégories.

Une classification fonctionnelle et technique.

Une autre classification peut envisager les machines selon leurs fonctions dans le processus de la production industrielle. C'est ainsi que certains biens de capital sont des produits semi-élaborés (et donc des produits intermédiaires, pièces estampées par exemple), d'autres sont des pièces qui entrent dans d'autres machines ou en constituent des sous-systèmes (ex.

embrayages, variateurs de vitesse, ...), d'autres sont des produits finis autonomes (ex. moteurs, turbines), d'autres sont des produits finis intégrés (équipements pour la pétro-chimie, par exemple). Ceci conduit à un classement fonctionnel.

Selon la
demande
finale

Du point de vue, non plus de l'offre de machines, mais de la demande, on peut distinguer les biens de capital qui vont servir à toutes les branches d'activités (ex. les machines-outils universelles), ceux qui sont communs à quelques branches (ex. fours industriels, condenseurs de vapeurs), ceux qui sont spécifiques d'industries finales (ex. matériel textile, d'extraction des minerais, machinisme agricole).

Dans ce cadre il est important de distinguer les biens de capital qui servent à la reproduction des biens de consommation de ceux qui servent à la reproduction des moyens de production (les machines qui font les machines).^{6/}

Dans le graphique 1 les produits ont été classés selon leur caractéristique principale.

Il en est de même dans le graphique 2 où ont été représentées les deux autres classifications : la fonctionnelle, et celle liée à la demande.

et selon une
désagrégation
progressive-
ment plus
fine.

Cette désagrégation est plus poussée dans le graphique 3 où les biens de capital communs aux branches d'activités ont été scindés dans les sous-groupes suivants : les machines-outils, les moteurs de tous types, les pompes, compresseurs et chaudières, les pièces et sous-systèmes pour machines, les petites pièces et éléments mécaniques simples, les éléments en acier pour la construction, les équipements de stockage et de manutention, des équipements divers, des pièces et éléments électriques, des matériels de bureau, les matériels de transport routier.

Il en est de même dans le graphique 4 qui concerne la distribution de la complexité des machines spécifiques à

Echelle de Complexite

200

180

160

140

120

100

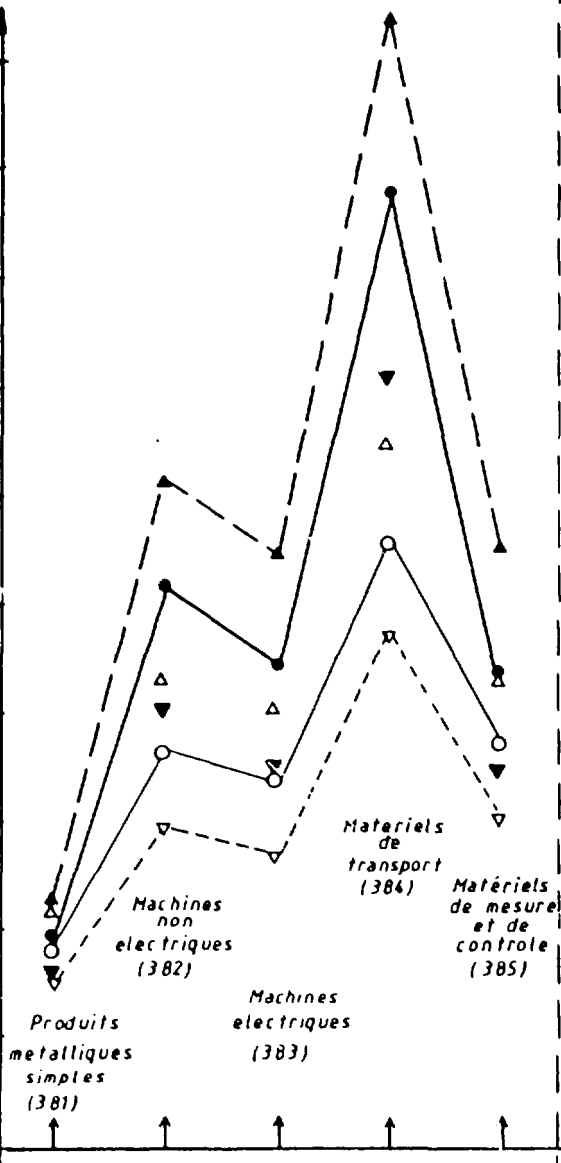
80

60

40

20

0



Matériels de transport (384)

Matériels de mesure et de controle (385)

Machines non electriques (382)

Machines electriques (383)

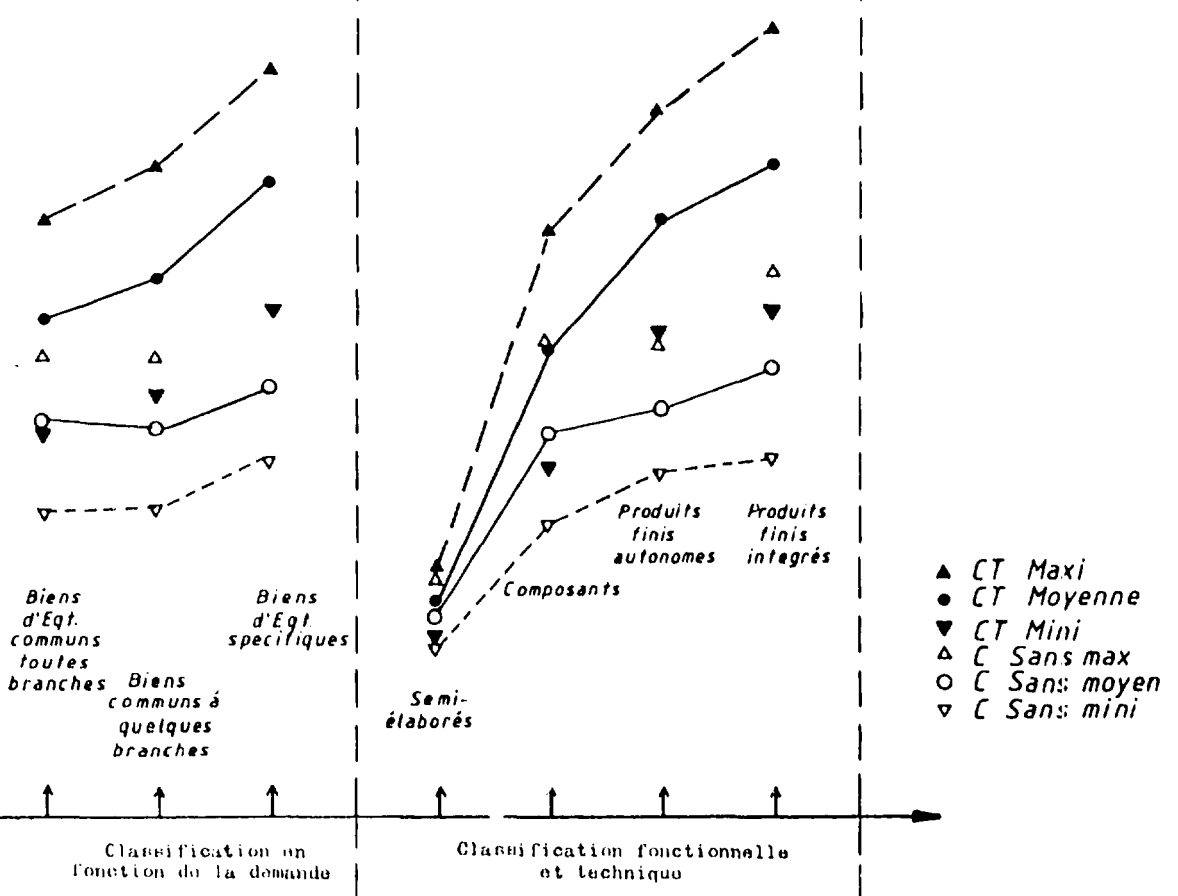
Produits metalliques simples (381)

CATEGORIES DE MACHINES (DIVISIONS 38)

GRAPHIQUE No 2

Les Différents Résultats de Complexité
Suivant

Différentes Classifications des Biens de Capital



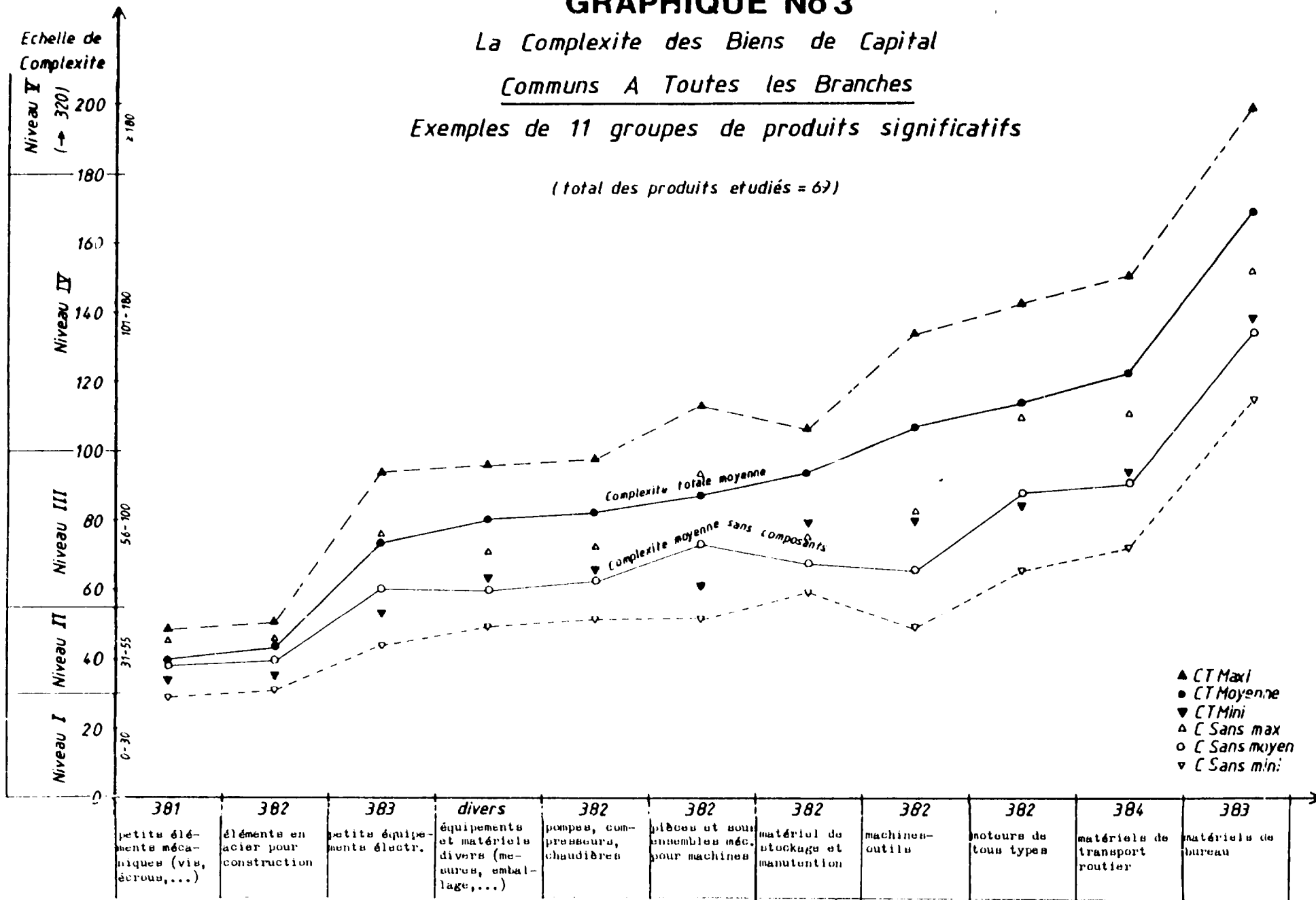
GRAPHIQUE No 3

La Complexité des Biens de Capital

Communs A Toutes les Branches

Exemples de 11 groupes de produits significatifs

(total des produits étudiés = 67)

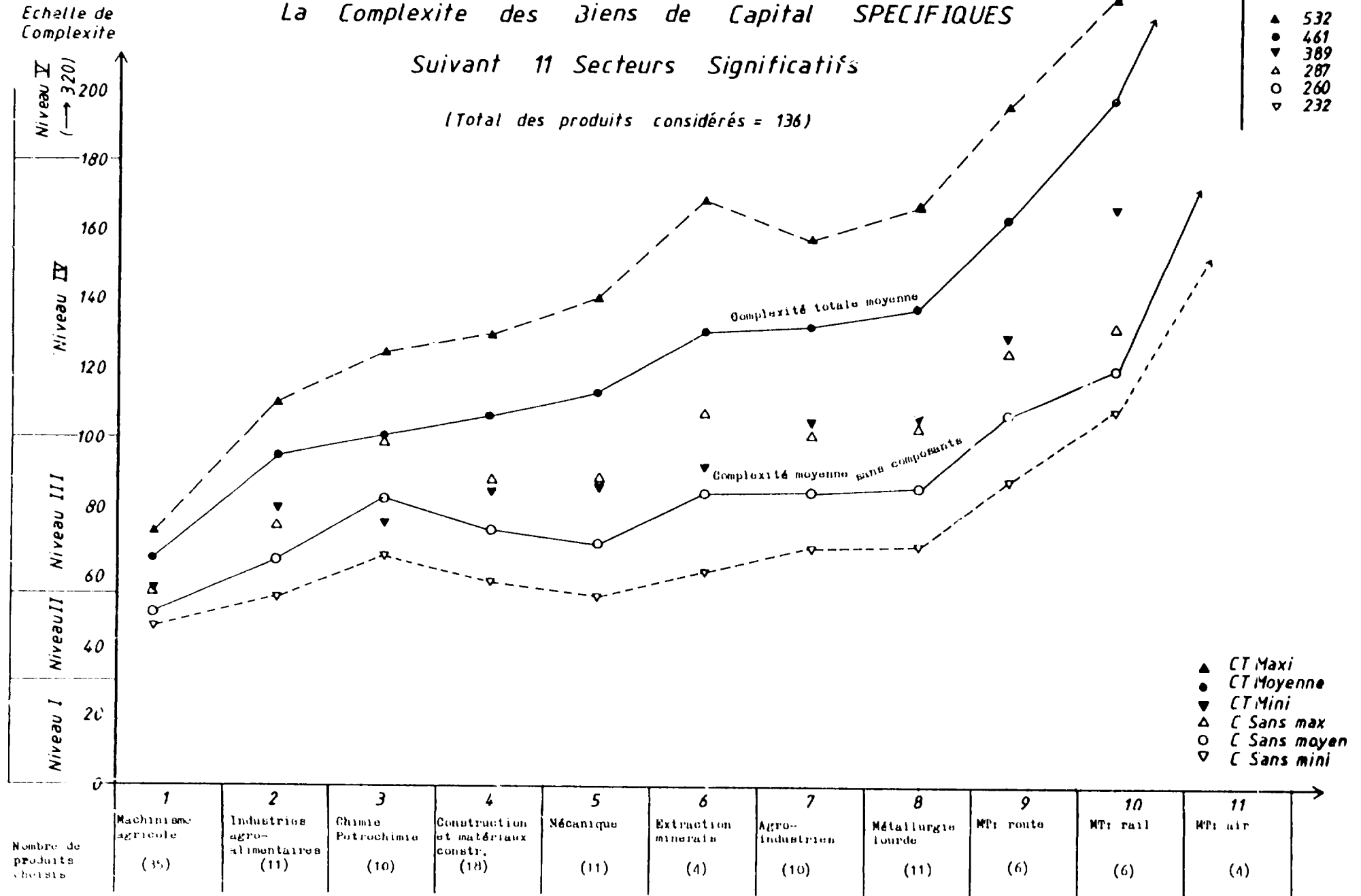


GRAPHIQUE N° 4

La Complexité des Biens de Capital SPECIFIQUES

Suivant 11 Secteurs Significatifs

(Total des produits considérés = 136)



divers secteurs. Les exemples portent sur : le machinisme agricole, les biens d'équipements pour la construction et les matériaux de construction, les agro-industries et industries agro-alimentaires, les industries de base : extraction des minerais, la métallurgie lourde, la chimie et pétrochimie, les industries de transformation : construction mécanique, fabrication de matériels de transport.

Ces divers éclairages permettent de dégager les propositions suivantes :

- 2ème proposition

Ces analyses permettent de classer par complexité les groupes de machines

. Considérées comme produits (classification internationale) les machines présentent une forte inégalité de complexité. Les complexités moyennes s'échelonnent dans l'ordre suivant : produits métalliques simples < machines électriques < instruments de mesure et de contrôle < machines non électriques < matériels de transport. ^{1/}

Cet ordre moyen de la complexité avec composants ne varie pas dans le cas de la complexité sans les composants. Mais les dispersions varient.

. Considérées d'un point de vue fonctionnel et technique, les machines ont l'ordre de complexité moyenne suivante : produits semi-élaborés < pièces < produits finis autonomes < produits et sous-systèmes finis intégrés.

. Considérées comme marchandises destinées à d'autres branches d'activités, les machines ont l'ordre de complexité moyenne suivante : biens communs à toutes les branches \leq biens communs à quelques branches < équipement spécialisé.

Les tableaux 1, 2 et 3 (voir annexe technique) explicitent la proposition N° 2, concernant les biens de capital considérés comme produits. Ils montrent qu'en-dessous de 35 points les produits sont des produits métalliques simples - essentiellement des machines agricoles simples - et quelques machines non électriques. La plage de complexité 35 - 65 contient 20% de l'échan-

tillon. Outre le reliquat de produits métalliques simples, on trouve des machines non électriques. Les matériels de transport présents sont peu significatifs de cette catégorie.^{8/}

Dans la plage 65 à 130 se concentre la majorité de l'échantillon (plus de 50%), en particulier la construction mécanique (55% de la catégorie 382 est produite à ce niveau de complexité), la construction électrique ^{9/} ainsi que les matériels de transport. Au-delà du point 130 le reste concerne environ 20% de l'échantillon. Ce sont des machines non électriques de forte complexité et les matériels de transport.

Le tableau N° 4 (voir annexe technique) explicite la proposition N° 2 quand les biens de capital sont considérés par fonctions.^{10/} L'ordre observé correspond bien à un processus d'intégration successive des constituants des machines pour arriver aux produits finaux.

Le tableau N° 5 (voir annexe technique) justifie également la proposition N° 2 concernant les biens de capital considérés comme des marchandises destinées à d'autres branches d'activité.

On a distingué les biens d'équipements conçus et produits pour une seule branche utilisatrice (la sidérurgie, le textile, par exemple) des biens d'équipements qui sont utilisés dans plusieurs secteurs économiques (les industries lourdes par ex.) et les biens communs à toutes les branches (ex. les machines-outils conventionnelles).

L'analyse de ce tableau conduit à la proposition subsidiaire suivante :

PS 2a = La complexité moyenne totale des biens de capital augmente avec le caractère de spécificité de la demande de ces biens.

... et de commencer à déceler des phénomènes intéressants.

Ainsi les "biens communs" sont en moyenne moins complexes de 30% que les biens spécialisés. Ces groupes renferment - on le verra - eux-mêmes de fortes disparités. L'élimination des

composants rapproche sensiblement les complexités moyennes des 3 groupes : l'écart global n'est plus que de 10%. L'influence est considérable pour le groupe des biens spécialisés dont la complexité moyenne est abaissée d'un tiers (de 116 à 79 points). D'où la proposition subsidiaire suivante :

PS 2b = La complexité moyenne sans composants des biens de capital considérés selon la nature de la demande ne paraît plus varier significativement selon les 3 groupes considérés.

Par contre les écarts entre les complexités "mini" et "maxi" moyennes sont forts pour chacun des groupes (55% par rapport à la valeur moyenne pour les biens communs à toutes les branches, 42% pour les biens communs à plusieurs branches, 36% pour les biens de capital spécialisés). D'où la proposition subsidiaire suivante :

PS 2c = Au sein de chaque groupe de biens de capital existent des alternatives technologiques qui permettent de jouer, en baisse ou en hausse, sur les niveaux de complexité.

Les biens communs à toutes les branches d'activité qui représentent 40% de la valeur des biens de capital font l'objet d'une analyse particulière

- 3ème proposition : La complexité moyenne des biens communs à toutes les branches est inférieure à celle de la moyenne des biens de capital. Le poids des composants y est inférieur mais la dispersion de la complexité est forte. Entre les produits de faible complexité et les autres apparaît un gap technologique.

Il y a un intérêt d'étudier plus en profondeur ce groupe car, à priori, il pourrait constituer une voie d'entrée dans l'industrie des biens de capital pour certains pays en développement. Ce secteur est important d'un autre point de vue. Il est susceptible de procurer des emplois et d'exercer un effet multiplicateur ou d'entraînement sur les industries en "aval", particulièrement les demi-produits ou sous-ensembles mécaniques. Il est susceptible aussi d'élever les taux d'in-

tégration lors des transferts technologiques, par exemple en intégrant les charpentes métalliques et les équipements techniques généraux. On rappellera enfin qu'ils représentent environ 30% du total de la production des biens mécaniques et électriques (40% si l'on ne considère que les biens de capital). Les seuls produits métalliques comptent pour 10% (éléments structuraux en acier, conteneurs, câbles, visserie, boulonnerie, outils, ...), les machines non électriques pour 14% (moteurs, informatique, machines-outils, pompes, compresseurs, ...), la construction électrique et électronique pour 7% (moteurs, composants électroniques, autres appareils, ...). Par contre les machines-outils, travaillant par enlèvement du métal - malgré leur importance essentielle dans la production -, comptent peu en valeur : de l'ordre de 1%.

Le graphique 5 et les tableaux 6 et 7 expriment les résultats de cette analyse qui porte sur 69 produits.

Il en résulte que très peu de produits ont une complexité supérieure à 120 points (à peine 15% de l'échantillon).

Toutes les catégories de la classe 38 sont représentées.

Dans le bas de la gamme de complexité dominent les produits métalliques simples, et quelques machines (conditionnement d'air et ventilateurs ...).

Les machines électriques sont largement dispersées à l'intérieur de l'échantillon.

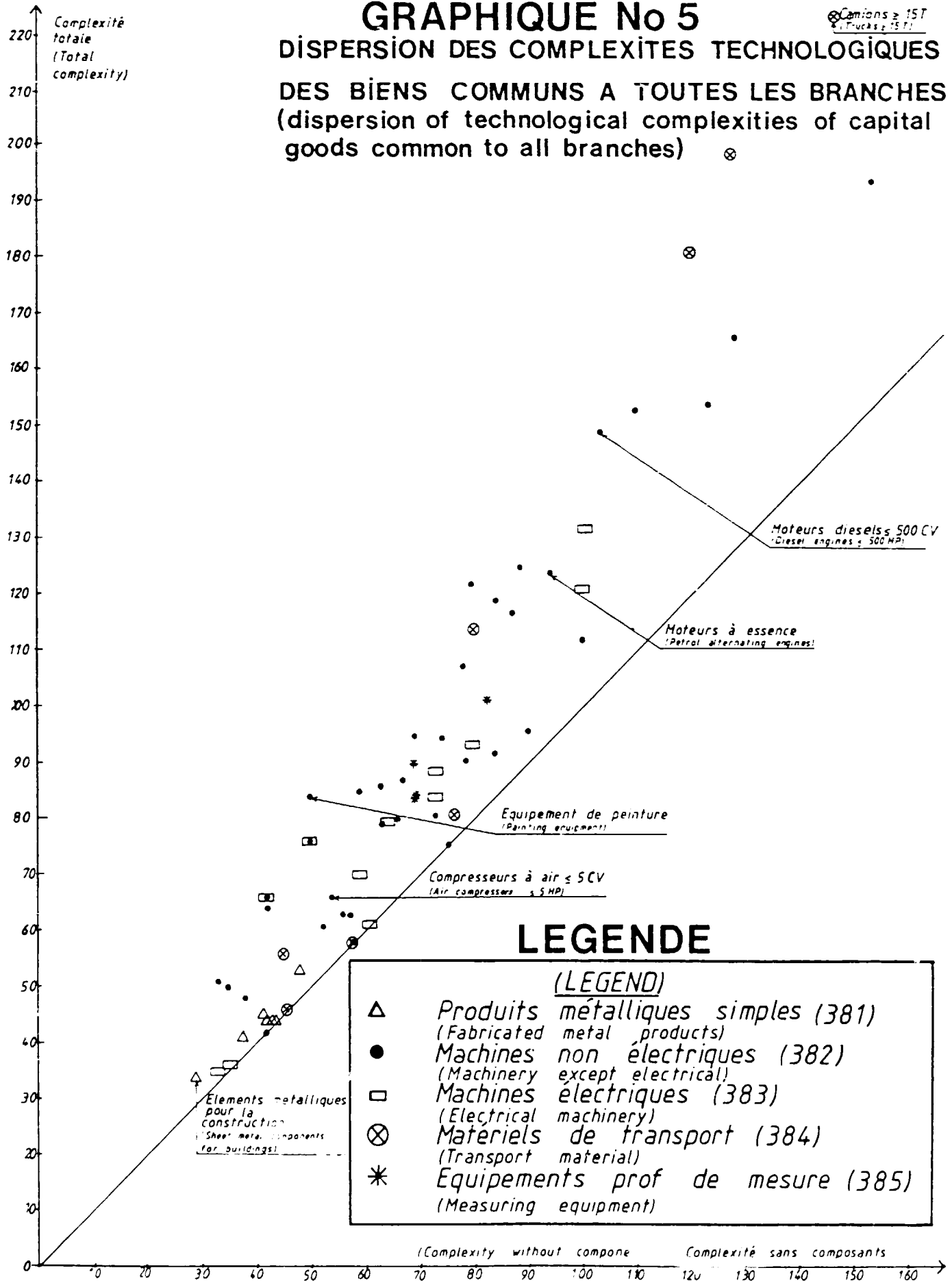
Les matériels de mesure se trouvent entre les valeurs 80 et 120 ainsi que les machines autonomes.

Les moteurs très puissants, le matériel de transport routier et les calculateurs et ordinateurs constituent le haut de la gamme au-dessus de la complexité 120.

GRAPHIQUE No 5

DISPERSION DES COMPLEXITES TECHNOLOGIQUES
 DES BIENS COMMUNS A TOUTES LES BRANCHES
 (dispersion of technological complexities of capital
 goods common to all branches)

Camions $\geq 15T$
 Trucks $\geq 15T$



LEGENDE

(LEGEND)

- △ Produits métalliques simples (381)
(Fabricated metal products)
- Machines non électriques (382)
(Machinery except electrical)
- Machines électriques (383)
(Electrical machinery)
- ⊗ Matériels de transport (384)
(Transport material)
- * Equipements prof de mesure (385)
(Measuring equipment)

Le poids des composants est plus réduit que dans l'échantillon général - à l'exception des hauts de gamme. La faible réduction de l'indice de complexité quand on retranche les composants rapproche la complexité de fabrication des biens communs à toutes les branches des autres catégories de biens de capital (voir tableau 5), d'où la proposition subsidiaire suivante, qui complète la PS 2b :

PS 3a = La complexité moyenne de fabrication sans composants des biens de capital communs à toutes les branches est du même niveau que celle des autres grandes classes de biens d'équipements. Il n'est donc pas, à priori, plus facile - en général - de les produire.

Mais, comme la catégorie est large, il faut désagréger le groupe en catégories plus fines. Pour cela on a regroupé l'ensemble des biens communs en 11 familles de produits qui correspondent à leur degré d'élaboration et aux fonctions qu'ils remplissent. Le graphique 3 et le tableau 8 expriment les résultats de cette analyse. Les groupes ont été classés selon l'ordre de complexité totale moyenne croissante.

Ceci conduit à la proposition subsidiaire suivante :

PS 3b = L'ordre de complexité totale des groupes de produits qui constituent la classe des biens de capital communs à toutes les branches est le suivant :

Il est possible d'en établir l'ordre de complexité de fabrication

petits éléments mécaniques < éléments de construction en acier < petits équipements électriques < équipements techniques divers d'aérolitique, de contrôle et de mesure < pompes, compresseurs, chaudières < pièces et sous-ensembles mécaniques pour machines < matériel de stockage et manutention < machines-outils de type universel < moteurs de tous types essence, diesel ou électrique < matériels de transports routiers < matériels de bureau, machines à écrire, calculateurs, ordinateurs.

PS 3c = L'ordre de complexité sans les composants des groupes de produits qui constituent la classe des biens de capital communs à toutes les branches est le suivant :
petits éléments mécaniques < éléments en acier pour la construction < équipements techniques divers < petits équipements électriques < pompes, compresseurs, chaudières < machines-outils universelles < matériels de stockage et manutention < pièces mécaniques pour machines < moteurs de tous types < matériels de transport routier < matériels de bureau.

L'ordre sans composants présente donc des différences sensibles entre le 3ème rang et le 8ème rang.

Avec composants la dispersion de la complexité va en moyenne de 1 à 4, sans les composants de 1 à 3,5.

La majorité des produits se concentre entre les points 70 à 100 de complexité totale, c'est-à-dire un niveau relativement élevé. En fait les deux premiers groupes (petits éléments mécaniques et éléments de construction en acier) sont des produits de faible complexité. Il faut accroître la variété de 70% pour accéder au 3ème groupe (les petits équipements électriques dont la complexité est de 75 - 80 points). Il y a un gap technologique dans le bas de gamme.

Les produits de moyenne et forte complexité concernent les groupes de machines non électriques autonomes comme les pompes, compresseurs, les matériels de stockage et de manutention, ainsi que des sous-ensembles métalliques comme les réducteurs, embrayages, engrenages (entre 80 et 100 points). Les produits de relativement forte et très forte complexité à l'intérieur des biens communs comprennent les machines-outils universelles, les moteurs de divers types, les matériels de transport routier et les matériels de bureau (au-dessus de 100 points).

On notera enfin (voir tableau 8) que les écarts entre les "mini" et les "maxi" sont assez larges, notamment pour les 4 derniers groupes, ce qui laisse supposer l'existence d'alternatives technologiques. Mais les "mini" se trouvent à un niveau relativement élevé, ce qui conduit à la conclusion que les biens communs restent relativement complexes à fabriquer, même sans les composants.

L'ordre des complexités de fabrication a aussi été établi pour les biens de capital spécifiques de certains secteurs de la demande finale

- 4ème proposition : En fonction de la demande finale des secteurs auxquels ils sont destinés l'ordre de complexité des biens de capital spécifiques est le suivant :
machinisme agricole < industries agro-alimentaires < chimie et pétro-chimie < construction et industrie des matériaux de construction < construction mécanique < extraction des minerais < agro-industries, tabac, cuir, textile < métallurgie lourde, sidérurgie, forge, fonderie < matériels de transport route < matériels de transport rail < matériels de transport air.

Sans les composants, l'ordre de complexité devient :
machinisme agricole < industries alimentaires < construction mécanique < construction et industrie des matériaux de construction < chimie et pétro-chimie < extraction des minerais < agro-industries < métallurgie lourde < matériels de transports route, rail et air.

L'ordre avec ou sans composants ne change donc qu'entre les rangs 3 et 5.

Bien évidemment ces classements, de même que les précédents, ne doivent pas être interprétés rigidement. Les écarts observés sont parfois trop réduits pour amener à conclure à un ordre déterminé. Les conventions de la notation et la consistance de l'échantillon influent évidemment les observations. Compte tenu de ces réserves des différences appréciables paraissent exister, dans le cas de la complexité totale, entre le 1er rang

et le second rang, entre celui-ci et le 5ème rang les différences ne sont pas considérables, par contre il n'en est pas de même à partir du 6ème rang, et si la différence est faible entre le 6ème et le 9ème rang, celle-ci est plus tranchée avec les rangs 10 et 11.

Le graphique 4 et le tableau 9 rendent compte des résultats.

Au sein des 136 produits représentés se manifeste une grande hétérogénéité. La dispersion moyenne entre les extrêmes va de 1 à 7 et se réduit de 1 à 5 sans les composants.

Ainsi qu'il est observé plus haut, différents seuils de complexité apparaissent :

- il y a un gap important entre le machinisme agricole et les biens de capital pour les industries agro-alimentaires.
- il y a un palier autour du point 100 qui concerne les biens de capital pour la chimie et la pétro-chimie, la construction et l'industrie des matériaux de construction, la construction mécanique.
- un nouveau palier s'établit autour des cotations 130 - 140 pour les biens de capital pour les mines, les agro-industries, la métallurgie lourde.
- enfin le dernier palier, assez décroché vers le haut, comprend les matériels de transport.

Le poids des composants y est plus important que pour les biens communs. Il est de l'ordre de 30%. Il est plus faible pour les équipements destinés à la chimie et à la pétro-chimie (moins de 20%).

La ligne des "mini" avec composants (voir graphique 4) voisine pour les 8 premiers groupes la cote 70 points.

On notera un phénomène analogue à celui des biens communs : sans composants la maîtrise du niveau 70 - 90 permet de fabriquer la majorité des équipements spécifiques, à l'exception des matériels de transport.

On en conclura provisoirement que la cote 70 - 90 (sans les composants) apparaît comme une véritable barrière.

La désagrégation des groupes de machines peut évidemment se poursuivre. Ainsi on a résumé ci-dessous l'analyse des groupes "machinisme agricole", "industries agricoles et alimentaires", "construction et industrie de la construction", qui sont des groupes particulièrement important pour les pays en développement et qui appartiennent à l'ensemble des biens de capital spécifiques à des secteurs de la demande finale.

En ce qui concerne ces 3 groupes, on peut formuler la proposition suivante :

PS 4a = La complexité moyenne du machinisme agricole est plus faible que celle des biens de capital destinés à l'industrie de la construction et des industries de matériaux de construction. La complexité moyenne des biens d'équipements destinés aux agro-industries est plus forte que les précédentes. Ces trois catégories de biens d'équipements ont une complexité inférieure à la moyenne des biens de capital spécifiques aux secteurs de la demande finale.

On a comparé les complexités des secteurs en "amont" et en "aval" de l'agriculture, le machinisme agricole et les biens de capital nécessaires pour les industries agro-alimentaires. On a fait de même avec les équipements pour la construction

L'idée de comparer la complexité technologique de ces 3 secteurs provient de la constatation suivante : tous les pays en développement ont une agriculture qui pour nombre d'entre eux constitue l'activité sinon unique du moins principale. En conséquence il a semblé intéressant, par rapport à l'agriculture, d'étudier la complexité d'industries "en amont", le machinisme agricole, et "en aval" les industries agricoles et alimentaires, ainsi que les biens de capital destinés à l'industrie de la construction et des matériaux de construction,

chaque pays en développement ayant à faire face, aussi, à des problèmes de construction et d'urbanisation.

Les tableaux 9 et 10 expriment les résultats de cette analyse. Ils confirment le classement exposé ci-dessus.

L'écart de complexité sans les composants entre le machinisme agricole et la construction se réduit et suggère - du fait que les filières technologiques principales sont les mêmes - la possibilité de productions jointes.

Par contre l'écart est plus fort avec les biens de capital destinés aux agro-industries : le ratio est de 1,9 avec les composants. Sans les composants, la complexité moyenne du machinisme agricole baisse de 10% et de plus de 3,5% dans le cas de l'agro-industrie, ce qui a pour effet de réduire l'écart de complexité entre les 2 secteurs à 1,5.

On remarquera que ces 3 secteurs ont une complexité moyenne inférieure à celle de l'ensemble des biens de capital spécifiques (116 points).

On a continué cette analyse à un niveau plus fin, à titre d'exemple, à l'intérieur de chacun de ces groupes, ce qui conduit aux propositions subsidiaires suivantes :

PS 4b = Bien qu'en moyenne de faible complexité le groupe des machines et instruments agricoles est caractérisé par une forte dispersion, le poids des composants très faible pour les instruments et machines simples devient important pour les machines tractées perfectionnées ou multifonctionnelles.

Sur le graphique 6, les 35 machines et matériels agricoles faisant partie de l'échantillon ont été positionnées selon leur complexité avec ou sans composants en 4 catégories : équipements tractés, tracteurs et engins motorisés, équipements fixes et autres matériels agricoles.

GRAPHIQUE No 6

Complexité Technologique du Machinisme Agricole (Technological Complexity of Agricultural Machinery)

Complexité
totale
(Total 160
complexity)

150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

LEGENDE / LEGEND

- Machines tractées
Trailed machines
- ⊙ Tracteurs et engins mécanisés
Tractors and mechanized
machines
- Equipements fixes
Fixed equipment
- △ Autres matériels agricoles
Other agricultural material
(Divers, matériels transport,
...)
(Transport equipment,
miscellaneous ...)

Tracteur à chassis articulé
(Articulated tractor)

Tracteur à chenilles (sans moteur)
(Tracklaying tractor without engine)

Tracteur à roues >25CV (sans moteur)
(Wheeled tractor >25HP without engine)

Pulvérisateur pneumatique
(Pneumatic sprayer)

Tracteur à roues < 25CV (sans moteur)
(Wheeled tractor < 25HP without engine)

Faucheuse, portée
(Mounted mower)

Pulvérisateur porté
(Mounted sprayer)

Séchoir à grains
(Grain drier)

Ramasseuse-presse
(Hay baler)

Ramasseuse-enrouleuse
(Round baler)

Petit moteur diesel, à 2 temps, refroidissement à air
(Small one cylinder air cooled diesel engine)

Remorque à deux essieux
(Two axle trailer)

Remorque auto-chargeuse
(Self-loading wagon)

Tarière
(Screw auger)

Epandeur d'herbe rotative
(Rotating head tedder)

Epandeur de fumier
(Manure spreader)

Brouette, remorque à un essieu
(Wheelbarrow & one axle trailer)

Chargeur frontal
(Front loader)

Semoir
(Seed drill)

Charrue bisoc-trisoc, portée
(Mounted 2-3 disc plough)

Charrue bisoc, portée
(Mounted 2-furrow mouldboard plough)

Moulin à marteaux
(Hammer mill)

Charrue trisoc réversible, portée
(Mounted 1-2-3 furrow mouldboard plough)

Charrue à disque
(Plough discs)

Pulvérisateur manuel
(Manual knapsack sprayer)

Outils à main
(Hand tools)

Herse à disque déportée, portée
(Mounted offset disc harrow)

Ensileuse-hacheuse
(Forage chopper)

Charrue à traction animale
(Animal drawn plough)

Remorque pour récolte semi-mécanisée de fruits et légumes
(Fruit and vegetables semi-mechanized harvesting trailer)

Cultivateur à dents rigides
(Rigid tine cultivator)

(Complexity without components) Complexité sans composants

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110

On peut y voir la forte dispersion entre les machines qui va de 1 à presque 8. Les seules machines tractées ont une dispersion de 1 à 5.

- A la base on trouve 8 produits de complexité inférieure à 34 points et pour lesquels le poids des composants est très réduit. Ce sont les machines tractées très simples, des matériels divers : outils à main, remorque à un axe, pulvérisateur manuel.
- A un niveau de complexité plus élevé (entre 40 et 68 points) se trouvent des machines tractées et des équipements fixes ainsi que du matériel de transport tracté. L'échantillon se diversifie dans le graphique avec 13 produits. L'importance des composants est en général plus forte, à complexité égale, pour les équipements fixes.
- A un autre niveau (approximativement sur le graphique entre 75 et 100 points) on trouve des machines tractées perfectionnées ou multifonctionnelles, ainsi que le premier engin motorisé de l'échantillon (le moteur n'étant pas pris en compte), ainsi qu'un équipement fixe : un séchoir à grains dont les composants représentent 40% de la complexité totale.
- Au niveau supérieur se trouvent les tracteurs et engins autotractés (la complexité va de 110 à 160 points).

Une attention particulière a aussi été apportée aux biens de capital pour les industries alimentaires ...

PS 4c = Le groupe des biens d'équipements pour les industries agricoles et alimentaires a une complexité plus élevée que celui des machines agricoles et une dispersion plus importante. Le poids des composants est relativement fort pour les produits plus compliqués. Les plus simples sont constitués de biens d'équipements à prédominance mécaniques pour des industries alimentaires et agricoles traditionnelles. Les plus complexes sont constitués de biens

d'équipements liés aux opérations d'emballage et de conditionnement ainsi qu'au processus de production à prédominance bio-chimique.

Le graphique 7 rend compte des phénomènes observés. La moyenne de complexité plus élevée des biens de capital pour l'agro-industrie comparée au machinisme agricole provient, d'une part, du fait que le niveau de complexité moyen minimum est plus élevé, d'autre part, que relativement davantage de produits se trouvent dans la zone de complexité plus élevée. La différence de complexité observée dans le niveau supérieur n'est pas significative. Par contre la dispersion entre les extrêmes n'est que de 1 à moins de 4 (contre 1 à 8 pour le machinisme agricole).

Dans le bas de l'échelle on trouve du matériel simple, broyeurs et mélangeurs pour l'alimentation animale, d'autres matériels à dominante mécaniques -auxquels s'ajoutent des composants spécifiques - : chambres de réfrigération, matériels pour les jus de fruits, les crèmes glacées, les fours pour le pain. Il est à remarquer que même pour ces produits simples le poids des composants est important : de l'ordre de 20 à 30% de la complexité totale.

Dans le milieu de l'échelle on trouve du matériel destiné à des industries traditionnelles : cuir, coton, biscuits, pâtes, boissons. Le poids des composants est de l'ordre de 30 à 40%.

Enfin, en haut de l'échelle, on trouve des biens d'équipements pour l'emballage, le tabac et les cigarettes, les procès de désydratation, freeze-drying et deep-freezing, l'embouteillage, et surtout les industries où les procès chimiques sont aujourd'hui dominants : caoutchouc, alcool, sucre, huiles végétales. La "chimisation" des industries agro-alimentaires s'accompagne d'une élévation de la complexité de

GRAPHIQUE No 7

Complexité technologique des Biens de Capital pour les industries Agro-alimentaires

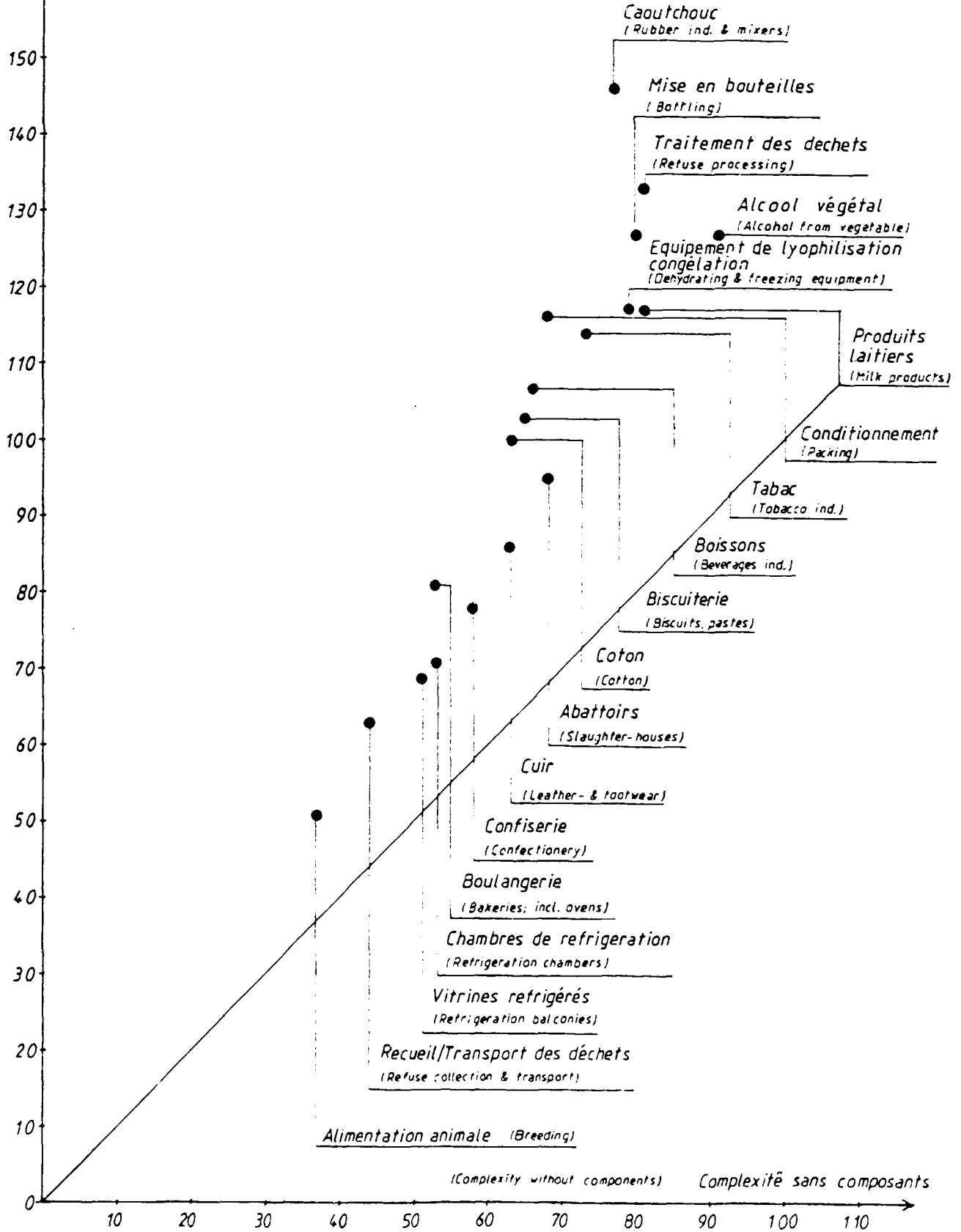
(Technological complexity of Capital goods
for Agro-industries)

Complexité totale
(Total complexity)

170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Hu...
végétales
(Vegetable oil)

Sucre
(Sugar)



(Complexity without components)

Complexité sans composants

leurs biens d'équipements. Le poids des composants y est de l'ordre de 50% de la complexité.

... et à ceux
pour l'industrie
de la construction

PS 4d = Le groupe des biens d'équipements pour les industries de la construction et des matériaux de construction a une complexité et une dispersion plus élevées que celles des machines agricoles et des industries agricoles et alimentaires. Le poids des composants y est plus élevé. Mais la partie la plus simple de ces biens d'équipements est d'une complexité voisine de celle de la partie inférieure de l'échantillon de machines et instruments agricoles.

Le graphique 8 permet de visualiser ces observations.

Ainsi les outils à mains, les portes écrans, les équipements pour les usines d'asphalte, de préparation du béton, de préparation des terres, les compresseurs et compacteurs sont dans une position comparable à la gamme inférieure des machines agricoles. Les autres classes d'équipements : pour le transport du ciment, pour la fabrication de la céramique et de l'amiante, les revêtements, les grues, les broyeurs remouleurs, les éléments pour les ponts, les remorques, ont des analogies de position avec d'autres groupes de machines agricoles (voir PS 4b).

Ceci est donc une incitation pour rechercher ultérieurement si ces divers produits relèvent de filières de production comparables.

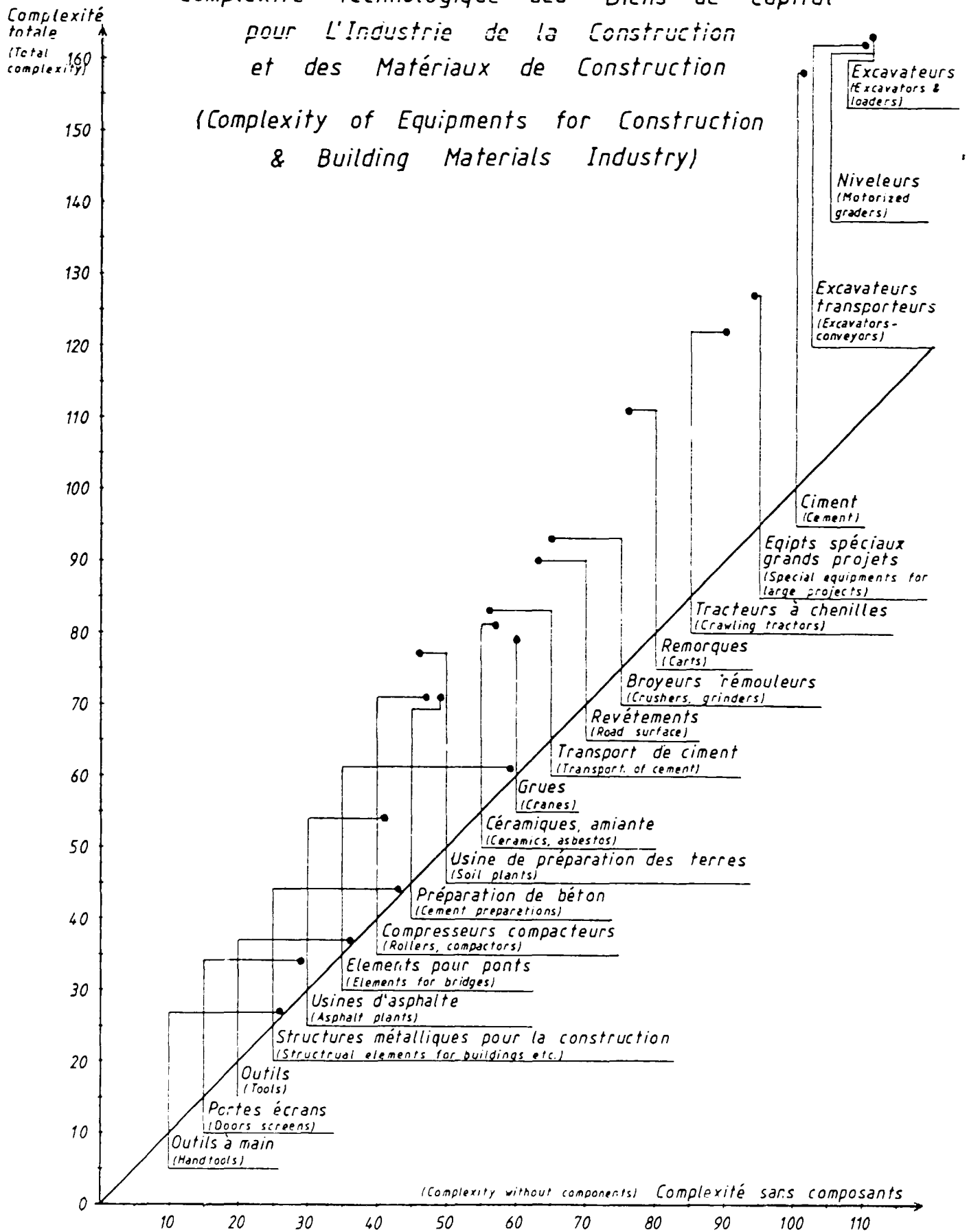
- 5ème proposition : La taille des entreprises de l'ensemble A est une stratification importante dans la répartition de la production des divers groupes de biens de capital.

Le tableau 11 donne les résultats de l'analyse de la ventilation des biens d'équipements selon les tailles des entreprises de l'unité de fabrication A correspondant aux 6 niveaux considérés et mesurés par le nombre d'employés $< 100 < 250 < 500 < 1000 < 3000$ et > 3000 .

GRAPHIQUE No 8

Complexité Technologique des Biens de Capital
pour L'Industrie de la Construction
et des Matériaux de Construction

(Complexity of Equipments for Construction
& Building Materials Industry)



La conclusion qui se dégage de ce tableau est que 15% seulement des biens de capital paraissent pouvoir être produits dans les entreprises de moins de 250 salariés.

Presque 75% des produits peuvent être manufacturés dans les entreprises de 250 à 3000 employés.

Si l'on considère la classe 38, plus de la moitié des produits simples pourraient être le fait des entreprises de 100 à 500 employés.

Pour les machines non électriques plus de 50% d'entre elles également pourraient être faites, mais dans des entreprises de 250 à 1000 employés.

La production de machines électriques ne paraît pas commencer avant le niveau de 250 salariés et plus de 65% se concentrent dans les classes de 500 à 3000 employés.

Pour les matériels de transport la même limite inférieure s'observe, mais presque 70% des produits concernent les entreprises au-dessus de 1000 employés.

La fabrication des matériels de mesure et de contrôle se situe entre 250 et 3000 employés, les entreprises de 500 à 1000 employés comptant pour presque 50% du total.

Si l'on considère les biens de capital du point de vue fonctionnel et technique, la production de produits semi-élaborés se situe entre les classes de 100 à 500 employés. Celle des pièces et sous-ensembles s'échelonne dans toutes les classes mais les entreprises au-dessus de 500 employés fournissent plus de 70% des produits. La même situation s'observe pour les machines autonomes, mais la concentration de 70% s'observe entre les entreprises de plus de 250 et moins de 3000 employés. Enfin, pour les équipements intégrés de procès, la concentration vers le haut est plus forte : presque 65% concernent les entreprises de plus de 1000 employés.

Si l'on considère les biens de capital du point de vue de la demande finale des secteurs, 60% des biens communs à toutes les branches d'activité se situent entre 250 et 1000 employés. Plus de 80% des biens communs à certaines branches sont répartis entre 250 et 3000 employés. La concentration est moins forte pour les machines spécialisées, elle est inférieure à 70% entre ces classes. Le reste se partage à peu près également entre entreprises en-dessous de 250 employés et au-dessus de 3000.

Si l'on récapitule les possibilités de fabrication des petites entreprises de moins de 100 salariés (limite qui, dans la plupart des pays en développement, est celle d'entreprises déjà importantes), on s'aperçoit que celles-ci apparaissent limitées - tout au moins dans les conditions du modèle technologique de référence : pas de fabrication pour les machines électriques, celles de transport, de mesure et contrôle, les produits semi-élaborés, les équipements intégrés de procès, de l'ordre de 2% des produits pour les machines non électriques, les pièces et sous-ensembles, les machines et équipements autonomes, les biens de capital pour quelques branches, les machines spéciales. Il n'y a que pour les produits simples de la classe 381 que la petite entreprise connaît un pourcentage plus élevé (8,7%).

On rappellera que cette analyse concerne l'unité centrale de fabrication (A) et non les entreprises des ensembles et sous-ensembles B1, B2 et C. En particulier la production des produits semi-élaborés (forge, fonderie, ...) et des services techniques s'accommode de l'existence de petites entreprises qui donnent plus de souplesse au système.

- 6ème proposition : Le rythme d'innovation des biens de capital est très inégal selon les produits.

Ainsi, sur 268 produits pour lesquels on a pu faire l'analyse, 22% ont un cycle très lent - avec un rythme d'innovation de 50 ans ou plus, 19% un cycle entre 35 et 50 ans, 32% entre 25 et 35 ans, 21% entre 15 et 25 ans, 4% ont un cycle entre 10 et 15 ans, et moins de 2% moins de 10 ans.

En d'autres termes, d'ici les 20 années qui nous séparent de la fin du siècle, si le rythme du progrès technique ne change pas fondamentalement, entre 75 et 80% des biens de capital actuels continueront d'être produits fondamentalement de la même manière.

On citera parmi les produits très stables, par exemple,

- les outils à mains agricoles
- les compresseurs à air (jusqu'à 5 CV)
- la quincaillerie
- les éléments classiques de construction métalliques
(portes, fenêtres, etc ...)

Parmi ceux dont le taux de rotation est le plus élevé :

- les ordinateurs
- les aéro-glisseurs
- les petits calculateurs à usage industriel
- les calculateurs à usage personnel.

- 7ème proposition : La grande majorité des biens de capital est concentrée aux niveaux 3 et 4 de complexité totale.

La dispersion de la complexité a été analysée avec la proposition N° 1. Les résultats ont ensuite été ventilés à l'intérieur de 6 classes de complexité définies au chapitre I. Les valeurs conventionnelles qui avaient été données à celles-ci sont les suivantes : classe 1 = 0 à 30, classe 2 = 30 à 55, classe 3 = 55 à 100, classe 4 = 100 à 180, classe 5 = 180 à 320, classe 6 = au-dessus de 320. Ces classes ont donc permis un premier classement des produits en fonction des niveaux définis par hypothèses. ^{11/}

Le tableau N° 12 récapitule les résultats par rapport à la complexité totale. Il montre que presque 75% des produits se rattachent aux classes 3 et 4, dont 40% à la classe 3.

PS 7a = Les groupes de biens de capital se concentrent à des niveaux spécifiques de complexité.

- Si l'on considère la classe 38, 86% des produits métallurgiques simples (classe 381) se situent aux niveaux 1 et 2.
- Les machines non électriques (classe 382) sont à 80% dans les niveaux 3 et 4; il en est de même pour 73% des machines électriques.
- 85% des matériels de transport sont répartis dans les niveaux 3, 4 et 5, et surtout dans ces deux dernières classes, et presque 10% au niveau 6.
- Les équipements de contrôle et de mesure sont à 100% dans les niveaux 3 et 4, dont 85% dans le 3.

Vers le "haut" des gammes de complexité, les produits métallurgiques simples s'arrêtent au niveau 4, les machines et équipements électriques, ceux de contrôle et de mesure au niveau 5. ^{12/}

Vers le "bas" des gammes de complexité, les machines et équipements électriques ne commencent qu'au niveau 2, il en est de même des matériels de transport, et au niveau 3 pour les équipements et appareils de contrôle et de mesure.

- . Si l'on considère les biens de capital d'un point de vue fonctionnel et technique, on constate que :
 - la totalité des produits semi-élaborés se situe dans les classes 1 et 2
 - presque 80% des pièces et sous-ensembles sont aux niveaux 3 et 4, dont 50% au niveau 3
 - plus de 70% des machines et équipements autonomes sont dans ces mêmes plages, dont plus de 40% au niveau 3
 - plus de 85% des équipements intégrés à un procès complexe sont aussi aux niveaux 3 et 4, dont plus de 55% au niveau 4.

Vers le "haut" de la gamme de complexité, les produits semi-élaborés s'arrêtent au niveau 3. Les pièces et sous-ensembles au niveau 5, les équipements intégrés au niveau 6.

- . Enfin, si l'on considère les biens de capital du point de vue de la demande :
 - plus de 90% des biens communs à toutes les branches sont contenus dans les classes 2, 3 et 4, la classe 3 compte pour 50%
 - plus de 80% des biens communs à quelques branches se trouvent dans les classes 3 et 4, en majorité dans 3
 - moins de 70% des biens spécialisés sont aussi dans ces classes, mais le reste occupe tous les autres niveaux. C'est le seul cas où ce phénomène est observé.

- . Concernant les biens communs à toutes les branches :
 - vers le "haut" de la gamme de complexité ils ne dépassent pas le niveau 5,
 - vers le "bas" de la gamme, leur production ne paraît commencer seulement qu'au niveau 2. ^{13/}

Le graphique 3 montre qu'au niveau 2 de complexité totale on trouve dans les biens communs à toutes les branches les petits éléments mécaniques et les éléments en acier pour construction.

Au niveau 3, on trouve les petits équipements électriques, les équipements et matériels divers, les pompes, compresseurs et chaudières, les pièces et sous-ensembles mécaniques, les matériels de stockage et manutention.

Au niveau 4 se situent les machines-outils universelles, les moteurs de tous types, les matériels de transport routier et de bureau.

- . Concernant les biens d'équipements spécialisés, le graphique 4 montre qu'on trouve :
 - au niveau 3 de la complexité totale, le machinisme agricole et les industries alimentaires, à la limite des niveaux 3 et 4 les biens de capital pour la chimie et la pétrochimie
 - au niveau 4, les biens de capital pour la construction et l'industrie des matériaux de construction, l'industrie mécanique, l'extraction des minerais, les industries agricoles, la métallurgie lourde, les moyens de transport par la route
 - au niveau 5, les moyens de transport par rail
 - au niveau 6, les moyens de transport par air.

Cette proposition est, en quelque sorte, une conclusion générale de l'analyse de complexité technologique du point de vue de l'"output", c'est-à-dire la répartition des machines

fabriquées selon les niveaux de complexité.

On a repris ci-dessous l'analyse du point de vue des inputs par niveaux de complexité, ce qui conduit à la proposition suivante :

- 8ème proposition : L'appareil de production pour fabriquer les biens de capital est intégré par niveaux de complexité cumulatifs qui représentent des générations technologiques différentes. L'élargissement de la gamme des produits nécessite le recours à des facteurs de production affectés de degrés de complexité élevés.

On s'est posé la question de savoir quels sont les biens d'équipements que l'on peut produire avec l'appareil de production, caractérisé par les 80 facteurs de l'analyse, au même niveau de complexité.

On reviendra plus loin sur l'importance de la question et la signification des réponses qui peuvent lui être données.

Il a été procédé à un exercice de simulation. On a identifié le nombre de biens d'équipements fabricables lorsque l'on porte successivement tous les facteurs au plus au niveau 1, puis au niveau 2, ... et ainsi de suite. On en a déduit ensuite à chaque étape les gains obtenus par un accroissement uniforme des niveaux de complexité. On notera que dans cette simulation on ne fait pas intervenir la complexité des machines produites mais uniquement les niveaux de complexité des facteurs de production.

Les résultats de cette simulation sont présentés au tableau N° 13.

Au niveau global de l'échantillon, on remarque que la seule possession du niveau 1 pour tous les facteurs ne permet que de fabriquer que deux biens d'équipements. Ce sont des outils à main agricoles ou domestiques. Même si l'on possède

ensuite tous les facteurs au niveau 2, seuls six biens d'équipements sont fabricables. Le gain de passage du "stade 1" au "stade 2" est donc faible.

Par contre, la possession des facteurs aux niveaux 1, 2 et 3 provoque un changement substantiel. On couvre alors 72 biens d'équipements, soit près de 23% de l'échantillon. Cela est encore plus marqué lors de l'accroissement au 4 où près de 45% est potentiellement fabricable.

On notera que même la possession des facteurs au niveau 5 ou plus ne permet de fabriquer que 60%. La possession du niveau 6 pour certains facteurs est la condition permissive pour accroître la variété de la production.

Si l'on répartit maintenant les gains à l'intérieur des groupes principaux de la division ISIC 38, les ruptures apparaissent nettement marquées et à différents stades selon les groupes :

- . Pour 381 (produits métalliques simples) et 382 (machines sauf électriques) les gains marquent un saut (absolu et relatif) au passage de 2 et 3. A ce dernier stade, la couverture du groupe 381 est quasi complète. Pour le groupe 382, les gains sont étalés assez régulièrement entre les niveaux 3 et 5. Puis il y a un saut brusque entre les niveaux 5 à 6. Ce saut permet de produire près de 40% des machines de la classe.
- . Pour 383 et 384, le changement se produit lors du passage de 3 à 4. On notera que la maîtrise des matériels de transport demande un niveau 6 pour un certain nombre de facteurs.
- . Enfin le groupe 385 (instruments de contrôle) n'est vraiment dominé largement qu'au-delà du niveau 5 pour tous les facteurs.

Bien évidemment ces observations reposent sur l'hypothèse théorique que tous les facteurs sont au même niveau de complexité. Les résultats obtenus conduisent alors aux propositions subsidiaires suivantes :

PS 8a = Pour produire les biens de capital, il faut non seulement la présence des facteurs de production mais il faut que ceux-ci soient affectés d'un indice de complexité spécifique, et en conséquence que soient mobilisées dans le stock technologique des générations différentes.

Pour produire des machines, même simples, il faut non seulement l'existence des facteurs de production, mais il faut que certains d'entre eux aient un niveau de complexité plus élevé que celui de la machine qu'ils permettent de fabriquer.

La condition permissive de la production de biens de capital à un niveau significatif paraît que certains facteurs de production aient au moins un indice de complexité de 3. Ce qui en d'autres termes signifie que les pays en développement, qui veulent bâtir une industrie de biens d'équipements, doivent non seulement introduire les variables nécessaires mais élever à un niveau suffisant les variables discriminantes.

Ces analyses ont évidemment une portée opérationnelle. Elles peuvent conduire d'abord à utiliser au mieux les capacités existantes, celles de la polyvalence de l'appareil de production, d'envisager la conception des projets d'investissements dans une approche plus large que l'étroitesse micro-économique et monosectorielle, d'avoir une vue sélective de la variété des facteurs qu'il faut accroître.

En continuant à considérer les facteurs de production, on a prolongé l'analyse précédente par la mesure des fréquences d'utilisation des variables selon les niveaux de complexité. Ainsi on peut observer pour chaque variable les "profils" de leur entrée et de leur disparition.

Ces profils d'entrée et d'arrêt des variables par niveaux de complexité sont dessinés aux tableaux 14, 15 et 16 pour les 3 groupes des biens de capital communs à toutes les branches, pour ceux communs à quelques branches, et pour les machines spécialisées.

La comparaison des profils pour ces 3 groupes de machines ne laisse pas apparaître de substantielles différences, qui se manifesteraient peut-être, avec une désagrégation plus poussée.

On remarquera quand même que la fréquence d'utilisation des variables de B1 (produits semi-élaborés) de niveaux 1 et 2 est plus forte pour la production de biens de capital communs que pour celle de machines spécifiques. Mais que pour ces dernières, celle des composants de niveaux 5 et 6 est plus élevée.

En fait, ces observations confirment la proposition précédente en montrant l'importance du recours aux variables de niveaux de complexité différente.

L'analyse des facteurs de production a été prolongée pour évaluer la fréquence de leur utilisation à l'intérieur des ensembles A et B. Ceci conduit aux propositions subsidiaires suivantes :

PS 8b = Au sein du sous-ensemble A, de l'unité centrale de fabrication, on n'observe pas de différences significatives dans le taux d'utilisation des variables qui le définissent en fonction des biens de capital communs à toutes les branches, à certaines, ou spécifiques.

Le tableau 17 en fournit la démonstration.

Les 30 variables du sous-ensemble des moyens de production A2 ont été agrégées en 4 "blocs" : travail par déformation, soudage, travail par enlèvement de copeaux et divers. Ce regroupement conduit aux conclusions suivantes :

PS 8c = Au sein du sous-ensemble A2, la fréquence de l'utilisation des moyens de production φ évolue parallèlement ou diverge par rapport à la spécialisation des machines qu'ils permettent de fabriquer.

Le tableau 18 révèle ces phénomènes.

• Bloc "travail par déformation"

Plus les biens d'équipements sont spécialisés, plus il est fait appel à des opérations de déformation de produits métallurgiques semi-finis (pliage, étirage de tôles, etc ..., ou encore déformation à froid de tubes, fils, etc ...).

• Bloc "soudage"

Les opérations de soudage évoluent dans le même sens.

• Bloc "travail par enlèvement de copeaux"

Des évolutions se produisent en sens contraire. Alors que l'usage de certaines machines-outils va croissant plus la spécialisation des biens augmente (notamment pour les tours verticaux, raboteurs et les machines à tailler les engrenages), on observe par contre que d'autres ont une importance qui va diminuante : cela est particulièrement marqué pour tous les tours à plusieurs mandrins, les brocheuses, les machines de super finition, les machines spéciales propres au fabriquant. Il semble donc, notamment en considération de ce dernier facteur, que la spécialisation des biens fabriqués et celle des moyens pour les produire, jouent en sens inverse. Cela peut être expliqué par le fait que la production de biens communs est généralement faite en grande série et justifie de ce fait des machines "ad hoc".

Inversement, des biens très spécialisés résultent de séries moins nombreuses, et de ce fait, il y a intérêt pour le

constructeur à s'assurer une certaine polyvalence dans ses moyens de production de manière à pouvoir couvrir avec flexibilité une plus grande gamme de produits.

• Sous-bloc "divers"

Mis à part les opérations de peinture, qui se maintiennent pour les trois sous-groupes en question, les autres facteurs chutent en importance plus la spécialisation augmente.

- Enfin, le contrôle de qualité revêt le même taux d'utilisation parmi les groupes.

PS 8d = Plus la spécialisation des machines s'accroît, plus la fréquence de l'utilisation des produits semi-finis du sous-ensemble B1 est grande.

Mis à part le travail des matériaux stratégiques et des procédés non conventionnels (fonderie à pression), il apparaît que plus la spécialisation s'accroît, plus le recours aux produits semi-finis est grande (voir tableau 19).

Cette constatation a une importante conséquence sur les "effets d'entraînement". Elle confirme que la fabrication des biens communs à toutes les branches provoque un effet d'entraînement sur les semi-produits dans les niveaux de complexité faibles, les biens spécialisés prennent ensuite un rôle de relais dans les niveaux supérieurs.

PS 8e = Au sein du sous-ensemble B2, la fréquence d'utilisation des services techniques évolue parallèlement ou diverge par rapport à la spécialisation des machines qu'ils permettent de fabriquer.

Le tableau 20 révèle ces liaisons.

On observe des évolutions en sens inverse. Alors que la métallisation par dépôt, la construction de matrices (pour estampage et emboutissage à froid), la construction de moules

(pour inspection), notamment ont une moindre importance relative quand la spécialisation des biens croît, à l'opposé, les autres services techniques ont tendance à se maintenir ou à prendre de l'importance. Il en est ainsi plus particulièrement de l'estampage à froid, des usinages spéciaux, de la fabrication d'engrenages, des services de chaudronnerie légère et des opérations de traitement thermiques.

PS 8f = Pour chacun des composants, plus la spécialisation des machines augmente, plus le recours aux composants est important.

Le tableau 21 confirme pour chaque composant les propositions précédentes qui portaient sur la constatation de la moyenne de l'ensemble C.

Il va de soi que les données disponibles constituent une réserve d'informations dont on est loin d'avoir épuisé les possibilités. Il reste, notamment, à reconstituer avec précision les filières de production ^{14/}, leurs fréquences, et, en fonction de celles-ci, les groupes analogiques de produits, d'approfondir l'influence des effets de séries de production, les corrélations des coefficients α et β avec les variables par groupes de machines, le couple homme-machine, l'évolution de la complexité du travail dans les sous-ensembles, etc ... Il y a donc d'autres relations de "composition" à déceler.

B. LES "LOIS" DU CHANGEMENT

Il est nécessaire d'étudier la dynamique des "lois" du changement des biens de capital.

L'analyse de complexité technologique ne peut, seule, décrire cette évolution mais elle permet d'analyser les conditions de passage d'un niveau à l'autre.

L'analyse précédente concerne les sortes de règles qui semblent se dégager dans l'arrangement statique du système des biens de capital. Il faut compléter celle-ci par le dynamisme de l'évolution que suggère l'existence de différents niveaux de complexité. Ces niveaux sont observés aujourd'hui, mais ils ont une histoire, il a fallu du temps pour les constituer. Dans une étude générale on ne peut pas - du moins dans le cadre de l'étude de l'ONUUDI - reconstituer cette histoire. Les études de cas par pays (Bulgarie, Espagne, Pologne) permettront de confronter la réalité des développements nationaux respectifs avec les propositions de cette recherche. Mais ce qu'il est d'ores et déjà possible de faire est d'analyser les conditions du passage d'un niveau à l'autre. Cela ne signifie pas qu'il est obligatoire pour un pays déterminé, aujourd'hui à un niveau donné, de suivre exactement le même chemin. Il n'y a pas de "one best way". Cela ne signifie pas non plus qu'il faudra le même temps pour passer d'un niveau à l'autre que celui mis par d'autres pays dans le passé. Ce temps pourra être plus court ou plus long. Dès lors il faut rechercher les "entrées" les plus favorables, chercher les chemins les plus courts possibles, les facteurs dont la domination est essentielle pour ouvrir le plus largement la voie dans le futur. La coopération internationale est un des facteurs essentiels pour diminuer les temps de passage d'un niveau à l'autre.

L'analyse des "lois" de changement n'est donc pas une invitation au fatalisme et l'imperatif à un ordre immuable. C'est une incitation à un réalisme actif. Réalisme dans le sens que toute politique doit s'appuyer sur une base objective, actif dans le sens que la connaissance de l'ordre des choses est aussi le moyen d'agir sur elles et d'accélérer les évolutions.

Cette analyse s'insère dans celle des tendances à long terme du progrès technique.

Cette analyse demande, en outre, à être insérée dans les grandes tendances du progrès technique des biens d'équipements, tendances qu'on peut résumer ainsi ^{15/}:

- Des activités de software liées aux industries de biens de consommation et de biens intermédiaires sont transférées vers les industries de biens d'équipements. Le principal vecteur de ce transfert est l'automation et en particulier le développement récent des micro-processeurs.

L'automation conduit aussi à intégrer dans les machines, à "cristalliser" une partie des activités de préparation et d'organisation du travail. Ceci provoque des mutations dans le travail. Non seulement dans la diminution du travail direct mais dans le développement et le déplacement du travail collectif vers les fonctions de conception, d'organisation, de contrôle et de commercialisation. L'automation pousse aussi à la transformation de processus de production discontinus en continus. La conception de ces ensembles industriels est devenue trop complexe et a entraîné la création de structures d'ingénierie autonomes ou liées aux constructeurs de biens de capital. La tendance dominante étant au renforcement de ces dernières formes. Les activités de maintenance se sont considérablement complexifiées sous l'influence de l'automation et de l'augmentation du nombre des composants dans le processus de fabrication.

Ces tendances concernent certes les niveaux les plus élevés de la complexité technologique et il est probable qu'elles contribueront à créer la partie supérieure de l'offre des machines et des systèmes d'organisation de l'an 2000. La question se pose de savoir si, et dans quelle mesure, ces tendances sont susceptibles de "destabiliser" des niveaux de complexité inférieure et accélérer l'élévation du coefficient λ . La recherche actuelle de l'ONUDI ne permet pas de répondre à cette question mais elle peut cerner quelques "lois" du changement passé et présent.

Le tableau 22 (voir annexe technique) contient les résultats des indices de complexité par niveaux et montre la contribution des ensembles et sous-ensembles A1, A2, B1, B2 et C à la complexité totale. De ces observations on peut déduire les propositions suivantes :

Les changements du tissu industriel sont analysés par niveau de complexité.

- 1ère proposition : L'élévation de la complexité totale s'accompagne de changements du tissu industriel constitué par les ensembles A (unité centrale de fabrication), B (infrastructure technique) et C (composants). Aux niveaux 1, 2 et 3 l'ensemble A domine, au niveau 4 les ensembles B et C deviennent majoritaires, aux niveaux 5 et 6 l'influence des composants dans la complexité totale devient prépondérante.

Cette proposition générale est démontrée ci-dessous, l'analyse conduit à des propositions subsidiaires.

PS 1a = Au niveau 1, l'influence dans la complexité totale des moyens de production (sous-ensemble A2 de l'unité centrale) est dominante. Vient ensuite l'influence du sous-ensemble A1 qui est centré sur le management de l'unité centrale de fabrication. L'infrastructure technique et les composants ont une faible influence.

Cette influence est de 50% pour les facteurs ψ (sous-ensemble A2), le management 30% (sous-ensemble A1). L'unité centrale de fabrication A avec 80% de la complexité est la part essentielle du tissu industriel. L'infrastructure compte pour 14%, les composants pour 6%.

PS 1b = Au niveau 2, l'influence dans la complexité totale des moyens de production reste forte, de même que celle du management. L'influence de l'infrastructure technique et des composants croît.

Les facteurs ψ représentent encore 40% de la complexité et le management 28%. Avec 68% l'unité centrale de fabrication A continue d'être le pivot du tissu industriel. Mais le poids de l'infrastructure commence à peser avec 19%. Les composants comptent pour 13%.

PS 1c = Au niveau 3, le poids des sous-ensembles s'égalise, les facteurs ψ et le management s'équilibrent, et leur influence reste légèrement supérieure à celle de l'infrastructure et des composants.

Les facteurs ψ et le management représentent chacun 27% de la complexité. L'unité centrale de fabrication A continue avec 54% à exercer une influence majoritaire. Mais l'infrastructure avec 24% et les composants avec 22% tendent à avoir une influence égale à celle des moyens de production et du management.

PS 1d = Au niveau 4, les composants prennent l'influence majoritaire, l'infrastructure équilibre le management dans la complexité totale, l'influence des moyens de production décline relativement.

Les composants comptent pour 32% de la complexité, et l'infrastructure pour 24%. Les éléments hors l'ensemble A deviennent donc majoritaires, l'unité centrale avec 44% perd son rôle pivot. A l'intérieur de celle-ci l'influence du management diminue légèrement avec 23,5%, et celle des moyens de production diminue fortement avec 21,5%. Mais à ce niveau les facteurs de management (A1) et les composants représentent ensemble plus de 55% de la complexité totale.

PS 1e = Au niveau 5, les tendances du niveau 4 s'amplifient : les composants, et à un moindre titre l'infrastructure, gagnent en influence, celle du management se stabilise tandis que celle des moyens de production chute.

Les composants avec 37%, l'infrastructure avec 25% ont pour effet que les ensembles hors l'unité centrale de fabrication exercent l'influence décisive. L'ensemble A ne représente plus que 38% de la complexité. Au sein de celui-ci le management représente 23% et les moyens de production 15%.

PS 1f = Au niveau 6, les composants progressent fortement tandis que l'influence relative de l'infrastructure technique sur la complexité diminue. Celle du management s'accroît sensiblement tandis que celle des moyens de production diminue fortement.

Les composants comptent finalement pour 46% de la complexité totale, le management de A2 pour 25%, l'infrastructure pour 19% et les moyens de production pour 10%. Le total des influences de l'unité centrale de fabrication (35%) continue à diminuer par rapport au niveau 5 (38%), et corrélativement l'ensemble B + C progresse (65%), mais les répartitions des sous-ensembles A1 et A2 et de B et C sont modifiées. C et A1 progressent fortement et représentent 71% de la complexité, suggérant un changement important entre les niveaux 5 et 6.

- 2ème proposition : L'influence des composants négligeable au niveau 1 de complexité, faible au niveau 2, devient sensible au niveau 3. Cette influence se renforce aux niveaux 4 et 5. Au niveau 6, elle devient dominante.

Les changements des ensembles et sous-ensembles qui constituent le tissu industriel sont ensuite analysés. Les composants

Leur poids respectif est en moyenne de 6% de la complexité du niveau 1, 13% au niveau 2, 22% au niveau 3, 32% au niveau 4, 37% au niveau 5, 51% au niveau 6.

Entre le niveau 1 et le niveau 2, la complexité due aux composants croît de 3,9 fois, entre les niveaux 2 et 3 de 3 fois, entre les niveaux 3 et 4 de 2,4 fois, entre les niveaux 4 et 5 de 2 fois et entre les niveaux 5 et 6 de 2,8 fois.

Les répercussions de cette évolution sont importantes : avec l'accroissement du poids des composants augmentent les problèmes de management de l'unité centrale de fabrication pour gérer l'approvisionnement des composants, leur montage, leur entretien, en même temps que s'accroît la nécessité de la division internationale du travail, du commerce international et de la coopération.

Les moyens de production

- 3ème proposition : Les moyens de production (facteurs U de l'unité centrale de fabrication) ont une influence dominante dans la complexité des niveaux 1 et 2. Cette influence reste forte au niveau 3 et décline ensuite relativement aux niveaux 4, 5 et 6.

Leur poids respectif est en moyenne de 50% de la complexité du niveau 1, 40% du niveau 2, 27,5% du niveau 3, 21,5% du niveau 4, 15% du niveau 5 et 11% du niveau 6.

Entre le niveau 1 et le niveau 2, la complexité due aux moyens de production P croît de 1,5 fois, entre les niveaux 2 et 3 de 1,25 fois, également de 1,25 fois entre les niveaux 3 et 4, entre les niveaux 4 et 5 de 1,20 fois et entre les niveaux 5 et 6 de 1,5 fois.

L'infrastructure technique B

- 4ème proposition : L'infrastructure technique B a une influence dans la complexité totale qui croît des niveaux 1 à 3, se stabilise relativement aux niveaux 4 et 5 et diminue au niveau 6.

Son poids est en moyenne de 14% de la complexité du niveau 1, 19% du niveau 2, 24% des niveaux 3 et 4, 25% du niveau 5 et 19% du niveau 6.

Mais ces pourcentages relatifs ne doivent pas faire oublier l'importance de l'accroissement de la complexité pour passer d'un niveau à l'autre. En effet, entre le niveau 1 et le niveau 2, la variété de l'ensemble B s'accroît de 2,5 fois, de 2,2 fois entre les niveaux 2 et 3, de 1,7 fois entre les niveaux 3 et 4, de 1,8 fois entre les niveaux 4 et 5, de 1,7 fois entre les niveaux 5 et 6.

Le sous-ensemble produits finis

PS 4a = Le sous-ensemble B1 (produits semi-finis) augmente son influence jusqu'au niveau 3 et celle-ci se maintient jusqu'au niveau 6.

Son poids est très faible au niveau 1 (environ 2%), il augmente à 6% au niveau 2, et se maintient ensuite aux environs de 10% (10% au niveau 3, 11% au niveau 4, 12% au niveau 5 et 10% au niveau 6).

Entre le niveau 1 et le niveau 2 la complexité de B1 croît de 4,4 fois, de 3,8 fois entre les niveaux 2 et 3, la croissance se maintient ensuite aux alentours de 1,8 fois par changement de niveaux.

Le sous-ensemble
services
techniques

PS 4b = Le sous-ensemble B' (services techniques) a une influence relative constante du niveau 1 au niveau 5 et moins forte au niveau 6.

Son poids est initialement de 12% au niveau 1. Il ne varie guère par la suite : 13% au niveau 2, 14% au niveau 3, 13% aux niveaux 4 et 5, et diminue à 9% au niveau 6.

Mais cette relative stabilité suppose des rythmes soutenus de progression de 1,9 fois entre les niveaux 1 et 2, 2 fois entre les niveaux 2 et 3, 1,5 fois entre les niveaux 3 et 4, 1,7 fois entre les niveaux 4 et 5, et 1,5 fois entre les niveaux 5 et 6.

Le sous-ensemble
management

- 5ème proposition : Le sous-ensemble A1 représente en quelque sorte le management, dans l'unité centrale de fabrication, des hommes et des machines (facteurs ψ). Son influence sur la complexité totale est forte durant les 3 premiers niveaux. Elle a tendance à diminuer relativement aux niveaux 4 et 5 et augmenter au niveau 6. Mais les rythmes de progression ont tendance à s'élever avec l'élévation des niveaux.

Son poids est initialement important : 30% au niveau 1 et se maintient à 28 et 27% aux niveaux 2 et 3. Il décline relativement aux niveaux 4 et 5 : 23,5% et 23%, et remonte au niveau 6 à 25%.

Les rythmes de progression sont forts : 1,5 fois entre les niveaux 1 et 2, 1,6 fois entre 2 et 3, 1,5 entre 3 et 4, et ont tendance à s'accélérer 1,8 fois entre 4 et 5 et 2 fois entre 5 et 6.

Il va de soi que, si l'intégration de la production est de type vertical et comprend en totalité ou partiellement les éléments de l'ensemble B (infrastructure technique), le management de l'ensemble unique A + B deviendra d'autant plus complexe. On reviendra plus loin sur cette question, mais d'ores et déjà, elle laisse entrevoir celle des barrières de complexité de management.

- 6ème proposition : Parmi les facteurs de production plus de 50% sont nécessaires au niveau 1 de complexité technologique totale des machines. Pour passer au niveau 2, il faut la présence de 80% des facteurs, et au niveau 3 pratiquement 100%. (Ces propositions sont indépendantes du niveau de complexité des facteurs).

Ainsi au niveau 1 la présence de 43 facteurs sont nécessaires. Il doit s'y ajouter 27 au niveau 2, 19 au niveau 3, 1 au niveau 4.

Sur les 27 facteurs introduits au niveau 2, 10 sont relatifs aux moyens de production - 1 l'est à A1, 3 aux B1, 5 aux B2, 8 aux composants.

Par contre, sur les 9 facteurs introduits au niveau 3, 6 concernent les composants et seulement 3 l'infrastructure B.

Cela peut être interprété comme le fait que le tissu industriel essentiel se fait aux niveaux 1 et 2, et qu'il se densifie par la suite.

A partir du niveau 3, la structure de l'appareil de production est donc "faite" du point de vue de l'existence des variables nécessaires. Ce qui signifie qu'à partir du niveau 3 la variété du système s'accroît presque uniquement par la complexification des variables constituées. Il est

possible - sinon probable - que ce type de progrès n'est pas linéaire et qu'il existe des sauts, ainsi que le suggère l'ensemble de l'analyse.

Cette constatation est à croiser avec la proposition 8 des "lois" de composition. On y avait constaté le phénomène que la possession des variables au niveau 1 et 2 de complexité des facteurs ne permettait de produire qu'un nombre très limité de machines, et que c'était seulement à partir du niveau 3 qu'un bond était possible. Il s'y ajoute maintenant une autre condition de passage. Pour atteindre cette fois-ci le niveau 3 de complexité des machines, il faut que la quasi totalité des variables aient été introduites.

Atteindre le niveau 3 de complexité des biens de capital permet de fabriquer 40% des machines (voir Chapitre III - 5ème proposition). Mais pour cela il faut, d'une part, introduire pratiquement toutes les variables, d'autre part, que celles-ci soient de complexité 1, 2, 3 et 4 (au niveau 4, 45% des machines sont potentiellement fabricables - voir proposition 8 des "lois" de composition).

Les tableaux 23, 24, 25, 26 et 27, relatifs aux fréquences d'utilisation des variables à l'intérieur des blocs A, A2, B, B2 et C, permettent d'identifier les entrées des nouvelles variables et leurs fréquences. Ces analyses conduisent à la conclusion générale suivante :

- 7ème proposition : La trame du tissu industriel se fait aux niveaux 1 et 2. C'est la première accumulation à ces niveaux qui permet un "gain" considérable en nombre de machines produites et en complexité au niveau 3. A partir de ce niveau, la complexification des variables permet l'augmentation du nombre de machines plus compliquées, selon un processus non linéaire.

PS 7a = Il s'ensuit que les difficultés de l'accumulation primaire aux niveaux 1 et 2 rendent essentielle la coopération internationale, et que les modalités de celle-ci favorisent des progrès auto-soutenus aux niveaux 3 et supérieurs.

PS 7b = Exprimé en temps, depuis l'entrée du niveau 1 jusqu'à la maîtrise du niveau 6, le processus de développement de l'industrie des biens de capital est un très long processus. C'est aussi une des fonctions essentielles de la coopération internationale d'aider à raccourcir ces délais à tous les niveaux.

Notes relatives au Chapitre II

- 1/ Voir : The technological order - Proceedings of the encyclopaedia Britannica Conference edited by Carl F. Stover with a foreword by William Benton, Detroit, 1963 - Wayne State University Press
- 2/ Sherman Gee : Technology transfer in industrialized countries - Sijthoff & Noordhoff, Alphen aan den Rijn, the Netherlands, 1979
- 3/ Le lecteur pourra visualiser sur le graphique le rôle moyen joué par les composants en considérant l'écartement progressif des points représentant les produits par rapport à la bissectrice des 2 axes
- 4/ Ce phénomène apparaît en considérant la droite supérieure du graphique qui détermine un fuseau - limite avec la bissectrice
- 5/ Les produits les plus complexes sans composants sont les équipements spécialisés pour l'exploitation pétrolière, l'imprimerie, les moteurs diesel de plus de 500 CV, les moteurs et turbines à gaz, de nombreux matériels de transport, hovercrafts, locomotives diesel, camions de plus de 15 tonnes et l'ensemble de la construction aéronautique
- 6/ Cette distinction par sections du capital conceptuellement claire se heurte à des difficultés de classement : par exemple, les machines-outils peuvent être utilisées pour leur reproduction ou pour la production de biens de consommation, ou pour la maintenance des installations. Paradoxalement, si elle peut s'analyser concrètement, elle ne peut pas donner lieu à une classification théoriquement satisfaisante. (Voir le travail d'analyse effectué au Pérou et au Guatemala par Mr. Chr. Gillen)
- 7/ Sous la réserve de la représentation sans doute insuffisante dans l'échantillon des machines électriques complexes et des instruments de mesure et de contrôle vis-à-vis de l'univers des machines. Mais l'échantillon a été centré sur celles qu' étaient plus susceptibles de produire les pays en développement
- 8/ Les matériels de transport sont des petits moteurs de bicyclettes et des bicyclettes, des roues, des ressorts et essieux qui sont des composants métalliques pour l'automobile ou le matériel ferroviaire

- 9/ On doit faire une réserve sur la représentativité de l'échantillon des machines électriques. Celui-ci n'inclue pas actuellement suffisamment de produits de la construction électrique et des technologies de pointe. Leur inclusion conduirait, sans doute, à incorporer des produits de la classe 383 dans les tranches de complexité supérieures
- 10/ On notera que les dispersions des moyennes vont de 1, pour les produits semi-élaborés avec composants, à 3, pour les produits finis intégrés dans un processus de fabrication. Ce ratio tombe à un peu plus de 2 sans les composants
- 11/ Comme on le verra, les résultats ont confirmé cette hypothèse de classement. A l'exception de la classe 6, qui apparaît nettement plus différenciée de la classe 5 qu'on l'avait envisagé. Mais il faudra élargir la représentativité dans l'échantillon de la classe 6 pour vérifier cette constatation
- 12/ Rappelons que l'échantillon a été plus centré sur les pays en développement, la prise en considération d'équipement électrique et d'instruments de contrôle complexes élèverait le plafonnement observé
- 13/ Sans doute avec un échantillon plus large, quelques entrées apparaîtraient au niveau 1
- 14/ Les filières de production font l'objet d'une première description dans le document "Biens de capital dans les pays en développement" - août 1980
- 15/ Elles sont analysées plus en détail dans le document en annexe 1 : Quelques aspects du transfert technologique et de l'ingénierie dans l'industrie des biens de capital. Voir aussi J. Perrin : Procès de travail - Sections productives et division internationale du travail - IREP, Université de Grenoble, 1978

III. LES STRATEGIES TECHNOLOGIQUES

A. LA SIGNIFICATION GENERALE DE L'ANALYSE DE COMPLEXITE TECHNOLOGIQUE POUR LES STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT DES INDUSTRIES DE BIENS DE CAPITAL

Les planificateurs des pays en développement disposent généralement des informations et des méthodes pour déterminer la demande de biens de capital nécessités par leurs plans d'investissements.

Une autre tâche des planificateurs est de déterminer quelles machines il est possible et souhaitable de produire localement. Le planificateur est généralement démuné des informations opérationnelles pour effectuer ces choix, ou il travaille dans les conditions d'une information pauvre ou il est saisi de vertige devant la sur-complexité de l'offre des machines existantes. C'est pour combler cette lacune de l'information et pour aider à maîtriser les options stratégiques essentielles des "policy-makers" et décideurs nationaux dans les pays en développement que la méthode de l'analyse de la complexité technologique a été créée.

On utilise les concepts de l'analyse des systèmes, particulièrement celui de "variété"

En effet, pour maîtriser ces options stratégiques il faut réduire la "variété" du système, définie en cybernétique comme le nombre "d'états" que peut prendre un système.

L'analyse des systèmes permet une approche intéressante. On sait, en effet, après les travaux de Ashby, qu'un système ne peut en contrôler un autre que si sa "variété" lui est au moins supérieure (loi de la variété requise).^{1/ 2/} La "variété" du système de l'offre de "biens de capital" est énorme. Pour que le système "demande" domine celui de l'offre, il faut donc que le policy-making national dispose d'une variété supérieure.

Ce résultat peut être obtenu par deux moyens :

1. accroître la "variété" des décideurs par l'information
2. diminuer la "variété" du système de l'offre. Cette diminution peut elle-même se réaliser selon deux voies :

- réduire la "variété" du système par une information significative, ce qui implique de simplifier la complexité tout en aboutissant à une représentation significative des réalités des groupes de biens de capital. C'est ce qui a été tenté et est décrit au chapitre II ;

- réduire la complexité elle-même contenue dans les machines. Cette question est abordée plus loin.

En fait la structuration de l'information est une réponse organisationnelle aux défis de la complexité de l'environnement (ici l'offre de machines). ^{3/}

La complexité technologique est un procès social complexe. Elle exprime des lois de la nature, physique et chimique notamment.

Un système est un ensemble "physique" et "social"

L'A.C.T. concerne la représentation "physique" du système des biens de capital. C'est une partie nécessaire mais non suffisante. Un "système" n'est pas constitué seulement par un ensemble de variables techniques inter-relationnées, de variables physiques et filières technologiques régissant le processus input-output. Les relations sont aussi des relations sociales. La technologie médiatise les relations entre les lois de la nature et celles de l'économie. ^{4/}

Il ne s'agit plus seulement de relations "physiques" d'utilité mais "d'échange composite", c'est-à-dire un "mixte de transferts libres et réciproques d'utilités et de relations de pouvoirs (qui) exprime logiquement la relation économique qui est, essentiellement, un conflit-coopération, une lutte-concours". ^{5/}

La modalité de l'accroissement de la complexité technologique la plus importante pour les pays en développement est le transfert international de contenus technologiques. ^{6/} Le transfert technologique est le type même d'un échange composite. "Chasser ou minimiser les relations de pouvoir de l'économie du transfert technologique, c'est rendre celle-ci incompréhensible". ^{7/}

Derrière les variables il y a des agents et des stratégies

Derrière les variables considérées il y a des agents dotés d'aspirations, de pouvoirs et de moyens d'action. Ces agents sont des nations, des entreprises de divers types. Leurs stratégies peuvent être compatibles ou incompatibles, complémentaires ou opposées. ^{8/}

Or, comme toute définition de stratégie, celle du développement des biens de capital comporte : i) la fixation des objectifs, ii) l'identification des contraintes, iii) la mobilisation des moyens d'action pour résoudre les problèmes.

Le changement de structure signifie l'élimination de certaines contraintes

A un moment t_0 l'état de la technologie est une contrainte. Les contraintes peuvent, elles-mêmes, être divisées en "invariantes" et en "contraintes dominables". ^{9/ 10/} Dans une perspective à 20 ans ou 50 ans l'état de telle technologie peut être considérée comme un invariant (d'où l'importance de l'analyse de la stabilité des biens de capital). Le niveau initial de l'appareil de production au moment t_0 est une contrainte. Si la "variété" de celle-ci ne permet qu'une production v_0 de biens de capital $<$ à la variété des objectifs V_0 , la relation est une contrainte. Mais elle peut être surmontée à condition que les objectifs déclenchent les volontés des agents et que la variété des programmes soit au moins égale à celle des objectifs. La progression peut être schématisée ainsi :

en t_0 : état des objectifs V_0 , v_0 : état des programmes de production possibles

en t_1 : si $v_1 \geq V_0 \rightarrow V_1$ nouvel état des objectifs (aspiration) avec $V_1 > V_0$ et ainsi de suite. ^{11/}

Dans un sens l'objectif est la négation, la destruction de la contrainte. ^{12/}

L'analyse de la complexité technologique

Le passage ci-dessus pourra paraître un peu théorique au lecteur. Il a cependant d'importantes conséquences pratiques. Il signifie :

a d'importantes
conséquences pour
l'élaboration des
stratégies de
développement de
l'industrie des
biens de capital
...

- 1° qu'avec l'analyse de complexité technologique il est possible de déterminer l'état v_0 des programmes de production compte-tenu de la contrainte de l'appareil de production existant. Elle permet de déterminer pour une combinaison donnée de facteurs de l'unité de fabrication centrale, de l'infrastructure et des composants, les machines et équipements qui correspondent au niveau technologique considéré. C'est ce qu'on appellera l'espace d'opération technologique maximum. (E^{OTM})

- 2° qu'il est possible de raisonner avec réalisme le niveau des objectifs et des aspirations (V_0 et V_1).

Chaque pays en développement, en fonction de sa demande finale, a besoin d'une combinaison spécifique de biens d'équipements. ^{13/} Ces biens peuvent être produits ou importés. L'ensemble constitue un "espace d'opération" E^0 qui va se modifier en fonction de la demande. A l'intérieur de celui-ci une politique de substitution des importations de machines aura la signification de déterminer la combinaison la plus judicieuse des facteurs de l'unité centrale de fabrication (A_1 et A_2), de l'infrastructure (B_1 et B_2) et des composants (C), afin que l'espace d'opération technologique maximum (E^{OTM}) tende à se rapprocher le plus possible de l'espace d'opération (E^0).

... en matière
des choix stra-
tégiques à
effectuer

- 3° que les politiques de fabrication des biens de capital V_1 recouvrent une grande diversité de situations. Elles peuvent être le simple assemblage (au sein de A) de pièces importées des ensembles B et C . Elles peuvent viser avec la constitution de l'ensemble A à la maîtrise des éléments de l'infrastructure B_1 et B_2 selon des types d'intégration différents. Les composants étant, pour l'essentiel, importés.

... des politiques
à définir

A un autre niveau la politique industrielle peut se proposer de produire une partie des composants.

Il s'agit donc d'identifier au sein des ensembles et sous-ensembles les facteurs à développer et ceux à introduire.

... de la constitution et de l'augmentation du tissu industriel

La combinaison de ces facteurs, affectés d'un niveau déterminé de complexité technologique, constitue le tissu industriel. Il n'y a pas un mais des tissus industriels qui correspondent à diverses étapes de développement et diverses associations des facteurs. Dans un sens, chaque tissu industriel national est spécifique.

La question se pose de déterminer à quel niveau est-il possible de le hisser dans une période déterminée, 10, 20 ans n ans (V_n), compte-tenu du point de départ (V_0). Elle se pose aussi, d'une façon plus générale, du niveau auquel les pays en développement peuvent considérer qu'ils sont dotés d'une industrie de biens de capital significative. Elle se pose enfin d'évaluer les conditions de la reproduction de l'appareil de production (ou, pour simplifier, les machines qui fabriquent les machines), objectif que peuvent se fixer un certain nombre de pays en développement à différents niveaux d'évolution.

... des effets d'entraînement

Une autre question connexe est celle de l'introduction d'ensembles industriels complexes - généralement intégrés verticalement - du type des entreprises "clés-en-mains". Ceci provoque des effets d'attraction des forces productives et accroît l'espace d'opération E^0 . Il n'est pas toujours évident qu'il s'ensuive des effets de diffusion technologiques correspondants. L'analyse des distances technologiques entre l'flot de complexité introduite et le niveau de complexité du tissu industriel existant, conduit à repenser les questions fondamentales des effets d'entraînement ^{14/}, des pôles de développement et des couplages possibles ou non des variables.

En fait il s'agit d'évaluer si les variables nouvelles introduites favorisent ou non le progrès des variables existantes.

L'approche des "lois" du changement permet de distinguer pour passer d'un niveau de production à l'autre, d'une part, les variables qui subsistent et dans quelle mesure leur progression contribue à l'élévation de l'indice de complexité entre niveaux, d'autre part, les variables nouvelles qui sont introduites au niveau supérieur, leur poids dans l'élévation de l'indice de complexité et d'étudier leur potentialité de couplage.

D'autres importantes implications opérationnelles dérivent de cette analyse.

... des programmes
de formation

En premier lieu, s'agissant des variables subsistantes d'un niveau à l'autre, ceci conduit à identifier le contenu des progrès à accomplir pour développer les variables existantes, c'est-à-dire à concrétiser la fonction d'apprentissage, à identifier les possibilités de progrès continus et les discontinuités, à en tirer, notamment, les implications en termes de programmes de formation.

... des politiques
de transfert tech-
nologique

En second lieu, s'agissant des nouvelles variables à introduire dans le tissu industriel, ceci conduit, d'une part, à identifier le contenu des transferts technologiques à opérer, et en conséquence à concrétiser en termes opérationnels les politiques de transferts technologiques, d'autre part, à identifier les contenus éducationnels nécessaires pour permettre l'assimilation des contenus technologiques.

Il en est de même en matière de formation et d'éducation des artisans, des travailleurs de l'industrie, des managers et de l'industrie nationale. En fait, à travers l'augmentation de la "variété" par l'apprentissage et l'éducation c'est la maîtrise du tissu industriel national qui est en jeu.

La question est si importante qu'elle mérite qu'on s'y arrête.

Il faut éviter
l'inversion du
contrôle ...

L'existence d'une barrière de la variété conduit souvent le système de pilotage (ou de management) à l'impossibilité de coordonner le système (ici le sous-ensemble A1) opérant avec les autres ensembles (ici B1, B2 et C) sur lesquels il est couplé. Un effet spectaculaire et fréquent de cette barrière de la variété, est l'inversion du contrôle ... c'est finalement le décideur qui est contrôlé par le système. ^{15/}

En clair, une politique de production des biens d'équipements, par exemple dans le cadre d'une politique de substitution des importations, dont la visée serait irréaliste, accroîtrait peut-être l'espace d'opération du pays mais perpétuerait sa dépendance. Un développement moins dépendant des industries des biens de capital suppose donc simultanément la réduction de la variété du système et l'augmentation de la variété du décideur. Le concept conjoint et important de "taux de variété" ^{16/} permet de préciser la question. Il s'agit de la variété qu'un système est susceptible d'exhiber dans un intervalle de temps donné.

... en dominant
le taux de va-
riété du système

Un pays pourra dominer le "taux de variété" dans une période donnée, alors qu'il ne pourra dominer la variété du système tout entier. La domination du "taux de variété" est rendue possible par l'apprentissage progressif de la complexité et son assimilation, efforts qui devraient nécessairement accompagner tout processus véritable d'accumulation du capital. ^{17/} D'où l'importance cruciale :

... ce qui con-
duit à des options
importantes

- du choix des voies d'entrée dominables dans l'industrie
- de l'estimation des niveaux de complexité et des temps d'assimilation de ceux-ci
- de la connaissance des apprentissages faits dans d'autres pays et des moyens utilisés pour assimiler la complexité

- des ordres et séquences observés dans la production successive des biens de capital
- des choix des formes de l'intégration du tissu industriel national et de celui du calendrier des entrées des nouvelles unités de production
- de l'orientation du système éducatif pour accroître en temps utile les capacités d'assimilation.

l'A.C.T. ouvre des perspectives de renouvellement des analyses dans ces domaines.

Il en est, peut-être, de même dans celui des négociations internationales.

L'analyse de complexité technologique pourrait également servir comme instrument pour les négociations internationales

On conviendra que l'A.C.T. devrait aider à formuler les projets à long terme d'entrée et de croissance des industries des biens de capital dans les pays en développement, en conséquence de contribuer à accroître la transparence des marchés. Les obstacles à l'entrée ne sont pas forcément "physique" et l'exemple du "cartel" de l'équipement électrique a souvent été avancé pour souligner que les barrières dressées à l'entrée ne sont pas toujours relatives à la complexité technologique. ^{18/} Les rapports de force dans l'échange composite se manifestent dans les mécanismes d'intégration et de financement, la répartition des marchés, dans les transferts technologiques, les termes de l'échange des prix. Ils mettent en jeu des agents inégalement actifs : entreprises et gouvernements exerçant des pouvoirs et des effets de domination sur certaines variables.

La configuration des négociations varie donc en fonction des réalités du système "physique" et social.

On pressent que celle-ci sera influencée par les niveaux de complexité correspondants à des étapes du développement, les transferts technologiques à opérer, notamment, seront différents selon les niveaux, ainsi que les agents du transfert. ^{19/}

L'A.C.T., associée à d'autres instruments d'analyse - telle la théorie des jeux appliquée aux négociations ^{20/} -, pourrait peut-être ouvrir une voie pour cerner les différents types de négociation, baliser le terrain de celles-ci, identifier les zones conflictuelles et de coopération entre partenaires.

Il s'agit là de potentialités qui demanderaient à être explorées expérimentalement. Dans l'immédiat on s'en tiendra aux propositions suivantes qui résultent de l'analyse du chapitre II.

B. PROPOSITIONS POUR LES STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT
DES INDUSTRIES DE BIENS DE CAPITAL

Les propositions relatives à des sortes de "lois" de composition et de changement des biens de capital ne constituent que la première approche d'une réalité dont la complexité n'est pas à démontrer.

Dans le même esprit expérimental on abordera maintenant comment celles-ci conduisent à formuler des propositions pour le développement des industries de biens de capital.

Bien évidemment il ne s'agit pas à ce niveau d'analyse d'émettre des recommandations particulières pour tel pays, mais de déduire de l'analyse du "système" des biens d'équipements, les conséquences logiques en terme de stratégies. Cet essai prolonge donc l'analyse dont il a les limites.

De même, afin d'en souligner le caractère ouvert à la nécessaire discussion, il se présente également sous la forme de "propositions".

- 1ère proposition : L'analyse de complexité technologique, si elle montre les réelles difficultés de pénétration des pays en développement dans l'industrie des biens de capital et celles des conditions de passage d'un niveau à l'autre, ne conduit pas à la conclusion que ces difficultés sont insurmontables. Elle tend, au contraire, à démystifier l'idée selon laquelle celles-ci seraient telles qu'il faudrait renoncer à ces activités et qu'il faudrait s'en tenir à l'actuelle division internationale du travail.

La fausse question est de se demander si les biens de capital constituent une sorte de sanctuaire de l'industrie réservé à quelques élus. La réponse a été donnée par l'his-

toire. Successivement des pays, en leur temps sous-développés ou à prédominance agraire, l'URSS, plus récemment la Chine, mais aussi des pays aussi divers que l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Finlande, la Bulgarie, la Roumanie, la République de Corée, le Brésil, l'Inde ont, soit bâti une structure complète, soit effectué des "perçées" importantes dans le secteur. D'autres pays, comme l'Algérie, ont pénétré aussi dans celui-ci.

- 2ème proposition : Les réalités - et les contraintes - de la complexité technologique des biens de capital font qu'il existe des limitations objectives aux progrès possibles dans un temps donné. La connaissance de ces limitations ne doit pas être un frein mais au contraire une incitation à utiliser pleinement ces degrés de liberté. D'où les propositions subsidiaires suivantes :

PS 2a = A un niveau donné des facteurs de production disponibles correspond un espace d'opération technologique maximum permettant de produire un assortiment de machines. Dès lors le premier problème est d'occuper le plus complètement possible cet espace d'opération.

PS 2b = Le second problème est de fixer les objectifs et les programmes d'accroissement de la production des machines pour une période donnée à un niveau compatible avec la progression des facteurs de production, et d'articuler les ensembles et sous-ensembles qui les constituent.

La fausse question est de se demander si les pays en développement entreront dans le secteur mais le vrai problème est de savoir comment l'actuelle division internationale du travail peut être restructurée en tenant compte, d'une part, des degrés de complexité au sein de l'univers des machines, d'autre part, des caractéristiques spécifiques de chaque pays ou groupe de pays en développement, de leurs capacités actuelles

de production et de celles qu'ils peuvent renforcer durant les vingt prochaines années.

Deux écueils apparaissent : le premier - et le plus important - est de sous-estimer les possibilités par méconnaissance, le plus souvent, des conditions réelles de fabrication des différents groupes de biens de capital. Le second - pour la même raison - est d'élaborer des plans irréalistes et qui ne peuvent être appliqués car on a mal évalué les barrières des complexités à franchir. Une variante de cette attitude est le transfert d'installations de fabrication démesurées par rapport à la capacité de gestion du pays et qui péréclitent irrémédiablement.

Le planificateur doit donc éviter ces écueils dès le départ. Sa visée dans ce domaine est forcément le long terme : 10 ou 20 ans. Il doit être conscient que ses choix engageront l'avenir pour longtemps. Sans doute n'était-il pas possible il y a 60 ans ou même 20 ans d'avoir, en-dehors de quelques principes généraux d'action, pour les pays de disposer des méthodes élaborées. Il leur a fallu démontrer le mouvement en marchant. Mais aujourd'hui une riche expérience internationale a été accumulée dont il convient de tirer parti afin de permettre à chaque pays, choisissant sa propre voie, de disposer des informations qui lui facilitent les voies les plus courtes et les plus efficaces.

L'occupation effective de l'espace d'opération technologique maximum E^{OTM} se heurte à trois sortes de limitations.

- La première peut provenir du fait que les machines que les variables existantes permettraient de construire nécessitent des tailles d'entreprises incompatibles avec la situation du pays et (ou) des séries de production trop importantes pour la taille du marché.

Dans ce dernier cas une solution pourrait être recherchée dans le cadre d'accords de coopération sous-régionaux ou régionaux.

- La seconde peut provenir de l'auto-limitation pratiquée par le pays lui-même. Le manque d'informations sur la polyvalence possible de fabrication de l'appareil existant de production peut en être une des causes. Une autre peut provenir de l'intérêt des importateurs à acheter à l'extérieur plutôt que de fabriquer localement. Des monopoles nationaux dans certains secteurs de l'économie peuvent avoir le même effet de découragement.
- La troisième peut provenir de l'état des relations internationales, de l'espace occupé par les filiales étrangères dans le pays, restreignant les possibilités effectives d'opérations, ainsi que du degré de compétitivité des produits.

Ces circonstances peuvent limiter l'occupation de E^{OTM} , mais elles ne sont pas généralement inéliminables.

- 3ème proposition : L'augmentation de l'espace d'opération technologique maximum E^{OTM} nécessite le changement de la structure de la combinaison des ensembles A (unité centrale de fabrication), B (infrastructure technique), C (composants) et des sous-ensembles A1 (management), A2 (moyens de production), B1 (produits semi-élaborés), B2 (services techniques).

Deux types de stratégies sont concevables :

- La première est d'accroître la variété des machines et de l'appareil de production selon les normes dominantes de l'offre internationale, ce qui aboutit à un accroissement de la complexité du système.
- La seconde est de tenter de minimiser l'augmentation de

la complexité du système par : i) le re-dessin et la simplification des machines, ii) le choix des alternatives technologiques qui minimisent la complexité.

La première est la plus aisée. La seconde nécessite une forte volonté politique de réalisation, une infrastructure institutionnelle, une certaine capacité de dessin et de conception, une information sur les alternatives technologiques. Cette nouvelle voie de développement, en raison de son importance potentielle, est évoquée plus loin.

PS 3a = Les politiques industrielles, d'une part, doivent faire face à des contraintes, d'autre part, elle disposent de degrés de liberté d'action.

Côté contraintes, la production de biens de capital déterminés implique l'existence de facteurs de production déterminés et ordonnés selon des filières de production. Il est obligatoire d'avoir dans l'ensemble A les moyens de production φ et les hommes pour travailler et diriger et disposant d'une qualification déterminée. De même il faut les ensembles B et C. Si ces facteurs de production n'existent pas dans le pays, il faut les transférer.

Dans de nombreux pays en développement il n'y a pas d'autre voie au départ que d'acquérir les moyens de production (A2) et les composants (C) qu'il serait trop compliqué de fabriquer.

L'héritage reçu par l'histoire, le niveau du tissu industriel et de l'infrastructure des forces humaines constituent d'autres données objectives qui vont limiter le champ des possibles dans un temps donné.

Côté des libertés d'action, le choix des moyens de production, la constitution ou non des sous-ensembles B1 et B2 ou d'une partie de ceux-ci, la fabrication de certains composants, sont du ressort de décisions explicites.

Une grande variété de politiques sont donc possibles selon les caractéristiques de chaque pays, leurs contraintes initiales, leurs niveaux d'aspiration et leurs volontés politiques.

La question essentielle est alors celle du bon usage de ces libertés d'action et des choix. Ce qui conduit aux propositions suivantes :

- 4ème proposition : Malgré la diversité des politiques possibles - et effectivement pratiquées - un certain nombre de "règles de conduite" semblent se dégager pour créer et développer une industrie de biens de capital.

1° Un minimum d'infrastructure B1 et B2 est indispensable.

A défaut de celle-ci la fabrication des biens d'équipements se réduit aux activités de montage, c'est-à-dire à une pseudo-industrie de biens de capital. L'édification de l'infrastructure B est d'une importance décisive jusqu'au niveau 3 de complexité inclus. C'est le prix à payer pour l'accumulation économique-technologique. A défaut de cette infrastructure nationale il est impossible d'obtenir un progrès auto-soutenu de l'industrie.

2° Aucun pays, même parmi les plus développés, ne peut vivre en autarcie concernant les biens d'équipements, la division internationale des activités et le commerce international sont une nécessité.

Dans les niveaux de complexité peu élevés (1 et 2) le poids des composants est faible. Mais la plupart du temps ils sont trop compliqués pour être fabriqués localement et ils doivent être importés.

Dans les niveaux de complexité plus élevés (à partir de 3) il va de soi que certains de ces composants peuvent

être produits localement. Mais comme relativement leur poids croît au fur et à mesure qu'on s'élève dans les échelles de complexité, la contrainte s'accroît d'avoir recours à des importations.

3° Les introductions de nouvelles installations, particulièrement celles intégrées verticalement du type "clés en mains", devraient être évaluées avec beaucoup de prudence.

Dans le cas où, par exemple, elles introduisent un niveau de complexité de 4 ou 5 dans un tissu industriel de niveau 1 ou 2, il est peu probable qu'elles puissent produire un effet d'entraînement sur les variables technologiques existantes. La distance entre celles-ci et les variables introduites est trop grande pour permettre leur couplage. Or, c'est ce couplage qui "tirerait" vers le haut les variables technologiques présentes. En d'autres termes, l'introduction d'une variété trop élevée ne favorise pas la fonction d'apprentissage. Il se crée ainsi des flots de complexité enclavés.

Cette question est compliquée : elle doit être analysée en tenant compte des effets de diffusion interne de la technologie incorporée dans les produits fabriqués, des migrations professionnelles vers d'autres entreprises, des relations verticales d'intégration "input-output" des entreprises entre elles, du statut de celles-ci, etc... Mais, quels que soient les niveaux d'introduction des variables, il y a intérêt à éviter que ceci n'aboutisse à annihiler le progrès acquis par l'apprentissage antérieur.

4° Il faut adapter les programmes de formation, et notamment, ceux du management des entreprises, d'une part, à la structure des différentes industries des biens de capital, d'autre part, à la différence entre les complexités requises par les objectifs choisis et celles existantes.

A travers cette analyse on pressent qu'il y a des différences profondes, structurelles, entre les entreprises qui produisent les biens de capital. Des équipements sont fabriqués selon des processus de production de masse, ils sont standards. D'autres sont fabriqués sur plans, à l'unité, et selon des processus de production discontinus. L'élévation de la composition organique du capital dans l'ensemble A, caractérisé par l'augmentation de moyens de production de plus en plus spécialisés, voire automatisés, déplace les fonctions de travail. Le travail direct s'y simplifie mais la complexité est déplacée vers les fonctions de maintenance, de conception des produits et d'organisation. Au contraire, dans les sous-ensembles B1 et B2 - tant qu'ils ne sont pas eux-aussi soumis au procès d'automatisation - la complexité du travail direct croît avec les niveaux.

Il va donc de soi que, selon les choix opérés de l'articulation spatiale et temporelle des ensembles A, B, C (voir PS 3a), les besoins de qualification de la main-d'oeuvre et du management seront différents. Considérés sous cet angle, les programmes de formation sont ordinairement conçus selon un mode trop standard et non suffisamment articulé, avec les choix de politique et avec les réalités structurelles de l'industrie.

Ceci est particulièrement évident pour l'enseignement du management.

Des travaux essentiels ^{21/} suggèrent des correspondances typologiques entre les systèmes sectoriels de production industriels et les caractéristiques du management. Les fonctions essentielles de la fabrication, du marketing, de la recherche et du développement sont

liées différemment selon les secteurs, l'organisation hiérarchique de l'entreprise dépend de ces liaisons et diffère structurellement.

5° La politique d'ouverture du "paquet" des transferts technologiques et d'incorporation d'éléments nationaux nécessite une analyse précise des contenus technologiques à transférer aux divers niveaux de complexité technologique.

Cette question est connexe de la précédente. Du point de vue de l'action il serait utile pour les pays en développement, usant l'outil de l'A.C.T., d'identifier avec précision leurs facteurs de production existants et leurs niveaux de complexité (voir l'outil de description dans l'annexe technique). Avec le même instrument de mesure, il serait possible d'identifier les variables à introduire et de raisonner en les ponctualisant les problèmes des transferts à opérer. Ainsi on pourrait évaluer les possibilités de couplage avec les variables existantes et donc la fonction possible de l'apprentissage, les introductions à opérer et les conditions nécessaires de leur assimilation, le rôle des différents agents impliqués, etc... ^{22/}

- 5ème proposition : La visée de la majorité des pays en développement qui ont actuellement une faible base de production des biens d'équipements pourrait être le niveau 3 de complexité des produits.

A ce niveau il est possible de produire 40% des biens d'équipements. Ce niveau permet de produire, notamment, la plupart des produits semi-élaborés (voir classification des biens de capital d'un point de vue fonctionnel et technique), une partie des biens communs à toutes les branches, et parmi

les machines spécifiques aux secteurs de la demande finale, en partie le machinisme agricole, les équipements pour les industries alimentaires et ceux pour la chimie et la pétrochimie.

Au niveau 4, ce sont 75% des produits qui pourraient être fabriqués.

Il ne faut pas se dissimuler que l'accession au niveau 3 pour des pays en développement de taille moyenne, qui disposent déjà d'une certaine base, demandera du temps : les 20 ans qui nous séparent de la fin du siècle apparaissent dans bien des cas un minimum. Mais, que l'horizon soit un peu plus lointain ou plus court en fonction des bases de départ, des ressources, des politiques et des coopérations internationales, cet objectif général n'apparaît pas hors de portée de nombreux pays en développement.

Il faut toutefois être conscient des contradictions à surmonter. Il apparaît, en effet, que même le niveau 1 de complexité requiert la présence de nombreux facteurs, au demeurant peu complexes. Mais c'est cette accumulation primaire qui est la plus difficile à faire. La seconde barrière de difficultés est l'assimilation aux niveaux 2 et 3 des facteurs nouveaux. Durant cette période, il faut simultanément réaliser des progrès par l'apprentissage et le transfert des technologies, et compatibiliser ces deux formes de progression.

En fait, c'est le niveau 3 qui marque le véritable "take-off" de l'industrie des biens de capital. Cela ne signifie pas que les progrès sont aisés par la suite. Mais ils se réalisent aux niveaux 4, 5 et 6 essentiellement par la complexification des variables existantes. Les pays qui ont dominé le niveau 3 paraissent ensuite en position d'accéder par leurs progrès endogènes aux niveaux 4 et 5. Mais, sous

réserve de confirmation, il semble qu'il y ait un véritable changement qualitatif entre les niveaux 5 et 6.^{23/}

PS 5a = Pour les pays les moins développés il semble que le machinisme agricole et la production de certains produits semi-élaborés simples constitue une voie d'entrée préférable dans l'industrie des biens d'équipements.

Les filières technologiques mises en oeuvre sont susceptibles, au prix de quelques progrès, de permettre la production de machines pour la construction et certains équipements pour les industries alimentaires.

Il semble que ceci constitue le bon maillon pour tirer une chaîne plus longue de fabrication et plus complexe par la suite.

A l'inverse, il ne paraît pas que l'entrée dans les industries par la fabrication de moyens de transport, et au sein du machinisme agricole, par le tracteur et la moissonneuse-batteuse, constituent toujours les bons choix. Généralement, les options - souvent chargées d'une symbolique sociale et de puissance - se situent à des niveaux trop élevés de complexité pour provoquer de réels effets d'entraînement. Mais il y a sans doute des exceptions et des couplages réussis.

- 6ème proposition : L'évolution dans le temps de l'industrie des biens d'équipements nécessite des opérations de restructuration périodiques des structures et des articulations des ensembles et sous-ensembles constituants.

Le groupement en "ensembles" et "sous-ensembles" est une représentation qui exprime une théorie de l'organisation de la fabrication des biens d'équipements.^{24/}

Cette théorie part de la constatation que, pour produire des biens d'équipements il faut : un appareil final de pro-

duction, une infrastructure technique et des composants.

Historiquement, les pays aujourd'hui industrialisés ont donné diverses réponses aux agencements spatiaux de ces ensembles. Des contraintes initialement inéliminables ont poussé à un type d'intégration verticale des activités. Dans d'autres pays, les forces du marché, l'existence du point de vue sociologique d'une classe d'entrepreneurs, ont scindé ces activités et ont conduit à des formes horizontales d'intégration.

De nombreux pays en développement se trouvent aujourd'hui à la croisée des chemins devant des choix essentiels à opérer.

L'analyse de complexité technologique peut contribuer à éclairer ceux-ci.

En effet, il ne paraît pas y avoir d'autres choix possibles dans de nombreux pays en développement où l'infrastructure technique est quasi inexistante que d'avoir recours à une intégration verticale. Mais la complexification rapide de celle-ci avec l'élévation des niveaux conduit dès le niveau 3 à un difficile problème de management. Si l'unité centrale de fabrication A intègre tout ou partie des éléments de B1 et B2, la complexité totale excède celle de la variété du management. Le système échappe alors au contrôle.

Dans le cas d'intégration horizontale les facteurs de production de B1 et B2 sont scindés dans des entreprises distinctes. La complexité totale est alors fractionnée et est plus facilement manageable. La difficulté se déplace dans ce cas dans la maîtrise des articulations des ensembles et sous-ensembles, donc des liaisons inter-sectorielles et inter-entreprises.

Mais, à moins de bloquer le système lui-même ^{25/}, il est nécessaire que celui-ci en raison de son développement - et

comme condition de sa poursuite - se re-structure et modifie ses articulations. Dès que les circonstances le permettent, la bifurcation vers l'intégration horizontale s'impose ^{26/} ainsi que l'épuration d'activités au sein des entreprises verticales, une répartition et une spécialisation plus efficaces de celles-ci avec d'autres entreprises. La structure doit être évolutive.

- 7ème proposition : La question est posée de l'utilité et de la possibilité d'élaborer et de mettre en oeuvre de nouveaux modèles de développement technologique.

Il résulte de cette analyse que la création et la croissance d'industries de biens de capital dans les pays en développement est une entreprise possible mais difficile.

Elle rencontre une série de contradictions qu'il faut surmonter.

Ainsi des produits simples semi-élaborés ou les bas de gammes des biens de capital communs à toutes les branches d'activités sont souvent des produits à cycle d'innovation longs, qui ont été banalisés et dont la production s'effectue sur des séries longues et à des prix compétitifs.

Le secteur des biens de capital est un employeur important de main-d'oeuvre. Ce qui est une circonstance favorable en raison des problèmes du chômage dans de nombreux pays en développement. Cette main-d'oeuvre peut être peu qualifiée pour la partie finale du processus de fabrication, mais très qualifiée aux étapes antérieures de la production. Les tailles des entreprises sont relativement élevées, en tout cas la "barre" à franchir pourra paraître élevée dans de nombreux pays en développement où la notion de la taille de la petite et moyenne entreprise ne correspond pas aux définitions qui en sont données dans les pays industriels.

En bref, selon le "pattern" technologique des pays industriels - et qui est reflété dans l'analyse de l'échantillon de machines - il ne faut pas se dissimuler que la progression relative, et a fortiori, le rattrapage des pays en développement, apparaît une oeuvre de longue haleine, d'autant que la tendance de l'évolution technologique va vers une complexification croissante.

Dans ces conditions la question se pose si une bifurcation du modèle dominant, vers des solutions plus simples, est possible. Les choix technologiques de la société font l'objet actuellement de réflexions critiques, d'une part, dans les pays développés d'économie de marché, d'autre part, dans les pays en développement. Le premier courant alimente un flot de publications où convergent la critique écologique et celle des systèmes économique-politiques. ^{27/} Le second courant a donné lieu, lui aussi, à de nombreuses publications sur le thème des technologies intermédiaires, douces, adaptées, appropriées, peu coûteuses, etc ... ^{28/} De premières réalisations ont vu le jour.

En fait, concernant les biens de capital, on peut formuler comme suit les questions de fond relatives à la mise en oeuvre d'un modèle technologique plus simple.

Y a-t-il la possibilité de renverser le courant historique des économies d'échelles, du "scaling-up" innovation, en concevant des installations de production de taille réduite et en s'orientant vers le "scaling-down" innovation ?

Y a-t-il une surcharge non nécessaire de complexité technologique dans les machines, dans l'excès de composants, des degrés de précision et de tolérance excessifs par rapport à l'utilisation réelle des machines dans les pays en développement ?

N'y a-t-il pas intérêt à freiner des rythmes d'obsolescence trop rapides et à s'orienter vers la production de machines - peut-être un peu moins performantes - mais en séries longues et stabilisées ?

Y a-t-il intérêt à fabriquer des produits plus durables, organiser systématiquement la récupération des pièces durables - voire impérissables des équipements ?

Y a-t-il intérêt et la possibilité de re-dessiner des machines de conception plus simples sans être pour autant des copies ou des retours à des modèles anciens et périmés ?

Est-ce que la réponse positive à certaines de ces questions ne constitue pas la condition même d'autres types de progrès des pays en développement mieux adaptés à la solution de leurs problèmes que le transfert mimétique des modèles technologiques dominants ? Est-ce que la coopération internationale est possible dans ce domaine ?

Ces questions mériteraient un examen approfondi. A défaut de celui-ci, on peut se borner à quelques observations.

Il paraît bien que dans certains secteurs le renversement de l'économie d'échelle soit amorcé.

La surcharge de l' inessentiel n'est pas aussi évidente pour les biens de capital qu'elle l'est pour les biens de consommation durables ou non. ^{29/} Elle est néanmoins perçue par certains ingénieurs. ^{30/} Perception rendue sans doute difficile par le développement intrinsèque et le caractère semi-autonome du développement de la technologie. ^{31/}

La lutte contre les gaspillages de la société amène à poser dans des termes nouveaux la conception des produits afin de permettre notamment leur des-assemblage. ^{32/}

De nouvelles réponses à ces problèmes pourraient préfigurer à l'établissement de nouveaux modèles technologiques - où les biens de capital continueraient d'occuper la place centrale. Peut-être un jour viendra où, pastichant le titre d'un livre célèbre, l'opinion et les ingénieurs admettront que "simple is beautiful".

C. PROPOSITIONS D'UN PLAN D'ACTION POUR L'ONUDI

Revenant au propos initial de ce document : le management d'une opération complexe, la croissance des biens d'équipements dans les pays en développement, il est encore plus évident, après cette analyse, que la contribution que l'ONUDI peut apporter à celle-ci nécessite aussi une méthodologie d'action - une praxéologie - à long terme.

Le praxéogramme suivant articule dans le temps 4 grandes opérations :

- (A) L'étude stratégique sur les biens d'équipements effectuée par ONUDI/DIS
- (B) Le système d'informations sur la complexité technologique des biens de capital.
- (C) L'assistance à l'établissement de stratégies nationales dans les pays en développement
- (D) Les stratégies de la coopération et de l'assistance technique internationales.

On les commentera brièvement ci-dessous.

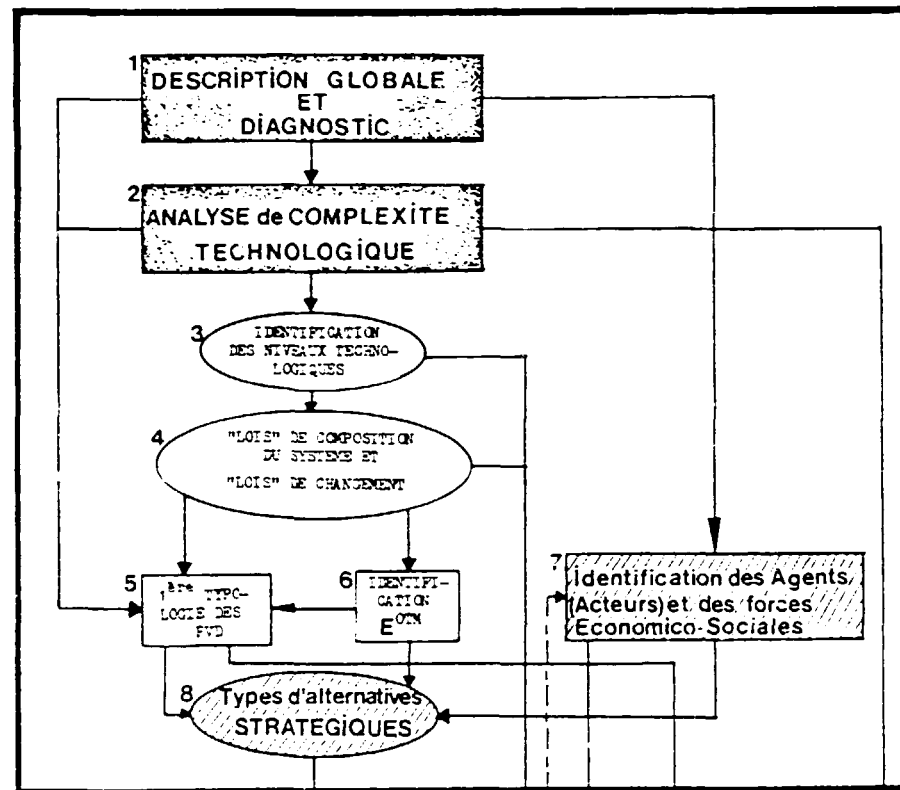
1° L'étude stratégique

Elle comprend actuellement (les numéros correspondent à ceux du graphique) :

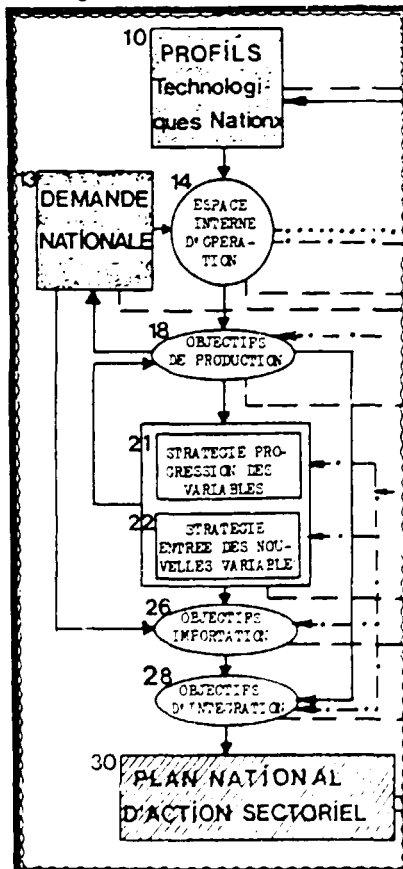
- la description globale et le diagnostic (1)
- l'analyse de complexité technologique (2)
- l'identification des niveaux technologiques (3)
- une approche des "lois" de composition et du changement (4)
- une première typologie des pays en développement (5)
- l'identification des espaces d'opération technologiques maxima par niveaux (6)
- une première analyse de l'identification des acteurs et des forces économique-sociales (7)

PRAXEОGRAMME: BIENS DE CAPITAL

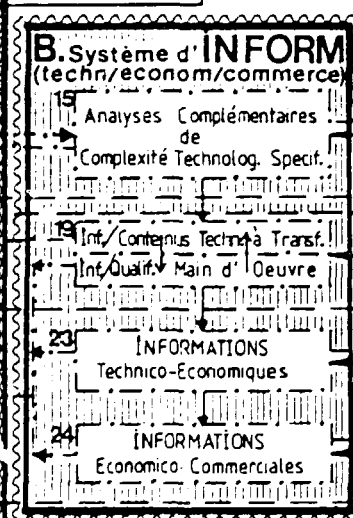
A. ONUDI. ETUDE STRATEGIQUE



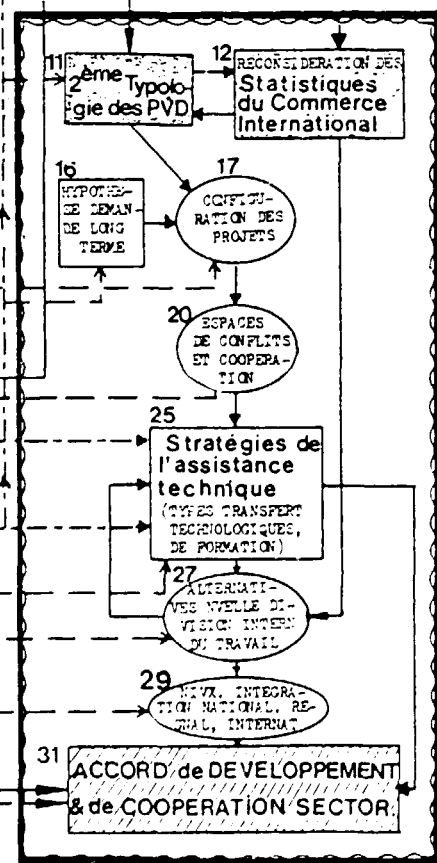
C. stratégies NATIONALES



9. Methode de Diagnostic National Test



D. stratégies de la COOPERAT. & de l'assistance TECHN. INTERNAT.



Après la discussion du meeting de Varsovie, le projet est de conclure sur les types d'alternatives stratégiques (8) et de présenter celles-ci à la première consultation mondiale du secteur. Le second output de l'étude stratégique, et particulièrement de l'A.C.T., serait l'établissement d'une méthode de diagnostic national (9) pour identifier la situation-existante et les potentialités de l'appareil de production. Cette méthode serait testée dans quelques pays intéressés. Elle serait ensuite adaptée et mise à la disposition de l'ensemble des pays.

2° Le système d'informations sur la complexité technologique

Les bases de ce système existent dès à présent avec 318 groupes de machines et 35.000 données. Pour être pleinement opérationnel, il faudrait porter l'échantillon à 1.000 machines environ et 100.000 données. Tâche lourde mais non irréalisable sur la base de l'expérience acquise.

L'échantillon devrait être élargi surtout vers les bas de gamme et contenir davantage de machines et instruments simples utilisés notamment en Afrique et en Asie.

L'enrichissement de l'échantillon serait effectué par des analyses complémentaires spécifiques (item 15) faites à la demande des pays (voir items 13 et 14 du graphique).

Les données seraient analysées pour constituer des informations sur les contenus technologiques à transférer et les qualifications de la main-d'oeuvre et du management selon les niveaux et les groupes de produits (item 19). Elles seraient complétées par les informations technico-économico-commerciales pour l'acquisition des machines et équipements (items 23 et 24).

La computerisation des données - aujourd'hui réalisée pour l'A.C.T. - serait poursuivie, ce qui permettrait, ulté-

rieurement, de transmettre l'information aux usagers sous la forme de bandes magnétiques assorties d'un programme d'utilisation que ceux-ci pourraient perfectionner pour leurs besoins spécifiques, et, en même temps contribuer aux analyses et à l'enrichissement de la banque de données.

3° L'assistance à l'établissement des stratégies nationales

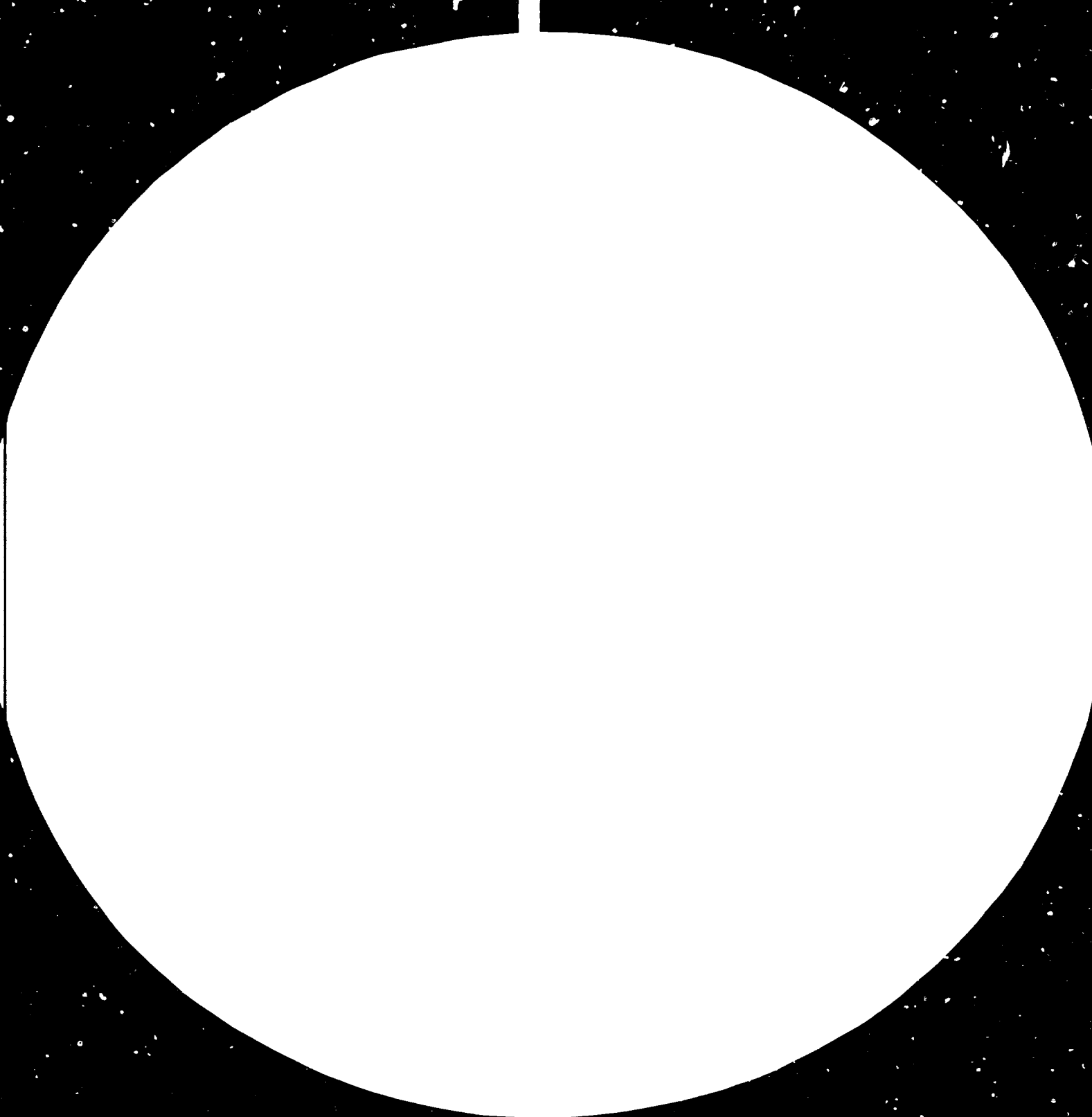
L'application de la méthode de diagnostic (9) permettrait d'établir des profils technologiques nationaux (10).

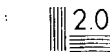
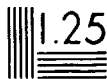
L'examen, selon des méthodes bien connues, de la demande nationale (13), croisé avec celui du profil technologique, conduirait à une évaluation de l'espace interne d'opération (14), c'est-à-dire la composition des groupes de machines, à produire ou à importer, correspondant aux projets de développement nationaux et sectoriels. Le choix raisonné des objectifs de production des machines à fabriquer localement (18) sur la base de l'A.C.T. permettrait d'élaborer une stratégie de progression des variables existantes - fonction d'apprentissage (21) - et une stratégie d'entrée des nouvelles variables - fonction du transfert des technologies (22). Il s'ensuivrait la détermination des objectifs d'importation (26), ceux de l'intégration nationale (28) et des formes de celle-ci. Finalement un plan national d'action pour le développement des biens de capital serait élaboré.

4° Les stratégies de la coopération et de l'assistance technique internationales

La réalisation de profils technologiques nationaux dans les pays en développement (10) permettrait de préciser la typologie de ceux-ci (11). L'application de A.C.T. par la décomposition du commerce international en éléments de A2, B1, B2 et C permettrait de reconsidérer les statistiques des biens de capital et, sans doute, d'envisager les échanges

810925





Resolution Test Chart
1.0 1.1 1.25 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5 2.8

Resolution Test Chart
1.0 1.1 1.25 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5 2.8

internationaux sous un nouvel angle (12).

La collecte de l'information sur les projets nationaux (13, 14 et 18), jointe avec des hypothèses d'évolution à long terme de la demande (16), permettrait de définir et de comparer la configuration des projets de développement de l'industrie des biens d'équipements (17). On pourrait alors apprécier les espaces de conflits et de coopération résultant des projets des partenaires (20).

Dans cet espace de coopération, les stratégies nationales de progression des variables existantes (21) et d'introduction des variables nouvelles (22) se traduiraient par des stratégies spécifiques d'assistance technique portant sur des programmes de formation et de transfert technologique ponctualisés (25).

La comparaison des projets et des objectifs de production et d'importation des pays (26), croisée avec celle des espaces de conflits et de coopération (17), acheminerait vers la formulation d'alternatives pour une nouvelle division internationale du travail (27).

La comparaison des objectifs d'intégration (28) permettrait de préciser celles-ci par l'indication des niveaux d'intégration nationaux, régionaux et internationaux (29).

Enfin, la considération des plans nationaux d'action du secteur (30) et des alternatives de la nouvelle division internationale du travail (27) et des intégrations (29) permettrait un accord international de développement et de coopération sectorielle (31), cadre très souple qui pourrait réaliser les fonctions d'une planification indicative, à l'image de celle qui est pratiquée dans de nombreux pays développés d'économie de marché.

Notes relatives au Chapitre III

- 1/ W.R. Ashby : An introduction to cybernetics
- Chapman Hal - London, 1956
- 2/ J. Mélèse : L'analyse modulaire des systèmes de gestion
- Une méthode efficace pour appliquer la théorie des systèmes au management - Editions Hommes et Techniques, 1979
- 3/ C'est en ces termes que les chercheurs de IIAGA posent le problème du contrôle d'un système sur un autre.
Voir Cyril Davies, Ada Demb, Paul Espejo, Roman Ostrowski : Multi-organizational strategies: An Analytic Framework and Case Illustrations (the Impacts and Opportunities of North Seal Oil, and Bratsk-Ilimsk, the Organizational Implications of the Concept of Territorial Production Complex)
- International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg - Austria, February 1977
- 4/ A. Zvorikine : document cité Chapitre I - Réf. 9
- 5/ F. Perroux : Pouvoir et économie - Bordas, 1973
- 6/ On insistera sur l'expression "contenus technologiques". Pour sortir des vagues généralités sur le transfert technologique, ce sont ceux-là qu'il faut identifier. L'A.C.T. est un moyen d'identifier ces contenus
- 7/ Pierre F. Gonod : Clés pour le transfert technologique
- Institut de Développement Economique et Social - Banque Mondiale - août 1974
- 8/ Il s'ensuit que le complément nécessaire de l'A.C.T. devrait être l'analyse des agents et de la stratégie des acteurs
- 9/ Walter Buckley : Sociology and Modern System Theory
- Prentice Hall Inc. - Englewood Cliffs - New Jersey, 1967
- 10/ Le lecteur intéressé sur les conséquences de cette distinction - pour la définition des stratégies de développement - pourra se reporter à l'étude mondiale sur l'industrie du machinisme agricole, UNIDO/ICIS.119 - 29 juin 1979 - Chap.IV - B : L'intégration des stratégies agricoles et industrielles
- 11/ Voir Pierre F. Gonod : Nouvelles représentations des transferts technologiques (déséquilibres structurels et contreparties) - Mondes en Développement N° 20, 1978

- 12/ Y. Barel : Prospective et analyse de systèmes - D.G.R.S.T.
- février 1972
- 13/ Voir l'exemple de Mexico : Capital Goods Programme in Mexico
- Conception - Content and Achievements - M.F. Fajnzylber -
"Séminaire sur les stratégies et instruments visant à pro-
mouvoir le développement de l'industrie des biens d'équipe-
ments dans les pays en développement - Alger, 7-11 décembre
1979"
- 14/ Voir F. Perroux : Note sur la notion de "Pôle de croissance"
- Economie appliquée N° 8, 1953 ; L'effet d'entraînement :
de l'analyse au repérage quantitatif - Economie appliquée,
1973 ; et Albert O. Hirschman : The strategy of economic
development - Yale University Press, 1956
- 15/ J. Mélése : document cité Réf. 2
- 16/ Van Court Hare J. : L'analyse de système, outil de diagnostic
- Paris - Dunod, 1973
- 17/ Voir Georges Corms : L'idéologie du développement ou le
libre-échange au XXe siècle - Le Monde Diplomatique -
novembre 1979
- 18/ Position dominante des sociétés transnationales dans le
marché international : Monographie sur l'industrie électrique
- R.S. NewFarmer - NUCED/ST/MD/13
Conséquences pour les pays en développement des pratiques
commerciales restrictives des sociétés transnationales dans
l'industrie de l'équipement électrique : Monographie sur le
Brésil. Etude rédigée par B. Epstein et K.R.V. Mirow -
UNCTAD/ST/MD/9
- 19/ Voir en Annexe 1 le document "Quelques aspects du transfert
technologique et de l'ingénierie dans l'industrie des biens
de capital - ID/WG.324/4/Add.1 - 7 août 1980
- 20/ Voir en particulier le livre de Jean Pierre Ponsard :
Logique de la négociation et théorie des jeux - Les Editions
d'Organisation, 1977 - qui procure des éléments méthodologi-
ques pour traiter des problèmes de compétition et de négo-
ciation
- 21/ Voir Joan Woodward : Industrial organizations - Theory and
Practice - Oxford University Press, 1965
- 22/ Le document en annexe "Some aspects of transfer of techno-
logy and engineering in the capital goods industry"
développe cette question

- 23/ Le niveau 6 de complexité des biens de capital pourrait correspondre à ce que certains auteurs désignent sous l'expression - au demeurant contestable - de société "post-industrielle"
- 24/ Fr. Vidossich : Busqueda de una teoria para producir bienes de capital en los paises en via de desarrollo - enero de 1980 - Rapport pour l'ONUDI/ICIS
- 25/ Le blocage du système peut prendre différentes formes. Par exemple, l'entreprise verticalement intégrée qui produit ses propres inputs présente forcément des faiblesses. Elle peut difficilement se spécialiser. Les inerties à l'application du progrès technique, à l'introduction de l'électronique notamment, sont renforcées
- 26/ Ces circonstances sont, notamment, la densification du tissu industriel, les capacités techniques nationales renforcées, l'existence d'un embryon d'ingénierie
- 27/ Voir notamment parmi les nombreuses publications : Orio Giarini et Henri Loubergé "La civilisation technique à la dérive - Les rendements décroissants de la technologie" - Editions Dunod, Paris, 1979
- 28/ Voir, notamment, E.F. Schumacher : Small is beautiful ; La technologie appropriée. Problèmes et promesses - Centre de Développement OCDE, 1976 ; UNIDO : Development and transfer of technology series
- 29/ Voir, notamment, J. Baudrillard : Les systèmes des objets - La consommation des signes - Denoël-Gauthier, 1968
- 30/ Cette réflexion d'un ingénieur-électronique de la Western Union, aujourd'hui retraité, témoigne de cette prise de conscience : "before my retirement, I made the observation that American engineers seemed to have lost the ability to do anything in a simple fashion. One cardinal principle which I applied in my work was this: if your device has a defect, don't try to cure it by adding more complexity; rather, go back into the original design and find the cause. Look under the hood of any modern car and you will see the death of that concept". - Frank T. Turner : Modern Science and Technology on Parson's Position - Technology and Society I.E.E.E. - Vol. 7 N° 25 - March, 1979
- 31/ Voir les travaux de G. Simondon : Du mode d'existence des objets techniques - Aubier-Montaigne, 1969

32/ Des recherches dans ce sens sont menées par des instituts
comme le M.I.T. - voir Robert L. Lund et W. Michael Denney :
Extending product life: time to remanufacture? - Center for
Policy Alternatives - Massachusetts Institute of Technology,
1978 - AMACOM



with
09990 - F



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Distr.
LIMITÉE

ID/WG.324/4/SUMMARY
23 septembre 1980

ORIGINAL: FRANCAIS

Réunion Préparatoire Globale pour la Première
Consultation sur l'Industrie des Biens de Capital
Varsovie, Pologne, 24 - 28 novembre 1980

LA TECHNOLOGIE
AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT*

Document préparé par le
Service des Etudes Sectorielles,
Division des Etudes Industrielles

50073

* Ce document est relatif au thème de discussion N° 2 de l'ordre du jour
et a été reproduit tel quel

"L'issue" N° 2 "Les types de technologies au service du développement des industries des biens de capital", proposée à la discussion de la réunion préparatoire globale pour la première consultation sur l'industrie des biens de capital, s'appuie sur l'étude de référence "La technologie au service du développement" (ID/WG.324/4) dont le présent document est un résumé.

Pour faciliter son examen, il est suggéré de diviser le thème de discussion N° 2 en 3 parties :

1. Une approche des "lois" de composition et de changement des biens de capital
2. Les stratégies technologiques
3. Un plan d'action intégré pour l'ONUDI.

La croissance des biens d'équipements dans les pays en développement nécessite le management d'une opération complexe. Cette complexité vient de la diversité du secteur qui comprend des millions de produits, ainsi que de la diversité des situations et objectifs des pays en développement. Pour aider ceux-ci à définir et mettre en oeuvre des stratégies il a été tenté, dans une première approche, de formuler des sortes de "lois" de la composition et du changement du secteur des biens d'équipements.

Ces "lois" du développement technologique des biens de capital sont à l'interface des lois de la nature et de l'économie. Pour les dégager, il a fallu forger un outil : l'analyse de la complexité technologique (A.C.T.). Cette méthode utilise différents concepts de l'analyse des systèmes. Elle a été centrée sur la fonction de production et l'identification des inputs.

La mesure de la complexité des machines a donc été effectuée par la mesure de la complexité de leur fabrication.

Elle comprend 4 opérations : 1° l'identification des variables, c'est-à-dire des inputs nécessaires pour fabriquer chaque groupe de machines, 2° la définition technique pour chaque variable de niveaux de complexité, 3° le choix d'une échelle de cotation de la complexité et le calcul d'un indice, 4° la classification de ces variables en sous-ensembles - ou "blocs" - exprimant la structure de la production des biens de capital.

Les variables retenues sont au nombre de 80. La définition des niveaux de complexité pour chaque variable est une combinaison d'une analyse technique avec une référence historique. Les technologies appartiennent à des générations différentes qui sont historiquement datées, 6 niveaux ont été considérés pour chaque variable qui ont été définis concrètement. L'absence de critères et d'une méthodologie disponibles pour quantifier le poids des

variables considérées, a conduit à avoir recours à une échelle conventionnelle de cotation justifiée par une appréciation empirique basée sur l'expérience du secteur.

Les variables ont été classées en "sous-ensembles" de la structure de la production des biens de capital. Les 80 variables se répartissent dans 3 "blocs" :

- A. L'unité centrale de fabrication
- B. L'infrastructure de production
- C. Les composants incorporés dans les biens de capital.

L'unité centrale de fabrication est le bloc qui fournit le produit final complètement assemblé au client. Elle comprend, obligatoirement, des hommes et des moyens de production. Elle peut donc se partager en 2 sous-ensembles. Le premier, A1, est centré sur le management de l'entreprise. Le sous-ensemble A2 comprend les moyens de production, c'est-à-dire la machinerie indispensable aux fonctions de l'unité centrale de fabrication.

L'infrastructure comprend les sous-ensembles semi-produits et services techniques.

Le sous-ensemble B1 "produits semi-finis" couvre les activités principales de l'activité "1ère transformation des métaux", c'est-à-dire la fonderie, la forge et l'estampage.

Le sous-ensemble B2 "services techniques" rassemble les travaux habituels de sous-traitance dans les industries mécaniques (recuit, traitement thermique, métallisation), les fournitures de matériels de fabrication (outils, matrices et moules, engrenages, ...), mais aussi des procédés de fabrication caractéristiques du travail des métaux et de la construction mécanique (chaudronnerie, usinage et emboutissage).

Les composants sont un ensemble qui relève de l'industrie mécanique simple ou complexe (par exemple les roulements à billes)

ou des industries électriques et électroniques, ou de spécialités hydrauliques, pneumatiques, d'instruments de mesure, ...

L'analyse de complexité technologique a été effectuée à travers un échantillon de machines et équipements. On a tenté de le constituer afin qu'il soit significatif de l'ensemble. La sélection a porté sur 318 groupes de machines appartenant tous au groupe "fabricated metal products, machinery and equipment" (groupe 38 de la nomenclature ISIC internationale).

Les produits choisis représentent des "groupes de biens" aux caractéristiques homogènes et qui sont représentatifs beaucoup plus d'un type de fabrication industrielle de biens de capital que de la fabrication d'un produit unique.

Dans ses proportions, l'échantillon est une image en réduction du secteur des biens de capital tel qu'on peut l'observer dans les pays développés et en développement.

Sur la base de cet échantillon, il a été réalisé un système d'informations sur la complexité technologique dont les possibilités combinatoires sont très élevées. Avec 318 groupes de produits, 80 variables et 6 niveaux de complexité, le système a une capacité d'enregistrement de 152.640 données. Par rapport à cette capacité théorique, l'analyse des 318 groupes de machines a mobilisé effectivement environ 35.000 données. L'importance de celles-ci a justifié un traitement de l'information sur ordinateur.

Cette analyse a conduit à dégager - avec la prudence qui s'attache nécessairement à une entreprise nouvelle de cette nature - des sortes de "lois" de la complexité et du changement du secteur. La discussion des résultats observés est essentielle pour l'intelligence de la situation de ce secteur-clé. L'analyse de la complexité technologique des biens de capital complète donc la des-

cription globale et le diagnostic général. ^{1/} Ces deux analyses constituent les éléments essentiels de l'étude stratégique du secteur faite par l'ONUDI.

1. Une approche des "lois de composition et du changement" des biens de capital

L'analyse suggère au sein de l'énorme variété et complexité qui caractérise les biens d'équipements des relations d'ordre et un arrangement non arbitraire du monde des machines.

Ces relations ont été exposées dans un essai sous forme de "propositions", pour marquer ainsi le caractère non dogmatique et ouvert à la discussion des conclusions.

Au total 8 propositions principales et 19 propositions subsidiaires ont été formulées concernant les "lois" de composition, ainsi que 7 principales et 10 subsidiaires pour les "lois" du changement.

Ces propositions sont résumées ci-dessous :

A. Les "lois" de composition

- 1ère proposition (*) : Les biens de capital se caractérisent par une grande hétérogénéité des contenus technologiques, et en conséquence, de leur complexité.

PS 1a = l'importance de la complexité due aux composants croît avec celle de la complexité totale.

PS 1b = la dispersion de la complexité de production des biens de capital sans composants est moins large, bien qu'elle reste cependant forte.

^{1/} Voir "Capital Goods in the developing countries"
- ID/WG.324/3 - related to the Issue N° 1

(*) Les "propositions" principales s'accompagnent de proportions subsidiaires dont les numéros se réfèrent à la proposition principale assortis d'une lettre

- 2ème proposition

. Considérées comme produits (classification internationale), les machines présentent une forte inégalité de complexité. Les complexités moyennes s'échelonnent dans l'ordre suivant : produits métalliques simples < machines électriques < instruments de mesure et de contrôle < machines non électriques < matériels de transport.

Cet ordre moyen de la complexité avec composants ne varie pas dans le cas de la complexité sans les composants. Mais les dispersions varient.

. Considérées d'un point de vue fonctionnel et technique, les machines ont l'ordre de complexité moyenne suivante : produits semi-élaborés < pièces < produits finis autonomes < produits et sous-systèmes finis intégrés.

. Considérées comme marchandises destinées à d'autres branches d'activités, les machines ont l'ordre de complexité moyenne suivante : biens communs à toutes les branches \leq biens communs à quelques branches < équipement spécialisé.

PS 2a = la complexité moyenne totale des biens de capital augmente avec le caractère de spécificité de la demande de ces biens.

PS 2b = la complexité moyenne sans composants des biens de capital considérés selon la nature de la demande ne paraît pas varier significativement entre biens communs à toutes les branches, ceux communs à quelques branches et les équipements spécialisés.

PS 2c = au sein de chaque groupe de biens de capital existent des alternatives technologiques qui permettent de jouer, en baisse ou en hausse, sur les niveaux de complexité.

- 3ème proposition : La complexité moyenne des biens communs à toutes les branches, qui représente 40% de la valeur des biens de capital, est inférieure à celle de la moyenne des biens de capital. Le poids des composants y est inférieur mais la dispersion de la complexité est forte. Entre les produits de faible complexité et les autres apparait un gap technologique.

PS 3a = la complexité moyenne de fabrication sans composants des biens de capital communs à toutes les branches est du même niveau que celle des autres grandes classes de biens d'équipements. Il n'est donc pas, à priori, plus facile - en général - de les produire.

PS 3b = l'ordre de complexité totale des groupes de produits qui constituent la classe des biens de capital communs à toutes les branches est le suivant : petits éléments mécaniques < éléments de construction en acier < petits équipements électriques < équipements techniques divers d'aérologique, de contrôle et de mesure < pompes, compresseurs, chaudières < pièces et sous-ensembles mécaniques pour machines < matériel de stockage et manutention < machines-outils de type universel < moteurs de tous types essence, diesel ou électrique < matériels de transports routiers < matériels de bureau, machines à écrire, calculateurs, ordinateurs.

PS 3c = l'ordre de complexité sans les composants des groupes de produits qui constituent la classe des biens de capital communs à toutes les branches est le suivant : petits éléments mécaniques < éléments en acier pour la construction < équipements techniques divers < petits équipements électriques < pompes, compresseurs, chaudières < machines-outils universelles < matériels de stockage et manutention < pièces mécaniques pour machines < moteurs de tous types < matériels de transports routiers < matériels de bureau.

-- 4ème proposition : En fonction de la demande finale des secteurs auxquels ils sont destinés, l'ordre de complexité des biens de capital spécifiques est le suivant : machinisme agricole < industries agro-alimentaires < chimie et pétrochimie < construction et industrie des matériaux de construction < construction mécanique < extraction des minerais < agro-industries, tabac, cuir, textile < métallurgie lourde, sidérurgie, forge, fonderie < matériels de transport route < matériels de transport rail < matériels de transport air.

Sans les composants, l'ordre de complexité devient : machinisme agricole < industries alimentaires < construction mécanique < construction et industrie des matériaux de construction < chimie et pétrochimie < extraction des minerais < agro-industries < métallurgie lourde < matériels de transports route, rail et air.

PS 4 a = la complexité moyenne du machinisme agricole est plus faible que celle des biens de capital destinés à l'industrie de la construction et des industries de matériaux de construction. La complexité moyenne des biens d'équipements destinés aux agro-industries est plus forte que les précédentes. Ces trois catégories de biens d'équipements ont une complexité inférieure à la moyenne des biens de capital spécifiques aux secteurs de la demande finale.

PS 4b = bien qu'en moyenne de faible complexité le groupe des machines et instruments agricoles est caractérisé par une forte dispersion, le poids des composants très faible pour les instruments et machines simples devient important pour les machines tractées perfectionnées ou multifonctionnelles.

PS 4c = le groupe des biens d'équipements pour les industries agricoles et alimentaires a une complexité plus élevée que celui des machines agricoles et une dispersion plus importante. Le poids des composants est relativement fort pour les

produits plus compliqués. Les plus simples sont constitués de biens d'équipements à prédominance mécaniques pour des industries alimentaires et agricoles traditionnelles. Les plus complexes sont constitués de biens d'équipements liés aux opérations d'emballage et de conditionnement ainsi qu'au processus de production à prédominance bio-chimique.

PS 4d = le groupe des biens d'équipements pour les industries de la construction et des matériaux de construction a une complexité et une dispersion plus élevées que celles des machines agricoles et des industries agricoles et alimentaires. Le poids des composants y est plus élevé. Mais la partie la plus simple de ces biens d'équipements est d'une complexité voisine de celle de la partie inférieure de l'échantillon de machines et instruments agricoles.

- 5ème proposition : La taille des entreprises de l'ensemble A est une stratification importante dans la répartition de la production des divers groupes de biens de capital.
- 6ème proposition : Le rythme d'innovation des biens de capital est très inégal selon les produits.
- 7ème proposition : La grande majorité des biens de capital est concentrée aux niveaux 3 et 4 de complexité totale.

PS 7a = les groupes de biens de capital se concentrent à des niveaux spécifiques de complexité.

- 8ème proposition : L'appareil de production pour fabriquer les biens de capital est intégré par niveaux de complexité cumulatifs qui représentent des générations technologiques différentes. L'élargissement de la gamme des produits nécessite le recours à des facteurs de production affectés de degrés de complexité élevés.

PS 8a = pour produire les biens de capital, il faut non seulement la présence des facteurs de production mais il faut que ceux-ci soient affectés d'un indice de complexité spécifique, et en conséquence que soient mobilisées dans le stock technologique des générations différentes.

PS 8b = au sein du sous-ensemble A, de l'unité centrale de fabrication, on n'observe pas de différences significatives dans le taux d'utilisation des variables qui le définissent en fonction des biens de capital communs à toutes les branches, à certaines, ou spécifiques.

PS 8c = au sein du sous-ensemble A2, la fréquence de l'utilisation des moyens de production évolue parallèlement ou diverge par rapport à la spécialisation des machines qu'ils permettent de fabriquer.

PS 8d = plus la spécialisation des machines s'accroît, plus la fréquence de l'utilisation des produits semi-finis du sous-ensemble B1 est grande.

PS 8e = au sein du sous-ensemble B2, la fréquence d'utilisation des services techniques évolue parallèlement ou diverge par rapport à la spécialisation des machines qu'ils permettent de fabriquer.

PS 8f = pour chacun des composants, plus la spécialisation des machines augmente, plus le recours aux composants est important.

B. Les "lois" du changement

L'analyse précédente concerne les sortes de règles qui semblent se dégager dans l'arrangement statique du système des biens de capital. Il faut compléter celle-ci par le dynamisme de l'évolution que suggère l'existence de différents niveaux de complexité. Ces niveaux sont observés aujourd'hui, mais ils ont une histoire, il a fallu du temps pour les constituer.

Il est possible d'analyser les conditions du passage d'un niveau à l'autre. Cela ne signifie pas qu'il est obligatoire pour un pays déterminé, aujourd'hui à un niveau donné, de suivre exactement le même chemin. Il n'y a pas de "one best way". Cela ne signifie pas non plus qu'il faudra le même temps pour passer d'un niveau à l'autre que celui mis par d'autres pays dans le passé. Ce temps pourra être plus court ou plus long. Dès lors il faut rechercher les "entrées" les plus favorables, chercher les chemins les plus courts possibles, les facteurs dont la domination est essentielle pour ouvrir le plus largement la voie dans le futur. La coopération internationale est un des facteurs essentiels pour diminuer les temps de passage d'un niveau à l'autre.

L'analyse des "lois" de changement n'est donc pas une invitation au fatalisme et l'impératif à un ordre immuable. C'est une incitation à un réalisme actif. Réalisme dans le sens que toute politique doit s'appuyer sur une base objective, actif dans le sens que la connaissance de l'ordre des choses est aussi le moyen d'agir sur elles et d'accélérer les évolutions.

- 1ère proposition : L'élévation de la complexité totale s'accompagne de changements du tissu industriel constitué par les ensembles A (unité centrale de fabrication), B (infrastructure technique) et C (composants). Aux niveaux 1, 2 et 3 l'ensemble A domine, au niveau 4 les ensembles B et C deviennent majoritaires, aux niveaux 5 et 6 l'influence des composants dans la complexité totale devient prépondérante.

PS 1a = au niveau 1, l'influence dans la complexité totale des moyens de production (sous-ensemble A2 de l'unité centrale) est dominante. Vient ensuite l'influence du sous-ensemble A1 qui est centré sur le management de l'unité centrale de fabri-

cation. L'infrastructure technique et les composants ont une faible influence.

PS 1b = au niveau 2, l'influence dans la complexité totale des moyens de production reste forte, de même que celle du management. L'influence de l'infrastructure technique et des composants croît.

PS 1c = au niveau 3, le poids des sous-ensembles s'égalise, les moyens de production et le management s'équilibrent, et leur influence reste légèrement supérieure à celle de l'infrastructure et des composants.

PS 1d = au niveau 4, les composants prennent l'influence majoritaire, l'infrastructure équilibre le management dans la complexité totale, l'influence des moyens de production décline relativement.

PS 1e = au niveau 5, les tendances du niveau 4 s'amplifient : les composants, et à un moindre titre l'infrastructure, gagnent en influence, celle du management se stabilise tandis que celle des moyens de production chute.

PS 1f = au niveau 6, les composants progressent fortement tandis que l'influence relative de l'infrastructure technique sur la complexité diminue. Celle du management s'accroît sensiblement tandis que celle des moyens de production diminue fortement.

- 2ème proposition : L'influence des composants négligeable au niveau 1 de complexité, faible au niveau 2, devient sensible au niveau 3. Cette influence se renforce aux niveaux 4 et 5. Au niveau 6, elle devient dominante.
- 3ème proposition : Les moyens de production de l'unité centrale de fabrication ont une influence dominante dans la complexité des niveaux 1 et 2. Cette influence reste forte au niveau 3 et décline ensuite relativement aux niveaux 4, 5 et 6.

- 4ème proposition : L'infrastructure technique B a une influence dans la complexité totale qui croît des niveaux 1 à 3, se stabilise relativement aux niveaux 4 et 5 et diminue au niveau 6.

PS 4a = le sous-ensemble B1 (produits semi-finis) augmente son influence jusqu'au niveau 3 et celle-ci se maintient jusqu'au niveau 6.

PS 4b = le sous-ensemble B2 (services techniques) a une influence relative constante du niveau 1 au niveau 5 et moins forte au niveau 6.

- 5ème proposition : Le sous-ensemble A1 représente en quelque sorte le management, dans l'unité centrale de fabrication, des hommes et des machines. Son influence sur la complexité totale est forte durant les 3 premiers niveaux. Elle a tendance à diminuer relativement aux niveaux 4 et 5 et augmenter au niveau 6. Mais les rythmes de progression ont tendance à s'élever avec l'élévation des niveaux.
- 6ème proposition : Parmi les facteurs de production plus de 50% sont nécessaires au niveau 1 de complexité technologique totale des machines. Pour passer au niveau 2, il faut la présence de 80% des facteurs, et au niveau 3 pratiquement 100%. (Ces observations sont indépendantes du niveau de complexité des facteurs).
- 7ème proposition : La trame du tissu industriel se fait aux niveaux 1 et 2. C'est la première accumulation à ces niveaux qui permet un "gain" considérable en nombre de machines produites et en complexité au niveau 3. A partir de ce niveau, la complexification des variables permet l'augmentation du nombre de machines plus compliquées, selon un processus non linéaire.

PS 7a = il s'ensuit que les difficultés de l'accumulation primaire aux niveaux 1 et 2 rendent essentielle la coopération internationale, et que les modalités de celle-ci favorisent des progrès auto-soutenus aux niveaux 3 et supérieurs.

PS 7b = exprimé en temps, depuis l'entrée au niveau 1 jusqu'à la maîtrise du niveau 6, le processus de développement de l'industrie des biens de capital est un très long processus.

C'est aussi une des fonctions essentielles de la coopération internationale d'aider à raccourcir ces délais à tous les niveaux.

2. Les stratégies technologiques

La méthode de l'analyse de la complexité technologique (A.C.T.) a été créée pour aider les "policy-makers" et décideurs nationaux dans les pays en développement à maîtriser les options stratégiques essentielles.

En effet, pour maîtriser ces options stratégiques il faut réduire la "variété" du système, définie en cybernétique comme le nombre "d'états" que peut prendre un système.

L'analyse des systèmes permet là aussi une approche intéressante. On sait, en effet, après les travaux de Ashby, qu'un système ne peut en contrôler un autre que si sa "variété" lui est au moins supérieure (loi de la variété requise). La "variété" du système de l'offre de "biens de capital" est énorme. Pour que le système "demande" domine celui de l'offre, il faut donc que le policy-making national dispose d'une variété supérieure.

Ce résultat peut être obtenu par deux moyens :

- 1° Accroître la "variété" des décideurs par l'information
- 2° Diminuer la "variété" du système de l'offre. Cette diminution peut elle-même se réaliser selon deux voies :

- réduire la "variété" du système par une information significative, ce qui implique de simplifier la complexité tout en aboutissant à une représentation significative des réalités des groupes de biens de capital;

- réduire la complexité elle-même contenue dans les machines.

L'utilisation de ces concepts a d'importantes conséquences pratiques. Ainsi, elle permet de déterminer pour une combinaison donnée de facteurs de l'unité de fabrication centrale, de l'infrastructure et des composants, les machines et équipements susceptibles d'être fabriqués et qui correspondent au niveau technologique considéré. C'est ce qu'on a appelé l'espace d'opération technologique maximum (EOTM).

Elle permet de raisonner avec réalisme le niveau des objectifs et des aspirations, et les politiques de fabrication dosant les combinaisons des sous-ensembles nécessaires.

Elle permet de reposer les questions fondamentales des "effets d'entraînement", des pôles de développement, des "industries industrialisantes" en fonction des couplages possibles ou non des variables.

L'approche des "lois" du changement permet de distinguer pour passer d'un niveau de production à l'autre, d'une part, les variables qui subsistent et dans quelle mesure leur progression contribue à l'élévation de l'indice de complexité entre niveaux, d'autre part, les variables nouvelles qui sont introduites au niveau supérieur, leur poids dans l'élévation de l'indice de complexité et d'étudier leur potentialité de couplage.

S'agissant des variables subsistantes d'un niveau à l'autre, ceci conduit à identifier le contenu des progrès à accomplir pour

développer les variables existantes, c'est-à-dire à concrétiser la fonction d'apprentissage, à identifier les possibilités de progrès continus et les discontinuités, à en tirer, notamment, les implications en termes de programmes de formation.

S'agissant des nouvelles variables à introduire dans le tissu industriel, ceci conduit, d'une part, à identifier le contenu des transferts technologiques à opérer, et en conséquence à concrétiser en termes opérationnels les politiques de transferts technologiques, d'autre part, à identifier les contenus éducationnels nécessaires pour permettre l'assimilation des contenus technologiques.

Cette analyse est d'une importance exceptionnelle pour les politiques technologiques des pays en développement. C'est pourquoi on y a consacré dans l'étude une place particulière.^{2/} Les différents composants et supports de la technologie ont été décrits selon les diverses phases des projets industriels, depuis leur conception jusqu'à leur réalisation et leur mise en marche. Il ressort de cette analyse l'importance du "software" et les difficultés de son transfert, particulièrement du "software" collectif incorporé dans la technologie d'organisation. Il est démontré, en outre, que les routes et canaux des transferts technologiques dépendent, d'une part, de la structure des secteurs utilisateurs, d'autre part, de la complexité technologique.

De là découlent plusieurs conséquences : i) "le" transfert technologique est une abstraction, il y a des transferts dont les contenus diffèrent, ii) les agents impliqués dans ceux-ci varient, et, par la même, la configuration des négociations à mener est variable, iii) sans une réelle maîtrise de ces transferts, ceux-ci peuvent aboutir à créer de nouvelles formes de dépendance des pays en développement.

^{2/} Voir Annexe 1 "Quelques aspects du transfert technologique et de l'ingénierie dans l'industrie des biens de capital"
- ID/WG.324/4/Add.1

La mémorisation de l'expérience industrielle est donc indispensable ^{3/} ainsi que l'établissement d'une structure nationale de l'ingénierie.

La maîtrise des transferts technologiques, et à travers elle celle du mouvement d'industrialisation dans son ensemble, implique l'importance cruciale :

- du choix des voies d'entrée dominables dans l'industrie
- de l'estimation des niveaux de complexité et des temps d'assimilation de ceux-ci
- de la connaissance des apprentissages faits dans d'autres pays et des moyens utilisés pour assimiler la complexité
- des ordres et séquences observés dans la production successive des biens de capital
- des choix des formes de l'intégration du tissu industriel national et de celui du calendrier des entrées des nouvelles unités de production
- de l'orientation du système éducatif pour accroître en temps utile les capacités d'assimilation.

De l'analyse du "système" des biens d'équipements, on a tenté ensuite d'en tirer les conséquences logiques en termes de stratégies.

Afin, là encore, d'en souligner le caractère ouvert à la discussion, cet essai se présente également sous la forme de propositions. ^{4/}

^{3/} D'où l'importance des études de cas nationaux de développement du secteur, à condition que ceux-ci permettent d'identifier clairement, d'une part, les circonstances historiques spécifiques, d'autre part, le procès et l'ordre des entrées successives des fabrications dans le secteur

^{4/} Qui sont complémentaires des stratégies présentées dans le document "Capital Goods in the developing countries"
- ID/WG.324/3

- 1ère proposition : L'analyse de complexité technologique, si elle montre les réelles difficultés de pénétration des pays en développement dans l'industrie des biens de capital et celles des conditions de passage d'un niveau à l'autre, ne conduit pas à la conclusion que ces difficultés sont insurmontables. Elle tend, au contraire, à démystifier l'idée selon laquelle celles-ci seraient telles qu'il faudrait renoncer à ces activités et qu'il faudrait s'en tenir à l'actuelle division internationale du travail.

- 2ème proposition : Les réalités - et les contraintes - de la complexité technologique des biens de capital font qu'il existe des limitations objectives aux progrès possibles dans un temps donné. La connaissance de ces limitations ne doit pas être un frein mais au contraire une incitation à utiliser pleinement ces degrés de liberté. D'où les propositions subsidiaires suivantes :
 - PS 2a = à un niveau donné des facteurs de production disponibles correspond un espace d'opération technologique maximum permettant de produire un assortiment de machines. Dès lors le premier problème est d'occuper le plus complètement possible cet espace d'opération.
 - PS 2b = le second problème est de fixer les objectifs et les programmes d'accroissement de la production des machines pour une période donnée à un niveau compatible avec la progression des facteurs de production, et d'articuler les ensembles et sous-ensembles qui les constituent.

- 3ème proposition : L'augmentation de l'espace d'opération technologique maximum E_{OTM} nécessite le changement de la structure de la combinaison des ensembles A (unité centrale de fabrication), B (infrastructure technique), C (composants) et des sous-ensembles A1 (management), A2 (moyens de production), B1 (produits semi-élaborés), B2 (services techniques).

PS 3a = les politiques industrielles, d'une part, doivent faire face à des contraintes, d'autre part, elle disposent de degrés de liberté d'action, d'où découle une grande variété de politiques possibles.

- 4ème proposition : Malgré la diversité des politiques possibles - et effectivement pratiquées - un certain nombre de "règles de conduite" semblent se dégager pour créer et développer une industrie de biens de capital.

1° Un minimum d'infrastructure B1 et B2 est indispensable.

2° Aucun pays, même parmi les plus développés, ne peut vivre en autarcie concernant les biens d'équipements, la division internationale des activités et le commerce international sont une nécessité.

3° Les introductions de nouvelles installations, particulièrement celles intégrées verticalement du type "clés en mains", devraient être évaluées avec beaucoup de prudence.

4° Il faut adapter les programmes de formation, et notamment, ceux du management des entreprises, d'une part, à la structure des différentes industries des biens de capital, d'autre part, à la différence entre les complexités requises par les objectifs choisis et les capacités existantes.

5° La politique d'ouverture du "paquet" des transferts technologiques et d'incorporation d'éléments nationaux nécessite une analyse précise des contenus technologiques à transférer aux divers niveaux de complexité technologique.

- 5ème proposition : La visée de la majorité des pays en développement qui ont actuellement une faible base de production des biens d'équipements pourrait être le niveau 3 de complexité des produits. A ce niveau il est possible de produire 40% des biens d'équipements.

PS 5a = pour les pays les moins développés il semble que le machinisme agricole et la production de certains produits semi-élaborés simples constitue une voie d'entrée préférable dans l'industrie des biens d'équipements.

- 6ème proposition : L'évolution dans le temps de l'industrie des biens d'équipements nécessite des opérations de restructuration périodiques des structures et des articulations verticales et horizontales des ensembles et sous-ensembles constituants.
- 7ème proposition : La question est posée de l'utilité et de la possibilité d'élaborer et de mettre en oeuvre de nouveaux modèles plus simples de développement technologique.

Telles sont les propositions principales en matière de stratégies technologiques qui sont soumises à la réflexion des participants de la réunion préparatoire globale pour la première consultation sur l'industrie des biens de capital.

3. Un Plan d'action intégré pour l'ONUDI

La troisième partie de l'étude concerne les propositions d'un plan d'action pour l'ONUDI. Ce plan articule 4 grandes opérations :

- A. L'étude stratégique sur les biens d'équipements effectuée par ONUDI/DIS
- B. Le système d'informations sur la complexité technologique des biens de capital

- C. L'assistance à l'établissement de stratégies nationales dans les pays en développement
- D. Les stratégies de la coopération et de l'assistance technique internationales.

Ces articulations sont destinées à développer une synergie que des opérations isolées ne permettraient pas, et d'accroître la "variété" des programmes de l'ONUDI à un niveau qui permette de contribuer significativement au management de l'opération complexe de la croissance des biens d'équipements dans les pays en développement.



with
09990-F



Distr. LIMITEE

ID/WG.324/4/Add.1
8 août 1980

Original : ANGLAIS/
FRANCAIS

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Réunion préparatoire globale pour la première
Consultation sur l'industrie des biens de capital
Varsovie (Pologne), 24-28 novembre 1980

QUELQUES ASPECTS DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE ET DE L'INGENIERIE
DANS L'INDUSTRIE DES BIENS DE CAPITAL*

Document préparé par le
Service des études sectorielles,
Centre international pour les études industrielles

* Ce document est un additif à l'étude intitulée "La technologie au service du développement", relative au thème de discussion No 2 de l'agenda : Types de technologies au service du développement des industries des biens de capital.

Ce document a été reproduit tel quel.

TABLES DES MATIERES

	<u>Page</u>
Introduction	4
I. LES ENJEUX DU TRANSFERT DE LA TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION DE BIENS DE CAPITAL	6
1. Rôle stratégique des industries de biens de capital dans la maîtrise du software	6
L'importance du software	6
Une tendance : Le transfert des activités de software liées aux industries de biens de consommation et de biens intermédiaires vers les industries de biens de capital	7
2. Biens de capital et division internationale du travail	10
Des biens de capital spécialisés et complexes	11
3. Difficultés du transfert de technologie à dominante software	11
Un aspect du transfert de technologie encore peu étudié	12
Une phase préalable : La mémorisation de l'expérience industrielle	13
II. VOIES D'ENTREE ET CANAUX POUR LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE VERS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT	15
1. Voies d'entrée	15
Quelques exemples d'entrée dans la construction de biens de capital	16
2. Les "noyaux durs"	18
Exemple de capacités de construction de biens de capital pour la pétrochimie dans quelques pays en développement avancés	19

3. Les canaux pour les transferts de technologie, de construction de biens de capital	23
4. Les enjeux, les difficultés et les canaux de transfert de quelques composantes de la technologie de construction, de biens de capital	25
Technologie de conception du processus de production	25
Etudes préliminaires	25
Ingénierie de process des unités de biens de capital	26
Technologie de conception de produits	27
Une composante technologique stratégique pour les firmes des pays industrialisés	27
Une priorité : L'adaptation	28
Des centres d'étude de technologies spécialisées de recherche et de conception	29
Ingénierie de la demande	31
Expériences de transfert de technologie d'ingénierie	32
Conclusion	34

INTRODUCTION

Pour définir une stratégie de transfert et d'acquisition de technologie d'une industrie déterminée, il faut au préalable repérer les différentes composantes de cette technologie. On ne peut pas en effet transférer la technologie d'une industrie d'une manière globale en "paquet", il faut donc différencier cette technologie. S'agissant de transfert de technologie, cette différenciation de la technologie d'une industrie déterminée doit se faire en prenant en compte d'une part les différents types de supports selon lesquels la technologie est introduite et utilisée dans l'industrie.

Ces supports peuvent être matériels (la technologie est incorporée dans les machines, les sous-ensembles, les composants, les biens intermédiaires), ils peuvent être constitués de documents écrits (livres, dessins, spécifications), la technologie peut être encore "supportée" ou intégrée par des individus ou des groupes d'individus. Une autre caractéristique de la technologie intervient aussi dans le transfert de la technologie, c'est le niveau d'élaboration de la technologie. Ce niveau d'élaboration de la technologie qui conditionne sa capacité de diffusion, de transmission peut être appréhendé de différentes manières : à partir du niveau de conceptualisation de la technologie (savoir-faire technique, connaissance technique, connaissance technologique, connaissance scientifique), à partir du degré de socialisation d'une technologie (technologie socialisée, technologie aliénée).

On distingue en effet :

- La technologie "socialisée" c'est-à-dire la technologie socialement disponible et accessible sans restriction. Elle concerne l'information libre, la connaissance des procédés techniques, tombés dans le domaine public.
- La technologie "aliénée", c'est-à-dire la technologie retenue et cédée en vertu d'un droit de propriété ou d'un accord particulier.

Le savoir-faire technique est essentiellement incorporé par des individus ou des groupes d'individus.

Le mode de transmission privilégié du savoir-faire s'effectue en travaillant et en collaborant d'une manière étroite avec les personnes qui détiennent ce type de technologie. Le transfert de savoir-faire s'effectue à travers des accords de coopération technique, d'assistance technique, dans certains cas à travers la vente d'une licence de savoir-faire.

Dans l'industrie de construction de biens de capital (et plus généralement dans les industries de construction mécanique et électrique), certains documents écrits, produits du savoir-faire, des connaissances techniques et technologiques accumulées par les firmes, jouent un rôle important dans la concurrence des firmes. Ces documents ont souvent le statut juridique de know-how. Ils peuvent être constitués de :

- Dessins de conception d'ensembles, et sous-ensembles;
- Dessins détaillés d'exécution;
- Spécification de construction, de montage;
- Standards de conception, de construction;
- Standards de services de gestion.

L'importance relative des composantes et sous-composantes de la technologie de construction de biens de capital varie en fonction des principaux facteurs suivants :

- La conception des produits (biens de capital) standards ou "sur plan";
- La complexité des produits (nombre de composants);
- Le cycle d'innovation des produits;
- Les séries de production;
- Les filières de production;
- Le mode d'évolution des filières de production.

Ces facteurs ne sont pas complètement autonomes les uns par rapport aux autres. Il y a par exemple une relation entre :

- Conception des produits et séries de production;
- Complexité des produits et filière de production;
- Conception des produits et cycle d'innovation.

La mise en oeuvre d'une stratégie de construction de biens de capital nécessitera pour chaque cas des études particulières pour déterminer les composantes et les sous-composantes de la technologie de construction de biens de capital qu'il faut maîtriser en priorité. La liste systématique et détaillée de ces différentes composantes et sous-composantes ainsi que leur mode de support est la première tâche à opérer dans une telle approche afin de pouvoir par la suite sélectionner et hiérarchiser ces composantes et sous-composantes en fonction du choix des stratégies de développement des produits et des filières.

I. LES ENJEUX DU TRANSFERT DE LA TECHNOLOGIE
DE CONSTRUCTION DE BIENS DE CAPITAL

Lorsqu'on est amené à s'intéresser aux biens de capital, on privilégie naturellement l'aspect matériel, les machines, les composants, les sous-ensembles, la fabrication, c'est-à-dire l'aspect hardware. D'une manière à première vue paradoxale, l'aspect le plus important dans les industries de biens de capital et qui est souvent minimisé, c'est le non-matériel, les flux d'information, le software. Cette importance du software dans les industries de biens de capital est renforcée par le dynamisme de la division sociale du travail dans les pays industrialisés entre les sections productives : biens de capital, biens intermédiaires, biens de consommation.

1. Rôle stratégique des industries de biens de capital dans la maîtrise du software

L'importance du software

Les activités de service et d'étude, c'est à dire de software, ont une importance considérable dans les industries de biens de capital. En nombre d'emplois, ces activités de service et d'étude représentent 25 à 30 % du total des emplois. Dans les industries de biens de consommation et de biens intermédiaires, les activités de software sont en général bien plus faibles et représentent seulement 10 à 15 % environ des emplois.

Nous avons pu noter que les activités de software se développent en fonction de la complexité des biens de capital à construire et que ce développement des activités de software se réalise à travers une diversification de ce type d'activités :

- Diversification des activités d'étude de conception, des activités de R-D.
- Diversification des activités d'organisation de la production : des activités des méthodes, de planning, d'ordonnancement;
- Diversification des activités d'appui technique;
- Diversification des activités de contrôle;
- Diversification des activités de commercialisation et d'ingénierie de la demande.

C'est cette importante diversité des activités de software dans les industries de biens de capital qui rend difficile et complexe toute analyse de ces industries. Pour le professeur T. Vietorisz qui a passé de nombreuses années de recherche sur les industries de biens de capital : "Ces industries défient l'analyse et ne permettent pas d'arrêter des politiques en se basant uniquement sur l'approche traditionnelle qui trace le cheminement des flux de ressources matérielles à travers les activités de production et de consommation... Des questions clef obligent à élargir le champ de l'analyse, c'est-à-dire à ne pas s'occuper uniquement des flux matériels mais à prendre également en considération les flux d'information, en particulier ceux qui sont incorporés dans la structure organisationnelle et dans les systèmes de communication symboliques"^{1/}.

Pour essayer de comprendre le dynamisme de fonctionnement des industries de biens de capital, T. Vietorisz a suggéré de s'orienter vers la construction d'un modèle informationnel qui intègre trois dimensions principales : la différenciation des structures (ou leur diversification), les liaisons externes (extension et diversité des communications externes), l'intégration structurelle (inter-relations, flexibilité).

Une tendance : Le transfert des activités de software liées aux industries de biens de consommation et de biens intermédiaires vers les industries de biens de capital

L'importance quantitative et qualitative (appréciée à partir de la diversité) des activités de software dans les industries de biens de capital est due en grande partie à un mouvement de transfert des activités de software liées aux industries de biens de consommation et de biens intermédiaires vers les industries de biens de capital. Ce mouvement de transfert est le résultat principalement des tendances du progrès technique mis en oeuvre par les pays industrialisés.

La principale caractéristique du progrès technique dans les pays industrialisés depuis plusieurs années concerne l'épargne de main-d'oeuvre. La diffusion et la généralisation de l'automatisation et en particulier le développement récent de la micro électronique (microprocesseur) ont accentué cette tendance du progrès technique et ont élargi son impact. Une des caractéristiques de l'automatisation est

^{1/} T. Vietorisz : "Structure and change in the engineering industries. Reunion de expertos acerca de problemas escogidos del desarrollo industrial y tecnologico de America Latina", Washington CD - 21-25 de Junio de 1971. Banco Interamericano de Desarrollo.

d'intégrer dans les machines ou plutôt dans les complexes de machines une partie ou la totalité des activités de préparation et d'organisation du travail. Si le machinisme a permis d'intégrer dans les biens de capital une partie de la qualification individuelle des ouvriers, l'automation permet d'intégrer dans les biens de capital le travail collectif des travailleurs à travers le software des complexes de machines automatisées. Le travail collectif des travailleurs d'une unité de production peut être apprécié en première analyse à travers l'ensemble des informations (techniques et organisationnelles) qu'échangent les travailleurs de production entre eux et avec les travailleurs des services de préparation et d'organisation de la production principalement, et dans une moindre mesure avec les travailleurs des autres services (d'étude, contrôle, commercialisations..).

"La communication, l'échange d'informations étaient l'une des caractéristiques des groupes d'ouvriers homogènes qui se formaient sur les nouvelles chaînes de montage ou même, avec plus d'efforts et de difficultés du fait de l'isolement spatial, parmi les opérateurs de longues chaînes de fabrication. Cela contribuait au profit du patron, à améliorer la qualité du produit, mais on peut considérer comme positif pour l'ouvrier le fait qu'il se développait un vrai professionnalisme" 2/.

Par l'intermédiaire du software des systèmes automatiques de machines, l'automation correspond à l'accaparement du savoir-faire collectif des ouvriers^{3/} par le capital. Dorénavant, à travers les systèmes automatisés de machines, les "savoir-faire collectifs" "font face" aux ouvriers :

"Avec la diffusion des systèmes électroniques de contrôle des processus, la communication est souvent remplacée, quand elle l'est, par un échange d'informations avec l'ordinateur ou avec le terminal du système informatique; la possibilité d'un contrôle centralisé se trouve récupérée. Mieux, on élimine de la hiérarchie d'entreprise l'intermédiaire humain qui peut être contesté et qui peut introduire des erreurs dans la transmission: enfin le contrôle se fait en temps réel" 2/.

2/ Angelo Dina, La situation actuelle en Italie, Bulletin de la Fondation Renard. Dossier post taylorisme, No 88-89, mai-juin 1978.

3/ On a souvent présenté l'automation comme le remplacement de l'activité mentale de l'homme par les machines. Ce type de transfert correspond plutôt au processus d'automatisation qui se situe dans la même logique que la mécanisation au niveau du remplacement de la force physique de l'homme.

C'est aussi sous l'impulsion de la diffusion et de la généralisation de l'automation que l'innovation dans les industries de biens de consommation et de biens intermédiaires est de plus en plus prise en charge par les industries de biens de capital^{4/}. La capacité des constructeurs de biens de capital de maîtriser l'introduction des automatismes dans leurs machines, de proposer de nouveaux procédés d'automatisation, d'élargir l'automatisation des processus déjà partiellement automatisés, est un facteur de concurrence de plus en plus stratégique pour les constructeurs de biens de capital.

C'est encore sous l'impulsion de l'automation qui transforme les processus de production discontinus en processus de production continus que les maîtres d'ouvrage n'ont plus été capables de maîtriser la conception des complexes industriels par l'intermédiaire de leurs services travaux neufs. La diffusion et la généralisation de l'automation ont entraîné la création de structures d'ingénierie autonomes ou liées aux constructeurs de biens de capital. Les structures d'ingénierie intégrées dans les entreprises de construction de biens de capital ont tendance à se renforcer (au détriment des sociétés d'ingénierie autonomes) sous la forme de services d'études spécialisés, de services d'assembliers ou de general contractor. Ces structures constituent de plus en plus un prolongement normal des activités de commercialisation des entreprises de construction de complexes de machines automatisées.

Les activités de maintenance, de la même manière que les autres activités de software, ont tendance sous l'impulsion de l'automation à être transférées des industries de biens de consommation et de biens intermédiaires vers les industries de biens de capital (et dans certains cas vers des sociétés spécialisées). Il est intéressant de souligner que les activités de maintenance relèvent plus des activités de software que de hardware^{5/}.

^{4/} Cette observation est à relier à une des conclusions du récent rapport de l'OCDE sur "La science et la technologie dans le nouveau contexte socio-économique" Paris, septembre 1979 : "Les progrès remarquables accomplis dans le domaine de l'électronique ont ouvert de vastes possibilités d'innovation pour les produits électroniques et les biens d'équipement. Cet essor contraste avec la tendance à la dépression manifestée dans le secteur des industries chimiques et d'autres industries productrices de biens intermédiaires" page XI).

^{5/} Dans son livre : "La Parole et l'Outil" (PUF 1975), J. Attali classe les activités d'entretien et de réparation dans les activités à dominante information au même titre que les activités des sociétés de conseil, des architectes. "L'entretien est une information puisqu'il permet de maintenir l'ordre dans les pièces d'une machine et d'éviter sa dégradation" (op. cit., page 68).

2. Biens de capital et division internationale du travail

On a souligné dans le paragraphe précédent que sous l'impulsion du progrès technique et en particulier sous l'impulsion de la diffusion et de la généralisation de l'automatisation, s'opérait dans les pays industrialisés une différenciation des sections productives entre :

- D'une part, les industries de biens de consommation et de biens intermédiaires, avec la généralisation de processus de production continus et l'emploi de travail posté, et de main d'oeuvre déqualifiée,
- D'autre part, les industries de biens de capital avec la polarisation du travail qualifié dans ces industries et les sociétés d'études spécialisées (d'ingénierie, de management, de maintenance) qui leur sont de plus en plus liées.

C'est sur les bases de cette division sociale qui s'opère dans les pays industrialisés que tente de s'imposer la nouvelle division internationale du travail : les pays industrialisés se spécialisant dans les industries de biens de capital, les sociétés d'étude spécialisées, les centres de recherche, tandis que les industries de biens de consommation et de biens intermédiaires ayant été dépossédées d'une grande partie de leurs activités de software et de travail qualifié peuvent plus facilement être délocalisées vers les pays en voie de développement.

La mise en oeuvre de cette division internationale du travail se heurte à de nouvelles tendances de l'économie mondiale :

- Certains pays nouvellement industrialisés tels que l'Inde, la République de Corée, le Brésil, l'Argentine commencent à exporter des biens de capital vers les pays en développement.
- Les délocalisations d'industrie s'opèrent dans certains cas seulement sur certains segments de la filière de production.
- Les pays industrialisés tentent de protéger leur industrie nationale, de s'opposer à la concurrence des pays en développement pour certaines industries de biens de consommation (textile par exemple) en opérant des innovations qui économisent du travail et donc des coûts salariaux.

Malgré ces quelques tendances, c'est bien autour des biens de capital que se situe l'enjeu principal de la nouvelle division internationale du travail et c'est autour des biens de capital que va s'aiguiser la concurrence des pays industrialisés pour "les exportations à destination du Tiers monde, car la croissance de ces exportations est l'inévitable contrepartie de l'augmentation des importations de produits manufacturés, de matières premières ou d'énergie"^{6/}.

Des biens de capital spécialisés et complexes

La division sociale entre sections productives dans les pays industrialisés qui s'appuie sur l'introduction d'innovations au niveau des biens d'équipement a eu pour conséquence la spécialisation croissante de la construction des biens d'équipement et la diversité croissante comme la complexité des biens d'équipement :

"Depuis la révolution industrielle, le besoin d'innovations techniques dans les biens d'équipement n'a pas cessé de se faire sentir. Cette recherche de modèles nouveaux et les efforts visant à améliorer la fiabilité et le fonctionnement des machines ont eu pour cause la spécialisation croissante de la production et la diversité croissante comme la complexité des produits" ^{7/}.

Cette évolution des biens d'équipement dans les pays industrialisés rend plus difficile et plus aléatoire le transfert de technologie de construction de biens de capital dans les pays en développement. Elle rend aussi les biens de capital fournis par les pays industrialisés de moins en moins adaptés aux conditions économiques et sociaux propres aux pays en développement.

3. Difficultés du transfert de technologie à dominante software

Une grande partie des activités de software des industries de biens de capital relève de la technologie d'organisation. L'efficacité d'un bureau d'études, d'un service d'ingénierie, est fondée sur des méthodes d'organisation du travail. La technologie d'organisation s'adresse essentiellement à un collectif de travail de production ou/et d'études. Le software des industries de biens de capital a donc un aspect essentiellement collectif. Ce software collectif se concrétise à travers des méthodes d'organisation mais aussi à travers des attitudes, des

^{6/} Interfuturs - OCDE, Paris, 1979.

^{7/} OCDE "La science et la technologie dans le nouveau contexte socio-économique" Paris, septembre 78, page 74.

réflexes des travailleurs qui traduisent l'acceptation, l'adaptation ou, dans certains cas, le refus de ces méthodes d'organisation par les travailleurs. Ces attitudes et réflexes des travailleurs par rapport aux méthodes d'organisation constituent le savoir-faire collectif des travailleurs. C'est à travers ce savoir-faire collectif des travailleurs et les méthodes d'organisation mises en place que s'exerce le travail^{8/} collectif des travailleurs, c'est-à-dire l'échange des informations techniques et organisationnelles nécessaires à la production de biens, à l'exécution d'études, d'ingénierie.

Un aspect du transfert de technologie encore peu étudié

Le transfert de technologie présentant un caractère de software se réalise généralement à travers des programmes de formation dans des stages de formation spécialisés et dans des stages dans des unités de production. Ce type de transfert vise généralement l'acquisition des connaissances et des savoir-faire que chaque travailleur doit maîtriser individuellement pour accomplir une tâche particulière. L'acquisition du savoir-faire collectif est rarement prise en compte dans les opérations de transfert.

On peut observer que de nombreuses opérations de transfert de technologie butent sur le transfert particulier des technologies d'organisation :

- "Ce n'est pas la formation technique de base en matière de fabrication qui manque aux sociétés indiennes qui fabriquent des instruments de mesure, mais plutôt la technique de gestion moderne appliquée dans les pays les plus industrialisés" ^{9/}.
- Selon le Directeur général de la Société nationale de sidérurgie (Algérie) :
"Nous constatons en Algérie que le transfert de technologie sur des individus s'est parfaitement fait; les ingénieurs, contremaîtres, opérateurs algériens n'ont rien à envier à leurs homologues de n'importe quel pays. En revanche, nous constatons que le transfert de technologie collectif est médiocre. C'est dans ce domaine qu'il faut axer nos recherches. Comment se fait-il que nous soyons capables d'assimiler des technologies au niveau individuel et non pas au niveau collectif ?" ^{10/}.

^{8/} Par opposition au savoir-faire individuel et aux connaissances individuelles des travailleurs.

^{9/} ONUDI - Le développement des services d'études techniques dans les pays en voie de développement - ONUDI ID/67 (ID/WG.56/28).

^{10/} P. Judet, Ph. Kahn, A. Kiss, J. Tousciz - Transfert de technologie et Développement - Paris, 1977, page 532. Journées d'étude internationales sur les transferts de technologie et le Développement - Dijon - 30 septembre-1er et 2 octobre 1976.

Le transfert de connaissances codifiables ne pose pas a priori de difficultés : le transfert de connaissances d'organisation devrait être plus aisé que le transfert de certaines connaissances scientifiques et techniques plus abstraites. Par contre, le transfert du savoir-faire collectif relatif aux technologies d'organisation est sûrement plus délicat à effectuer. Les difficultés dans l'acquisition du savoir-faire collectif nécessitent sans doute de repenser les programmes de formation et d'adapter les machines, les systèmes de production en fonction des caractéristiques culturelles et sociales propres à un pays.

Une phase préalable : la mémorisation de l'expérience industrielle

Les nombreuses études et recherches qui ont été faites sur les problèmes de transfert de technologie des pays industrialisés vers les pays en développement et de maîtrise de cette technologie ont pour la plupart mis l'accent sur les obstacles à la circulation des informations techniques, sur les différentes stratégies de large diffusion, de diffusion contrôlée ou de rétention de ces informations par les firmes des pays industrialisés détentrices de connaissances techniques. Par contre, très peu d'études ont contribué à révéler le rôle central que jouent les fonctions de mémorisation. Sans mémorisation, sans mise en place de structures capables de stocker les connaissances et les savoir-faire qui sont spécifiques aux conditions géographiques et socio-économiques des pays en développement, les politiques de transfert de technologie mises en oeuvre par les pays en développement ne peuvent aboutir dans les meilleurs des cas qu'à de nouvelles formes de dépendance économique.

Les pays en développement ne pourront accéder à une indépendance technique et donc économique et politique que s'ils se dotent de capacités de mémorisation des expériences industrielles et techniques qu'ils ont acquises à travers les opérations de transfert de technologie^{11/} organisées par les firmes des pays industrialisés.

^{11/} Au Mexique, le Registre des transferts de technologie, créé en 1973 pour évaluer le coût et le contenu des importations de technologie, commence à remplir cette fonction de mémorisation d'expériences techniques. "En matière d'évaluation, le Registre a également pour rôle d'accroître la capacité nationale d'évaluation des aspects techniques de savoir-faire et de la recherche-développement. Au départ, le Registre établit des contacts avec des sources locales d'information telles que les Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial - Organisme de recherche-développement appartenant à l'Etat - et le Centro de Información a la Industria établi à Mexico et qui est lui aussi une banque d'informations techniques. Une coordination plus étroite avec ces organismes pourrait élargir les connaissances technologies du Registre et lui permettre d'avoir recours à des sources qui l'aideront à étudier et à évaluer la technologie offerte". (Business Latin America, 7 juin 1978).

La mise en oeuvre de ces capacités de mémorisation et les objectifs à leur assigner peuvent différer suivant le niveau de maîtrise des techniques concerné et suivant les branches industrielles concernées. Dans le cas des industries de biens de capital, caractérisées par une technologie à dominante software, nécessitant un savoir-faire collectif important, les objectifs de la mise en place d'une capacité de mémorisation par les pays en développement pourraient être relatifs :

- Aux rassemblements d'observations sur les difficultés rencontrées par différents collectifs de travailleurs par rapport au transfert de technologie d'organisation et par rapport à certains types de division du travail;
- A des essais d'interprétation de ces difficultés;
- A des essais d'adaptation de certaines formes de division du travail et des technologies d'organisation.

Cette mémorisation de l'expérience industrielle relative à la mise en place d'industries de biens de capital ne peut se faire qu'à l'intérieur de structures permanentes liées à ces industries :

- Structures d'ingénierie spécialisées pour les industries mécaniques et électriques (ingénierie de l'offre);
- Centres d'étude et de recherche technique spécialisés dans la construction mécanique et électrique;
- Centres de recherche, d'étude et de formation sur les méthodes d'organisation en construction mécanique;
- Renforcement des structures d'études, d'organisation auprès des entreprises de construction de biens de capital;
- Structures d'ingénierie de la demande.

II. VOIES D'ENTREE ET CANAUX POUR LE TRANSFERT DE
TECHNOLOGIE VERS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

1. Voies d'entrée

On peut penser que les pays en développement commencent à entrer dans la construction de biens de capital en construisant les produits qui font appel aux filières de production les moins complexes, c'est-à-dire la chaudronnerie et la mécano-soudure. C'est ce qu'ont vérifié en général les études sectorielles :

- L'étude sur les biens de capital pour la sidérurgie note que l'entrée des pays en voie de développement dans ce type d'industrie :

" commence par la production de structures métalliques et d'ouvrages chaudronnés et progresse vers la production de structures métalliques moyennes puis lourdes.

" Cela se poursuit par la production d'ouvrages de mécano-soudure de type ponts roulants et éléments de sous-ensembles pour le traitement de minerais avec intégration de biens mécaniques (type réducteurs de vitesse, etc...)

" Cela débouche progressivement sur la construction des principaux équipements de l'amont à l'aval, de l'agglomération au parachèvement..."^{12/}

- L'étude sur les biens de capital pour la pétrochimie et les engrais montre que l'entrée des pays en développement dans la construction de ces biens de capital se fait par :

- La construction de charpentes métalliques;
- Le montage de tuyauterie;
- La construction d'appareils chaudronnés.

Même pour des biens de capital complexes tels que les compresseurs de process, des sous-ensembles faisant appel principalement à la chaudronnerie ou à la mécano-soudure (Stator, centrale à huile) peuvent être construits dans certains pays en développement.

^{12/} Etude IREP : Biens de capital pour la sidérurgie.

- L'étude sur les biens de capital pour la production d'énergie électrique souligne que pour la construction de turbines hydrauliques, les pays en développement peuvent commencer par la construction des éléments et sous-ensembles chaudronnés (évacuation, viroles, bêche, cuvelage, passerelles, réservoirs à pression ...).

"Ces pièces ne demandent pas de gros moyens industriels. Il s'agit de chaudronnerie moyenne (tôle inférieure à 60 mm). Les moyens à mettre en place sont des capacités de cintrage et de soudage (soudage manuel sans contrôle de qualité important). Aucun bureau de méthode n'est nécessaire. La fabrication peut se faire à partir de plans d'exécution fournis par la firme détentrice de la technologie. La maîtrise de la fabrication de ce type de pièces par les pays en développement peut nécessiter de trois à cinq ans et représente 25 % du prix global d'une turbine hydraulique.

Quelques exemples d'entrée dans la construction de biens de capital

L'Algérie ne disposait avant l'indépendance que d'une petite unité ancienne pour la production de fer à béton^{13/}. La Société nationale de sidérurgie a entrepris après l'indépendance, la construction de la première unité sidérurgique d'envergure : 500 000 tonnes dans une première phase (premières années 60). De nombreux constructeurs étrangers ont participé à l'entreprise dès la première phase : soviétiques, allemands (Hoesch, puis Demag), italiens (Innocenti), anglais (Davy et Atkins), français (Sofresid, Vallourec), japonais (Nippon Steel). Dès le départ, la Société nationale de sidérurgie a clairement manifesté sa volonté de faire participer à l'équipement et au montage, en les promouvant systématiquement, le potentiel national de fabrication de biens d'équipement.

A cet effet, les potentiels disponibles dans les unités existantes ont été soigneusement recensés, dans les secteurs de constructions métalliques, de la chaudronnerie et de la mécanique.

Effectivement ont été intégrés :

- Des structures métalliques légères moyennes et lourdes;
- Des ponts roulants;
- Des réducteurs de vitesse,

tandis qu'étaient développées des capacités nouvelles de montage.

^{13/} Voir l'étude "Biens de capital pour l'industrie sidérurgique", page 30.

A cette occasion, des avancées ont été réalisées :

- Depuis la production de structures métalliques légères et moyennes vers la production de structures plus lourdes;
- Depuis la production de ponts roulants légers vers la production de ponts roulants plus lourds;
- Depuis la production de pièces, vers la production de réducteurs de vitesse, etc...

La Tunisie^{14/}. Une Petite unité sidérurgique de 150 000 tonnes/an environ a été construite en Tunisie^{15/} de 1964 à 1966 pour la production de fer à béton et de petits fers marchands. L'unité a été conçue par Atkins et construite par Davy Ashmore (division fonte), Creusot-Loire (division aciérie) et Morgardshammar-Asea (laminoirs et parachèvement). La Société tunisienne de sidérurgie a toutefois imposé à ses fournisseurs et partenaires étrangers, la participation non seulement d'entreprises de peinture et de génie civil, mais également d'entreprises de structures métalliques; l'entreprise tunisienne SGI a fourni et partiellement monté les charpentes métalliques du laminoir et de l'aciérie; cette intervention a donné l'occasion à cette entreprise tunisienne de produire pour la première fois des charpentes relativement lourdes. Faute d'un bureau d'études suffisamment étoffé, la SGI n'a pu réaliser ces charpentes que grâce à l'aide apportée de l'extérieur par l'ingénieur-conseil et par les bureaux d'études des fournisseurs : condition de base pour la mise en oeuvre effective d'une capacité de production potentielle.

La Tunisie^{16/} a construit depuis plusieurs années une industrie d'engrais phosphatés. Les unités de production de ce type d'industrie qui travaillent très souvent des matières corrosives réclament des travaux d'entretien importants. Un atelier d'entretien a été créé à Gabès pour l'usine d'acide phosphorique et un accord de coopération et d'assistance technique a été passé avec une entreprise de chaudronnerie française.

Au Maroc^{16/} qui dispose aussi d'une industrie d'engrais phosphatés, une filiale d'une société française construit des fours sécheurs (diamètre 4 m, longueur 20 m). Les pièces mécaniques (couronnes dentées, bandage de roulements) sont importées.

^{14/} Voir l'étude "Biens de capital pour l'industrie sidérurgique", page 31

^{15/} A Menzel Bourguiba, une tréfilerie puis un atelier de production de structures métalliques ont été ensuite également implantés

^{16/} Etude sur les biens de capital pour l'industrie pétrochimique (IREP).

En conclusion, on peut dire que la construction de biens de capital (ou de sous-ensembles) chaudronnés, la construction métallique (charpente), sont les voies d'entrée privilégiées des pays en voie de développement dans la construction de biens de capital.

2. Les "noyaux durs"

En fonction de la présentation de la complexité des produits et des filières de production faite dans le chapitre I, les biens de capital dont le transfert de la technologie de construction sera le plus difficile à réaliser seront les biens de capital complexes du point de vue des produits (mesurés par le nombre d'éléments, le tracteur par exemple) et les biens de capital faisant appel à des filières complexes (forge, fonderie, traitement thermique, usinage).

- L'étude sur les biens de capital pour la sidérurgie observe que pour ce type de biens de capital le "noyau dur" (c'est-à-dire l'ensemble des biens de capital les plus difficiles à intégrer dans les pays en voie de développement) est constitué :
 - D'équipements mécaniques à haute performance;
 - D'appareils de mesure, contrôle, régulation;
 - De biens étroitement liés aux procédés catalyseurs;
 - Très généralement, de tous les équipements qui permettent de boucler, de moduler et de contrôler un système.
- D'après l'étude sur les biens de capital pour l'industrie de la construction, les biens de capital pour lesquels le transfert de technologie est le plus difficile à réaliser sont ceux qui font appel à des technologies avancées : les matériels de perforation, les dumpers, les sous-ensembles pour système hydraulique).
- Dans le domaine des biens de capital pour la production d'énergie électrique, et plus précisément pour la maîtrise de la construction des turbines hydrauliques, le noyau dur est constitué :
 - De la partie active de la pivoterie (pièce de haute technicité exigeant une main-d'oeuvre très qualifiée, des machines très précises et un savoir-faire de contrôle, de réglage, de revêtement en métal antifriction);

- Du système de régulation de la turbine composé de sous-ensembles électroniques et de sous-ensembles hydrauliques.
- D'après l'étude sur les biens de capital pour la pétrochimie et les engrais, le noyau dur est constitué :
 - De quelques machines tournantes ou sous-ensembles de ces machines très performantes ou très spécifiques : compresseurs de process (ou rotor de ces compresseurs), turbine à gaz, pompes de process ;
 - De la plupart des matériels de contrôle et de régulation.

En conclusion, le noyau dur pour la maîtrise complète de la construction de biens de capital par les pays en développement est constitué :

- De certains sous-ensembles de machines tournantes de haute technicité;
- Des systèmes de régulation électroniques et hydrauliques.

Exemple de capacités de construction de biens de capital pour la pétrochimie dans quelques pays en développement avancés

Au Brésil

- Les entreprises brésiliennes de chaudronnerie peuvent fournir 90 % des appareils chaudronnés entrant dans la réalisation d'investissements chimiques. Les firmes principales qui ont des noms étrangers (Nordon, Mitsubishi, Creusot-Loire) sont maintenant des sociétés nationales à 100 % et elles ont passé des accords de licence et de coopération avec l'ex-maison mère. Les réacteurs jusqu'à une épaisseur de 50-80 mm sont construits localement.
- Dans le domaine de la tuyauterie-robinetterie, tous les matériels (tuyaux, raccords, brides, vannes) sont produits localement sauf pour quelques tubes en aciers alliés et quelques vannes sphériques (nécessitant un usinage très fin) qui sont importés.
- Les équipements mécaniques sont fournis par des sociétés brésiliennes ayant gardé leur nom d'origine : Worthington, Breguet-KSB, Gould, Sulzer.

La plupart des pompes répondant aux normes API chimie sont fabriquées sur place (jusqu'à une puissance correspondant à un débit de 10 000 m³/h sous 6-7 bars).

Les turbines à vapeur (jusqu'à une pression de 40 bars) sont aussi construites localement.

Les turbo-alternateurs sont construits dans le cadre d'accords de coopération avec des firmes étrangères (Siemens par exemple).

- Les matériels électriques (moteurs, transformateurs, redresseurs, câbles) sont fournis et montés par des entreprises brésiliennes. Quelques moteurs à vitesses variables sont importés.
- Pour l'instrumentation, la plupart des appareils sont importés. Quelques sociétés étrangères (Mazoneillan, Fisher Central) commencent à construire localement des petites vannes de contrôle. La plupart du temps, l'achat des matériels et les travaux d'instrumentation font l'objet d'un contrat global avec une firme étrangère.
- Dans le domaine des biens d'équipement pour la production et la distribution d'énergie électrique, une trentaine d'entreprises construisent une gamme étendue d'équipement électrique et la majorité d'entre elles sont des filiales de firmes multinationales dont les deux plus importantes sont General Electric of Brasil et Siemens SA.

En Inde

- Les constructeurs indiens de chaudronnerie sont capables de fournir la totalité des matériels chaudronnés, sauf lorsqu'il y a une pénurie ou une non-fourniture d'aciers spéciaux. Certaines firmes ont des capacités d'étude encore faibles et doivent demander à des sociétés étrangères d'ingénierie de fournir les plans d'exécution de certains matériels (échangeurs par exemple).
- Dans le domaine des biens d'équipement électriques, il faut souligner le rôle et la place qu'occupe une société publique la Bharat Heavy Electrical Ltd (BHEL) qui a certainement contribué à favoriser le développement du secteur des biens d'équipement électriques :

"Fondée en 1955, cette société a conclu au cours des premières années des accords de collaboration technique avec le Royaume-Uni, l'Union soviétique et la Tchécoslovaquie en vue de former du personnel et d'obtenir des études techniques et du matériel. Actuellement, la BHEL avec une capacité annuelle de 4 000 à 5 000 MW, est l'un des 10 grands fabricants de matériel électrique du monde. Cette société consacre actuellement 3 à 3,5 % de son chiffre d'affaires à la R-D et elle a signé un accord de coopération avec la firme ouest-allemande KWU en vue de fabriquer des turbines à vapeur et des générateurs de grandes dimensions, d'une puissance pouvant atteindre 1 000 MW; elle a déjà entrepris la fabrication de son premier groupe de 500 MW. Pour la fabrication de matériel de plus petites dimensions, la société est autonome. L'accroissement de 1 720 MW de la capacité installée de l'Inde en 1974/75 est imputable à la BHEL pour 80 % et,

sur les adjonctions prévues dans le cadre du cinquième Plan quinquennal, 85 % seront constitués par de l'équipement BHEL^{17/}.

Actuellement, l'Inde est parvenue à un stade lui permettant de se situer sur le marché international; la société BHEL réalise 15 % de sa production à l'étranger^{18/}, sa compétence technique et le faible coût de sa main-d'oeuvre^{19/} tant au niveau de la conception que de la fabrication, confèrent à cette société la possibilité de s'attribuer de larges débouchés vers les pays en développement.

- La fourniture de robinetterie et de vannes est assurée à 90 % par des firmes indiennes.
- La construction de pompes est réalisée par la société KSB (filiale de la société allemande) mais la production est encore insuffisante par rapport à la demande.
- Dans le domaine des compresseurs, les compresseurs d'air sont construits localement. Les compresseurs de gaz sont aussi fabriqués sur place grâce à un accord de coopération avec une firme étrangère.
- Pour les turbines à gaz, un accord de coopération a été passé avec la firme américaine Worthington.

A l'exposition mondiale "ACHEMA" des matériels pour les industries chimiques de Francfort (1978), des firmes indiennes de construction de biens d'équipement ont participé pour la première fois à ce type d'exposition animée par les principaux constructeurs et exportateurs mondiaux de matériels chimiques.

Les principales firmes indiennes de construction de biens d'équipement sont soit des firmes publiques, soit des filiales des sociétés étrangères dont la plus importante est APV (filiale d'une firme anglaise). Les firmes du secteur public ont été créées avec l'appui de l'assistance technique de l'URSS et de la Tchécoslovaquie. Les capacités de production de ces firmes publiques sont très souvent sous-utilisées.

^{17/} "L'approvisionnement en énergie des pays en développement: Problèmes de transfert et de développement de la technologie". Secrétariat de la CNUCED, TD/B/C.6/31 - 17 octobre 1978.

^{18/} Au cours de l'exercice 1976/77, la firme a reçu une commande de la Lybie portant sur la construction clefs en main d'une centrale de 2 x 120 MW, une commande de la Nouvelle-Zélande portant sur la fourniture de générateurs hydrauliques d'une puissance totale de 544 MW et une commande de l'Arabie Saoudite pour le projet d'électrification de Wadi-Jizou.

^{19/} Les coûts de production sont en moyenne 10 à 15 % inférieurs à ceux des entreprises japonaises.

En République de Corée

Les capacités de construction de biens d'équipement en Corée évoluent très rapidement. Les entreprises de chaudronnerie sont actuellement capables de construire des appareils chaudronnés jusqu'à 100 mm d'épaisseur et les entreprises de construction électrique peuvent fournir la presque totalité des matériels électriques pour les investissements chimiques.

C'est dans le domaine de la construction mécanique que les changements sont les plus rapides avec la construction du complexe de Changwon.

"Le complexe industriel, un des projets favoris du Gouvernement, doit permettre de "coréaniser" la production de machines, ce qui est considéré comme indispensable pour la sécurité nationale" ^{20/}.

Ce complexe auquel participe une centaine de sociétés coréennes dont les principaux constructeurs de machines (Samsung Heavy Industries^{21/}, Daewoo Machinery, Hyundai) et une société japonaise Toyo (25 % du capital) est réalisé par un contracteur coréen, Halla Construction. En 1978, 41 sociétés produisaient déjà dans ce complexe des machines ou des composants destinés :

- A la production d'énergie (hydraulique, thermique, nucléaire) : turbines, générateurs, chaudières, réacteurs nucléaires.
- A la sidérurgie : hauts-fourneaux, convertisseurs, laminoirs.
- A la chimie et à la pétrochimie : réservoirs, tours échangeurs de chaleur, compresseurs, filtres.
- Aux installations de désalinisation.
- A la construction et aux travaux publics.

Des accords de licence ont été passés avec les principaux constructeurs de machines à l'échelle mondiale : General Electric (USA), Combustion Engineering (USA), Neyrpic Creusot-Loire (France), Alstom-Atlantique (France), Krupp (RFA), Demag (RFA).

A la fin de la construction de ce complexe en 1981, il est prévu que la Corée couvrira 70 % de ses besoins internes en machines. Ce complexe construit au bord de la mer, avec des moyens portuaires spécifiques, est également orienté vers l'exportation (en 1978, sur une production totale de 2 878 millions de dollars, 1 055 millions de dollars ont été exportés).

^{20/} The Japan Times - June 7, 1978.

^{21/} Il n'est pas inutile de rappeler que le groupe Sam Sung, principal actionnaire (50 %) du complexe, est aussi la société mère de la société d'ingénierie Korea Engineering.

3. Les canaux pour les transferts de technologie de construction de biens de capital

Les différentes études sectorielles sur les biens de capital ont rappelé les différents canaux utilisés pour le transfert de technologie de construction de biens de capital :

- Création de filiales et accords de coopération;
- Licence de brevets;
- Licence de savoir-faire;
- Contrat d'ingénierie et de construction d'usines;
- Contrat d'étude de conception de produit;
- Contrat de management;
- Contrat de formation;
- Contrat de coopération et assistance technique.

L'étude sur le machinisme agricole souligne à juste titre que les achats de licences de brevets et de savoir-faire sont les deux systèmes de transfert les plus courants et rappelle que d'autres canaux de transfert peuvent être utilisés^{22/}.

- "Joint-ventures" (accord de coopération). L'intérêt de ce type d'accord est de permettre aux experts du détenteur de technologie de travailler avec le personnel de la firme acquéreur.
- Emploi de consultants, d'experts, de services techniques spécialisés pour acquérir les différentes composantes et sous-composantes de la technologie de construction de biens de capital.
- Achat et analyse détaillée de biens de capital pour acquérir les aspects principaux de la conception, de la production, de l'utilisation.
- Utilisation systématique des informations techniques publiées. Ce type de canal pour le transfert de la technologie devrait être systématiquement utilisé. Le nombre d'informations et de connaissances ainsi recueillies est souvent très important. Cette méthode permet de diminuer le coût des transferts de technologie, les accords de transfert étant limités aux seuls segments de la technologie encore aliénés par les firmes.

^{22/} "Etant donné l'intérêt majeur porté aux transferts contractuels les autres méthodes d'acquisition de la technologie, qui pourraient être tout aussi valables dans certains cas, ont été négligées. De ce fait, la gamme des possibilités qui existent sur les marchés de la technologie n'a été que partiellement explorée et reste peu connue". CNUCED - Manuel sur l'acquisition de la technologie par les pays en développement - New York, 1978, page 5.

- Formation du personnel des pays en développement dans des complexes industriels localisés dans des pays industrialisés ou dans d'autres pays en développement.
- Embauche de travailleurs nationaux qui ont immigré pendant plusieurs années dans des pays industrialisés et qui ont acquis une expérience industrielle.

Cette préoccupation de l'étude sur le machinisme agricole de ne pas limiter les transferts de technologie aux seuls accords de licence de brevet et de savoir-faire, de diversifier les canaux de transfert de technologie rejoint une des conclusions du chapitre I : la technologie de construction de biens de capital fait appel à des savoir-faire et à des connaissances techniques très diverses qui peuvent être acquises de manières très différentes. Pour assurer le maximum de transfert de savoir-faire, de connaissances techniques et technologiques, pour mettre en concurrence le maximum de partenaires détenteurs de technologie, pour diminuer le coût des opérations de transfert de technologie, les pays en développement ont intérêt à diversifier les canaux d'acquisition de technologie et à choisir les canaux les mieux adaptés aux transferts de chaque composante et sous-composante de la technologie à transférer.

Adapter les médias utilisés dans les transferts

L'étude sur le machinisme agricole attire l'attention sur le fait que les transferts de technologie entre pays industrialisés et pays en voie de développement s'opèrent entre des partenaires qui n'ont pas la même maîtrise du langage technique des symboles techniques (schémas, diagrammes, formules, dessins, standards, etc.) et qui n'ont pas la même culture.

"Ce n'est pas avec un flot de documents envoyés par la poste que l'on pourra combler ce fossé. Ce fossé peut être diminué de différentes façons .

- Informations imprimées : les dessins, manuels, descriptions, procédures standards devraient être repensés et recomposés pour être plus simples, plus accessibles et en expliquant clairement le comment faire (how to do it).
- Symbolisme : les traditions et habitudes locales devraient être incorporées dans les médias pour éviter des références à des environnements non familiers.

- Support visuel : la préférence devrait être donnée à des supports visuels, imagés, plutôt qu'à des instructions écrites. Les informations intégrant les trois dimensions et les photographies sont plus aisées à comprendre que des concepts techniques.
- Relations interpersonnelles : l'accent devrait être mis sur les transferts à travers les relations interpersonnelles, par l'intermédiaire de formation sur le tas, d'assistance d'experts, de démonstrations pratiques de systèmes de production.
- Langage écrit : le langage écrit devrait être autant que possible simple, standardisé, avec une utilisation limitée d'expressions idiomatiques.

4. Les enjeux, les difficultés et les canaux de transfert de quelques composantes de la technologie de construction de biens de capital

Technologie de conception du processus de production

- Cette composante peut être divisée en deux sous-composantes principales :
 - Analyse de la demande et de l'offre - choix des biens de capital à construire (Etudes préliminaires relatives aux industries de biens de capital);
 - Conception des unités de production - choix des filières de production, spécification des machines (Etude d'ingénierie de process).

Etudes préliminaires

Ce type d'étude est très souvent réalisé par les bureaux d'étude spécialisés des maîtres d'ouvrage (services travaux neufs), ou par des sociétés spécialisées, par des sociétés d'ingénierie. Dans les pays en développement, les maîtres d'ouvrage (owners) ne disposent pas de services travaux neufs et doivent faire appel à des sociétés d'études spécialisées ou des sociétés d'ingénierie étrangères. Mais il est indispensable que les maîtres d'ouvrage des pays en développement précisent les orientations fondamentales (autre technologie possible, produits à fabriquer, filières techniques, etc..) que les sociétés d'études ou d'ingénierie doivent intégrer dès le stade des études préliminaires. Pour que le maître d'ouvrage puisse remplir son rôle d'orientation et de contrôle des travaux des sociétés d'étude et d'ingénierie, il doit se doter d'une structure de bureau d'études. Cette structure composée d'ingénieurs et d'économistes doit être capable de mener ou au moins de suivre les études en terme de demande, d'offre, de complexité, de filières

technologiques. L'ONUUDI a sans aucun doute un rôle particulier à jouer pour aider les pays en développement à créer ces bureaux d'études de maître d'ouvrage de l'industrie de biens de capital. L'organisation de stages de formation dans ce domaine serait très souhaitable.

Ingénierie de process des unités de biens de capital

Dans les industries de process (pétrole, pétrochimie, chimie, sidérurgie, industries agricoles et alimentaires, cimenteries), une des tâches de conception la plus difficile à maîtriser est l'ingénierie de process qui, dans les pays industrialisés, est souvent réalisée par des sociétés d'ingénierie spécialisées. Le rôle de l'ingénierie de process est d'établir le "flow sheet" qui donne le schéma de l'unité de production avec les principales caractéristiques des équipements. Le "flow sheet" d'une unité de production déterminée est une optimisation du procédé en fonction des caractéristiques attendues du produit final, des caractéristiques spécifiques des inputs et autres facteurs intervenant dans la production.

La stratégie de création et de développement de l'industrie de biens de capital pour les pays en développement suppose une conception des unités de production de biens de capital assez différente de celle des pays industrialisés. Dans ces pays, la division des tâches entre les unités de production, la spécialisation des unités sur certaines productions bien déterminées, l'organisation du travail, sont le produit de l'histoire économique et sociale. Dans les pays en développement, il s'agit de concevoir des unités de production de biens de capital qui optimisent au mieux à un moment donné la demande, les capacités de l'offre, les degrés de complexité, les filières de production polyvalentes. La conception de base, la conception du flow sheet des unités de production des industries de biens de capital dans les pays en développement, est plus complexe à réaliser que dans les pays industrialisés. C'est dans ces conditions qu'on peut parler, pour les industries de biens de capital à créer dans les pays en développement, de la nécessité de structures d'ingénierie de process spécialisées dans l'industrie de biens de capital.

Les sociétés d'ingénierie capables de fournir de l'ingénierie de process pour l'industrie de biens de capital ne sont pas très nombreuses. Ces sociétés doivent avoir une très bonne maîtrise du know-how de production propre aux industries de capital et plus généralement aux industries mécaniques. Elles doivent être capables de sortir des solutions classiques qu'elles connaissent et de proposer de nouvelles formules d'organisation et d'agencement des productions. Elles doivent être capables de développer la

standardisation des matériels, de mettre au point des nouvelles formules de construction modulaire.

L'étude de Techniberia sur les biens de capital pour la construction a défini avec précision les services que doit fournir l'ingénierie de process (ingénieria de los procesos de fabricacion y montaje) des unités de production de biens de capital pour la construction :

- Sélection des phases du processus de fabrication et des phases qui doivent être sous-traitées;
- Détermination des séquences des opérations, des cycles de travaux;
- Détermination du temps des opérations;
- Définition des normes et spécifications des composants et sous-ensembles;
- Disposition des machines et des postes de travail dans l'unité de production;
- Détermination des mouvements de matériaux, des pièces;
- Définition des contrôles et des essais;
- Sélection et choix des machines et autres équipements;
- Détermination des systèmes de réception des composants, sous-ensembles, des systèmes de montage partiels et finaux;
- Conception des centres d'essais et de contrôle.

Pour chacune des opérations principales (chaudronnerie, forge, fonderie, usinage, traitement thermique, montage) l'étude donne avec précision les différentes tâches que l'ingénierie de process doit réaliser.

Technologie de conception de produits

Une composante technologique stratégique pour les firmes des pays industrialisés

Pour les biens de capital complexes (matériels pour travaux publics, tracteurs, pompes, compresseurs, turbines à gaz, turbines hydrauliques, etc.)^{23/} la technologie de conception des produits intègre les résultats de services R-D

^{23/} "Dans les turbines, on assiste à la suite de la compétition très vive entre constructeurs sur le marché mondial, à une obsolescence de plus en plus rapide de la conception des turbines et des méthodes de fabrication. Cette obsolescence ne porte pas sur l'ensemble de la turbine mais sur certains sous-ensembles. Ce que recherchent les constructeurs, c'est de diminuer le coût de fabrication de ces sous-ensembles grâce à des recherches menées dans la métallurgie des métaux et dans la conception des méthodes de fabrication. Un effort de R-D et d'étude de conception est indispensable pour se maintenir dans la compétition internationale."

et elle constitue le facteur principal de compétition entre les firmes. En conséquence, le transfert de technologie de conception de biens de capital complexes est parfois difficile à réaliser à cause des obstacles et des limitations aux transferts que dressent les firmes détentrices de ce type de technologie. L'étude de Techniberia sur les biens de capital pour la construction et l'étude sur le machinisme agricole souligne cet aspect des obstacles au transfert de technologie.

Dans l'étude sur les biens de capital communs à toutes les branches, ICME^{24/} note deux obstacles principaux au transfert de technologie concernant la construction de biens de capital :

- La cartellisation et les accords internationaux des firmes des pays industrialisés;
- La peur des firmes détentrices de know-how de créer leur propre concurrence en passant des accords de transfert de technologie avec des pays à bas coûts salariaux.

Techniberia propose de faire sauter ces obstacles en renforçant la capacité de négociation des pays en développement par une concertation de ces pays au niveau de marchés régionaux (Pacte andin, pays arabes, EFTA). L'ampleur d'un marché régional permet aux pays en développement de négocier le transfert de technologie dans de meilleures conditions. La stratégie de transfert pourra être la suivante^{25/} :

- Déterminer les composantes et sous-composantes de la technologie de construction de biens de capital à maîtriser;
- Organiser une stratégie d'assimilation de technologie et d'innovation;
- Transférer les techniques "modulaires" non encore maîtrisées;
- Former le personnel (innovation, conception, ingénierie de process, organisation de la maintenance, etc.).

Une priorité : l'adaptation

Toutes les études sectorielles sur les biens de capital soulignent l'importance d'adapter la conception des biens de capital aux capacités de production, aux matériaux disponibles, aux conditions d'utilisation (des biens de capital) particulières à chaque pays en voie de développement.

^{24/} Etude ICME : "Capital goods common to all branches of industry".

^{25/} Etude Techniberia sur les biens de capital pour l'industrie du bâtiment et des travaux publics, page 195.

L'étude sur les biens de capital pour l'industrie du bâtiment et l'étude sur le machinisme agricole attirent l'attention sur l'adaptation des matériels aux caractéristiques géologiques des sols à travailler, aux conditions d'emploi particulières de ces matériels. Cette activité d'adaptation de la conception des biens de capital n'est pas aisée à réaliser même pour les biens de capital assez simples. En fait, la conception d'outils à main ou de matériels à traction animale adaptés aux conditions locales sur le plan technique et agronomique, nécessite une connaissance technique similaire à celle utilisée pour la conception de machines sophistiquées, même si le niveau de fabrication et les moyens techniques changent.

L'adaptation des biens de capital ne concerne pas seulement leur emploi, leur usage particulier dans les pays en voie de développement, mais elle concerne également les conditions spécifiques de production et de fourniture locales de matériaux, de composants, de sous-ensembles.

L'étude sur les biens de capital pour la pétrochimie a rappelé l'expérience du Brésil qui n'a commencé à participer à la fourniture des biens de capital pour les raffineries construites au Brésil qu'à partir du moment où un groupe d'industriels brésiliens créa en 1955 l'"Association Brasileira para el desenvolvimiento de las industrias base" qui avait pour objectif d'étudier les spécifications des sociétés d'ingénierie américaines et de les adapter aux capacités de construction locales. En Inde, lors d'un symposium organisé par l'"Indian Engineering Association", il a été souligné que :

"Si les spécifications détaillées d'un équipement sont déterminées à l'extérieur de l'Inde et si cet équipement doit être ensuite acheté en Inde, il arrive que cet équipement avec des spécifications étrangères ne soit pas disponible en Inde. Cependant, un examen détaillé des spécifications peut montrer que ces spécifications relatives aux matériaux utilisés, aux détails de fabrication, peuvent être modifiées et adaptées aux disponibilités locales en matériaux et aux capacités des constructeurs de biens d'équipement indiens".

Des centres d'étude de technologies spécialisées de recherche et de conception

L'étude sur le machinisme agricole souligne le rôle que doivent remplir, dans la mise en oeuvre et le développement de ce secteur, des centres de recherche et d'essais réservés au machinisme agricole (Agricultural Machinery Research and Testing Centre - AMRTC) mais aussi des centres de recherche et d'essais communs aux différentes industries de construction mécanique (Metal Industry Research and Development Centre - MIRLC). Dans le cas où le niveau de développement du machinisme agricole ne justifie pas encore la création d'un centre spécial pour ce secteur, il est suggéré néanmoins de prévoir la création d'un centre de recherche et d'essais pour les industries mécaniques.

Le rôle de ces centres de recherche et d'essais serait de :

- Définir les technologies et les processus de production adaptés aux matériaux et composants locaux;
- Contribuer à la formation du personnel;
- Collaborer avec les secteurs utilisateurs des biens de capital pour adapter, tester et améliorer les machines;
- Standardiser et contrôler les matériaux locaux ou importés;
- Effectuer des études d'évaluation économique et technique concernant la construction de certains biens de capital.

Une partie des activités de recherche et de conception de biens de capital peut donc être regroupée dans des centres d'études techniques spécialisés sectoriels ou communs aux industries de construction mécanique. On retrouve ici une des préoccupations du document de l'ONUDI sur "le développement des services d'études techniques dans les pays en voie de développement"^{26/} qui privilégie la création de services d'étude sectorielle.

Il est néanmoins fortement rappelé que :

"les services d'études techniques et les services de production ne devraient pas constituer des unités indépendantes mais faire partie d'un même ensemble. S'il n'est pas possible de les installer au même endroit, il est du moins indispensable pour assurer la coopération entre ces deux services, de faire en sorte qu'ils restent en contact car les études techniques ne peuvent être rentables que si elles tiennent compte des possibilités des installations de production" ^{27/}.

Dans le cadre des réflexions et recherches sur l'adaptation des technologies aux pays en voie de développement, les Nations Unies (ONUDI, CNUCED, Commission économique et sociale) ont insisté ces dernières années sur la "conception du produit" et la "conception des installations". On peut affirmer, en fonction de ce qui précède, que l'adaptation des technologies nécessite aussi, et sans doute en priorité, la maîtrise de la "conception des biens de capital". La maîtrise de la "conception des biens de capital" passe par une organisation des services d'études techniques, une division du travail, qui peut être différente de celle mise en place dans les pays industrialisés.

^{26/} ONUDI - 1972 - ID/67 (IDI/WG.56/28).

^{27/} Op.cit., page 26.

Ingénierie de la demande

Une fois construits, les biens de capital doivent être agencés entre eux pour constituer une nouvelle unité de production. Cette fonction d'agencement des biens de capital entre eux pour constituer une nouvelle unité productive est assumée par des sociétés d'ingénierie spécialisées. Dans certains cas, les sociétés de construction de biens de capital sont amenées à intégrer cette activité d'ingénierie, en complément de leurs activités commerciales.

D'autre part, les entreprises qui réalisent des ouvrages de travaux publics (routes, aéroports, ports, ponts....) ou construisent des bâtiments (dont les bâtiments industriels qui abritent les biens de capital) utilisent des biens de capital. Les méthodes d'utilisation, les tâches à effectuer, l'organisation de l'intervention concernant ces biens de capital sont définies pour la réalisation de chaque projet par une structure d'ingénierie indépendante ou intégrée par les entreprises de bâtiment et de travaux publics.

- L'étude sur les biens de capital pour l'industrie du bâtiment des travaux publics a souligné le rôle de l'ingénierie (société spécialisée ou structure intégrée dans les entreprises de travaux publics et de bâtiment) en ce qui concerne les biens de capital nécessaires à cette industrie.

Dans les pays en développement, le rôle de l'ingénierie de la demande est particulièrement important pour favoriser l'adaptation des matériels de construction aux conditions géologiques, économiques et sociales (main-d'oeuvre notamment) particulières aux pays en développement.

Les sociétés d'ingénierie sidérurgique ne sont pas nombreuses dans les pays en développement. On peut citer les cas de Dastur, du Central Engineering Design Bureau (CEDB) et de la "Metallurgical and Engineering consultants (MECON) en Inde. La création du CEDB s'est faite au moyen d'un accord de coopération passé avec la centrale soviétique d'ingénierie Gipomez. Cette forme de transfert de technologie pour la maîtrise de l'ingénierie se retrouve aussi au Mexique et en Algérie.

En Amérique latine, les sociétés pétrochimiques publiques Petroquisa (Brésil) et Pemex (Mexique) ont développé des capacités propres d'ingénierie dans le domaine des études préliminaires et de management de projet. L'ingénierie de détail est en grande partie maîtrisée au Mexique grâce à la création de sociétés

d'ingénierie telles que Bufete Industrial. Malgré la mise en place de structures de recherche, en particulier au Mexique par Pemex (création de l'IMP), l'ingénierie de process est très généralement réalisée par des firmes étrangères.

En Inde, les sociétés publiques de production d'engrais et de produits chimiques ont mis en place des structures d'ingénierie :

- La "Fertilizer Corporation of India" a créé la "Planning and Development Division" (P D);
- La "Fertilizer and Chemical Company of Travancor (FACT) a créé la "FACT Engineering and Design Organization" (FEDO);
- Le Gouvernement indien a créé la société d'ingénierie publique "Engineering India Ltd".

Ces structures d'ingénierie réalisent des études préliminaires, la gestion de projet, une partie des études détaillées; elles ne sont pas arrivées en général à maîtriser l'ingénierie de process.

Le groupe privé indien Tata a centralisé ses capacités d'études et de services travaux neufs au sein de "Tata Consulting Engineers".

En République de Corée, les premières structures d'ingénierie furent créées dans la première moitié de la décennie 70 avec l'appui de l'Etat. Dans le domaine de la pétrochimie, la société d'ingénierie la plus importante est la Korea Engineering Co.^{28/}. Cette firme, après avoir maîtrisé l'ingénierie des études préliminaires, des achats, des études détaillées de projet, s'est lancée dans une stratégie de maîtrise programmée de l'ingénierie de process. Cette firme a réalisé une unité de résine polyester en Arabie Saoudite. Il faut rappeler qu'en 1978, la société coréenne Keang Nam Enterprise Ltd a racheté la société d'ingénierie américaine Pritchard et que la société coréenne Simotech Engineering a créé une société commune d'ingénierie et d'entreprise avec la firme américaine Bechtel.

Expériences de transfert de technologie d'ingénierie

Dans le cadre de la réalisation du complexe sidérurgique d'El Hadjar en Algérie, la Société de sidérurgie SMS s'est fixée pour objectif de se doter d'une structure d'ingénierie propre. Au départ du projet, toutes les études concernant

^{28/} Cette société est une filiale de la firme coréenne de construction de biens de capital Sam Sun Co. et de la firme japonaise d'ingénierie Toyo Engineering Co.

la production de fonte et l'ingénierie générale du complexe étaient faites à Paris par une société d'ingénierie française. Pour le reste, il n'y avait qu'un service de chantier assumant le contrôle des travaux. Par la suite, la SNS a créé à El Hadjar un service travaux neufs. Ce service se dota d'un bureau d'études d'exécution qui travaillait en sous-traitance de la société d'ingénierie étrangère. La SNS désirant utiliser ce bureau d'études comme base de départ d'un service d'ingénierie tenta différentes formules d'association avec des sociétés d'ingénierie étrangères en vue de former son personnel aux travaux d'ingénierie.

Formule de sous-traitance avec la société A

Cette formule qui a duré deux ans a été utilisée pour les études du laminoir et des services généraux. Mais elle présente deux inconvénients importants : le premier est lié au fait que le délai des études est considérablement augmenté par les nombreux allers et retours que les plans doivent faire entre les deux sociétés. Le deuxième est lié à l'attitude des ingénieurs spécialistes des sociétés d'ingénierie. Ceux-ci sont bien disposés à fournir des données de base et à contrôler les calculs mais ils éprouvent des difficultés à fournir leurs méthodes de travail.

Formule d'intégration avec la société B

Pour le projet de laminoir à froid, la SNS avait prévu dans le contrat passé avec la société B que celle-ci intégrerait, durant les études et les travaux, du personnel SNS en vue de le former. Mais cette procédure s'est révélée rapidement inefficace. Prétextant ses responsabilités par rapport à la bonne réalisation des études et par rapport à la tenue des délais, la société B n'a pas prévu le nombre d'heures suffisant pour la formation du personnel SNS et n'a pas, en fait, intégré ce personnel.

Formule de responsabilité directe avec la société C

Fort de ces deux expériences précédentes, la SNS décida de former son service ingénierie en lui donnant la responsabilité totale de quelques sous-ensembles moins complexes : atelier d'enrobage des tubes, services généraux, stations fluides, bâtiments administratifs. Pour former le personnel de ce service d'ingénierie, la SNS recruta directement quelques ingénieurs spécialistes et demanda à la société C de lui détacher quelques projeteurs pour une durée déterminée.

En Inde, il semble que l'on a suivi une voie similaire pour démarrer et développer les activités d'ingénierie.

A partir de ces différentes formules d'association tentées par la SNS, il est déjà possible d'esquisser quelques enseignements :

- Il apparaît qu'il y a une certaine incompatibilité entre, d'une part, la responsabilité d'une société d'ingénierie par rapport à la bonne exécution des études et à la tenue des délais et d'autre part, une activité de formation.

C'est pour cette dernière raison que seule la formule consistant à donner la responsabilité directe d'éléments du projet à une structure d'ingénierie nationale peut concilier la responsabilité incombant à une société d'ingénierie et une tâche de formation. Dans ce cadre, le transfert de know-how peut être réalisé par l'intégration d'équipes étrangères fournies par des sociétés d'ingénierie des pays développés. L'intégration selon une telle formule semble possible. Suivant le niveau de développement de la structure nationale d'ingénierie cette intégration peut se faire avec une seule société pendant plusieurs années ou au "coup par coup" en fonction des projets à réaliser.

Conclusion

Les industries de biens de capital sont actuellement au centre des enjeux de la nouvelle division internationale du travail. Les pays en développement qui se sont fixé pour objectif d'acquérir la maîtrise de leur processus d'industrialisation et d'orienter l'industrialisation en fonction de leurs propres besoins économiques et sociaux, se doivent d'acquérir en priorité la maîtrise du développement de leurs industries de biens de capital.

La nouvelle division internationale du travail est le prolongement au niveau international des tendances de la division sociale dans les pays industrialisés qui se manifeste à travers la polarisation des activités de software et du travail qualifié auprès des industries de biens de capital. Ces tendances de la division sociale du travail dans les pays industrialisés rendent plus difficile la maîtrise de la technologie de construction de biens de capital par les pays en développement. Elles attirent l'attention sur les difficultés de transfert de technologies à dominante software qui mettent en jeu l'acquisition et l'adaptation d'un

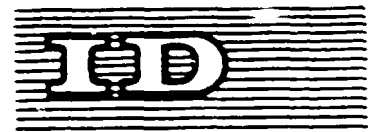
savoir-faire collectif. D'autre part, ces tendances de la division sociale du travail dans les pays industrialisés, qui ont des répercussions importantes sur les caractéristiques des biens de capital (automatisation très poussée, spécialisation des machines), posent le problème de l'adaptation des biens de capital par les pays en développement.

La maîtrise de la technologie de construction de biens de capital par les pays en développement passe par la maîtrise des diverses activités de software (R-D, étude de conception, management de la production, appuis techniques, ingénierie de l'offre, ingénierie de la demande) et la maîtrise des interrelations entre ces activités de software et l'activité de fabrication de biens de capital. C'est la maîtrise du dynamisme de ces interrelations et en particulier des interrelations entre R-D., étude de conception et fabrication, qui constitue le véritable "noyau dur" dans le transfert de la technologie de construction de biens de capital.

- - - - -



with
09990-F



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Distr.
LIMITÉE

ID/WG.324/4/Add.2
19 septembre 1980

ORIGINAL: FRANÇAIS

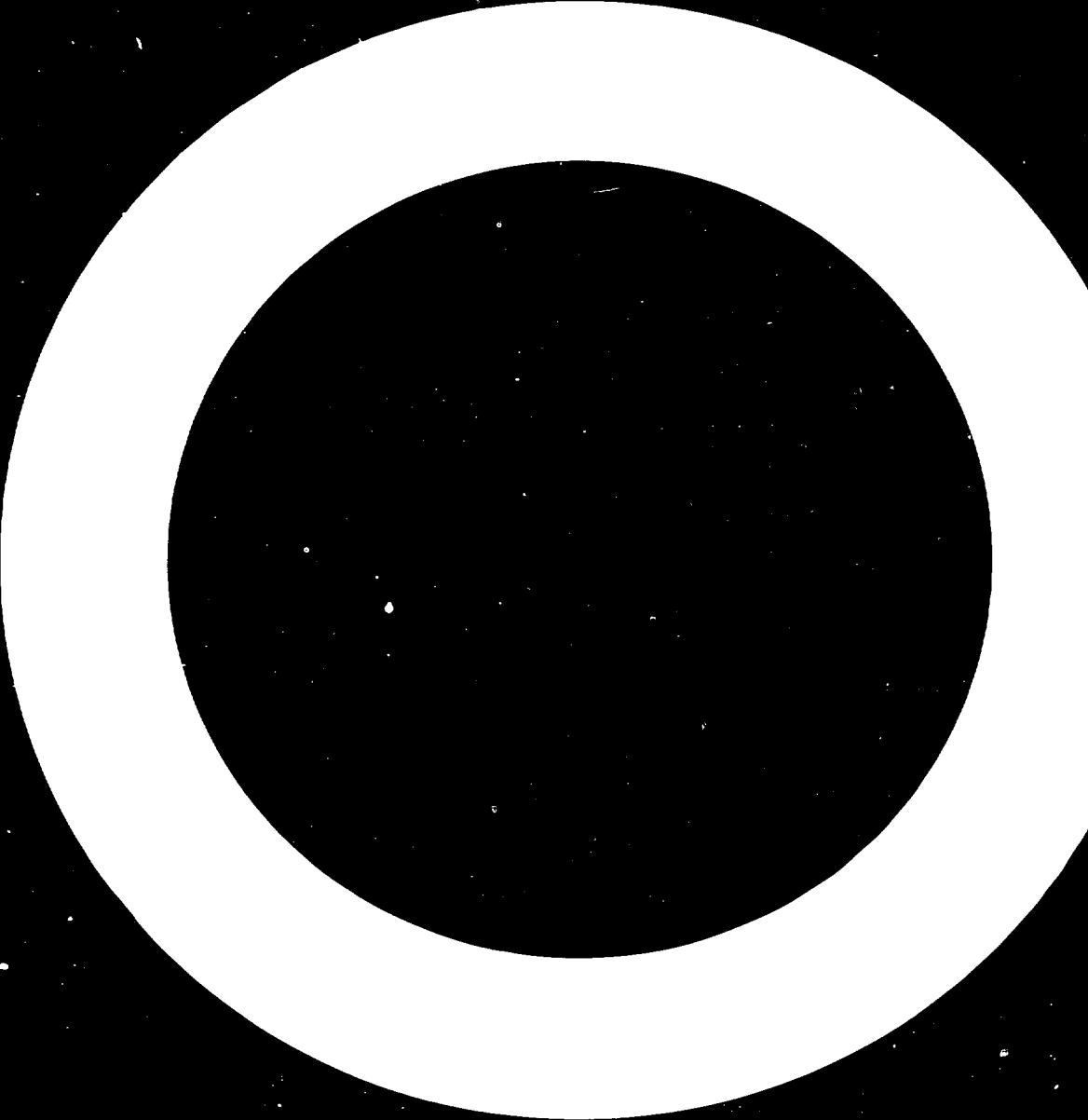
Réunion Préparatoire Globale pour la Première
Consultation sur l'Industrie des Biens de Capital
Varsovie, Pologne, 24 - 28 novembre 1980

ANNEXE TECHNIQUE *)

Document préparé par le
Service des Etudes Sectorielles,
Division des Etudes Industrielles

*) Ce document est un addendum à l'étude "La technologie au service du développement", relatif au thème de discussion N° 2 de l'agenda : Types de technologies au service du développement des industries des biens de capital.

Ce document a été reproduit tel quel
30-43970



TABE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. Liste de l'échantillon des sous-groupes de biens de capital	1
2. Note sur la mesure de la complexité des machines et équipements	19
3. Définition technique des 6 niveaux de complexité	25
3A ₁ : pour les 9 facteurs du bloc "Produit et unité de production"	27
3A ₂ : pour les 30 facteurs du bloc "Moyens de production"	30
3B ₁ : pour les 8 facteurs du bloc "Produits semi-élaborés"	31
3B ₂ : pour les 15 facteurs du bloc "Services techniques fournis par tiers"	34
3C : pour les 18 facteurs du bloc "Composants"	40

	<u>Page</u>
4. Tableaux "Quantification des 6 niveaux de complexité pour les facteurs des blocs A1, A2, B1, B2, C"	47
4A ₁ : Unité/produit/entreprise	49
4A ₂ : Les moyens de production	50
4B ₁ : Semi-élaboré	51
4B ₂ : Services techniques de tiers	52
4C : Composants	53
5. Exemple de fiche technique : Compresseurs à air (inférieurs à 5 CV)	55
6. Tableaux des résultats (1 à 27)	59

LISTE DE L'ECHANTILLON
DES SOUS - GROUPES DE
BIENS DE CAPITAL



1. ECHANTILLONS DES SOUS-GROUPES DE BIENS DE CAPITAL

381

- 1.01 Outils à main et des champs: haches, ciseaux, pelles, rateaux, couteaux, etc.
- 1.02 Outils manuels simples pour mécanique: clés, marteaux, limes, scies, pinces, couteaux, etc.
- 1.03 Outils manuels de charpenterie, menuiserie, etc. Non-motorisé.
- 1.04 Outils de maçonnerie, plomberie, etc. Matériaux simples et fabrication
- 1.05 Outils mécaniques, montage, etc. comprenant des pièces diverses, complexes, limiteurs de couple, etc.
- 1.06 Articles de quincaillerie: verrous, clés, cadenas, équipement de marine et autre
- 1.07 Mobilier métallique de bureaux, restaurants, industries, etc.
- 3.01 Portes, écrans, cadres de fenêtres, escaliers fixes, métaux en feuille pour bâtiments, profilés, etc.
- 3.02 Eléments structurels de dimension et poids moyens pour ponts, dépendances, dépôts, cheminées, bâtiments, etc.
- 3.03 Eléments structurels, lourds et semi-lourds, pour ponts, bâtiments, dépendances, dépôts, etc.
- 3.04 Sections métalliques pour bateaux, péniches, et autres
- 9.01 Containers, barils, tonneaux, barilletts, seaux, coffres-forts, chambres fortes, etc.
- 9.02 Services de pressage et d'estampage du métal, de dimension normale et moyenne et de précision.
- 9.03 Services de micro-estampage et de petite précision
- 9.04 Services d'estampage lourd (carrosserie pour camions et cars, etc.) sans outils personnels.
- 9.05 Chaînes Reynolds et similaires, pour transmission et levage
- 9.06 Ressorts de tout genre, y compris pour gros travaux et semi-gros, et pour la micro-mécanique.
- 9.07 Vis, écrous, rondelles, rivets, goujons, etc. sauf pour aérospatiale, armée, et domaines hautement spécialisés, etc.
- 9.08 Tubes démontables et autres. Production propre d'outils spéciaux et imprimerie.
- 9.09 Montage de clapet et tube - clés, produits pour maisons, bâtiments, etc. (Travaux Publics)
- 9.10 Grillage et autre, de différents matériaux, sauf les très spécialisés.

331

- 9.11 Poêles, fours et chauffages, simples, non-électriques.
- 9.12 Chromage, placage au nickel, au cadmium et émaillage, etc. (A l'exception des installations sophistiquées).

382

- 1.01 Moteurs à essence alternatifs (sans embrayages).
- 1.02 Moteurs diesel jusqu'à 500 CV, fabriqués en série (sans embrayages).
- 1.03 Moteurs diesel de plus de 500 CV.
- 1.04 Moteurs à gaz et autres.
- 1.05 Moteurs à vapeur, stationnaire, simple, traditionnel.
- 1.06 Turbines à vapeur.
- 1.07 Turbines à gaz, sauf celles destinées à de très gros travaux.
- 1.08 Turbines hydrauliques (avec une seule partie des commandes).
- 1.09 Moteurs non-conventionnels, moteurs nucléaires, etc.
- 1.11 Pièces spécifiques, parties composantes et accessoires mécaniques pour turbines.
Ensembles de commandes, principalement pour turbines à gaz.
- 2.01 Outils manuels
- 2.02 Brouette et remorque à un seul essieu.
- 2.03 Charrue tirée par un animal
- 2.05 Brouette manuelle et vaporisateur portatif - réservoir et compresseur en plastique
- 2.07 Charrue avec versoir, 2 sillons.
- 2.08 Charrue avec versoir, 1, 2 ou 3 sillons, réversible.
- 2.09 Charrue avec 2-3 coutres à disque.
- 2.10 Charrue à ciseaux
- 2.12 Cultivateur avec dents rigides - barre simple avec dents rigides.
- 2.13 Semoirs en général, multi-semoir, types courants.
- 2.14 Semoirs à une seule ligne, de précision, courant - sauf les semoirs sophistiqués.
- 2.15 Récolteur de fruit sur remorque

382

- 2.16 Faucheuse à fourrage, normale et motorisée.
- 2.17 Broyeurs et meules pour produits alimentaires
- 2.19 Sécheur de grains et céréales, continu, fixe et mobile.
- 2.23 Remorques à double essieu, métalliques, courantes et basculante
- 2.25 Chargeur à l'avant, seulement la partie d'entraînement mécanique.
- 2.27 Vis sans fin, entraînée par tracteur.
- 2.30 Pulvérisateurs, sur tracteurs et autre, comprenant des pompes jusqu'à 60kg/cm².
- 2.31 Pulvérisateurs sur remorque et à auto-propulsion, pneumatiques sans moteur ni tracteur.
- 2.33 Epandeur de fumier, type suspendu, type simplifié.
- 2.37 Moissonneuse seule et moissonneuse-chargeuse, entraînée par tracteur.
- 2.40 Moissonneuse de maïs et autre.
- 2.41 Tomberaux à auto-chargement, sans bascule - types courants, entraînés par tracteur.
- 2.42 Equipement de fenaison, avec tête rotative.
- 2.44 Presse à foin - élévateur de foin, entraîné par tracteur.
- 2.45 Presse à foin circulaire.
- 2.52 Petit moteur à 1 cylindre refroidi à l'air.
- 2.61 Disques pour charrue
- 2.62 Tracteurs sur roues jusqu'à 25CV - sans moteur- y compris mini-tracteurs articulés.
- 2.63 Tracteurs sur roues de plus de 25CV. sans moteur.
- 2.64 Tracteur carterpillar, sans moteur.
- 2.65 Tracteurs articulés (oscillants), sans fabrication du moteur.

382

- 3.01 Machine-outils pour métaux, ébarbure, simple.
- 3.02 Machines-outils pour métaux, ébarbure.
- 3.03 Machines-outils pour métaux, ébarbure, de haute complexité, spéciale, automatique.
- 3.04 Machines-outils pour métaux, déformation à froid, simple.
- 3.05 Machines-outils pour métaux, déformation à froid, complexe, automatique, etc.
- 3.06 Machines-outils pour déformation à chaud des métaux.
- 3.07 Machines-outils pour bois.
- 3.08 Machines-outils pour bois, production et spéciales pour meubles et scieries.
- 3.09 Machines et équipement pour le traitement du bois et autre.
- 3.10 Accessoires mécaniques spéciaux pour les machines-outils à ébarbure, comprenant de nombreuses pièces (diviseurs, mesures, alimenteurs, etc.) Sauf accessoires produits en métaux en feuille.
- 3.11 Hauts-fourneaux
- 3.12 Hauts-fourneaux d'aciérie.
- 3.13 Coulée continue, sauf parties composantes (C).
- 3.14 Laminoirs supérieurs à la dimension moyenne. A froid et à chaud, avec mesure à l'admission et à la sortie.
- 3.15 Equipement de manutention pour l'industrie du fer et de l'acier.
- 3.16 Equipement pour l'étirage, le tréfilage, le laminage à froid de précision et le filage.
- 3.17 Equipement spécifique pour coulées ferreuses et non-ferreuses.
- 3.18 Equipement pour procédés de coulées spéciaux: basse pression, moulage en carapace, coulée sous vide, centrifuge, etc., jusqu'à semi-automatique.
- 3.19 Equipement pour la production et la coulée de matériaux stratégiques: Ni, Cr, Ti, Co, V, W, etc.
- 3.21 Accessoires spéciaux pour machines-outils à ébarbure, produits à base de métaux en feuille (boîtiers de commande, protections de guides, câbles, etc.).
- 3.22 Machines-outils pour métaux, ébarbure et profilage, lourds et ultra-lourds.

- 7 -
- 4.01 Equipement pour l'industrie alimentaire: fabrication du pain, comprenant des fours, mais non-électriques.
 - 4.02 Equipement pour l'industrie alimentaire: biscuits, pâtes et autres.
 - 4.03 Equipement pour l'industrie alimentaire: lait, et fromage (à l'exception des grandes installations).
 - 4.04 Equipement pour l'industrie alimentaire: glaces, jus, confiserie, pastilles et autres.
 - 4.07 Equipement pour l'industrie des boissons - sans inclure la production des bouteilles et récipients.
 - 4.08 Equipement pour l'industrie de l'alimentation animale.
 - 4.09 Equipement pour les abattoirs de petite production - sauf l'équipement automatique et de réfrigération.
 - 4.10 Equipement pour déshydratation, lyophilisation et congélation, etc. (sans compresseurs).
 - 4.11 Chambres froides, sans compresseurs (à l'exception de la maçonnerie).
 - 4.12 Balcons de réfrigération.
 - 4.13 Machines textiles: filage, préparation au filage, bobinage, dévidage, retordage et traitement du fil.
 - 4.15 Machines textiles: produits tricotés.
 - 4.18 Machines et équipement pour la production du ciment.
 - 4.19 Machines et équipement pour la céramique, l'argile, l'amiante et autres industries semblables - équipement courant.
 - 4.20 Travaux publics: grues et treuils.
 - 4.21 Equipement pour le mélange et transport du ciment. Pompes à ciment - (sauf châssis des camions).
 - 4.22 Equipement spécial pour de grands projets de travaux publics - ceci n'est qu'une interprétation montrant les structures fondamentales nécessaires.
 - 4.23 Installations fixes pour la préparation du béton - production des piles, tuyaux et autres éléments pré-fabriqués en béton - sauf tout l'équipement automatique.
 - 4.24 Installation pour le revêtement des routes (ciment, asphalte, etc.) sans châssis, ni moteurs.
 - 4.25 Installations simples d'asphalte, seulement pour la préparation finale (non en tant que matière première).

382

- 4.27 Machines et équipement minier: forage et excavation (sauf portatif).
- 4.28 Equipement de convoyeurs continus: convoyeurs à godets et à courroie et autres, etc. pour usages miniers.
- 4.30 Equipement et installations pour la préparation: criblage, broyage, vibrateurs, etc. pour usages miniers.
- 4.31 Equipement et installation pour la concentration, le raffinage et la mise en boulettes pour usages miniers.
- 4.33 Equipement et installation pour le forage et l'extraction du pétrole offshore. Plate-formes.
- 4.34 Pipelines pour pétrole et gaz en feuille soudée, sans stations, ni vannes.
- 4.35 Stations de pipelines de pétrole, vannes et autres.
- 4.36 Equipement chimique et pétrochimique: colonnes de craquage et d'extraction (structures seulement).
- 4.37 Equipement chimique et pétrochimique: échangeurs de chaleur, refroidisseurs, condensateurs de surface et autres évaporateurs, réchauffeurs et autres.
- 4.38 Equipement chimique et pétrochimique: récipients de pression et réservoirs sphériques.
- 4.39 Equipement chimique et pétrochimique: hauts-fourneaux pour raffineries, sécheurs, fours, dé-aérateurs, autoclaves (non montées).
- 4.40 Equipement chimique et pétrochimique: sphères, réservoirs de stockage, silos en métal (sans équipement auxiliaire).
- 4.41 Equipement chimique et pétrochimique: mélangeurs, filtres et autre équipement pour usages industriels.
- 4.44 Equipement pour l'industrie des huiles minérales.
- 4.45 Equipement pour l'industrie des huiles végétales.
- 4.46 Equipement pour la production de la cellulose.
- 4.48 Machines pour la typographie, imprimerie, reliure, duplication etc.
- 4.49 Machines et équipement pour l'imprimerie et autre.
- 4.50 Equipement et installations pour le traitement des ordures.
- 4.51 Equipement pour le ramassage et le transport des ordures (sauf châssis).

382

- 4.52 Machines pour l'industrie du cuir et de la chaussure.
- 4.53 Machines pour la fabrication des pneus, chambres à air et articles en caoutchouc.
- 4.54 Autres machines pour l'industrie du caoutchouc: mélangeurs, laminoirs, moulages, etc.
- 5.02 Calculatrices individuelles, électroniques, sans affichage, simples.
- 5.03 Calculatrices individuelles, électroniques, avec affichage et quelques sophistications.
- 5.04 Machines à calculer pour usage industriel, comptabilité et autre.
- 5.06 Ordinateurs et leurs périphérales.
- 5.08 Caisses enregistreuses électroniques.
- 5.09 Balances, machines à peser, dynamomètres, mécaniques et similaires.
- 5.10 Balances électroniques, intégrées ou non, et similaire.
- 5.13 Machines à écrire manuelles.
- 5.14 Machines à écrire électriques, avec ou sans programme et mémoire.
- 9.001 Machines pour l'injection du plastique, de la bakélite et similaire.
- 9.002 Compresseurs et ensembles complets de réfrigération jusqu'à 5CV, mais en excluant les fractionnels.
- 9.003 Compresseurs de réfrigération supérieurs à 5CV.
- 9.004 Conditionneurs d'air jusqu'à 5CV, sans compresseur de réfrigération.
- 9.005 Conditionneur d'air supérieur à 5CV. Installations à grande échelle pour bâtiments, industries, etc. sans compresseurs.
- 9.006 Machines à aspiration.
- 9.007 Compresseurs d'air jusqu'à 5CV. Avec réservoir et automation.
- 9.008 Compresseurs d'air supérieurs à 5CV, alternatifs, rotatifs, turbo, hélicoidaux, etc.
- 9.009 Ventilateurs, souffleurs etc . jusqu' à 5CV. Comprenant moteurs électriques fractionnels.
- 9.010 Ventilateurs, souffleurs, etc. supérieurs à 5CV, sans moteurs ni raccordements. Sauf types spéciaux.

382

- 9.011 Moulins et similaires.
- 9.012 Séchoirs et similaires.
- 9.013 Equipement simple de combat contre l'incendie, portatif ou fixe (sauf portes coupe-feu).
- 9.014 Equipement automatique et/ou sophistiqué de combat contre l'incendie. Petite portée.
- 9.015 Pompes motorisées, pièces spéciales. échelles, etc. Sans châssis, et excluant l'équipement de longue portée.
- 9.016 Grues à palan mobile, ponts roulants, moufles, grues, etc. jusqu'à 10 tonnes.
- 9.017 Grues à palan mobile, ponts roulants, grues, etc. 11 à 50 tonnes.
- 9.018 Grues à palan mobile, ponts roulants, grues, etc. supérieurs à 50 tonnes. Usages spéciaux et pour le fer et l'acier.
- 9.019 Machines élévatrices jusqu'à 4 tonnes, électriques.
- 9.020 Machines élévatrices jusqu'à 4 tonnes, avec moteur à combustion interne (sans la fabrication du moteur).
- 9.021 Machines élévatrices de plus de 4 tonnes, électriques ou avec moteur à combustion interne (moteurs acquis).
- 9.022 Grues mobiles, toutes capacités, sans moteur.
- 9.023 Ascenseurs - équipement complet, non installé.
- 9.024 Treuils y compris hydrauliques - équipement complet, non installé.
- 9.025 Garages mécaniques - équipement complet, non installé
- 9.026 Escaliers roulants - équipement complet, non installé.
- 9.027 Convoyeurs simples continus, fixes et mobiles, à godets, courroie, etc. (sauf pneus).
- 9.028 Comme 3829.027 mais pour charges moyennes et lourdes, sauf les convoyeurs utilisés dans les mines.
- 9.029 Cabines téléphériques, ferries à câble et autres - tous usages, y compris les mines - équipement non installé.
- 9.031 Brûleurs et autres.
- 9.032 Chaudières pour chauffer l'eau, etc.

382

- 9.033 Chaudières à vapeur de capacité donnée jusqu'à 20kg/m².h
- 9.034 Chaudières à vapeur de capacité donnée jusqu'à 70kg/m².h
- 9.035 Chaudières à vapeur de capacité donnée de plus de 70kg/m².h
- 9.037 Accumulateurs de vapeur et autres.
- 9.038 Evaporateurs
- 9.039 Condensateurs de vapeur et autres.
- 9.040 Echangeurs de chaleur.
- 9.041 Hauts-fourneaux industriels de petite et moyenne puissance - fixes et continus jusqu'à 1000°C.
- 9.042 Hauts-fourneaux de petite et moyenne puissance, mais de plus de 1000°C.
- 9.043 Hauts-fourneaux de grande puissance, détente, etc. sauf le fer et l'acier.
- 9.044 Equipement pour le traitement de revenu, la cémentation et les installations de traitement thermique en général.
- 9.045 Equipement ordinaire pour le revêtement électrolytique.
- 9.046 Equipement pour le revêtement électrolytique et autre, avancé, automatique et spécial.
- 9.047 Purificateurs d'air et extracteurs de poussière, fumée, peinture, etc. équipement et installations.
- 9.048 Equipement et installations pour décapage au jet de sable, et grenailage, etc.
- 9.049 Machines pour chantiers routiers: excavateurs, et chargeurs, sans fabrication du moteur.
- 9.050 Machines pour chantiers routiers: niveleuses motorisées, sans fabrication des moteurs.
- 9.051 Machines pour chantiers routiers: racleurs (scrapers) motorisés.
- 9.052 Machines pour chantiers routiers: rouleaux, compresseurs, sans moteur.
- 9.053 Machines pour chantiers routiers: tracteurs à chenilles, sans moteur.
- 9.054 Machines pour chantiers routiers: camions ordinaires et à fonction spéciale.
- 9.055 Installations de traitement du sol de petite capacité stationnaires et transportables
- 9.056 Installations de broyage et meulage stationnaires et mobiles pour routes et travaux publics.
- 9.057 Machines pour criblage et tamisage et séparateurs.

382

- 9.058 Terminus de chargement et déchargement portuaire: produits minéraliers et végétaux.
- 9.061 Vannes de capacité moyenne - élevée.
- 9.062 Vannes de capacité élevée et très élevée.
- 9.066 Machines pour l'industrie du tabac - machines à fabriquer les cigarettes.
- 9.067 Equipement pour installations produisant du sucre et de l'alcool à partir du sucre et similaire.
- 9.069 Equipement et installations pour usines produisant de l'alcool à partir de végétaux: babassu, manioc et dérivatifs.
- 9.070 Machines et installations pour le traitement du coton: inclut les presses.
- 9.071 Equipement et installations pour travaux de peinture ordinaires: pistolet, immersion, etc.
- 9.072 Equipement et installations pour travaux de peinture non-conventionnels, automatique, programmable, etc.
- 9.073 Equipement pour stations-services (sauf compresseurs à air).
- 9.074 Equipement pour ateliers d'entretien des véhicules: moteurs.
- 9.075 Equipement pour ateliers d'entretien des véhicules: châssis, pneus, direction, etc.
- 9.077 Machines d'emballage et similaire, avec ou sans pesage automatique.
- 9.078 Machines pour la mise en bouteilles, le lavage des bouteilles et autre.
- 9.079 Machines à coudre industrielles.
- 9.081 Machines et équipement pour laveries.
- 9.082 Machines et installations pour cuisines (hôtels, industrie, restaurants, etc.) sauf hautement perfectionné.
- 9.083 Machines de nettoyage des places publiques et autres - nettoyage des sols, marbre, etc.
- 9.085 Terminus télescopiques pour aéroports.
- 9.088 Bancs d'essai pour moteurs alternatifs, turbines et autres.
- 9.089 Equipement motorisé pour nettoyage urbain, chasse-neiges et autres appareils pour villes.

382

- 9.090 Lignes de transmission électrique: parties composantes mécaniques auxiliaires simples tels que régulateurs, bras, supports, pattes, etc.
- 9.091 Machines de distribution automatiques.
- 9.092 Outils portatifs motorisés pour tous usages (à air et électriques).
- 9.093 Pompes centrifuges pour liquides non-corrosifs, pour usage à températures ambiantes, jusqu'à 50CV.
- 9.094 Pompes centrifuges pour liquides non-corrosifs, pour usage à températures diverses, jusqu'à 50CV.
- 9.095 Pompes pour liquides corrosifs, toutes puissances, tous types - températures diverses.
- 9.100 Parties composantes mécaniques (CM) (C1) d'une ou de plusieurs pièces: vis, écrous, rondelles, rivets, goujons, etc. produits en série.
- 9.101 CM. pour transmission du mouvement, produits en série: embrayages, freins, limiteurs de couple, limiteurs de force axiale, raccords, joints, joints universels, diverses pièces cinématiques.
- 9.102 CM: systèmes d'engrenages, offrant un service très spécialisé y compris les matières premières.
- 9.103 CM: roulements ordinaires et spéciaux jusqu'à P.2.
- 9.104 CM: réducteurs jusqu'à 10CV - sans raccord d'entrée ni de sortie - sauf chevaux fractionnels.
- 9.105 CM: réducteurs, entre 11 et 50CV.
- 9.106 CM: réducteurs pour entrées de plus de 50CV - tous types - sauf accouplements.
- 9.107 CM: changeurs de vitesse jusqu'à 10CV d'entrée (modèles mécaniques).
- 9.108 CM: changeurs de vitesse de plus de 10CV d'entrée (modèles mécaniques).
- 9.109 Parties composantes pour circuits oléodynamiques et hydro-pneumatiques (sauf entraînement-fluide).
- 9.110 Parties composantes pour circuits d'air comprimé - accumulateurs, sauf manomètres et compresseurs.
- 9.111 CM d'une ou de plusieurs pièces: leviers, volants, cames, tambours, etc.
- 9.112 Pompes et parties composantes de circuits de lubrification.
- 9.113 Parties composantes pour circuits de réfrigération - sauf pour réfrigération intensive industrielle.
- 9.114 Clapets pour eau, liquides et gaz, non-corrosifs, pour usage à températures ambiantes, opération manuelle.

382

- 9.115 Clapets pour eau, liquides et gaz, non corrosifs. automatiques. sécurité, programmés - température ambiante.
- 9.116 Clapets pour liquides corrosifs et gaz, tout type et usage - pour matériaux non-corrosifs à températures non-ambiantes.

383

- 1.01 Moteurs électriques c.a. et c.c. fractionnels - isolés jusqu'à 120°C - à l'exception des micromoteurs et des types très spéciaux.
- 1.03 Moteurs c.a. et c.c. jusqu'à 50kW - isolés jusqu'à 120°C, aussi indicatifs pour dynamos.
- 1.05 Moteurs électriques c.a. et c.c. de plus de 50kW, à l'exception de ceux utilisant une technologie hautement avancée.
- 1.20 Transformateurs de faible puissance jusqu'à 10kVA.
- 1.21 Transformateurs jusqu'à une puissance moyenne.
- 1.22 Transformateurs pour gros et très gros travaux.
- 1.31 Relais de tous types, sauf électroniques.
- 1.32 Disjoncteurs de voltage moyen et haut.
- 1.36 Moteurs alternatifs et similaires pour l'aéronautique, et l'astronautique, etc.
- 1.38 Démarreurs, dynamos et similaires pour automobiles, motocyclettes, machines de chantiers routiers, tracteurs.
- 1.39 Freins électromagnétiques, embrayages.
- 1.41 Parties composantes électriques simples, spécifiquement pour les commandes: interrupteurs, micro-interrupteurs, interrupteurs à pied, coupe-circuits, douilles, voyants lumineux, etc.
- 2.02 Equipement de télex.
- 2.09 Antennes extérieures et installations collectives d'antennes de TV, antennes télescopiques. Sans inclure les antennes rotatives.

- 383
- 3.02 Grille-pains, moulinettes, grills pour usage industriel et similaire, sauf l'équipement pour de grandes installations.
 - 3.06 Réchauds pour l'eau, les aliments, etc. Sauf pour les grandes installations automatiques.
 - 3.07 Instruments électriques et/ou électroniques pour automobiles, tracteurs et autres (sauf pendules).
 - 9.34 Equipement électrique normal pour automobiles, tracteurs, machines de chantiers routiers, etc. Sauf dynamos.
 - 9.40 Equipement (limité) électrique et électronique pour la signalisation et le contrôle de la circulation urbaine et des chemins de fer, etc.
 - 9.46 Postes de soudure électriques produits en série, sauf les modèles spéciaux.
 - 9.47 Postes de soudure, spéciaux, automatiques (ϕVI).
 - 9.50 Hauts-fourneaux électriques, opération continue et par fournées, jusqu'à 500°C.
 - 9.52 Hauts-fourneaux semi-équipés pour fer et acier, chargement, déchargement, manutention et table pour fabrication.
- 384
- 1.01 Bateaux, péniches, chalands, navires, petits bateaux de pêche, remorqueurs et similaires (modèle simple).
 - 1.02 Bateaux cargo jusqu'à 20 000 T.
 - 1.03 Bateaux spéciaux cargo et/ou cargo/passagers de plus de 20 000 T. et jusqu'à 100 000 T.
 - 1.08 Embarcation de rivière et lac, passager et/ou cargo (les modèles très simples sont incorporés dans 3841.01).
 - 1.10 Hovercraft, sans turbines.
 - 1.12 Dragues.
 - 1.13 Plate-formes, ports et docks flottants, avec infrastructure simple, sans ponts, grues et autre équipement complexe.
 - 1.14 Moteurs marins alternatifs.
 - 1.15 Moteurs marins alternatifs, diesel, jusqu'à 500CV, considérés comme produits en série.
 - 1.16 Moteurs marins, diesel, de plus de 500CV.

384

- 1.17 Moteurs marins: turbines à vapeur.
- 1.18 Moteurs marins: pièces et parties composantes.
- 1.19 Pièces et parties composantes pour bateaux: levage de marchandise, transport, déchargement et autre.
- 1.22 Pièces et parties composantes pour bateaux: chaînes, ancres, gouvernails et pièces coulées et forgées de plus de P2 - arbres de transmission et similaires.
- 1.23 Pièces et parties composantes pour bateaux: propulseurs à pas fixe et variable.

- 2.03 Locomotives diesel avec transmission mécanique.
- 2.04 Locomotives diesel avec transmission hydraulique.
- 2.05 Voitures de chemins de fer, métro et similaires.
- 2.06 Voitures de tramways conventionnels et articulés.
- 2.07 Autocars.
- 2.08 Wagons de marchandises de tout type, sauf Decauville.
- 2.09 "Hovertrains" et autre - équipement avancé de très haute vitesse.
- 2.10 Parties composantes conventionnelles forgées et coulées pour matériel roulant: boggies, attelages, roues, essieux soudés et tournés, suspensions complètes, etc.
- 2.11 Pièces mécaniques diverses pour matériel de marchandises et passagers: freins, ressorts, suspensions pneumatiques, supports, etc.
- 2.12 Parties composantes mécaniques pour voies de chemins de fer (sans rails): aiguillages, pièces mécaniques pour lignes électrifiées, etc.
- 2.13 Locomotives (à vapeur) Decauville et batterie.

- 3.01 Véhicules ordinaires et utilitaires pour construire taxis, camions, fourgons, ambulances, etc.
- 3.03 Camions jusqu'à 15 tonnes, moteurs compris.
- 3.05 Camions supérieurs à 15 tonnes, articulés et spéciaux, y compris les camions hautement spécialisés.
- 3.07 Carrosseries pour autobus, trolleybus, cabines de camions et autres.
- 3.08 Châssis pour trolleybus, entièrement équipés.
- 3.09 Carrosseries pour chargements liquides et solides, remorques normales et spéciales.

384

- 3.13 Parties composantes mécaniques simples, d'une ou de plusieurs pièces (roues, segments, goujons, écrous, etc.)
- 3.14 Parties composantes mécaniques simples, d'une ou de plusieurs pièces (pistons, segments, soupapes, etc.).
- 3.15 Autres parties composantes mécaniques (carburateurs, pompes à essence, filtres, lubrification, pompes diesel, etc.).

- 4.01 Bicyclettes et tricycles, sans moteur.
- 4.02 Motocyclettes et scooters avec remorque.
- 4.03 Moteurs pour bicyclettes.

- 5.01 Avions avec moteur à un seul piston, jusqu'à 4 personnes, pour usage civil, sans moteur.
- 5.03 Avions bi-moteur à turbo-propulseur jusqu'à 25 tonnes, poids à vide - avions à quatre turbo-jets jusqu'à 25 tonnes.
- 5.04 Avions à un seul réacteur, non militaire, inférieur à Mach I.
- 5.07 Avions à bi-réacteur et quatre réacteurs de plus de 25 tonnes poids à vide.

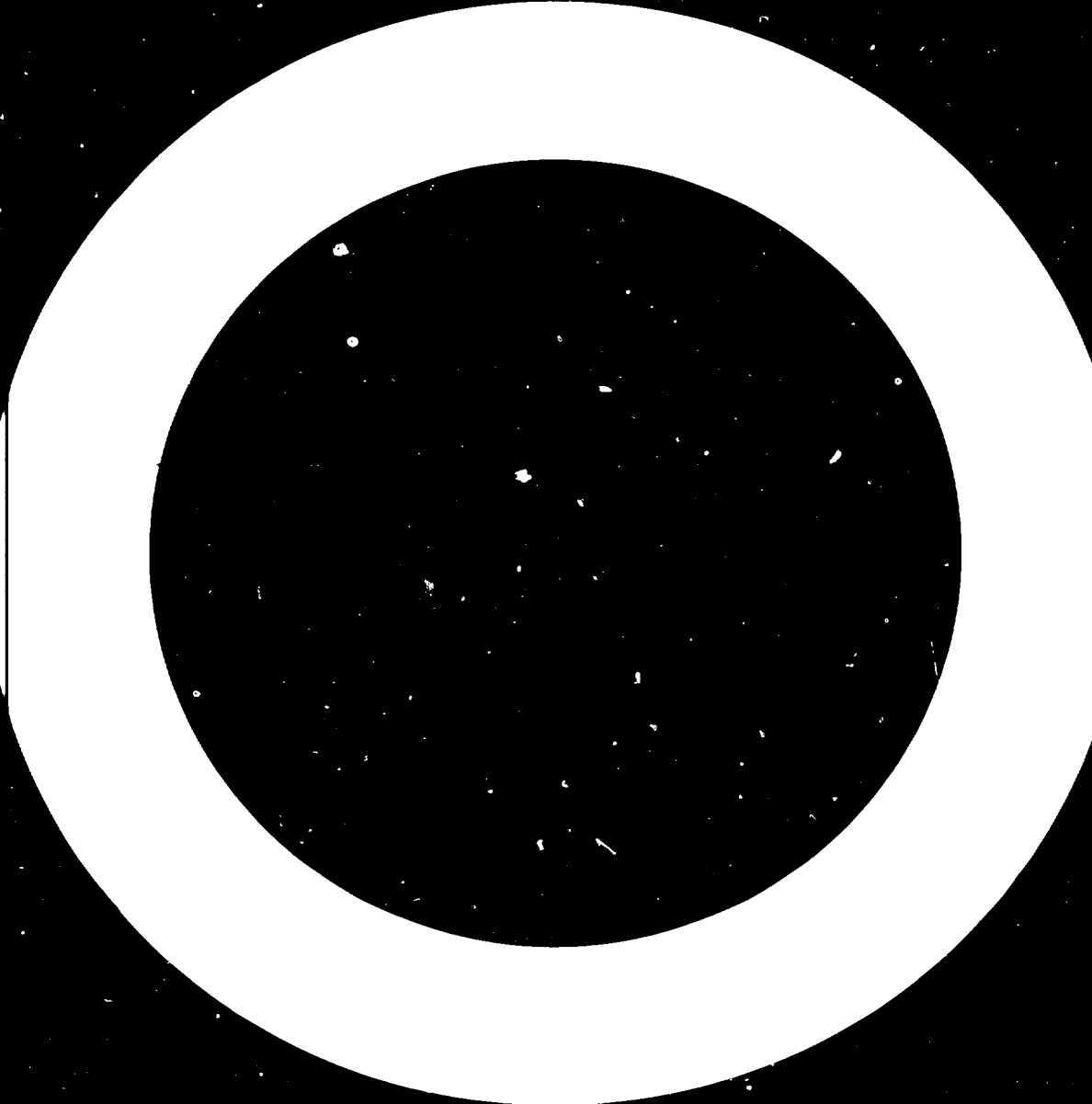
385

- 1.03 Equipement mécanique pour mesures linéaires, angulaires et planes, calibres fixes et réglables.
- 1.07 Compteurs, jauges et enregistreurs du débit de gaz et liquide sauf applications sophistiquées).
- 1.08 Compteurs et enregistreurs pour liquides -incorporés dans 3851.07, feuille 002.
- 1.09 Compteurs, jauges et enregistreurs de consommations d'électricité.
- 1.14 Parcètres, taximètres, tachymètres, compteurs d'opération et autres (équipement normal).
- 1.23 Machines à dessiner et autres, avec tables, etc.
- 1.25 Equipement complet de conception métallique.
- 1.27 Instruments mécaniques de traçage, découpage et lecture, etc.
- 1.29 Appareils topographiques et géodésiques et autres.

385

- 1.36 Instruments mécaniques de chirurgie et d'exarens généraux et similaires (quelques pièces, équipement classique).
- 1.39 Équipement complet d'odontologie, sauf radiographie.
- 1.41 Équipement de complexité normale et moyenne pour hôpitaux et docteurs: inhalation, tension, sang, etc.
- 3.05 Pendules enregistreuses, équipement de contrôle pour veilleurs de nuit, heures de travail et similaires.

NOTE SUR LA MESURE DE LA COMPLEXITE
DES MACHINES ET EQUIPEMENTS



2. NOTE SUR LA MESURE DE LA COMPLEXITE DES MACHINES
ET EQUIPEMENTS

L'évaluation de la complexité des équipements soulève de difficiles problèmes théoriques et pratiques.

Ces difficultés sont analogues à celles que connaissent les statisticiens pour mesurer la production et la productivité.

On sait que les prix sont un moyen médiocre pour apprécier la complexité des produits. Ils sont le résultat d'un procès social, non seulement de production mais de distribution.

On peut tenter d'éviter le détour par les prix par une expression directe des temps de travail nécessaires pour produire les biens. Ce procédé plus satisfaisant bute, lui aussi, sur d'autres difficultés. D'abord il faut ajouter au travail présent direct, le travail indirect, mais aussi le travail passé, "cristallisé" dans les moyens de production utilisés. On se heurte au problème de la réduction des temps de travail hétérogènes de qualités différentes en unités standards "abstraites".

Le plus souvent dans les calculs de productivité globale des facteurs, on a recours à une pondération par les salaires respectifs des diverses catégories.^{1/} Cette méthode peut être critiquée au même titre que la pondération par les prix dans l'établissement d'un indice de production. Les salaires, en tant que catégories historiques et sociales - comme les prix -, ne sont qu'un reflet approximatif de la complexité

^{1/} Voir les travaux classiques de John W. Kendrick : "Productivity trends in the United States" - Princeton University Press, 1961 - et les travaux de Jean Vincent en France : Revue Etudes et Conjonctions, 1958-1964

du travail. Des tentatives de comptabilité en temps de travail intégral ont été faites en URSS ^{2/} et en France ^{3/} notamment. Les travaux ne paraissent pas avoir débouché sur des applications opérationnelles. Ils seraient, pourtant, d'une importance exceptionnelle pour étudier la modification de l'actuelle division internationale du travail, telle qu'elle se manifeste dans le secteur des biens de capital.

Une autre direction de recherches a fait l'objet de premiers travaux. Il s'agit de mesurer le contenu d'informations des biens d'équipements. Le nombre de spécifications et les degrés de tolérance sont exprimés en "bits". ^{4/} Sur ce terrain à peine défriché de nombreuses questions se posent. Notamment celle de la forme algébrique de la formule de mesure. Une machine fonctionnant comme un système où toutes les parties sont interdépendantes - et non autonomes - paraît plus le résultat d'une multiplication que d'une addition. Mais là encore, plus que précédemment, aucun outil opérationnel n'est présentement utilisable.

^{2/} Voir notamment les travaux de J. Kvacha : Quelques questions de mesures de la productivité du travail - Questions d'économie N° 6, 1956 - et de M. Edelman : La première balance intersectorielle des dépenses de travail dans l'économie nationale de l'URSS - Viestnik Statistiki, 1962 - N° 10 - et, plus récemment, les travaux des Prof. V.K. Dmitriev et R. Bezousov, en URSS, et M. Minkov, en Bulgarie.

^{3/} Voir, notamment en France, les travaux de Denis Cepède et Pierre Gonod : Concept et mesures de la productivité - SEDEIS N° 923, juin 1965
J. Magaud : Equivalent travail d'une production. Nouvelle méthode de calcul et de prévision - Population - mars-avril 1967
Nicole Dubrulle et Patrick Ranchon : Demande finale et emploi, approche par la méthode de l'équivalent - travail d'une production - Cahiers du Centre d'études de l'emploi - P.U.F., 1977

^{4/} Jean Thoma : Energy, entropy, and information (Chapter: Estimating the information content of Capital) - International Institute for Applied Systems Analysis - Laxenburg - Austria, June 1977

Au demeurant, on peut distinguer la complexité du produit de sa complication de fabrication. La complexité du produit exprime les fonctions qu'il doit accomplir, les exigences de son fonctionnement, de son rendement, de sa sécurité, de ses relations avec l'environnement. Cette complexité fonctionnelle (buts et conditions d'utilisation) implique une complexité interne du produit qui se traduit par : le nombre élevé de composants ou de parties différentes, les interdépendances entre ces parties, la complexité de chaque composant ou partie. Celle-ci peut se décomposer en : complexité de conception et complication de fabrication. Ces deux dernières peuvent aller de pair, mais il n'en est pas toujours ainsi.

On est donc conduit à mesurer, d'un côté, la complexité du produit, et de l'autre, la complexité (ou la complication) de sa fabrication. Sous les deux conditions i) qu'il y ait relation entre les deux mesures ii) que celles-ci soient correctement exprimées, on devrait avoir :

$$CP = \sum (n I_n)$$

ou CP = complexité du produit P

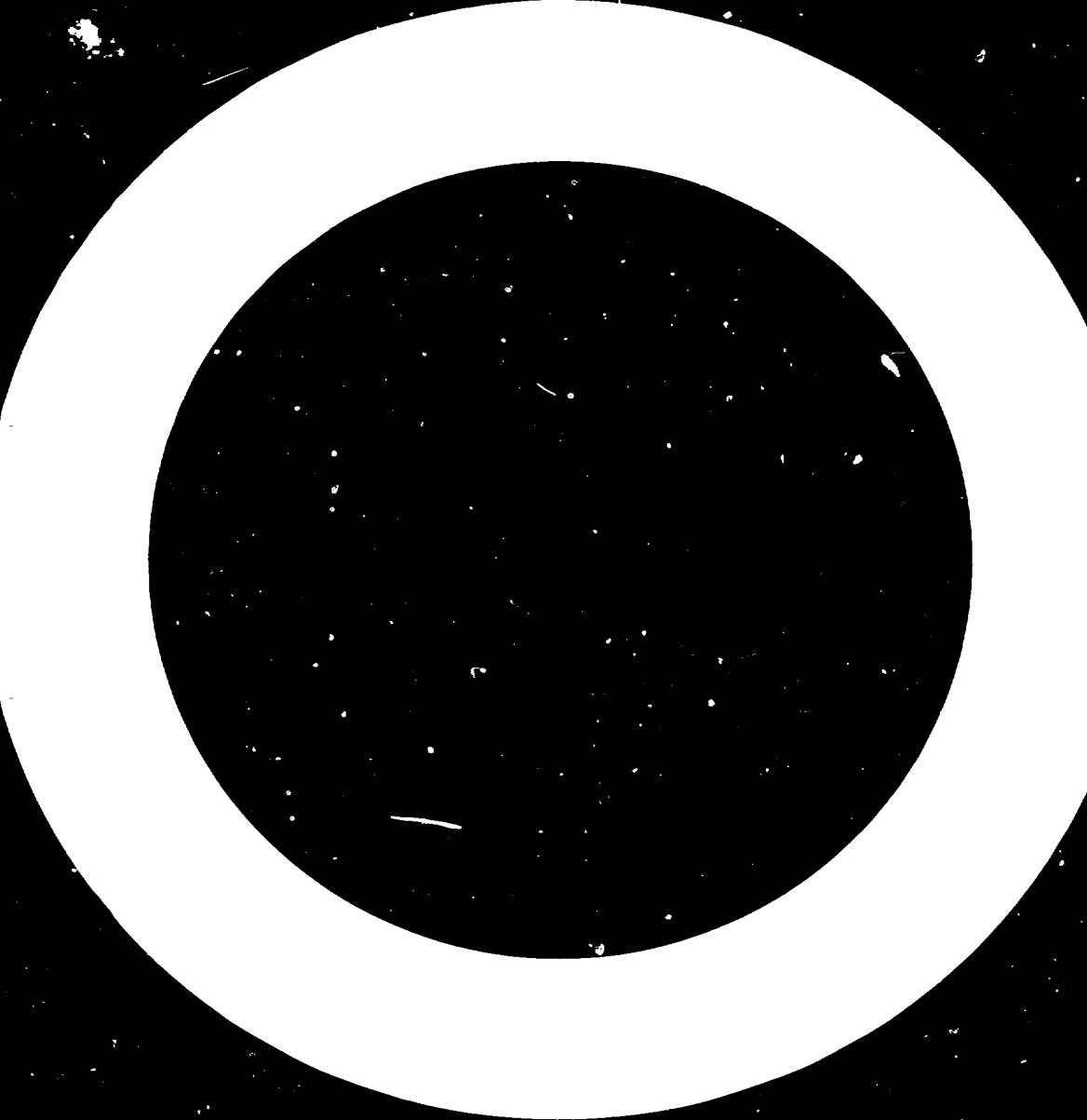
$\sum (n I_n)$ = complexité de la combinaison des inputs nécessaires pour fabriquer P.

On a tenté les deux approches.

Concernant la complexité des produits - malgré les réserves précédentes concernant les prix et parce qu'il n'y avait pas d'autres informations utilisables - on a retenu une mesure α qui est la valeur au kilo de produit (en dollars) ainsi qu'un coefficient β qui est la vitesse d'innovation de celui-ci. On a mesuré celui-ci selon le rythme du changement des produits en années (50 ans, 50 à 35, 35 à 25, 25 à 15, 15 à 10, moins de 10). L'indicateur α (prix en dollars au kilo) fournit, à défaut de mieux, une première et grossière indication. On pressent qu'il doit exister une certaine relation entre la

complexité du produit et son prix unitaire. Mais bien des distorsions peuvent affecter cette relation. Les prix et les valeurs peuvent ne pas toujours coïncider. Pour des produits anciens à coefficient β faible (c'est-à-dire technologiquement stables) et largement banalisés, les prix actuels n'ont peut-être plus de rapports avec leur complexité initiale. Par ailleurs, les économies dans l'emploi des matières premières, l'allègement correspondant du poids des machines, peuvent élever le coefficient α sans que la complexité soit modifiée. Les limites de la signification de α ont donc conduit à concentrer l'analyse sur la fonction de production et l'identification des inputs.

DEFINITION TECHNIQUE
DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE
POUR LES FACTEURS DES BLOCS
A1, A2, B1, B2, C



3A₁. DEFINITION TECHNIQUE DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES 9 FACTEURS
DU BLOC "PRODUIT ET UNITE DE PRODUCTION"

1. Poids
 - I - Industrie légère et moyenne
 - II - Industrie de taille moyenne
 - III - Industrie lourde de taille moyenne
 - IV - Industrie lourde
 - V - Industrie très lourde
 - VI - Industrie de haute précision pour micromécanique, microélectro-mécanique, etc.

2. Heures/Know how
 - I - Jusqu'à 1 heure de KH/1,000 dollars de BC
 - II - De 1.1 à 2 heures de KH/1,000 dollars de BC
 - III - De 2.1 à 4 heures de KH/1,000 dollars de BC
 - IV - De 4.1 à 7 heures de KH/1,000 dollars de BC
 - V - De 7.1 à 10 heures de KH/1,000 dollars de BC
 - VI - Plus de 10 heures de KH/1,000 dollars de BC

3. Laboratoire
 - I - Métrologie, poids, électricité, résistance des matériaux, simples essais statiques et dynamiques (e.g. essais de fatigue) des pièces, analyse chimique des matériaux, et opérations similaires.
 - II - Essais dynamiques des performances mécaniques, de dynamique des fluides, thermodynamiques, électriques et autres pour les machines, les équipements et leur composants, jusqu'à une grandeur et une complexité intermédiaires. Essais de rupture et de déformation des produits finis sous charges statiques et dynamiques.
 - III - Comme en II, mais pour des machines et équipements catalogués de poids et/ou de complexité intermédiaires.
 - IV - Laboratoires hydrauliques: réservoirs hydrodynamiques, modèles de barrages, canaux, machines hydrauliques, etc. Laboratoires aérodynamiques subsoniques classiques.
 - V - Laboratoires électriques pour travail sur hautes et très hautes tensions, et similaires. Autres essais poussés, comme en II et III, pour les machines et équipements lourds, aussi bien sur catalogues que fabriqués spécialement.
 - VI - Tunnels à vent supersoniques. Simulateurs perfectionnés. Essais des équipements de haute technologie dans les domaines aéronautiques, maritime, spatial, de génie civil et militaire.

4. Heures directes par tonne

- I - Moins de 200 heures directes/tonne de produit
- II - Entre 200 et 400
- III - Entre 400 et 800
- IV - Entre 800 et 1,600
- V - Entre 1,600 et 3,200
- VI - Plus de 3,200

5. Nombre de types

- I - Jusqu'à 3
- II - De 4 à 15
- III - De 16 à 50
- IV - De 51 à 250
- V - De 251 à 500
- VI - Plus de 500

6. Variété de modèles

- I - Jusqu'à 3
- II - De 4 à 7
- III - De 8 à 15
- IV - De 16 à 31
- V - De 32 à 63
- VI - Plus de 64

7. Séries

- I - Séries continues, très élevées
- II - De 1,000 à 500
- III - De 500 à 100
- IV - Jusqu'à 1-3 par mois
- V - Fabrication à l'unité (répétitive)
- VI - Fabrication spéciale à l'unité (non-répétitive)

8. Assemblage

- I - Biens d'équipement de complexité et de poids très limités, prêts à l'emploi quand ils sont livrés à l'utilisateur, demandant simplement la lecture des instructions du fabricant, lesquelles accompagnent normalement le produit.

- II - Biens d'équipement exigeant une chaîne de montage hautement spécialisée, alimentée par des chaînes de montage pour groupes et sous-systèmes. Concerne les produits complexes de poids moyens à semi-lourds fabriqués en série continue, tels que les camions, machines de construction de routes, etc.

- III - Biens d'équipement livrés à l'utilisateur partiellement montés, l'assemblage final et les essais géométriques, dynamiques et de performance étant effectués à l'usine du client avec aide de personnel de montage fournie par le fabricant. Exemples: machines comprenant des structures de base grandes et/ou complexes, pour l'installation desquelles le fabricant fournit ses conseils et son savoir-faire.

- IV - Cas où du personnel spécialisé, fourni par le fabricant, doit assurer l'assemblage final du bien d'équipement.

Cette difficulté devient plus marquée lorsque:
 - V - Le bien d'équipement exige en même temps l'intervention de spécialistes et autre personnel pour l'assemblage et la constitution de l'infrastructure et/ou du personnel supplémentaire.

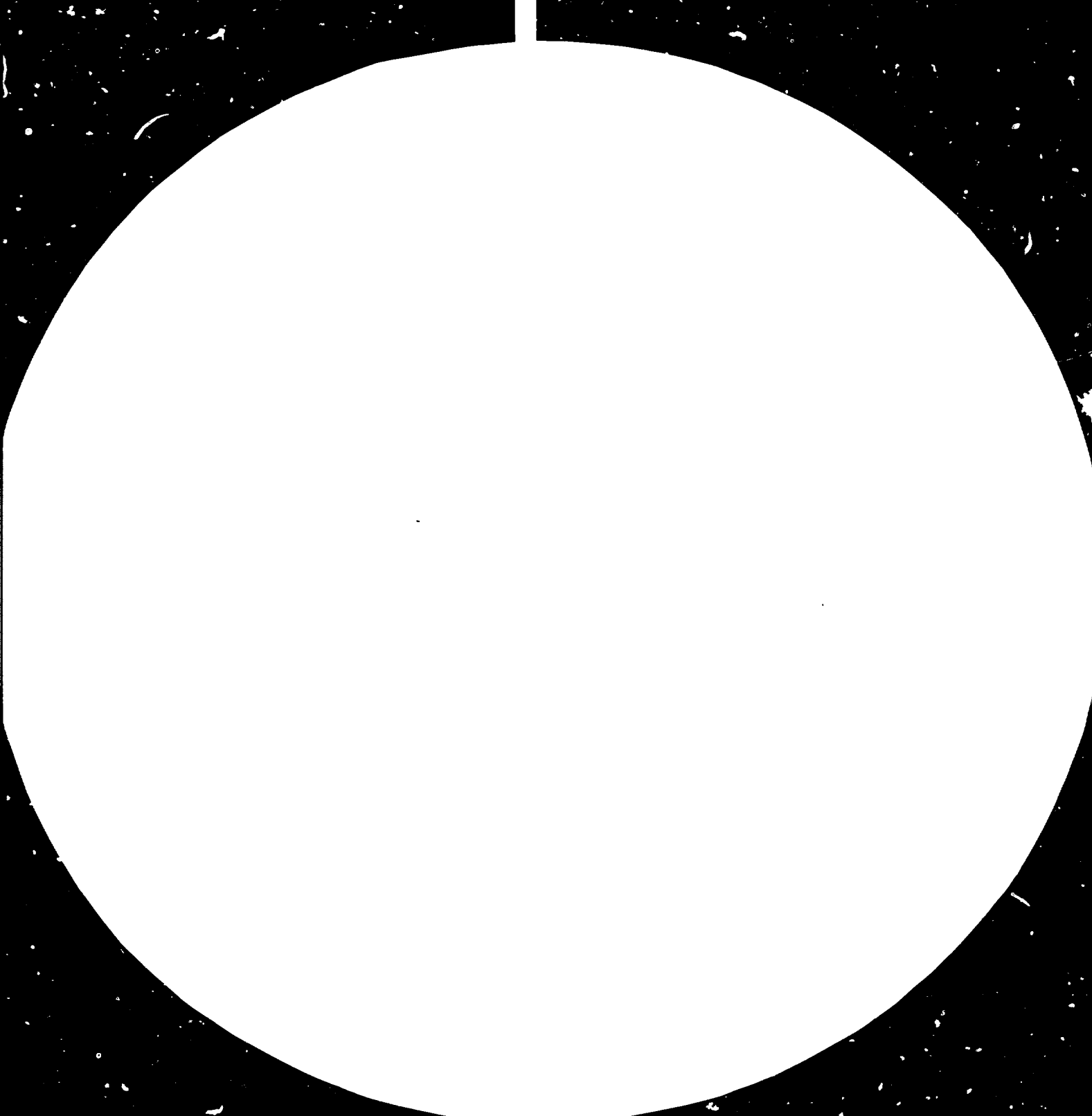
Ce cas se présente pour les opérations ou les installations de grande envergure .

- VI - Ce degré maximal de difficulté est atteint dans le cas de biens d'équipement très complexes et très spécialisés pour lesquels le fabricant doit posséder toute une organisation capable de transférer une grande quantité de know-how au moyen de cours, opérations de simulation, travaux pratiques supervisés par des instructeurs, etc. (par exemple pour les avions, bateaux, etc.).

9. Taille d'entreprise

- I - De 50 à 100 employés
- II - De 101 à 250 employés
- III - De 251 à 500
- IV - De 501 à 1,000
- V - De 1,000 à 3,000
- VI - Plus de 3 000 employés

21092R





Resolution test patterns are used to measure the resolution of a system. The resolution is the ability of a system to distinguish between two points that are close together. The resolution is measured in cycles per inch (CPI). The resolution of a system is the number of cycles per inch that the system can resolve. The resolution of a system is the number of cycles per inch that the system can resolve.

3A₂. DEFINITION TECHNIQUE DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES 30 FACTEURS
DU BLOC "MOYENS DE PRODUCTION"

1. Pour tous les facteurs du bloc A2, sauf le contrôle de qualité, les six niveaux de complexité sont caractérisés par les définitions générales suivantes:

- I - Machines, équipements ou installations avec cycles de travail universels et à fonctionnement manuel ou presque. Technologie normale, classique, de précision limitée.
- II - Machines, équipements ou installations de conception universelle avancée et/ou de haute précision.
- III - Machines, équipements ou installations avec cycles de travail semi-automatiques.
- IV - Machines, équipements ou installations figurant sur catalogue, avec des cycles de travail automatiques et des programmes de travail fixes, immuables.
- V - Cycles automatiques avec programmation souple de tous genres: commande numérique, commande numérique informatisée et similaire. Centres d'usinage.
- VI - Machines ou installations spécialement conçues pour le client, non cataloguées, pour une ou plusieurs opérations spéciales, telles que les machines de transfert et similaires.

2. Pour le contrôle de qualité les six niveaux de complexité sont les suivants:

- I - Pression, charge statique, équilibrage dynamique, coudage, etc.
- II - Essais géométriques conformes à des normes.
- III - Essais dynamiques opérationnels, avec ou sans normes, n'exigeant pas l'emploi d'un banc d'essais spécial.
- IV - Emploi de bancs d'essais spéciaux pour produits fabriqués en série.
- V - Emploi de bancs d'essais pour produits non fabriqués en série et/ou lourds.
- VI - Essais hautement spécialisés (normalement effectués sur commande) d'équipements complexes.

3B₁. DEFINITION TECHNIQUE DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES 8 FACTEURS
DU BLOC "PRODUITS SEMI-FINIS"

1. Moulage de la fonte, procédés classiques
 - I - Activité artisanale élémentaire, primaire, sans normes. Opérations principalement manuelles. Cubilots.
 - II - Selon des normes. Fonte grise et fonte blanche ordinaire. Poids limités. Moulage mécanique pour les pièces les plus petites. Valeur de r toujours inférieure à 30 kg/mm². Parfois, utilisation de fours électriques.
 - III - Fonte malléable, à graphite sphéroïdal, alliée à Mn, Cr, Ni et autres éléments. Pièces complexes. Moulage semi-mécanisé. Contrôle de la terre et des sables. Parois très minces, microporosité etc.
 - IV - Alliages spéciaux. Cas peu communs. Très grosses pièces. Contrôle de la qualité très strict. Installations automatiques.
2. Moulage de l'acier, procédés classiques
 - I - Élémentaire, pas de normes. Opérations manuelles.
 - II - Selon des normes. Aciers au carbone. Jusqu'à des pièces de poids et de complexité moyens.
 - III - Aciers spéciaux avec Cr, Ni, Mo, Mn et autres. Moulage semi-mécanisé. Pièces complexes, lourdes.
 - IV - Alliages spéciaux, Grosses pièces. Installations automatiques. Haut niveau de contrôle de la qualité.
 - V - Pièces hautement complexes ou grosses et très grosses pour usages militaires, hautement spécialisés. Alliages spéciaux.
3. Moulage de métaux non-ferreux, procédés classiques
 - I - Moulages ordinaires d'aluminium, bronze et laiton, pas de normes. Opération manuelle.
 - II - Pièces petites à moyennes. Selon des normes. Alliages de bronze, laiton et Al, Mg, Zn avec propriétés mécaniques de niveau bas à moyen. Opération semi-mécanisée. Contrôle de qualité partiel.
 - III - Bronze, laiton et Al, Mg, Zn et autres alliages aux propriétés mécaniques de haut niveau. Jusqu'aux pièces lourdes. Contrôle de la qualité systématique.
 - IV - Pièces très lourdes (par exemple grosses hélices). Alliages spéciaux non-stratégiques. Installations automatiques.

4. Moulage et forgeage de matières stratégiques: tous procédés

- V - Petites pièces pour l'aéronautique, turbines, moteurs à pistons pour l'aéronautique, l'astronautique, les satellites. Propriétés mécaniques spéciales. Contrôle de la qualité très strict. Utilisations militaires, navales, aériennes et de l'armée, y compris les fusées.
- VI - Comme V avec pièces de grandeur moyenne comme maximum. Propriétés mécaniques très spéciales.

5. Moulage sous pression et centrifuge etc.

- I - Zamak, aluminium, et autres métaux non-ferreux. Pas de normes. Equipements simples et manuels.
- II - Pour les métaux ferreux et non-ferreux, selon des normes. Pièces petites à moyennes. Equipement semi-automatiques. Qualité et complexité normales.
- III - Pour métaux ferreux et non-ferreux. Selon des normes. Jusqu'aux pièces grosses et complexes. Commande de qualité de haut niveau. Bonnes propriétés mécaniques.
- IV - Pour métaux ferreux et non-ferreux. Cas spéciaux en ce qui concerne la forme, les résistances de matériaux et la grandeur. Contrôle de qualité strict. Installations hautement automatisées.

6. Autres procédés de moulage: microfusion, moulage à carapace de sable, moulage en coquille, moulage sous vide, etc.

- II - Cas simples pour le moulage à carapace de sable et le moulage en coquille. Selon des normes. Equipement simple. Métaux ferreux et non-ferreux. Niveau limité de propriétés mécaniques.
- III - Presque tous les procédés pour les métaux ferreux et non-ferreux. Pièces de grandeur moyenne. Contrôle de qualité strict. Installations et équipements semi-automatiques. Haut niveau de complexité. Parois minces.
- IV - Cas spéciaux, Pièces très complexes ou lourdes, ou pièces de haute résistance mécanique. Qualité maximum. Equipement automatique. Pour métaux ferreux et non-ferreux.

7. Forgeage au marteau

- I - Pièces légères. Opérations manuelles. Formes simples. Pas de normes.
- II - Selon des normes. Jusqu'à des pièces de poids moyen. Garanties limitées.
- III - Pièces semi-lourdes et lourdes. Garanties et normes.
- IV - Cas spéciaux. Pièces ultra-lourdes. Contrôle de qualité strict. Haute résistance mécanique.
- V - Compris dans 4-V.

8. Estampage, etc.
- I - Pièces légères de forme simple. Pas de normes.
 - II - Selon des normes. Pièces de complexité normale. Qualité irrégulière. Equipement simple, classique.
 - III - Forgeage multi-étagé. Refoulement, filage, etc. Pièces de poids moyen. Equipements semi-automatiques et automatiques pour les petites pièces. Qualité. Garanties. Matières de résistance modérée.
 - IV - Besoins spéciaux en ce qui concerne la forme, les alliages et la complexité. Grosses pièces. Contrôle strict de la qualité. Equipement automatique, installations automatisées. Autres technologies de formage à chaud.
 - V - Compris dans 4-V.

3B₂. DEFINITION TECHNIQUE DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES 15 FACTEURS
DU BLOC "SERVICES TECHNIQUES FOURNIS PAR DES TIERS"

1. Détente et recuit

- I - Avec des installations simples et un contrôle de la qualité limité. Pièces de grandeur limitée. Garanties partielles.
- II - Conforme aux normes. Garanties. Jusqu'aux pièces semi-lourdes, parois moyennement épaisses. Atmosphère contrôlée. Installations classiques.
- III - Jusqu'aux pièces semi-lourdes à lourdes. Contrôle de qualité strict. Parois épaisses. Installations automatiques. Laboratoire.
- IV - Pièces ultra-lourdes. Cas spéciaux. Installations automatiques complexes. Procédés spéciaux. Laboratoire de recherche et développement.

2. Traitement thermique

- I - Installations élémentaires. Poids et contrôle de la qualité limités. Matières normales. Pas de normes.
- II - Selon des normes. Trempe, cémentation, recuit et recuit de normalisation. Complexité moyenne. Installations classiques.
- III - Les procédés précédentes pour une gamme étendue d'aciers. Pièces plus grosses et plus lourdes, jusqu'à moyen. Nitruration, carbonitruration et procédés similaires. Equipement semi-automatique. Contrôles de qualité corrects. Garanties. Laboratoires.
- IV - Besoins spéciaux et technologie poussée. Contrôle de qualité strict. Installations automatiques complexes. Pièces lourdes. Laboratoire de recherche et développement.

3. Apports superficiels de métaux etc.

- I - Installations semi-artisanales. Pas de contrôle de la qualité.
- II - Conforme aux normes. Contrôle de qualité irrégulier. Placage nickel, placage chrome, placage cadmium, placage zinc, phosphatage, étamage, etc. Pièces petites et standard. Installations non-automatiques.
- III - Pièces de grandeur moyenne. Contrôles de qualité normaux. Laboratoire. Apports superficiels par méthodes de métallurgie des poudres. Chrome poreux dur. Autres procédés. Installations semi-automatiques.
- IV - Besoins spéciaux. Installations automatiques et programmables, etc. Grosses pièces. Tous les procédés sont de technologie poussée. Contrôle de qualité strict. Recherche et développement.

4. Fabrication et entretien des outils

- I - Entretien d'outils simples. Fabrication d'outils simples. Qualité irrégulière. "Savoir-faire" limité.
- II - Entretien d'outils de complexité moyenne. Précision au 1/100mm. Grosseur moyenne. Fabrication d'outils de taille et de façonnage, et filières simples pour filage etc. Qualité irrégulière. Equipement classique. Garanties limitées. Quelques normes.
- III - Entretien des outils complexes y compris outils d'alésage, outils de taille des engrenages, fraises etc., pour des tolérances jusqu'à ISO 6 et 7. Fabrication d'outils multiples ou composés et d'outils spéciaux de complexité moyenne. Garanties. Normes. Laboratoire de métrologie. Ne comprend pas la fabrication en série des outils.
- IV - Entretien d'outils complexes et/ou spéciaux pour les métaux et le bois etc. Grande taille. En petites dimensions pour des tolérances jusqu'à ISO 5 et 6. Outils de forage simples pour puits etc.; entretien. Fabrication seulement d'outils spéciaux de complexité moyenne (sauf fabrication en série à grande échelle). Normes, garanties, laboratoire de métrologie. Recherche et développement à petite échelle.
- V - Tous les cas complexes spéciaux pour toutes applications dans l'entretien et la fabrication. Entretien des outils pour le forage de puits, y compris puits de pétrole, et mines. Recherche et développement.

5. Fabrication de matrices pour estampage à froid

- I - Construction de type artisanal avec des équipements simples. Qualité limitée. Petites pièces.
- II - Ateliers moyennement équipés. Pièces de dimensions standards et de complexité moyenne. Durabilité limitée. Garantie et qualité irrégulières.
- III - Ateliers avec équipement bon mais incomplet. Jusqu'aux pièces de grosseur moyenne. Haute complexité dans les petites pièces. Précision. Garantie. Durabilité. Matrices simples, progressives. Comprend propre "savoir faire".
- IV - Ateliers avec équipement complet et de haute qualité. Précision, garantie, productivité, durabilité. Haute complexité, matrices progressives et multiples etc. Microestampage. Grosses pièces. Cas spéciaux. Propre "savoir-faire" approprié. Laboratoire.

6. Fabrication de moules, matrices et coquilles etc. pour métaux

- I - Basse qualité, Large tolérances. Petits ateliers avec équipement standard. Simples pièces de poids limité. Pas de garanties.
- II - Atelier de grandeur moyenne avec équipement standard varié. Garanties et qualité irrégulières. Jusqu'aux pièces de grandeur moyenne. Formes semi-complexes (profondeur, parois, bourrelets, etc.)

- III - Ateliers bien équipés pour des pièces jusqu'à semi-lourdes. Degré considérable de propre savoir-faire. Garanties, précision et durabilité normales. Contrôles de qualité systématiques. Formes complexes.
- IV - Ateliers très bien équipés. Jusqu'aux pièces grosses et complexes. Besoins spéciaux. Savoir-faire approprié. Haut niveau de garantie, de durabilité et de précision. Solutions pour grandes séries. Contrôle de qualité et autre laboratoires.
- V - Solutions spécifiques pour les armements de l'armée, de la marine et de l'aviation. Aviation civile, turbines, moteurs à pistons. Laboratoires de recherche et développement.

7. Construction de montages, gabarits, etc.

- II - Propre savoir-faire limité. Etudes par des tiers. Ateliers avec équipement normal et incomplet. Complexité moyenne. Précision exprimée en 1/100 de mm. Garanties partielles.
- III - Propre savoir-faire hautement développé. Etude par des tiers. Ateliers avec équipement bon mais incomplet. Climatisation. Précision exprimée en 1/1000 de mm pour les petites pièces. Garanties. Qualité. Métrologie hautement développée. Jusqu'aux pièces de grandeur moyenne.
- IV - Ateliers avec équipement complet et perfectionné. Pièces grande échelle. Solutions spéciales et complètes pour de grandes séries. Savoir-faire de haut niveau. Garanties. Laboratoire. Très haute précision.

8. Services de chaudronnerie légère, tôles jusqu'à 12 mm

- I - Ateliers semi-artisanaux. Equipement normal. Précision limitée. Etudes par des tiers. Basse complexité. Soudage classique.
- II - Ateliers bien équipés. Garanties partielles. Normes. Propres études et études par des tiers. Précision normale. Profils et structures jusqu'à un niveau complexe. Fonctionnement manuel ou semi-automatique. Divers types de soudage.
- III - Ateliers avec équipement complet et perfectionné. Garanties, normes, contrôles de qualité. Propres études et études par des tiers. Opérations complexes et de précision. Machines automatisées et/ou avec programmation. Acier inox. Soudage spécial pour diverses matières. Cas complexes avec strict contrôle de la qualité, y compris essais de pression et similaires.

9. Services de chaudronnerie moyenne à semi-lourde, tôles jusqu'à 25 mm

- I - Petits ateliers avec équipement simple, incomplet. Contrôle de qualité élémentaire. Complexité limitée. Travaux d'étude par des tiers. Soudage classique. Pas de normes.

- II - Ateliers de grandeur moyenne avec équipement bon mais limité. Structures coniques, sphériques et complexes. Travaux d'étude par des tiers. Normes. Garanties partielles. Un certain degré de mécanisation simple. Qualité et précision adéquates.
- III - Ateliers avec équipement complet. Postes d'opération technologiquement perfectionnés. Haut degré de complexité. Contrôle de qualité strict y compris soudures. Garanties. Normes. Travaux d'étude par des tiers.

10. Services de chaudronnerie lourde, tôles à partir de 31 mm

- II - Ateliers de grandeur moyenne avec équipements incomplets, classiques. Contrôle de qualité partiel et général, y compris soudures. Appareils de levage adéquats. Soudage manuels et soudure semi-automatique. Complexité moyenne. Tôle jusqu'à 50 mm et profils liés. Quelques normes. Travaux d'étude par des tiers.
- III - Ateliers bien équipés avec quelques machines perfectionnées. Normes. Contrôle de qualité correct, y compris soudage. Garanties. Haut degré de complexité. Pièces coniques, sphériques, etc. Travaux d'étude par des tiers et propre savoir-faire. Tôles jusqu'à 100 mm et profils liés. Matériel adéquat de levage et de manutention des matières. Usinage limité aux brides, perçage et taraudage.
- IV - Ateliers très bien équipés. Haute qualité. Normes. Garanties. Haut degré de complexité. Essais de pression et autres. Pièces coniques et sphériques. Diverses matières. Travaux d'étude par des tiers et propre savoir-faire. Usinage limité aux brides, quelques travaux à plat, perçage et taraudage.

11. Fabrication de roues d'engrenage ou seulement taille des roues

- I - Ateliers avec équipement classique, universel. Pièces jusqu'à grandeur moyenne. Qualité classe IV. Formes normales. Pas de garanties.
- II - Ateliers de grandeur moyenne. Qualité classe III. Pièces jusqu'à grandeur moyenne. Cylindriques, coniques, droites et hélicoïdales. Corrections simples.
- III - Ateliers bien équipés. Qualité classes II et I. Grande diversité de formes de dents et de corrections. Sauf pièces plus complexes. Garanties. Jusqu'à grandeur moyenne. Contrôle strict. Pour les grandeurs importantes, jusqu'à 5 m de diamètre. Classes IV et III.
- IV - Atelier très bien équipé. Métrologie perfectionnée. Toutes les formes, corrections et grandeurs les plus complexes (sauf roues dentées superlourdes). Traitement superficiel spécial et matières de la plus haute résistance.

12. Usinage spécial, fin et normal

- I - Tournage automatique de complexité, précision et grandeur normales. Services rectifiage, évaselement, fraisage, etc.
- II - Décolletage. Perçage profond. Alésage. Arbres cannelés. Superfinissage intérieur et extérieur. Service machine à pointer. Qualité maximum ISO 7 et 6.
- IV - Les mêmes services qu'en II mais avec qualité maximum ISO 4 et 5. Ateliers bien équipés, climatisation, métrologie perfectionnée. Centres service usinage.

13. Usinage spécial, moyen et semi-lourd

- II - Tournage complexe automatique. Perçage trous profonds. Affûtage, rectifiage, fraisage, alésage, pointage. Grandes surfaces plates, rainurage etc. Qualité normale. Métrologie adéquate. Garanties incomplètes.
- III - Services pointage etc. (comme II) à un plus grand niveau de précision jusqu'aux classes ISO 6 et 7. Formes complexes. Matières de bonne résistance mécanique. Métrologie adéquate. Garanties
- IV - Cas spéciaux, formes très complexes. Matières de haute résistance mécanique. Jusqu'à précision classe ISO 5. Construction d'outils spéciaux pour l'exploitation du service. Rectifiage des filets, crémaillères, parties sphériques etc. Garanties. Métrologie de haut niveau. Climatisation.

14. Usinage spécial, lourd

- III - Tournage vertical et horizontal, rectifiage et superfinissage. Machines à évaser normales et de précision. Grosses pièces plates. Jusqu'à 25 tonnes. Fonte, acier et chaudronnerie. Qualité normale. Garanties adéquates. Métrologie appropriée.
- IV - Comme III mais atelier mieux équipé quant à la variété et la capacité des machines (jusqu'à 50 tonnes) et quant à la précision. Pièces uniques pour sous-ensembles. Bancs d'essais simples. Métrologie poussée. Bonne qualité. Garanties. Normes.
- V - Atelier très bien équipé avec capacité supérieure à 50 tonnes. Cas spéciaux et complexes, avec banc d'essais. Contrôle de qualité strict. Acier inoxydable et autres matières spéciales. Garanties. Normes.

15. Estampage à froid

- I - Ateliers de type artisanal. Contrôle de qualité primitif. Pièces petites et simples. Petites séries. Machines classiques.
- II - Ateliers moyens et petits. Pièces normales et de grandeur moyenne. Complexité limitée. Pour métaux non-ferreux et aciers normaux. Précision moyenne. Contrôle de qualité adéquat.
- III - Ateliers bien équipés. Bonne qualité. Estampage complexe, progressif. Emboutissage profond. Machines classiques ou automatiques. Pour métaux non-ferreux, aciers normaux, inoxydable et autres. Eventuellement assemblage de pièces estampées. Garanties. Essais.
- IV - Micro-estampage de haute précision. Très grosses pièces (par exemple, châssis de camions). Estampage en ligne, de précision. Emboutissage profond de grosses pièces. Haut degré de complexité. Quelques assemblages. Essais, garanties.

30. DEFINITION TECHNIQUE DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES 18 FACTEURS
DU BLOC "COMPOSANTS"

1. Mécanique: éléments de machine simples, ne comprenant qu'une ou quelques pièces

- I - Vis, rondelles, écrous, goupilles, rivets, volants, poulies, leviers, boutons, ressorts, etc. Ferreux et non-ferreux. Conformité à des normes géométriques mais sans la qualité correspondante.
- II - Grande diversité de formes et de grandeurs, plus complète que I. Conformité à des normes géométriques et de qualité.
- III - Cas spéciaux quant à la forme, les matières et la résistance. Revenu. Haute précision. Garanties. Laboratoire. Propre savoir-faire dans certains cas.
- V - Éléments pour l'aéronautique, les moteurs d'avions, les satellites, fusées etc. Contrôle de qualité strict. Garantie maximum. Laboratoire de recherche. Matières spéciales. Capacité créatrice.

2. Mécanique: éléments de machines composés, jusqu'à une complexité et un poids moyens

- I - Accouplements, découpleurs, limiteurs de puissance, joints, embrayages, joints universels, cames, tambours, freins, niveleurs, supports etc. Avec ou sans normes. Grandeur, puissance, diversité, performance et qualité limités.
- II - Ateliers petits à moyens. Conformité à des normes géométriques et de qualité. Liste I agrandie quant à la diversité, la puissance, la grandeur etc. jusqu'à performance normale. Ajouter à la liste: petits variateurs, réducteurs simples jusqu'à 25 CV. amortisseurs, etc.
- III - Ateliers moyens à grands. Haute performance, normes, garanties, laboratoires de contrôle de qualité, postes d'essai. Diversité de modèles et de puissance. Variateurs, réducteurs, multiplicateurs, dispositifs de sécurité, roulements simples jusqu'à 17 mm de diamètre, etc. Puissance de référence environ 50 CV.
- IV - Même chose que III, mais avec une plus grande diversité de types, de modèles, de performances, de puissances, de capacité et de complexité. Haute qualité. Postes d'essais. Capacité créatrice. Roulement jusqu'à grandeur moyenne et pour applications appropriées. Recherche et développement.
- V - En plus de IV: plus grande diversité de roulements fabriqués en série. Roulements spéciaux. Éléments pour l'aéronautique et l'industrie des armements pour l'armée, la marine et l'aviation. Recherche et développement de pointe.

3. Mécanique: Eléments de machine composés, jusqu'à lourds, complexes et spéciaux

- III - La même liste que 2.III, mais augmentation de la taille, puissance, performance, etc. Petites séries. Ajouter: réducteurs, boîtes de vitesse, dispositifs de prise de force angulaire, etc. Ateliers de grandeur moyenne avec machines classiques et de pointe. Qualité normale. Métrologie normale. Garanties partielles. Quelques normes. Puissance pour référence seulement de l'ordre de 75-100 CV métriques.
- IV - Même liste que ci-dessus, avec garanties puissance, charge, taille et qualité plus grandes. Sauf roulements. Puissance supérieure à 100 CV. Postes d'essai. Métrologie de pointe. Postes de contrôles.
- V - Comprend équipement de haute puissance. Fabrication lourde de pièces uniques. Spécial. Roulements spéciaux. Solutions pour équipements militaires de l'armée et de la marine. Recherche et développement de pointe.

4. Hydraulique

- II - Eléments pour circuits basse pression jusqu'à 70kg/cm^2 . Pompes, moteurs, distributeurs, soupapes, cylindres, filtres, réservoirs etc. Equipement simple. Types et modèles peu variés. Qualité et garanties normales.
- III - Eléments pour pression et puissance modérées. Diversité de types, modèles, et puissances, bien que limitée. Essais de performance. Garanties. Haute qualité.
- IV - Eléments pour haute pression jusqu'à 200kg/cm^2 . Gros cylindres. Servomécanismes, transmission hydraulique et variateurs, unités d'essai, dynamomètres, freins et servo-freins, amortisseurs, accumulateurs, moteurs etc. Puissance moyenne à grande. Haut degré de complexité. Qualité. Garanties. Laboratoire d'essais. Recherche et développement.
- V - Eléments spéciaux. Pièces uniques ou petites séries. Applications militaires normales. Moteurs d'avions à pistons. Travaux publics. Services de recherche et développement poussés.
- VI - Applications très spéciales pour l'aviation civile et militaire, armements pour l'armée et la marine, grands travaux publics et machines de haute puissance. Niveau très considérable de postes d'essais et recherche et développement.

5. Pneumatique

- II - Eléments simples, pistons, soupapes, distributeurs. Peu de variété quant à la puissance, le débit et les caractéristiques. Garanties limitées.
- III - Qualité, garanties, essais de fonctionnement. Ajouter: humidificateurs, dispositifs de mesure, robinets automatiques, freins, embrayages, accumulateurs, filtres, gros pistons, moteurs etc. Puissance et diversité plus grandes qu'en II.

IV - Servomécanismes, mécanismes automatiques. Cas spéciaux pour micromécanique. Equipement à grande échelle ou de haute puissance. Laboratoires. Recherche et développement.

V - Applications très complexes et à grande échelle. Eléments pour l'aviation civile et militaire, et armements de la marine.

6. Pour circuits sous vide

III - Pompes simples, préparatoires. Basse puissance. Accessoires pour circuits sous vide. Vide jusqu'à 10^{-3} mm Hg. Qualité. Essais. Garanties.

V - Pompes de puissance moyenne à grande. Vide poussé de moins de 10^{-3} mm Hg. Accessoires complexes. Pour applications industrielles spéciales. Haute qualité. Garantie. Essais. Laboratoire.

7. Electricité: Commande et contrôle

Dans ce domaine, plus que dans d'autres, la même description couvre des produits dont les degrés de fiabilité et/ou de performance sont très différents. Par conséquent, pour pouvoir subdiviser l'équipement de I à VI, il n'y a pas d'autre solution que de continuer à appliquer les critères généraux déjà définis. C'est-à-dire que nous commençons au niveau I avec des produits très élémentaires comme les boutons, les clés, les commutateurs, les avertisseurs etc. sans normes strictes ou clairement définies, et nous passons à des matières pour l'aéronautique et l'astronautique, pour un environnement qui demande une haute fiabilité de fonctionnement (par exemple, essais contre explosions), pour l'industrie des armements etc., tous ces derniers étant divisés en V et VI.

8. Electricité pour circuits de force

La même approche générale est adoptée comme au point 7. Là aussi, les catégories vont de I à VI.

9. Electronique

IV - Tubes sous vide ou avec gaz, séries simples. Semi-conducteurs (résistances et condensateurs). Circuits imprimés. Recherche et développement.

V - Tubes sous vide ou avec gaz. Semi-conducteurs (résistances, condensateurs, pièces actives, etc.). Recherche et développement poussés.

VI - Matière spéciale. Applications militaires. Microminiaturisation. Recherche et développement très poussés.

10. Mesure linéaire et angulaire

III - Dispositifs mécaniques qui peuvent être incorporés dans des machines avec une précision au 1/10 et au 1/20 mm. Services division circulaire et linéaire.

- IV - Appareils et dispositifs pour mesure mécanique, précision au 1/50 et au 1/100 mm, pouvant être incorporés dans des machines. Appareils Solex et similaires. Calibres automatiques. Dispositifs de mesure pneumatique. Laboratoire.
- V - Tous types à visualisation. Positionneurs automatiques. Commande numérique et commande numérique informatisée. Dispositifs de mesure optique et optico-électrique. Mar-Poss et similaires. Recherche et développement.

11. Graissage

- I - Eléments statiques pour points de graissage et huilage. Types à pression ou par gravité. Garnitures simples, axiales ou rotatives. Pistolets de graissage. Pulvérisateurs. Qualité moyenne. Quelques normes.
- II - Conformité aux normes. Qualité. Grande diversité des composants, distributeurs, appareils de dosage, pompes manuelles et mécanisées, jauges, sécurité etc. Garanties.
- III - Circuits de graissage automatique, petite et moyenne puissance. Types hydrostatiques et hydrodynamiques. Température constante. Filtres. Poste de laboratoire et d'essais. Haute qualité. Garanties.
- V - Pour circuits automatiques de haute puissance. Cas spéciaux. Pompes programmées. Applications pour l'aviation, aéro-turbines, turbines à gaz et vapeur, énergie nucléaire, etc. Haute qualité. Contrôles, essais, garanties strictes. Recherche et développement.

12. Réfrigération par circulation d'eau ou de liquides

- II - Pompes, pompes électriques de basse puissance pour l'eau. Dispositifs de distribution et compteurs, filtres, niveaux, robinets, radiateurs, réservoirs de refroidissement et de décantation. Simples, manuels, qualité moyenne. Quelques normes et garanties partielles.
- III - Pour eau, liquide de refroidissement dans les applications de coupe des métaux, et autres liquides pour les systèmes de refroidissement des machines et des équipements. Systèmes semi-automatiques jusqu'à une capacité de débit moyenne. Caractéristiques pour la sécurité, essais, garanties et normes.
- IV - Comme III, mais pour applications automatiques. Liquides corrosifs. Tous débits. Dispositifs de nettoyage magnétiques. Installations de réfrigération. Qualité, normes, garanties. Recherche et développement.
- V - Cas spéciaux avec ou sans pollution. Laboratoires. Domaines: énergie nucléaire, militaire, aéronautique et autres applications similaires. Recherche et développement poussés.

13. Pour l'industrie du froid (sauf compresseurs)

- III - Composants de base, de basse puissance et/ou débit. Applications semi-automatiques. Thermostats, robinets, dispositifs de distribution, radiateurs etc. Qualité, garanties, normes de base.

- IV - Composants automatiques. Complexité, précision, qualité élevées. Applications industrielles complexes. Garanties et laboratoire. Recherche et développement.
 - V - Cas spéciaux et de haute puissance pour applications civiles. Températures basses et très basses. Applications militaires. Recherche et développement poussés.
14. Pour la vapeur et les gaz, corrosifs ou non. Toutes températures
- II - Cas simples, températures et pressions basses, non corrosifs. Garanties limitées. Pas de normes.
 - III - Températures, pressions et débits moyens. Applications semi-automatiques. Non corrosifs. Garanties et normes.
 - IV - Applications automatiques. Pressions, températures et débits élevés. Corrosifs. Garanties, caractéristiques de sécurité, normes, laboratoire.
 - V - Pressions et/ou températures très élevées. Corrosifs. Recherche et développement.
 - VI - Utilisations dans les centrales atomiques, utilisations militaires et similaires. Recherche et développement poussés.
15. Instruments pour la mesure de la température, du débit, de la pression, de l'humidité, des valeurs électriques etc.
- III - Instruments de mesure élémentaires pour les liquides, les gaz et l'électricité. Peu de diversité. Précision de lecture limitée. Conformité aux normes. Garanties. Essais.
 - IV - Augmentation de variété et précision - situation intermédiaire entre élémentaire et avancée. Instruments complexes. Normes. Garanties. Essais. Laboratoires.
 - V - Haute précision des lectures. Appareils d'enregistrement complexes et composés. Puissance petite et très grande. Cas spéciaux pour l'industrie. Laboratoire. Recherche et développement considérables.
 - VI - Application pour l'aéronautique, l'astronautique, les satellites, les fusées. Industrie militaire en général. Recherche et développement poussés.
16. Optique
- III - Fabrication d'appareils simples. Lentilles normales. Combinaison avec appareils mécaniques normaux.
 - IV - Optique combinée avec micro-électro-mécanique. Appareils de mesure de précision. Lentilles à revêtement. Ensembles optiques. Garanties. Haute qualité. Laboratoires.
 - V - Equipements optiques pour rayonnements invisibles (Hertzien, infra-rouge, ultra-violet, etc.). La plupart des applications normales. Recherche et développement poussés. Optique pour rayonnements visibles avec micro-mécanique. Optique complexe et de haute précision pour caméras, appareils photo, etc. Recherche et développement considérables.
 - VI - Applications militaires complexes et spécialisées. Recherche et développement poussés.

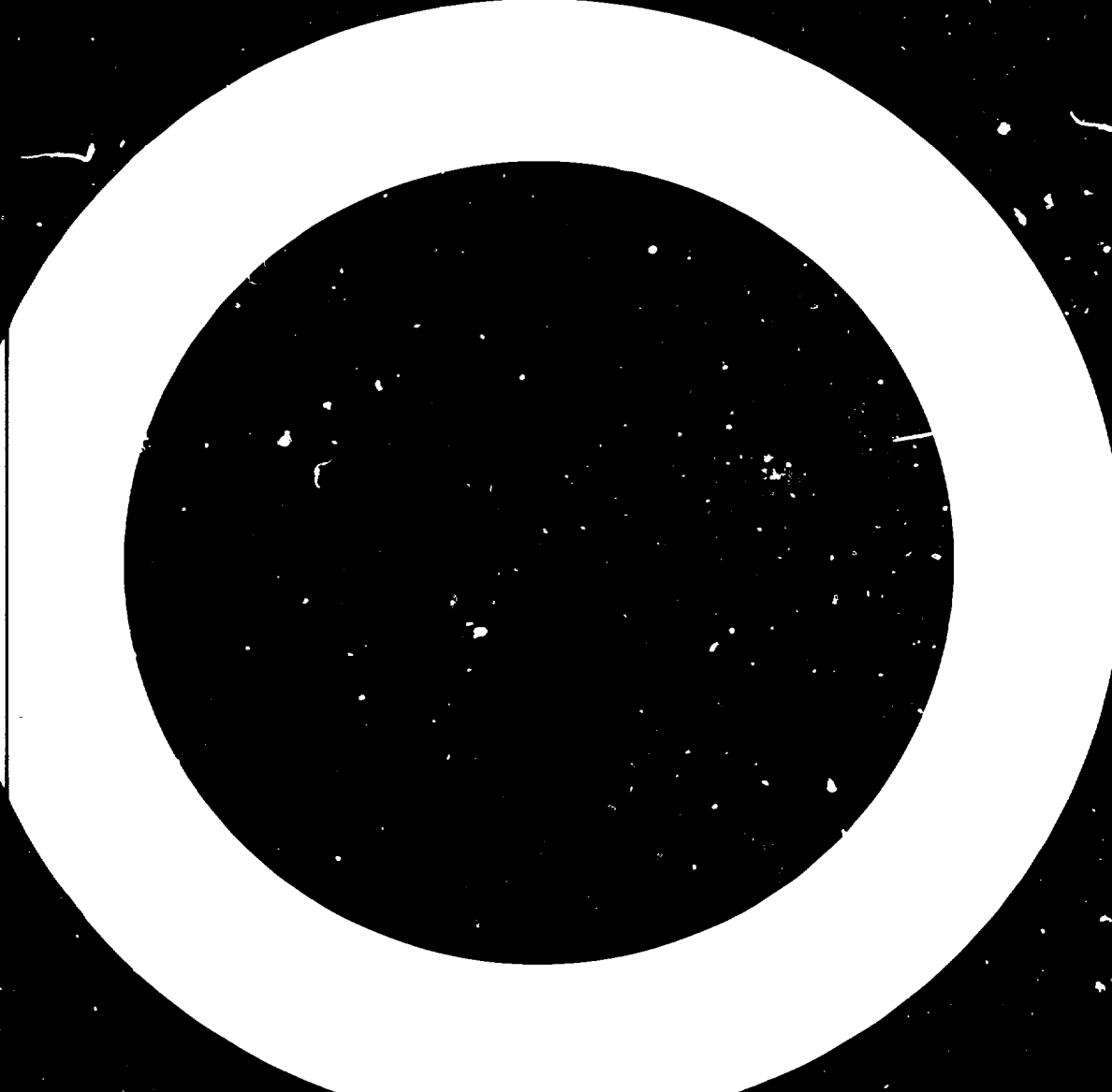
17. Autres composants très spécialisés spécifiques à certaines branches

On trouve ces composants à tous les niveaux sauf le niveau 1. Le titre ne rassemble que les composants qui, bien que pouvant demander l'utilisation de disciplines ou de techniques déjà mentionnées en C, de 1 à 16, ne sont destinés exclusivement qu'à certaines branches ou familles de produits. Exemples: Une machine à copier hydraulique conçue pour une entreprise spécialisée dans les équipements hydrauliques C.4 sera classée sous C.17 à cause de la nature spécifique du composant. Les peignes et autres pièces pour machines textiles, socs de charrue etc., sont des composants à élément unique, qui ne sont pas classés sous C.1 mais sous C.17 car ils sont utilisés exclusivement dans une branche spécifique de biens d'équipement.

18. Autres composants non métalliques, spécifiques à une branche

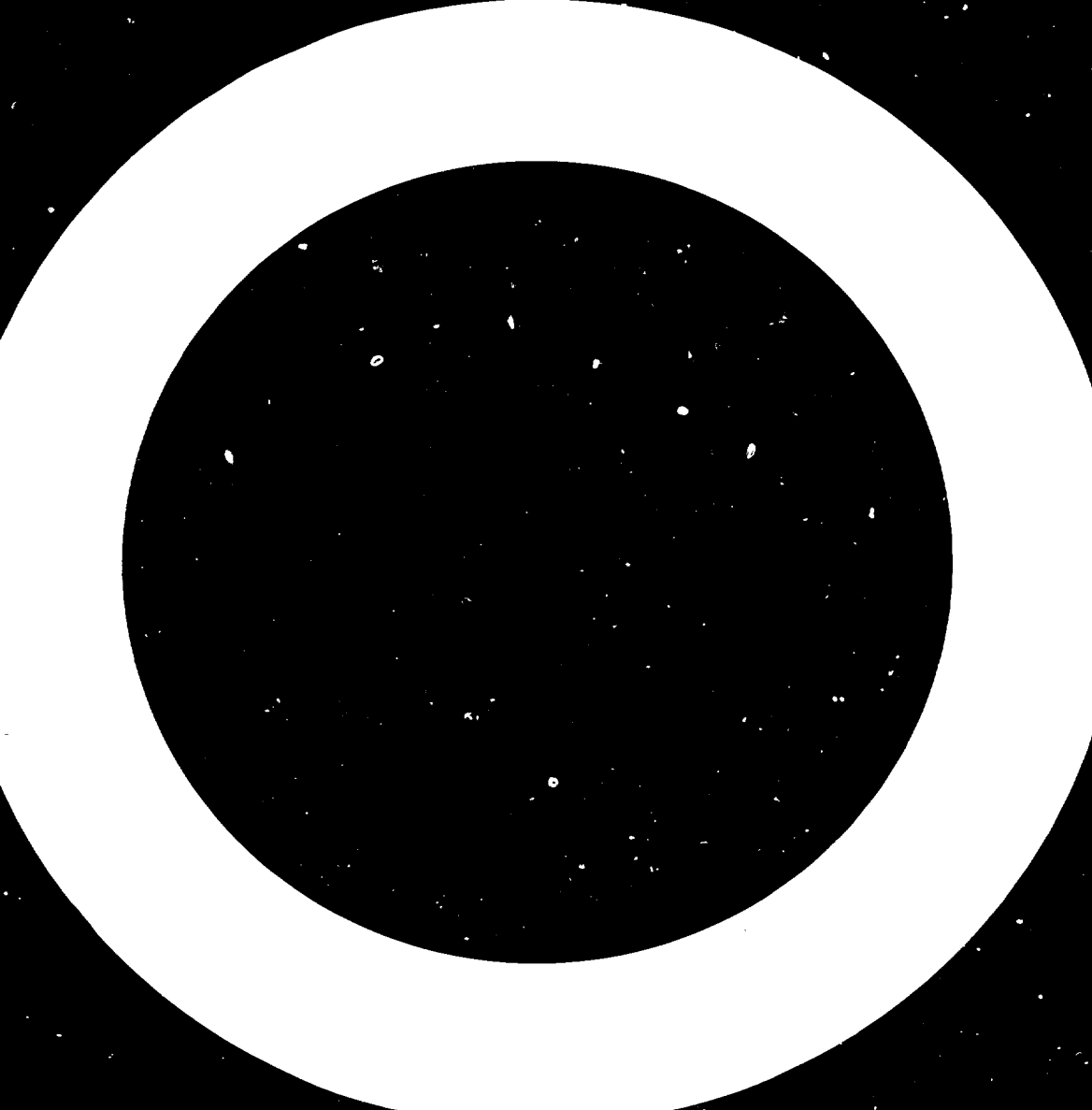
Ceux-ci se trouvent à tous les niveaux sauf le niveau I. La liste des matières ne couvre pas toute la gamme, mais seulement les matières qui sont les plus importantes pour le calcul de I_c , c'est-à-dire:

- Composants en caoutchouc naturel et synthétique. Pneus.
- Composants en plastique, matières mélangées, bakélite et similaires.
- Composants en verre, cristal, plexiglass et similaires.
- Composants produits en utilisant des matières céramiques, terres rares, graphite, mica d'isolement et similaires.



QUANTIFICATION DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE
POUR LES FACTEURS DES BLOCS
A1, A2, E1, E2, C

- Tableaux -



4A. QUANTIFICATION DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES FACTEURS
DU BLOC A1

Unité/produit/entreprise

Sym- bole	F a c t e u r	Niveaux technologiques					
		I	II	III	IV	V	VI
P	Poids	1.00	1.68	2.83	4.76	8.00	13.45
Hs	Know how	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00
L	Laboratoires	1.00	1.68	2.83	4.76	8.00	13.45
Hd	Heures directes	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00
Vt	Variété de types	1.00	1.11	2.00	2.83	4.00	5.66
Vm	Variété de modèles	1.00	1.11	2.00	2.83	4.00	5.66
S	Séries	1.00	1.11	2.00	2.83	4.00	5.66
M	Assemblage	1.00	1.58	2.83	4.76	8.00	13.45
T	No. d'employés	1.00	1.68	2.83	4.76	8.00	13.45

14.2. QUANTIFICATION DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES FACTEURS
DU BLOC A2

Les moyens de production

Chaque facteur du Bloc A2 est quantifié au moyen de la progression géométrique:
Niveau I = 1, II = 1.19, III = 1.41, IV = 1.68, V = 2.00, VI = 2.38

①	Dénomination	Niveaux technologiques					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Coupe et outillage des métaux						
2.	Pliage, doublage, roulage, etc.						
3.	Déformation à froid des tubes, ronds, plats, etc.						x (*)
4.	Rivetage, déformation par rotation, filetage par déformation, etc.						x
5.	Estampage et emboutissage						x
6.	Autres machines de déformation à froid						
7.	Machines à souder de tous types						
8.	Tours horizontaux, monomandrin						
9.	Tours avec 2 ou plusieurs mandrins	x	x				
10.	Tours verticaux et plateau	x					
11.	Tournage sphérique, globoidal, etc.	x	x				
12.	Etaux - linceuls horizontaux, vert. raboteuses						
13.	Brochage	x	x				x
14.	Fraiseuses tous types						
15.	Perceuses et taraudeuses à copeaux						
16.	Aléseuses tous types						
17.	Machines pour tailler engrenages						
18.	Rectifieuses tous types						
19.	Machines de super finition et autres machines travaillant par abrasif	x	x				
20.	Machines d'électroérosion, laser et autres de technologies de pointe	x					
21.	Machines conçues et construites par l'utilisateur	x	x		x		
22.	Machines pour les montages	x	x	x	x		
23.	Machines-outils combinées, de déformation et copeaux	x	x	x			
24.	Machines-outils pour enlèvement de copeaux						
25.	Machines spécifiques pour moteurs électriques et similaires	x	x				x
26.	Machines pour plastique, pièces en gomme et similaires						
27.	Machines et installations pour décapage, lavage, dégraissage						x
28.	Peinture, points fixes						x
29.	Fours et sécheurs		x				x
30.	Contrôle de qualité	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(*) Les symboles "x" indiquent que ces niveaux de complexité sont considérés comme inexistantes pour les facteurs correspondants.

4B₁. QUANTIFICATION DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES FACTEURS
DU BLOC 31

Semi-élaboré

No.	Dénomination	Niveaux technologiques					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Fonderie de fonte, procédés convent.	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
2.	Fonderie d'acier, procédés convent.	1.00	1.68	4.76	8.00	13,45	x
3.	Fonderie de non-ferreux (laiton, etc.) procédés conventionnels	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
4.	Fonderie et forge des matériaux strat.	x	x	x	x	16.00	32.00
5.	Fonderie à pression, centrifuge, etc.	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
6.	Autres procédés de fonderie: micro- fusion, "shell-molding", en coquille, en dépression, etc.	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
7.	Forge libre	1.00	1.41	2.00	2.83	4.00	x
8.	Forge en estampe, estampage à chaud	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x

4B₂. QUANTIFICATION DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES FACTEURS
DU ELOC B2

Services techniques de tiers

No.	Dénomination	Niveaux technologiques					
		I	II	III	IV	V	VI
9.	Recuit, réduction des tensions et opérations appliquées aux matériaux forgés et/ou de fonderie	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
10.	Traitements thermiques	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
11.	Dépôts métalliques superficiels, etc.	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
12.	Fabrication et maintenance des outils de coupe de métaux	1.00	1.68	2.83	4.76	8.00	x
13.	Construction de matrices pour estampage et emboutissage à froid	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
14.	Construction de moules à pression	1.00	1.68	2.83	4.76	8.00	x
15.	Construction de "jigs", gabarits de perçage, etc.	x	1.41	2.00	2.83	x	x
16.	Services de chaudronnerie légère, tôle jusqu'à ½" (0.5 pouce)	1.00	1.41	2.00	x	x	x
17.	Services de chaudronnerie moyenne, tôle jusqu'à 1" (1 pouce)	1.00	1.41	2.00	x	x	x
18.	Services de chaudronnerie lourde, tôle jusqu'à 1¼" (31.7 mm)	x	1.41	2.00	2.83	x	x
19.	Fabrication d'engrenages, taillage des engrenages	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
20.	Usinage spécial, de précision, etc.	1.00	1.41	x	2.83	x	x
21.	Usinage spécial, moyen et demi-lourd	x	1.41	2.00	2.83	x	x
22.	Usinage spécial lourd	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x
23.	Estampage à froid	1.00	1.41	2.00	2.83	x	x

4C. QUANTIFICATION DES 6 NIVEAUX DE COMPLEXITE POUR LES FACTEURS
DU BLOC C

Composants

No.	Dénomination	Niveaux technologiques					
		I	II	III	IV	V	VI
f.	Mécaniques: éléments simples pour machines, une ou quelques pièces	1.00	1.41	2.00	x	4.00	x
2.	Mécaniques: éléments pour machines, plusieurs pièces, complexité moyenne	1.00	1.68	2.83	4.76	8.00	x
3.	Mécaniques: éléments pour machines, lourds, complexes, spécialisés	x	x	2.83	4.76	8.00	x
4.	Hydrauliques	x	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00
5.	Pneumatiques	x	1.68	2.83	4.76	8.00	x
6.	Pour les circuits en dépression	x	x	2.00	x	4.00	x
7.	Électriques: pour commande et contr.	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00
8.	Électriques: circuits de force	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00
9.	Electroniques	x	x	x	8.00	16.00	32.00
10.	Mesure linéaire et angulaire	x	x	2.83	4.76	8.00	x
11.	Lubrification et graissage	1.00	1.41	2.00	x	4.00	x
12.	Refroidissement par circulation d'eau ou d'autres liquides	x	1.41	2.00	2.83	4.00	x
13.	Composants pour l'industrie du froid (sans compresseurs)	x	x	2.83	4.76	8.00	x
14.	Composants pour vapeurs, gaz, corrosifs ou non	x	1.68	2.83	4.76	8.00	13.45
15.	Instruments pour température, press. débits, humidité, mesures électriques etc.	x	x	4.00	8.00	16.00	32.00
16.	Composants optiques	x	x	4.00	8.00	16.00	32.00
17.	Composants métalliques, spécifiques de la branche, de machines	x	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00
18.	Composants non-métalliques, spécifiques de la branche, de machine	x	1.68	2.83	4.76	8.00	13.45



EXEMPLE DE
FICHE TECHNIQUE



5. EXEMPLE DE FICHE TECHNIQUE

ETUDE SUR LES BIENS DE CAPITAL - CRUDI		GRUPE : 1829
DENOMINATION DU PRODUIT: COMPRESSEURS A AIR JUSQU'A 5 CV		N°: -
AVEC RESERVOIR, AUTOMATIQUE		FICHE : -

A - UNITE CENTRALE DE FABRICATION

A₁ - PRODUIT et UNITE DE PRODUCTION

	I	II	III	IV	V	VI	MIN	MAX	MED
P	X						1	1	1
Hs	X						1	1	1
L							-	-	-
Hd	X	X					1	2	1.5
Vt	X	X							
Vm	X	X					1	1.98	1.49
S	X	X					1	1.41	1.2
H	X						1	1	1
T		X	X				1.68	2.83	2.25
Tot							7.68	11.22	9.44

A₂ - MOYENS DE PRODUCTION

	I	II	III	IV	V	VI	MIN	MAX	MED
1		X	X	X			1.19	1.68	1.43
2		X	X				1.19	1.41	1.3
3		X	X				1.19	1.41	1.3
4									
5									
6			X				1.41	1.41	1.41
7		X	X				1.19	1.41	1.3
8		X	X	X			1.19	1.68	1.43
9			X	X			1.41	1.68	1.54
10									
11									
12									
13									
14			X	X			1.11	1.68	1.54
15			X	X	X		1.41	2.38	1.39
16			X	X	X		1.41	2.38	1.39
17									
18			X	X			1.41	1.68	1.54
19			X	X			1.41	1.68	1.54
20									
21									
22									
23									
24			X	X			1.41	1.68	1.54
25									
26									
27									
28		X	X				1.19	1.41	1.3
29		X	X				1	1.41	1.2
30	X			X			2	2	2
Sous TOT							21. 42	25. 98	24. 15
B									
TOT							21. 42	25. 98	24. 15

RESUME

Sous groupe	Minimum	Maximum	Médiane
A ₁	7.68	11.22	9.44
A ₂	21.42	25.98	24.15
B ₁	6.00	6.83	6.41
B ₂	13.89	14.48	14.18
A	29.10	38.20	33.59
B	19.39	21.31	20.59
C	10.50	13.68	12.08
Ic Total	59.49	73.19	66.26

OBSERVATIONS: _____

FICHE : -

I	II	III	IV	V	VI	MIN	MAX	MED
---	----	-----	----	---	----	-----	-----	-----

B₁ - PRODUITS SEMI-ELABORES

1		X	X			2	2.38	2.41
2								
3		X				2	2	2
4								
5								
6								
7								
8		X				2	2	2
Sous TOT						600	6.83	6.41

I	II	III	IV	V	VI	MIN	MAX	MED
---	----	-----	----	---	----	-----	-----	-----

B₂ - SERVICES TECHNIQUES FOURNIS PAR TIERS

9		X				2	2	2
10		X				2	2	2
11		X				1.41	1.41	1.41
12		X				2.83	2.83	2.83
13								
14		X				2.83	2.83	2.83
15								
16								
17								
18								
19								
20		X				1.41	1.41	1.41
21								
22								
23		X	X			1.41	2	1.7
Sous TOT						13.89	14.48	14.18

I	II	III	IV	V	VI	MIN	MAX	MED
---	----	-----	----	---	----	-----	-----	-----

C - COMPOSANTS

1		X	X				1.41	2	1.7
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11		X	X				1.41	2	1.7
12									
13									
14									
15			X				4	4	4
16									
17		X	X				2	4	3
18		X					1.68	1.66	1.58
Sous TOT							10.50	13.53	12.08

1	2	3	4	5	6	MIN	MAX	MED
---	---	---	---	---	---	-----	-----	-----

PARAMETRES CARACTERISTIQUES

α

β								

COMMENTAIRES :

Elaboré par : ONUDI	Date: avril 1980	MODIF. X	2	3	4	5	6
---------------------	------------------	----------	---	---	---	---	---

TABLEAUX DES RESULTATS

(Tableaux 1 à 27)

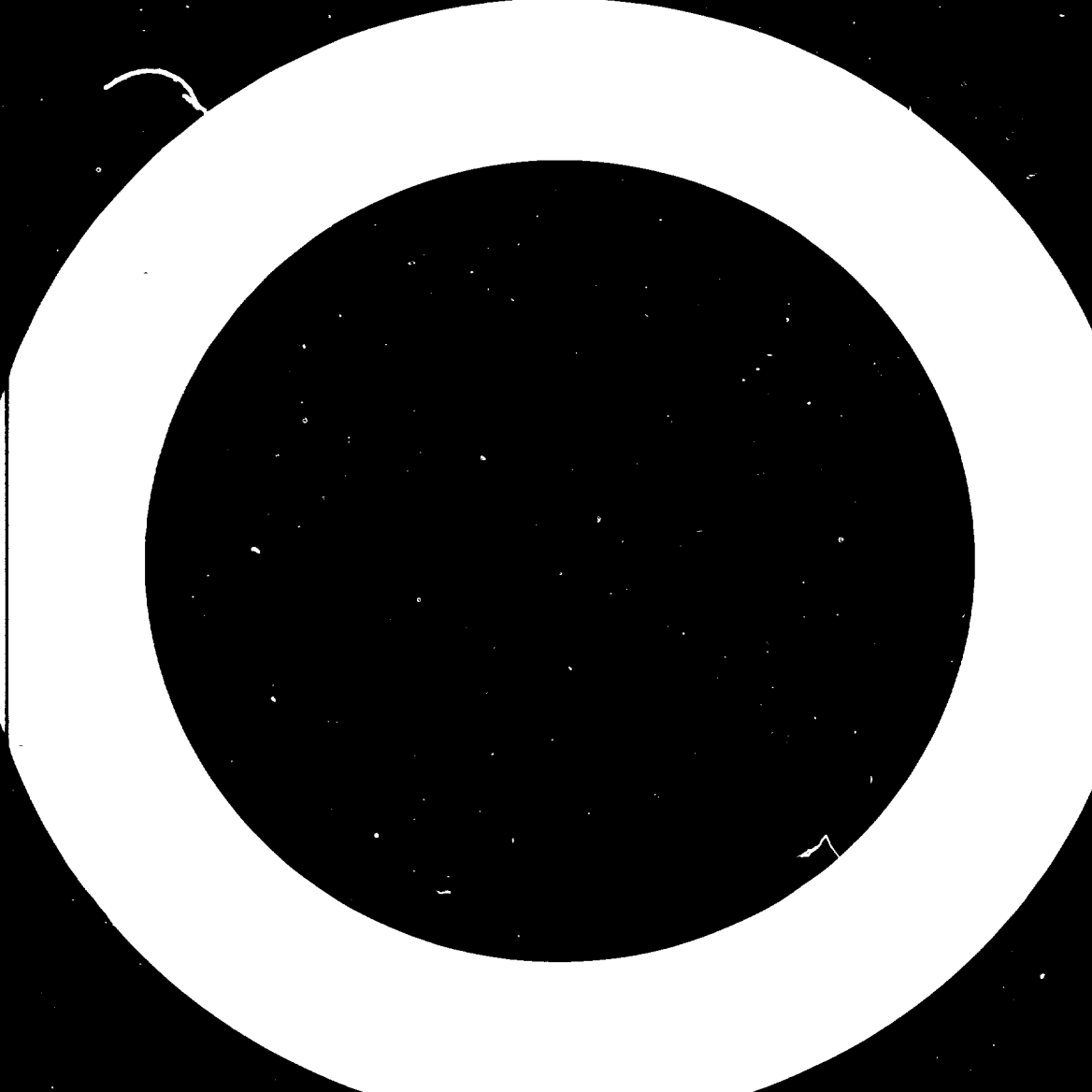


Tableau no. 1

Résultats de complexité totale

Tranches de complexité totale	Nombre de produits et %		Prod. métall. simples (381)	Machines non électr. (382)	Machines électr. (383)	Matériels de transport (384)	Matériels de mesure et contrôle (385)
0 à 15	0	0 %	0	0	0	0	0
15 à 35	20	6,3%	10	9	1	0	0
35 à 65	61	19,2%	13	38	3	7	0
65 à 100	103	32,4%	0	74	13	5	11
100 à 130	60	18,9%	0	46	4	8	2
130 à 180	45	14,1%	0	37	3	5	0
180 à 250	20	6,3%	0	9	0	11	0
250 à 320	5	1,6%	0	3	0	2	0
320 à 620	4	1,2%	0	0	0	4	0
> 620	0	0 %	0	0	0	0	0
TOTAL	318	100 %	23	216	24	42	13

Tableau no. 2

Résultats de la complexité hors composants

Tranches de complexité	Nombre de produits et %		Produits métall. simples (381)	Machines non électr. (382)	Machines électr. (383)	Matériels de transp. (384)	Matériels de mesure et contrôle (385)
		%					
0 à 15	0	0	0	0	0	0	0
15 à 35	23	7,2 %	10	12	1	0	0
35 à 65	112	35,2 %	13	78	12	8	1
65 à 100	128	40,3 %	0	93	9	14	12
100 à 130	34	10,7 %	0	24	2	8	0
130 à 180	15	4,8 %	0	7	0	8	0
180 à 250	3	0,9 %	0	2	0	1	0
250 à 320	2	0,6 %	0	0	0	2	0
320 à 620	1	0,3 %	0	0	0	1	0
> 620	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	318	100 %	23	216	24	42	13

Tableau no. 3

Résultats de complexité suivant les catégories
de biens de capital, de la classe 38
(dispersion des complexités moyennes)

	moyennes de complexité par groupes					
	TOTALE			SANS COMPOSANTS		
	MINI	MOYENNE	MAXI	MINI	MOYENNE	MAXI
équipements métalliques simples (381)	31,67	38,89	46,22	29,93	36,82	43,82
machines non électriques (382)	81,61	102,59	123,71	59,47	73,10	86,84
machines électriques (383)	68,78	88,91	109,13	53,16	67,52	81,95
matériels de transport (384)	142,92	176,14	209,50	95,32	112,09	128,98
équipements de mesure et contrôle (385)	70,70	88,12	105,65	61,19	74,20	87,31
TOTAL	395,68	494,65	594,21	299,07	363,73	428,90

Tableau no. 4

Résultats de complexité suivant les
fonctions des biens de capital
(dispersion des complexités moyennes)

groupes de biens de capital	moyennes des complexités par groupes					
	TOTALE			SANS COMPOSANTS		
	MINI	MOYENNE	MAXI	MINI	MOYENNE	MAXI
produits semi-élaborés	32,91	39,20	45,58	31,11	37,40	43,78
composants ou sous-ensembles	65,01	86,46	108,05	53,71	70,60	87,60
produits finis "autonomes"	88,48	109,10	130,10	63,25	75,49	87,85
produits finis intégrés dans un processus de fa- brication	93,81	119,81	145,34	65,99	83,11	100,33
TOTAL	280,21	354,47	429,67	214,06	266,60	319,56

Tableau no. 5

Les complexités moyennes des biens de capital
suivant la nature de la demande
(dispersion des complexités moyennes)

	moyennes de complexité des groupes					
	totale			sans composants		
	mini	moyenne	maxi	mini	moyenne	maxi
biens communs à toutes les branches	71,27	90,90	110,65	56,86	71,25	85,77
biens communs à plusieurs branches	78,24	99,02	119,92	57,25	71,06	84,97
biens spécialisés par secteurs de la demande	93,89	115,89	138,02	65,83	78,73	91,73

Tableau no. 6

Biens communs à toutes les branches
Résultats de complexité totale

Tranches de complexité totale	Nombre de produits et %		Prod. métall. simples (381)	Machines non électr. (382)	Machines électr. (383)	Matériels de transp. (384)	Matériels de mesure et contrôle (385)
0 à 15	0	0%	0	0	0	0	0
15 à 35	2	2,9%	1	0	1	0	0
35 à 65	20	29,0%	6	9	2	3	0
65 à 100	27	39,1%	0	16	7	1	3
100 à 130	10	14,5%	0	7	1	1	1
130 à 180	5	7,2%	0	4	1	0	0
180 à 250	4	5,8%	0	1	0	3	0
250 à 320	1	1,4%	0	1	0	0	0
320 à 620	0	0%	0	0	0	0	0
> 620	0	0%	0	0	0	0	0
TOTAL	69	100%	7	38	12	8	4

Tableau no. 7

Résultats de la complexité hors composants
Biens communs à toutes les branches

Tranches de complexité	Nombre de produits et %		Produits métall. simples (381)	Machines non électr. (382)	Machines électr. (383)	Matériels de transp. (384)	Matériels de mesure et contrôle (385)
0 à 15	0	0	0	0	0	0	0
15 à 35	4	5,8%	1	2	1	0	0
35 à 65	29	42,0%	6	14	6	3	0
65 à 100	24	34,8%	0	15	3	2	4
100 à 130	9	13,0%	0	5	2	2	0
130 à 180	2	2,9%	0	1	0	1	0
180 à 250	1	1,4%	0	1	0	0	0
250 à 320	0	0	0	0	0	0	0
320 à 620	0	0	0	0	0	0	0
> 620	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	69	100%	7	38	12	8	4

Tableau no. 8

La complexité des biens de capital communs à toutes les branches, désagrégés en 11 groupes de produits

	complexité							
	complexité totale				complexité sans composants			
	MINI	MOYENNE	MAXI	écart%	MINI	MOYENNE	MAXI	écart %
1. petits éléments mécaniques (boulons, vis..)	30,39	39,74	49,21	46,72	28,90	37,64	46,50	45,37
2. éléments en acier p. construct.	35,20	42,97	50,87	37,33	31,86	39,18	46,62	38,49
3. petits équipements électriques	53,53	73,77	94,11	54,30	43,94	60,00	76,14	53,50
4. équipem. techniques divers (aéro nautique, contrôle, mesure)	63,61	79,58	95,67	37,95	49,05	59,94	70,92	33,57
5. pompes, compresseurs, chaudières	66,21	81,92	97,67	36,69	51,07	61,44	71,91	33,03
6. pièces mécaniques non-machines	60,51	86,72	113,07	58,68	51,52	73,20	93,22	56,06
7. matériels de stockage et manutention	79,54	93,08	106,73	29,37	58,93	67,02	75,20	25,01
8. machines-outils	79,28	106,45	133,80	46,38	48,05	65,06	82,22	49,58
9. moteurs de tous types	84,76	113,69	142,79	52,53	65,22	87,37	109,66	51,53
10. matériel de transport routier	93,76	121,84	150,08	48,75	71,01	90,86	110,85	46,28
11. matériel de bureau	138,57	168,79	199,06	34,68	114,51	133,06	151,66	27,27

Tableau no. 9

La complexité des biens de capital spécifiques:
Exemples pour 11 secteurs de demande essentiels

	complexité totale				complexité sans composants			
	MINI	MOYENNE	MAXI	écart%	MINI	MOYENNE	MAXI	écart%
1. Machinisme agricole	56,67	64,88	73,20	25,48	65,75	50,60	55,54	19,35
2. Industries agro-alimentaires	80,95	95,80	110,80	30,61	54,19	64,70	75,33	32,77
3. Chimie et pétrochimie	76,46	100,16	123,98	44,03	65,98	82,97	100,07	41,12
4. Construction et ind. des matériaux de constr.	84,86	107,35	129,99	40,88	59,63	73,94	38,38	38,84
5. Construction mécanique	86,13	113,95	141,92	49,06	54,19	70,20	86,32	47,32
6. Extraction de minerais	92,01	130,32	168,79	59,11	61,36	84,44	107,65	54,06
7. Agro-industries (tabac, alcool, cuir, textiles,..)	106,29	132,13	158,15	36,49	68,90	85,24	101,71	37,22
8. Métallurgie lourde (sidérurgie, forge, fonderie)	107,64	137,49	167,46	41,74	69,01	86,23	103,55	40,05
9. Matériels de transport: Route	128,72	162,67	196,78	68,05	87,64	106,68	125,85	34,31
10. Matériels de transport: Rail	167,74	197,65	227,70	33,04	108,29	120,17	132,15	21,87
11. Matériels de transport: Air	389,59	460,97	532,41	30,18	232,36	259,72	287,15	22,10

Tableau no. 10

équipements destinés à l'agriculture, à la construction
et aux agro-industries

Secteurs de demande	moyennes des complexités des groupes					
	totale			sans composants		
	mini	moyenne	maxi	mini	moyenne	maxi
machinisme agricole (35 machines)	56,67	64,88	73,20	45,75	50,60	55,54
construction et industries des matériaux de con- struction (24 machines)	61,92	77,38	92,97	45,83	56,59	67,46
agro-industries (28 machines)	93,31	113,94	134,70	60,58	73,97	87,47

Tableau no. 11

Ventilation des biens de capital suivant la taille de l'unité centrale

taille entreprise (no. de salariés)	TOTAL (produits)		Pourcentage						
	no. de produits	%	A	B	C	D	BC TB	BC	BS
100	5	1,6	0	1,9	1,8	0	0	2,2	1,9
100 à 250	33	10,4	66,7	9,6	13,7	0	7,2	8,8	12,7
250 à 500	87	27,3	33,3	19,2	32,0	13,6	29,0	25,3	27,9
500 à 1000	81	25,5	0	40,4	21,0	20,5	30,4	28,8	20,2

Tableau no. 12

Répartition par groupes principaux de la Division 38 (ISIC)
et par niveaux de complexité

Niveaux de complexité	Biens de capital (ensemble)	Produits métalliques simples	Machines non électr.	Machines et Équipements Electr.	Matériels de transport	Équipements prof. contrôle mesure	Produit semi-flabore	Pièces et sous-ensembles	Machines/Équipements autonomes	Équipement intégré à un procédé "compliqué"	Biens communs à toutes les branches	Biens communs à quelques branches	Biens spécialisés
		381	382	383	384	385	A	B	C	D	BC TB	BC	BS
I (0 à 30)	3,5% (11)	30.0	1.9	0	0	0	33.3	3.8	3.7	0	0	5.5	3.8
II (30 à 55)	14,1% (45)	56.5	12.0	16.7	4.8	0	66.7	17.3	13.7	6.8	20.3	5.5	15.8
III (55 à 100)	40,6% (129)	13.0	42.1	58.3	23.8	84.6	0	50.0	41.1	29.5	50.7	47.2	32.3
IV (100 à 180)	32,7% (104)	0	38.4	25.0	31.0	15.4	0	28.8	29.7	56.8	21.7	35.2	36.7
V (180 à 320)	7,9% (25)	0	5.6	0	31.0	0	0	0	10.0	6.8	7.2	6.6	8.9
VI supérieur à 320	1,3%	0	0	0	9.5	0	0	0	1.8	0	0	0	2.5
Total	100,0%	100% (23)	100% (216)	100% (24)	100% (42)	100% (13)	100% (3)	100% (52)	100% (219)	100% (44)	100% (69)	100% (91)	100% (158)
Moyenne de groupe													

() nombre de produits analysés

Tableau no.13

Gains en Biens d'équipement produits pour des
accroissements uniformes des niveaux de complexité
des 80 facteurs

<u>Tous les facteurs</u> <u>au plus au niveau</u>	381	382	383	384	385	Total des gains en machines
1	1	1	0	0	0	+2
2	+1	+1	+0	+0	+0	+4
3	+15	+46	+2	+0	+3	+66
4	+1	+41	+10	+18	+1	+71
5	+0	+40	+4	+5	+0	+49
6	+3	+87	+8	+19	+9	+126
Total	23	216	24	42	13	318

Tableau no. 14

Profil de la distribution par niveaux de complexité des facteurs de production dans le cas des biens de capital communs à toutes les branches

Facteurs	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
A1						
Poids	78	62	28	13	0	19
Know how	57	60	41	15	4	1
Laboratoires	34	25	32	22	6	0
Heures directes	56	72	46	16	9	4
Variétés de types	10	90	74	32	3	0
Variétés de modèles	53	87	50	32	7	3
Séries	85	72	63	26	4	4
Assemblage	82	15	9	6	0	4
Nombre employés	10	60	75	50	29	15

Tableau no. 14 suite

Blocs	A2	Niveaux de complexité					
		I	II	III	IV	V	VI
Oxycou- page	1	7	43	74	65	0	13
	2	4	29	32	9	0	3
	3	4	25	31	12	0	3
	4	4	13	26	29	0	7
	5	4	18	60	63	0	9
	6	1	18	41	40	1	15
travail par déformation	7	7	34	53	16	0	4
Soudage	8	4	21	52	76	4	0
	9	0	0	16	25	1	1
	10	0	7	15	10	0	4
	11	0	0	10	19	3	3
	12	4	10	7	0	0	0
	13	0	3	34	16	1	4
	14	4	21	66	66	22	25
	15	7	26	58	56	24	38
	16	1	13	41	34	22	25
	17	1	16	22	12	0	0
	18	4	26	62	54	1	13
	19	0	1	29	26	0	12
	20	0	0	3	1	0	6
	21	0	0	12	1	0	19
	22	0	0	0	0	1	10
	23	0	0	1	26	1	12
	24	0	13	37	34	3	25
	25	0	0	12	18	3	0
	26	0	1	26	37	0	6
	27	1	32	60	26	0	4
	28	9	40	74	25	0	10
	29	1	10	49	25	0	1
Divers (peinture)	30	85	21	22	53	6	13
Contrôle de qualité							

Travail des Métaux par enlèvement de copeaux

Divers
(peinture)

Contrôle
de qualité

Tableau no. 14 suite

B1	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
1	1	6	44	34	0	0
2	1	4	32	22	3	0
3	1	4	34	15	0	0
4	0	0	0	0	1	0
5	1	4	37	31	0	0
6	1	6	38	25	0	0
7	3	6	19	7	0	0
8	3	4	31	18	0	0

Tableau no. 14 suite

B2						
9	1	7	54	32	0	0
10	3	12	63	40	0	0
11	9	34	43	19	0	0
12	6	43	32	42	15	0
13	6	24	62	54	0	0
14	3	10	54	41	0	0
15	0	4	22	19	0	0
16	1	9	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	3	12	1	0	0
20	0	29	0	6	0	0
21	0	1	4	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	18	19	4	0	0

Tableau no. 14 fin

C	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
1	19	72	56	0	10	0
2	1	15	26	15	1	0
3	0	0	4	3	0	0
4	0	1	9	12	0	0
5	0	1	9	9	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	10	31	19	3	0
8	0	6	16	13	0	0
9	0	0	0	13	4	1
10	0	0	3	0	0	0
11	0	37	32	0	0	0
12	0	4	10	6	0	0
13	0	0	10	1	0	0
14	0	0	6	0	0	0
15	0	0	32	21	1	0
16	0	0	0	0	0	0
17	1	28	63	50	13	1
18	1	34	65	44	7	0

Tableau no. 15

Profil de la distribution par niveaux de complexité des facteurs de production dans le cas des biens de capital communs à quelques branches

Facteurs	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
A1						
Poids	39	63	64	38	10	7
Know how	30	59	58	30	4	0
Laboratoires	35	10	36	11	4	0
Heures directes	53	71	47	18	3	2
Variétés de types	23	89	65	18	4	1
Variétés de modèles	53	78	60	38	16	1
Séries	37	48	64	63	43	37
Assemblage	79	3	38	25	4	9
Nombre employés	13	41	68	55	30	4

Tableau no. 15 suite

Blocs	Niveaux de complexité						
	A2	I	II	III	IV	V	VI
Oxycon- page	1	18	70	78	32	0	1
	2	13	57	48	3	2	1
	3	12	54	42	9	1	3
	4	9	30	29	7	0	3
	5	11	43	51	24	0	5
	6	5	34	48	17	3	8
Soudage	7	9	63	51	8	0	0
	8	14	55	82	39	7	1
	9	0	0	11	8	3	1
	10	1	28	26	2	3	0
	11	0	0	7	4	1	2
	12	16	35	21	0	1	1
	13	0	3	20	2	0	2
	14	13	58	72	25	33	9
	15	16	59	72	22	41	16
	16	9	46	49	7	36	9
Travail des Métaux par enlèvement de Copeaux	17	5	23	14	2	0	1
	18	11	52	49	23	8	9
	19	0	0	30	4	7	4
	20	0	1	5	0	2	1
	21	0	0	4	0	0	4
	22	0	0	0	0	0	5
	23	0	0	2	16	2	9
	24	0	30	35	9	4	7
	25	0	1	4	4	0	1
	26	0	2	10	8	0	0
Divers (peinture)	27	3	27	26	5	0	2
	28	20	70	41	3	0	1
	29	1	13	21	7	0	0
Contrôle de qualité	30	85	11	34	27	9	21

Tableau no. 15 suite

BI	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
1	3	10	48	48	0	0
2	1	10	40	38	16	0
3	0	5	33	25	1	0
4	0	0	0	0	11	2
5	1	1	23	13	0	0
6	0	1	15	12	0	0
7	2	12	26	18	1	0
8	2	10	29	22	0	0

Tableau no. 15 suite

32						
9	3	8	45	27	0	0
10	4	17	63	38	0	0
11	2	24	33	8	0	0
12	3	41	83	46	3	0
13	1	24	60	28	0	0
14	2	13	41	23	1	0
15	0	2	17	8	0	0
16	0	10	1	0	0	0
17	0	0	2	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	13	26	11	0	0
20	0	24	1	1	0	0
21	0	15	20	5	0	0
22	0	1	5	0	0	0
23	0	23	21	3	0	0

Tableau no. 15 fin

C	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
1	17	74	72	0	11	0
2	0	25	40	24	1	0
3	0	0	13	10	0	0
4	0	0	15	22	7	0
5	0	2	18	18	3	0
6	0	0	4	2	0	0
7	0	7	42	33	5	0
8	0	17	32	18	1	0
9	0	0	0	26	5	0
10	0	0	5	3	1	0
11	0	38	38	0	11	0
12	0	3	11	4	0	0
13	0	0	4	3	0	0
14	0	1	8	12	3	0
15	0	0	38	36	12	0
16	0	0	8	4	1	0
17	0	28	70	58	14	1
18	0	34	62	42	2	0

Tableau no. 16

Profil de la distribution par niveaux de complexité des facteurs de production dans le cas des biens de capital spécifiques à une branche

Facteurs	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
A1						
Poids	27	55	63	39	16	8
Know how	34	55	51	34	7	1
Laboratoires	35	9	39	15	5	0
Heures directes	45	66	47	16	2	2
Variétés de types	27	89	49	15	1	0
Variétés de modèles	74	82	27	10	1	1
Séries	23	43	53	58	39	29
Assemblage	68	8	27	32	13	20
Nombre employés	12	40	52	47	35	15

Tableau no. 16 suite

Bloccs	Niveaux de complexité						
	A2	I	II	III	IV	V	VI
oxycou- page	1	17	73	79	32	2	1
	2	11	68	51	1	1	2
	3	9	67	46	2	1	2
	4	3	31	33	6	0	2
	5	8	54	55	22	0	4
	6	4	51	59	11	2	10
	7	8	77	74	11	0	1
	8	6	59	82	44	5	1
	9	0	0	9	8	2	1
	10	1	32	34	5	3	1
travail par déformation	11	0	0	9	9	1	1
	12	8	41	37	0	4	1
	13	0	6	27	4	1	3
	14	3	59	78	31	37	11
	15	10	65	86	20	39	19
	16	4	52	58	9	53	12
	17	2	41	27	4	0	1
	18	6	66	58	15	6	4
	19	0	3	33	4	0	3
	20	0	3	8	1	2	0
Travail des Métaux par enlèvement de Copeaux	21	0	0	3	0	0	2
	22	0	0	0	0	0	1
	23	0	0	4	15	1	3
	24	1	38	41	9	4	6
	25	0	0	2	1	0	0
	26	0	1	7	1	0	0
	27	0	27	32	5	0	1
	28	14	72	53	4	0	2
	29	4	16	20	3	0	1
	30	80	11	46	17	3	20
Divers (Peinture)							
Contrôle de qualité							

Tableau no.16 suite

31	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
1	2	13	51	48	0	0
2	1	14	44	41	15	0
3	1	6	37	30	0	0
4	0	0	0	0	9	2
5	0	1	17	22	0	0
6	0	0	14	18	0	0
7	2	13	29	27	3	0
8	1	12	27	21	1	0

Tableau no.16 suite

32						
9	1	13	49	35	0	0
10	1	25	68	51	0	0
11	1	16	34	16	0	0
12	4	41	75	46	3	0
13	1	26	50	27	0	0
14	1	11	35	26	1	0
15	0	7	18	15	0	0
16	0	22	14	1	0	0
17	0	2	4	0	0	0
18	0	1	1	0	0	0
19	0	20	34	20	0	0
20	1	20	4	3	0	0
21	0	11	22	3	0	0
22	0	1	9	2	1	0
23	0	22	29	4	0	0

Tableau no. 16 fin

C	Niveaux de complexité					
	I	II	III	IV	V	VI
1	24	79	64	0	5	0
2	3	38	55	25	8	0
3	0	0	15	15	1	0
4	0	3	21	37	15	2
5	0	4	26	23	9	0
6	0	0	6	0	1	0
7	0	18	42	34	8	2
8	0	16	35	25	7	2
9	0	0	1	29	7	2
10	0	1	6	1	0	0
11	1	32	41	1	9	0
12	0	2	18	9	0	0
13	0	0	9	8	1	0
14	0	1	13	7	2	0
15	0	0	47	28	11	2
16	0	0	4	3	3	0
17	0	25	65	49	18	4
18	1	32	70	38	6	2

Tableau no. 17

Fréquences d'utilisation des variables du sous-ensemble A1

Facteurs	Biens communs à toutes branches	Biens communs à quelques branches	Biens Spécialisés
Poids	100%	100%	100%
know how	100%	100%	100%
labora- toires	72%	76%	74%
heures directes	100%	100%	100%
variétés de types	100%	100%	100%
variété de modèles	100%	100%	100%
séries	100%	100%	100%
assemblage	99%	98%	97%
nombre employés	100%	100%	100%

Tableau no.18

Préférences d'utilisation des variables du sous-ensemble A2
en pourcentage

Blocs	Biens communs à toutes branches(69)	Biens communs à quelques branches(91)	Biens Spécialisés(158)
orf- cottage	100	93	99
1			
2	46	71	84
3	43	73	79
4	53	49	48
5	81	73	78
6	66	66	77
travail par déformation			
7	62	77	91
soudage			
8	91	97	94
9	26	11	9
10	24	39	47
11	21	8	13
12	13	49	50
13	43	21	30
14	87	93	92
15	91	94	97
16	59	76	82
17	32	33	56
18	84	83	84
19	43	32	35
20	9	8	10
21	28	8	4
22	12	5	1
23	29	23	22
24	63	51	56
25	18	6.5	2
26	46	14	7
27	76	41	39
28	91	91	93
29	53	28	26
Contrôle de qualité	97	95	94
30			
Divers (peinture, Travail des Métaux par enlèvement de copeaux			

Tableau no. 19

Fréquences d'utilisation des variables du sous-ensemble B1

B1	Biens communs à toutes branches (69)	Biens communs à quelques branches (91)	Biens spécialisés (158)
1	56	91	75
2	41	68	70
3	37	50	54
4	1	12	9
5	51	30	31
6	47	22	25
7	25	40	47
8	34	40	49

Tableau no. 20

Fréquences d'utilisation des variables du sous-ensemble B2

B2	Biens communs à toutes branches	Biens communs à quelques branches	Biens spécialisés
9	62	55	67
10	75	79	90
11	66	51	47
12	96	95	97
13	85	74	70
14	76	59	56
15	35	24	35
16	9	11	27
17	0	2	4
18	0	0	1
19	15	34	52
20	32	24	25
21	7	25	32
22	0	5	9
23	28	33	40

Tableau no. 21

Fréquences d'utilisation des variables du sous-ensemble C

C	Biens Communs à toutes branches	Biens communs à quelques branches	Biens spécialisés
1	87	92	94
2	31	47	66
3	4	17	19
4	15	29	49
5	15	25	38
6	0	4	6
7	41	53	62
8	26	42	58
9	15	26	52
10	3	7	6
11	47	58	63
12	12	14	23
13	10	8	13
14	6	14	16
15	34	53	58
16	0	8	7
17	78	79	77
18	79	80	82

Tableau no. 22

Structure de la complexité totale par
niveaux et ensembles

	A1	A2	A	B1	B2	B	C	moennes A + B + C
N1	8.65	11.44	20.10	0.51	2.96	3.48	1.69	25.27
N2	12.45	17.83	30.29	2.25	5.59	7.85	5.00	43.14
N3	19.92	23.16	43.08	7.78	11.10	18.89	17.38	79.35
N4	29.16	28.39	57.55	14.24	16.98	31.22	41.18	129.95
N5	54.50	33.89	88.40	27.15	29.04	56.19	88.23	232.82
N6	122.54	50.57	173.11	49.92	44.27	94.20	229.92	497.23

Tableau no. 23

Sous-ensemble A1

Fréquences d'utilisation des facteurs par niveaux de complexité
des biens de capital en pourcentage

Niveaux généraux de complexité	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6
Poids	100	100	100	100	100	100
know how	100	100	99	100	100	100
labora toires	0	39	73	90	100	100
heures directes	100	100	100	100	100	100
variété de types	100	100	100	100	100	100
variété de modèles	100	100	100	100	100	100
séries	100	100	100	100	100	100
assem- blage	91	98	98	100	100	100
no. employés	100	100	100	100	100	100

Tableau no. 24

Sous-ensemble A2

Fréquences d'utilisation des facteurs par niveaux de complexité des biens de capital en pourcentage

niveaux facteurs	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6
1	82	98	99	99	100	100
2	54	70	66	76	92	100
3	63	59	64	78	88	25
4	9	45	37	60	84	100
5	82	89	70	76	88	100
6	45	73	67	74	88	100
7	55	75	76	91	92	25
8	64	77	96	100	100	100
9	0	5	9	21	28	0
10	0	7	33	57	68	100
11	0	5	9	20	28	0
12	55	23	32	56	64	25
13	9	11	23	36	72	75
14	64	66	94	98	100	100
15	73	84	96	100	96	100
16	27	30	73	95	100	100
17	0	14	37	66	56	75
18	45	45	87	94	96	100
19	0	5	29	50	76	75
20	9	2	6	10	20	75
21	0	2	15	10	8	0
22	0	2	3	6	12	0
23	9	14	23	30	20	75
24	0	16	50	77	88	75
25	0	5	9	7	0	0
26	0	16	22	12	16	75
27	18	43	51	45	56	100
28	64	89	91	96	100	100
29	27	43	34	24	36	75
30	45	86	97	100	100	100

Tableau no. 25

Sous-ensemble B1

Fréquences d'utilisation des facteurs par niveaux de complexité
des biens de capital en pourcentage

niveaux facteurs	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6
1	18	27	74	87	88	25
2	18	32	60	82	80	50
3	0	23	41	70	72	25
4	0	0	4	8	36	100
5	0	16	33	42	64	50
6	0	14	28	32	52	50
7	18	27	31	49	76	100
8	27	27	40	45	76	100

Tableau no. 26
Sous-ensemble B2

Fréquences d'utilisation des facteurs par niveaux de complexité
des biens de capital en pourcentage

niveaux facteurs	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6
9	27	34	54	80	92	100
10	64	61	83	91	100	100
11	9	45	46	57	88	100
12	64	89	98	99	100	100
13	54	75	71	75	88	100
14	27	41	66	60	84	100
15	0	20	20	42	72	100
16	0	2	7	81	60	25
17	0	0	0	0.9	28	25
18	0	0	0.8	0	4	0
19	0	11	27	55	84	100
20	0	5	29	34	32	0
21	0	0	16	41	56	25
22	0	0	2	11	16	25
23	0	7	28	51	72	25

Tableau no. 27

Ensemble C

Fréquences d'utilisation des facteurs par niveaux de complexité des biens de capital en pourcentage

niveaux facteurs	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6
1	64	82	91	99	96	100
2	0	18	44	74	88	100
3	0	0	7	28	36	25
4	0	2	23	58	72	100
5	0	2	19	44	68	100
6	0	0	0.8	10	4	0
7	0	18	41	80	100	100
8	9	11	37	62	96	100
9	0	0	12	41	84	100
10	0	7	3	7	8	0
11	0	11	50	82	100	100
12	0	0	7	29	64	25
13	0	2	5	17	28	75
14	0	0	5	18	56	75
15	0	5	44	74	92	100
16	0	0	4	6	12	100
17	9	41	79	94	96	100
18	27	45	82	97	92	100

