



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.

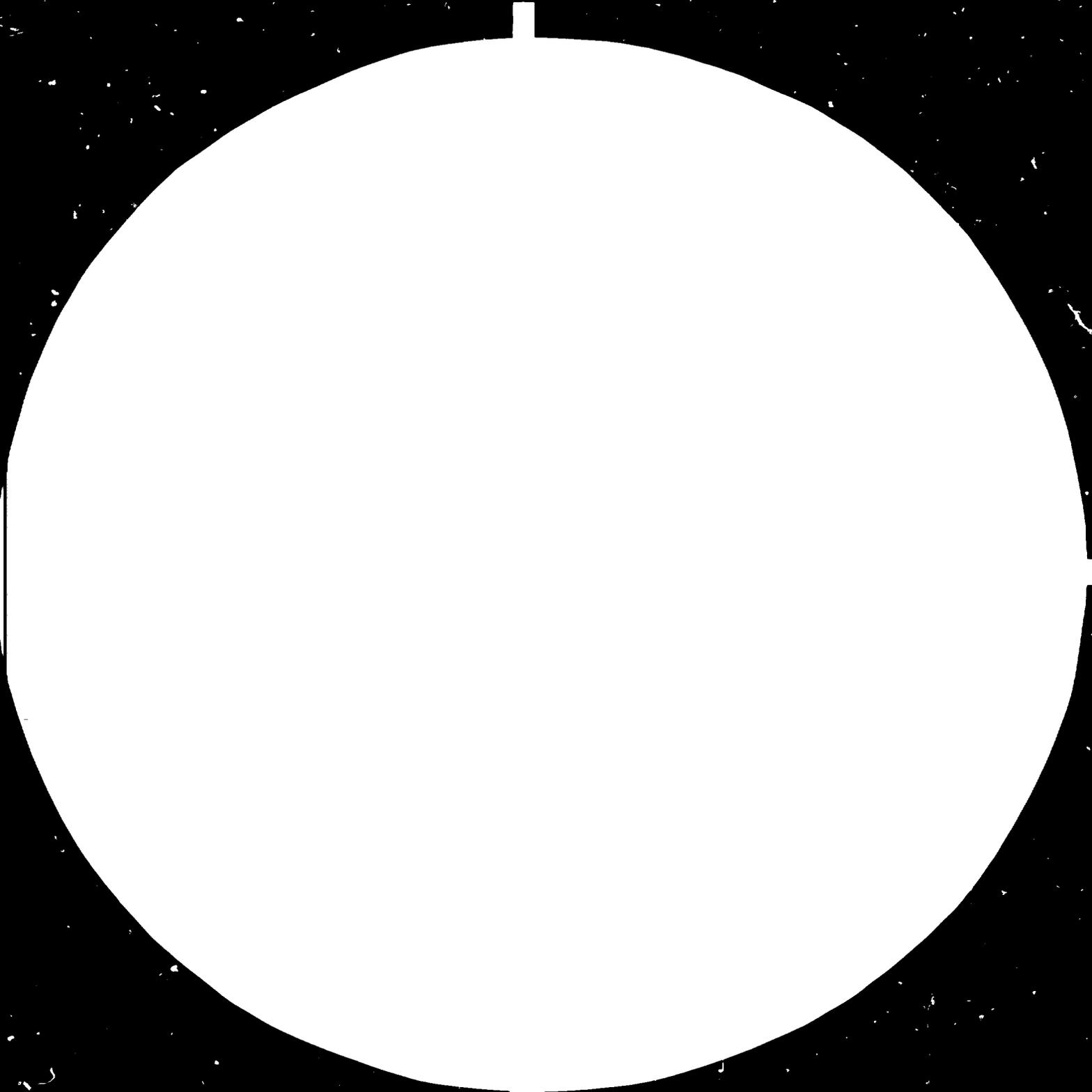
FAIR USE POLICY

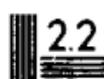
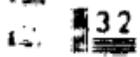
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

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

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





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

14496-F

Série "Mise au point et transfert des techniques"

N° **22**

**L'INFORMATIQUE
ET LE
DÉVELOPPEMENT
INDUSTRIEL**



L'INFORMATIQUE ET LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

**Série "Mise au point et transfert des techniques"
Numéro 22**

L'INFORMATIQUE ET LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL



**ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

Vienne, 1986

Les opinions exprimées dans la présente publication sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'ONUDI aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La reproduction, en tout ou en partie, du texte de la présente publication est autorisée. L'Organisation souhaiterait qu'en pareil cas il soit fait mention de la source et que lui soit communiqué un exemplaire de l'ouvrage où sera reproduit l'extrait cité.

Préface

Le présent document est destiné à faire mieux comprendre l'influence que les techniques de l'information vont probablement avoir sur les stratégies de développement industriel des pays en développement et à montrer l'importance que revêt la mise en place d'une capacité technique permettant aux pays en développement de bénéficier des progrès réalisés en la matière.

Nous espérons que la présente étude aidera à la mise au point de stratégies opérationnelles en ce qui concerne l'informatisation du tiers monde. A cette fin, le présent document contient une liste récapitulative pour ce qui est de l'autosuffisance nationale en matière d'informatique.

La présente étude repose sur les travaux réalisés par Richard J. Nolan (University of Dublin, Systems and Data Studies). Une grande partie des informations provient de la Conférence internationale sur l'informatique et le développement industriel qui s'est tenue au Trinity College à Dublin, en Irlande, du 9 au 13 mars 1981.

ABRÉVIATIONS

ARABSAT	Arab Telecommunication Union
bit	Élément binaire
CA	Commande adaptative
CAO	Conception assistée par ordinateur
CESAP	Commission économique et sociale pour l'Asie et pour le Pacifique
CI	Circuit intégré
C. TEL	Commission interaméricaine de télécommunications
CMC	Computer Maintenance Corporation Ltd. (Inde)
CN	Commande numérique
CND	Commande numérique directe
CNUCED	Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement
CP/M	Control Program for Microcomputers (système d'exploitation)
DEL	Diode électroluminescente
EPROM	Erasable, programmable read only memory (mémoire morte effaçable)
FIO	Fabrication intégrée par ordinateur
IBI	Intergovernmental Bureau for Informatics
IST	Information scientifique et technique
JIRA	Japanese Industrial Robot Association
LSI	Large scale integration (intégration à grande échelle)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIT	Organisation internationale du Travail
PANAFTEL	Pan-African Telecommunication Network
PNB	Produit national brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PROM	Mémoire morte programmable
RAM	Mémoire à accès aléatoire
R-D	Recherche et développement
SIG	Système d'informatique de gestion
TEF	Transfert électronique de fonds
UC	Unité centrale
UIT	Union internationale des télécommunications
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Pages</i>
Préface	v
Abréviations	vi
Introduction	1
 <i>Chapitres</i>	
I. IMPORTANCE DE L'INFORMATIQUE	3
Qu'est-ce l'informatique ?	3
Importance de l'infotechnologie dans le développement industriel	3
L'informatique et le tiers monde	4
Résumé	4
II. LA TECHNIQUE ET SON RETENTISSEMENT	6
La technique	6
L'industrie	10
Les microprocesseurs	11
Les conséquences de la technologie sur la recherche et le développement	12
L'automatisation industrielle	13
La bureautique	14
Le transfert électronique de fonds	15
Le système d'aide à la décision	15
Les systèmes informatiques gouvernementaux	16
La défense et le secteur aérospatial	16
Facteurs influençant la pénétration de l'informatique dans l'industrie	16
Influence sur la société	17
III. LES EFFETS DE L'INFORMATIQUE SUR LA PRODUCTIVITÉ ET SUR L'EMPLOI	18
Facteurs influençant l'adoption de l'infotechnologie	19
Le processus d'innovation et la diffusion des technologies aux pays en développement	19
Déplacements structurels de l'emploi	20
Conclusion	21
IV. LE DÉVELOPPEMENT DE L'INFORMATIQUE DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT	22
Action internationale destinée à promouvoir des politiques et des stratégies	22
Autosuffisance technologique	22
Le rôle de l'informatique dans l'obtention de l'autosuffisance	23
Modèles concernant le développement informatique	24
Cadre conceptuel pour le développement national en matière d'informatique	25
V. ACTION NATIONALE : LES POLITIQUES EN MATIÈRE DE PRODUCTION DE MATERIEL INFORMATIQUE ET DE LOGICIEL	27
Conséquences d'une politique de production locale	27
Une démarche sélective	27
Une base institutionnelle	28
Le matériel informatique	28
Le logiciel	29

	<i>Pages</i>
VI. ACTION NATIONALE : LES POLITIQUES EN MATIÈRE D'INFRASTRUCTURE INFORMATIQUE ET DE DÉVELOPPEMENT SOCIAL	30
Contraintes	30
Prise de conscience, éducation et formation professionnelle	30
Infrastructures en matière d'information destinées à l'industrie	32
Recherche et développement	33
VII. ACTION INTERNATIONALE	35
Portée de l'action internationale	35
Politiques et stratégies nationales dans le contexte de l'action internationale	36
Prise de conscience, éducation et formation professionnelle	36
Infrastructures en matière d'information	37
Infrastructures de télécommunications	38
L'industrie informatique	39
Produits et procédés nouveaux	39
Applications	40
VIII. L'AUTOSUFFISANCE NATIONALE EN MATIÈRE D'INFORMATIQUE : LISTE RÉCAPITULATIVE	41
Liste récapitulative	41
Commentaires	42
Références	44
ABSTRACT/EXTRACTO	46

Introduction

Le présent document étudie les possibilités, les dangers et les contraintes en ce qui concerne l'informatisation de l'industrie dans les pays en développement ainsi que les infrastructures nationales nécessaires. En effet, pour le tiers monde le développement industriel est une priorité. Des études ont montré que l'informatique bouleversera les infrastructures de production et la division internationale du travail. Les possibilités de choix en matière de politique d'industrialisation se sont contractées et une révision complète des stratégies de développement est nécessaire. Les pays en développement doivent non seulement imiter les pays industrialisés du Nord mais fonder leurs actions sur une étude comparative des avantages à long terme.

Le chapitre premier du présent document définit l'informatique et donne un aperçu de son importance. Le chapitre II contient une étude succincte des techniques informatiques et de leur influence sur l'industrie et sur la société, sur les industries de matériel et de logiciel qui reposent sur elles, sur la mise au point de nouveaux produits et de nouveaux procédés et sur les systèmes informatiques. Les effets économiques potentiels sur la productivité et sur l'emploi sont une préoccupation essentielle qui est examinée au chapitre III.

Le chapitre IV passe en revue le développement de l'informatique dans le tiers monde; l'informatique est proposée comme moyen d'autosuffisance et un cadre conceptuel pour le développement de l'informatique est présenté. Le développement de l'informatique est une des composantes du développement technologique qui, à son

tour, fait partie intégrante du développement économique national. Les politiques et les stratégies nationales sont énumérées.

Etant donné que l'industrie de l'informatique se place au troisième rang en volume, après celles de l'énergie et des transports, elle doit être étudiée comme un secteur industriel propre. La façon dont les pays en développement peuvent participer à l'industrie constitue donc une préoccupation essentielle pour les organes de décision de ces pays. Les options en matière de politique, ainsi que les conditions préalables et les contraintes, sont examinées au chapitre V.

L'infrastructure nécessaire à l'informatisation des autres secteurs industriels, à l'organisation et à l'amélioration de l'autosuffisance est étudiée au chapitre VI, en insistant sur les aspects relatifs à l'éducation, à la formation professionnelle, aux structures de l'information industrielle, aux télécommunications et à la R-D.

Des actions menées au niveau international seront indispensables à la promotion de l'informatique dans le tiers monde. Le chapitre VII examine le rôle que des organismes internationaux jouent dans la promotion des politiques et des stratégies nationales en la matière : prise de conscience, éducation et formation professionnelle, infrastructure d'information, infrastructures de télécommunications, industries de matériel et de logiciel, nouveaux produits et procédés, applications.

Enfin, le chapitre VIII propose une liste récapitulative d'actions destinée à permettre la formulation d'une stratégie opérationnelle.

I. Importance de l'informatique

Qu'est-ce l'informatique ?

Au cours du dernier quart de siècle, de nouvelles et puissantes techniques, reposant sur la micro-électronique, ont bouleversé le traitement de l'information, et les techniques ne cessent de se développer. Le présent document traite plus particulièrement de l'influence que ces technologies ont sur l'industrie et, plus particulièrement, sur le développement industriel des pays du tiers monde.

Au cours de la première phase de développement des technologies de traitement de l'information, qui a commencé à la fin des années 40, les ordinateurs sont utilisés uniquement pour le calcul scientifique; les sciences naturelles ont pu bénéficier ainsi de ce développement et réaliser d'importants progrès. A partir des années 50, les ordinateurs reçoivent de nouvelles applications et s'intègrent dans des systèmes organisationnels où ils sont utilisés pour assurer des fonctions de traitement de l'information et de commande dans le but d'améliorer la productivité et de permettre la croissance économique. Au début, seules les grandes organisations disposent de moyens leur permettant d'utiliser un ordinateur. Plus récemment, en raison de la baisse spectaculaire des coûts des composants électroniques associée à une plus grande souplesse d'utilisation, l'informatique a pénétré les petites entreprises.

Dans les pays industrialisés, l'informatisation a non seulement maintenant une influence au sein des organisations mais également au niveau de la société. Les systèmes des sociétés modernes reposent de plus en plus sur l'informatique et cela influe sur leur évolution. On a dit que l'ultime phase de l'informatisation avait commencé, celle-ci devrait toucher l'individu auquel elle apportera un moyen permettant un meilleur accomplissement de soi. L'informatisation de l'industrie peut donc être considérée comme un aspect d'un phénomène de développement socio-économique plus large.

L'informatique peut être définie comme étant un domaine d'étude qui se caractérise par la diversité de circulation, de traitement et d'utilisation de l'information, qui touche la productivité et l'efficacité, assure un meilleur contrôle et une meilleure surveillance et qui, finalement, influence le développement économique et social et la société elle-même. Le terme sous-entend égale-

ment l'analyse et la formulation de stratégies et de politiques nationales et internationales en matière d'informatisation. Ainsi donc, l'informatique est une discipline globale qui se rapporte aux disciplines bien établies que sont la science informatique, la gestion, la sociologie, les sciences politiques, l'ingénierie et bien d'autres disciplines techniques.

Dans le présent document, les techniques de traitement de l'information sur lesquelles l'informatique repose seront appelées "infotechnologies". Comme il en est de nombreux autres domaines techniques, l'infotechnologie a un potentiel à la fois pacifique et destructeur. D'autres techniques ont démultiplié la force musculaire et les possibilités de manipulation de l'homme. L'importance de l'infotechnologie intégrée des ordinateurs, des télécommunications et des systèmes de commande réside dans la démultiplication du système nerveux et du cerveau. La volonté et la créativité humaines sont les seules à limiter l'utilisation de ces techniques en matière de développement économique, social et individuel.

Importance de l'infotechnologie dans le développement industriel

L'information est le sang d'un État industrialisé moderne. Les dispositifs micro-électroniques utilisés pour recevoir, stocker et traiter l'information et pour commander les systèmes, associés aux systèmes mondiaux de télécommunication, ont bouleversé les méthodes de traitement de l'information dans tous les secteurs d'activité industrielle et commerciale. Cela a entraîné des gains de productivité et d'efficacité, une baisse des coûts et des modifications dans les structures d'emploi.

L'infotechnologie intervient au niveau du développement industriel de deux façons : en tant que secteur industriel propre et ensuite en tant qu'élément de technique industrielle dans toutes les industries. Le secteur industriel propre de l'informatique avec la fabrication des équipements micro-électroniques et de composants de toute sorte, avec la production des logiciels, constitue maintenant, après ceux de l'énergie et des transports, le troisième secteur clé industriel. La

possibilité pour les pays en développement de participer à ce secteur nécessite une étude approfondie.

L'infotechnologie en tant que caractéristique des autres secteurs industriels — pour la commande des processus industriels, pour l'intégration dans des nouveaux produits, pour l'aide à la décision — aura probablement une très grande influence sur le développement industriel et constitue un instrument potentiel qui permettra de réduire l'écart Nord-Sud.

L'informatique et le tiers monde

Le plus grand contraste peut-être, entre le Nord industrialisé et le Sud en développement, concerne l'information. Le Nord est très riche en information et le Sud très pauvre.

Pour mesurer le lien qui existe entre informatique et développement industriel, il est utile de se reporter à la première révolution industrielle du Nord. Après la première révolution industrielle, le développement économique du Nord a été accompagné par un déplacement structurel de l'emploi des secteurs de production primaire et secondaire vers le secteur tertiaire (secteur des services). Le secteur des services nécessitait une plus grande spécialisation et des compétences de plus en plus grandes, et son développement s'est poursuivi en conséquence. Aujourd'hui, ce secteur s'intéresse à l'information, aux moyens et aux techniques permettant d'acquérir cette information et de l'utiliser. L'information elle-même constitue la base des moyens d'existence d'une main-d'œuvre sans cesse croissante.

On peut donc faire la proposition suivante : étant donné que le développement du secteur des services accompagnera automatiquement le développement industriel du tiers monde, un développement industriel accéléré pourrait être obtenu si l'on donnait la priorité à l'informatisation du secteur des services ou de l'information. Le secteur des services revêt une importance pour le développement, et l'infotechnologie qui participe aux activités de ce secteur peut permettre une accélération du développement économique et social du tiers monde.

Narasimhan [1] étudie l'importance du secteur des services pour les pays en développement en prenant l'Inde pour exemple. La base de l'industrie en Inde est assez complète, elle comprend des éléments pour chaque composante des secteurs de production primaire et secondaire. Alors pourquoi l'Inde n'est pas considérée comme un pays industriellement avancé ? La réponse est que l'industrialisation n'a pas été accompagnée par un déplacement structurel de la main-d'œuvre tradi-

tionnelle : l'industrialisation est venue se greffer sur une société qui fonctionne sur un monde largement traditionnel. En conséquence, les nombreux emplois dans le secteur des services, qui auraient pu améliorer la productivité et l'efficacité des secteurs de production primaire et secondaire, n'ont pas été créés.

Ce phénomène révèle le faible niveau de conscience en matière d'information commun à toutes les activités socio-économiques. Peu importe la façon dont cela est quantifié (en termes de circulation de journaux, de livres, de téléphones, de radiorécepteurs, etc.), la conscience de l'information est inférieure, de plusieurs ordres de grandeur, dans les pays en développement par rapport aux pays industrialisés.

En Inde, comme dans de nombreux pays en développement, on se heurte à deux problèmes qui affectent la rapidité du développement socio-économique, à savoir l'analphabétisme et l'insuffisance de l'infrastructure de télécommunication, cette dernière n'étant pas en mesure d'assurer l'échange d'information entre populations géographiquement dispersées en petites communautés. Les problèmes posés par la mise en place de services d'éducation, de services de santé et de services publics ne trouvent de solution que dans des démarches totalement nouvelles et non conventionnelles. L'informatique a un rôle essentiel à jouer en augmentant la portée et en améliorant les normes des systèmes existants dans une société.

Résumé

L'informatique présente un potentiel énorme, mais il existe de nombreuses contraintes qui sont en défaveur de la mise en place dans les pays en développement d'une industrie informatique locale, pays qui actuellement participent très faiblement aux activités dans ce secteur. Le développement de ce secteur est cependant crucial pour l'objectif d'autosuffisance technologique des pays en développement.

Des contraintes sévères d'ordre structurel et culturel gênent la mise en œuvre efficace des applications les plus simples. Les pays en développement sont hétérogènes, et le contexte propre à chacun d'eux doit être examiné séparément. Des projets pilotes et des études de cas spécifiques, ainsi que la diffusion des informations les concernant, sont requis d'urgence. Les problèmes sont particulièrement graves car l'infotechnologie constitue le premier exemple d'une technique qui ne fonctionne bien que lorsque plusieurs composantes, hommes et matériels, sont mis en relation étroite. Les solutions mécaniques à des problèmes mal compris sont à écarter. L'éducation et la

formation professionnelle doivent avoir la plus haute priorité et une politique efficace en matière d'informatique doit être tournée vers l'homme, en d'autres termes il faut chercher à améliorer les compétences existantes plutôt que de les remplacer.

La question demeure de savoir si des qualités fondamentalement nouvelles sont toujours requises pour encourager l'autosaisissance. Le concept d'un principe organisationnel, que Dejider ([1], p. 332) appelle intelligence sociale, doit certainement être orienté dans la bonne direction.

II. La technique et son retentissement

La technique

L'infotechnologie, en tant que support technique de la pensée humaine et de la communication, a subi des évolutions au cours de plusieurs millénaires. Les nouveaux développements ont été rapides au cours des dernières décennies et il est important de ne pas perdre de vue que la technique est toujours dans une phase d'évolution et de développement rapides.

Information

La pensée et la communication reposent sur l'information. A travers les âges, la représentation de l'information a constitué un besoin humain fondamental: différents moyens ont été utilisés sous la forme de systèmes destinés à mémoriser, transmettre et traiter l'information et assurer l'interface avec les utilisateurs. Des exemples plus récents sont constitués par Stonehenge, l'abaque, la presse d'imprimerie, le métier à tisser de Jacquard et les machines à calculer mécaniques de Pascal et de Leibniz*. Ensuite, le vingtième siècle a vu le développement des calculateurs électroniques.

Les systèmes employés pour représenter l'information dans ces inventions peuvent être classés en systèmes analogiques ou en systèmes numériques. Dans un dispositif analogique, l'information est stockée et transmise sous une forme présentant un rapport direct avec l'information d'origine mais sur un support différent. Le thermomètre, la règle à calcul et le gramophone en sont des exemples. Dans un dispositif numérique, l'information est codée sous une forme qui n'a pas de lien avec l'original. Tout code peut être ramené en une séquence de deux symboles, l'un étant une chose, l'autre étant son opposé comme, par exemple, "oui" et "non", "0" et "1", "ouvert" et "fermé", etc. Les unités de base sont appelées "bits" (chiffres binaires). Des exemples de systèmes numériques sont le code Morse, la calculatrice et le disque audionumérique.

*Pour une étude historique, voir B. V. Bowden, *Faster than Thought* (Londres, Pitman, 1953).

Traitement logique

Le système de codage utilisant des bits est appelé système binaire. Au vingtième siècle, un logicien irlandais, George Boole, a montré la façon de développer une logique symbolique faisant appel au système binaire, de manière à ramener le raisonnement logique à un calcul. En 1937, les circuits de commutation électrique faisant appel aux principes de Boole ont été mis au point, un progrès important en matière d'infotechnologie puisqu'il a permis d'automatiser le traitement logique. Les éléments de commutation dans les circuits sont appelés des portes logiques. Les fonctions logiques réalisées par les circuits peuvent être extrêmement complexes et nécessiter des milliers de portes logiques.

Circuits intégrés (CI)

Au début, les circuits de commutation faisaient appel à des composants électromécaniques. Dans les années 40, des tubes électroniques thermo-ioniques furent introduits dans les portes logiques. Cela a débouché sur la mise au point des premiers ordinateurs électroniques.

Ces ordinateurs étaient énormes et coûteux et leur développement a été lent jusqu'à l'invention du premier dispositif de commutation à semi-conducteur, le transistor, qui fut mis au point au début des années 50. Cette invention a assez rapidement conduit à la mise au point des circuits intégrés (CI) et du microprocesseur.

Le transistor était un composant discret, mais une technique de fabrication fut mise au point permettant d'associer un certain nombre de composants dans un circuit intégré gravé sur une tranche de matériau semi-conducteur — le silicium — qui sert de substrat, en faisant appel aux techniques de photolithographie. En 1963, une "puce" contenait jusqu'à 8 composants, vers 1970 2000 composants, et aujourd'hui on fabrique des circuits intégrés contenant plusieurs millions de composants sur un carré de 0,5 cm de côté.

Intégration à grande échelle (LSI)

La fabrication de circuits intégrés à intégration à grande échelle constitue le summum de

la miniaturisation. Le but du LSI est de réduire, grâce à une production de masse, le coût des dispositifs et de diminuer le nombre d'éléments nécessaires à une application ainsi que les interconnexions, et par conséquent de diminuer l'encombrement. Cette technologie s'appelle généralement technique des semi-conducteurs. Le processus de fabrication est complexe et fait appel à des équipements élaborés très coûteux qui doivent être utilisés sous des conditions très particulières dans une atmosphère dépoussiérée. Afin d'être concurrentiels sur le marché, ces dispositifs doivent être produits en grande quantité, ce qui permet de ventiler les coûts initiaux sur un marché étendu.

Les étapes initiales de la fabrication, plus précisément la conception et le schéma de réalisation du circuit, font toujours appel à des opérations manuelles qui nécessitent de très hautes compétences et peuvent durer plusieurs années pour un circuit complexe. Jusqu'à une période très rapprochée, l'étape finale, l'encapsulation, était essentiellement une opération manuelle qui mobilisait de nombreux effectifs, cela avait conduit les fabricants à effectuer cette opération dans des pays où la main-d'œuvre est bon marché. Maintenant, cette opération a été automatisée et un mouvement de rapatriement est en cours.

Le principe de l'ordinateur

Le principe du calculateur programmable universel a été établi au dix-neuvième siècle par un mathématicien et inventeur britannique, Charles Babbage. Il a fallu attendre la mise au point des circuits électroniques de commutation et la notion même de programme enregistré avancée par Van Neumann en 1946 pour que le premier ordinateur fût construit. La notion de programme enregistré a permis de réaliser un bond prodigieux dans la mise au point de l'ordinateur en lui conférant une grande souplesse et en le dotant de moyens lui permettant d'effectuer des tâches qui sont associées à la notion d'"intelligence".

L'ordinateur est une machine de traitement automatique de l'information. C'est une erreur de croire qu'il n'effectue que des calculs : les nombres eux-mêmes sont des informations codées et le calcul n'est qu'un aspect particulier du traitement de l'information. Les instructions peuvent être stockées dans la mémoire de la même façon que les autres données qui permettent à l'ordinateur de traiter ses propres instructions et de les modifier lorsqu'il traite les données concernées par ces instructions. Les instructions et les données sont représentées sous la même forme, c'est-à-dire des éléments binaires d'information ou bits.

Les éléments de base de la conception d'un ordinateur sont :

- a) *Le programme* : suite d'instructions donnant les opérations à effectuer;
- b) *Les dispositifs d'entrée* : claviers, dérouleurs de bandes magnétiques, stylo lumineux, les capteurs avec lesquels le programme et les informations à traiter sont introduits dans la machine;
- c) *Les mémoires* : qui reçoivent et stockent l'information;
- d) *L'unité centrale (CPU en anglais)* : qui exécute les instructions;
- e) *Les dispositifs de sortie* : imprimantes, écrans et systèmes mécaniques destinés à donner les résultats à l'endroit approprié.

Les mémoires

On distingue les mémoires primaires et les mémoires secondaires. Les mémoires primaires sont des circuits LSI, c'est-à-dire des circuits intégrés mémoire, qui font partie intégrante de l'ordinateur. Les mémoires secondaires sont des équipements externes constitués par des unités à disques, rigides ou souples, et des bandes magnétiques.

Jusqu'à présent, la capacité de stockage des mémoires primaires est plus limitée que celle des mémoires secondaires, mais on peut accéder à l'information en un temps plus court, il atteint une fraction de milliardième de seconde. La mémoire primaire est utilisée pour contenir l'information qui nécessite un accès rapide ou fréquent et, en particulier, pour contenir les instructions en cours d'exécution.

Les circuits intégrés mémoire peuvent être des mémoires mortes à lecture seulement ou ROM (*read only memory*) qui contiennent des informations ne pouvant être modifiées ou effacées. Le contenu des mémoires vives RAM peut être modifié. Les autres dispositifs comme les PROM (mémoires mortes programmables ou *programmable ROM*) peuvent être programmées une fois pour toutes par l'utilisateur et les EPROM (PROM effaçables ou *erasable PROM*) qui peuvent être reprogrammées au gré de l'utilisateur.

Les circuits intégrés RAM ont couramment une capacité de 64 000 bits d'information par boîtier, mais on trouve également sur le marché des dispositifs ayant une capacité de 128 000 bits.

Les systèmes de mémoire secondaire offrent une capacité de stockage pratiquement illimitée, toutefois le temps d'accès est plus long. Alors que les systèmes à support magnétique sont actuellement les plus employés, d'autres types de système plus compacts, plus rapides et moins chers sont en cours de mise au point. Il en est ainsi des mémoires à bulles magnétiques entièrement sta-

tiques et des mémoires optiques à laser. Les progrès permettront de réaliser des ordinateurs portatifs dont la capacité de la mémoire sera illimitée et dont les possibilités seront énormes.

Microprocesseur, micro-ordinateur et ordinateur central

Un microprocesseur est un simple circuit intégré LSI dont la fonction est celle de l'unité centrale. En raison des limitations actuelles sur la taille des circuits intégrés, les microprocesseurs ont une architecture simple et une taille de mot plus courte que celle des UC des ordinateurs que l'on rencontre dans les ordinateurs des générations précédentes.

Un micro-ordinateur est un système de traitement complet qui comporte un UC, une mémoire et des unités d'entrée/sortie.

Les microprocesseurs et les micro-ordinateurs sont caractérisés par la longueur des mots qu'ils utilisent. La longueur de 8 bits est très courante, mais il existe déjà des dispositifs utilisant des longueurs de mot de 16 ou de 32 bits. Un micro-ordinateur à 8 bits ne peut traiter que $2^8 = 256$ bits d'information par cycle d'instruction, un dispositif à 16 bits est beaucoup plus puissant puisqu'il peut traiter $2^{16} = 65\,536$ bits par cycle, mais le circuit intégré qui le constitue est d'autant plus complexe.

Un ordinateur central a généralement une longueur de mot de 32 bits. Il est encore réalisé avec des composants discrets et est toujours très utilisé pour le traitement ou le calcul nécessitant une puissance de traitement élevée. Les machines font de plus en plus appel aux circuits LSI, ce qui permet de réduire la puissance électrique consommée et d'augmenter leurs possibilités. On assiste à une compétition visant à augmenter leur vitesse de traitement, mais on pense que l'augmentation de la demande en matière de grands ordinateurs s'effectuera au même rythme que la demande en mini et en micro-ordinateurs jusqu'à la fin de la présente décennie.

Télécommunications

Les télécommunications connaissent une révolution en matière de services qu'elles offrent et qui reposent sur des équipements qui n'existaient pas voici trente ans : les satellites, les hyperfréquences, les microprocesseurs et les fibres optiques. C'est l'introduction des techniques numériques dans les télécommunications qui a provoqué la convergence de l'infotechnologie, de toutes les techniques de traitement de l'information dans les télécommunications, dans les ordinateurs et en matière de commande, ce qui a favorisé le développement d'une infrastructure informatique intégrée dans nombre de secteurs industriels.

Les trois types élémentaires de techniques qui concernent les télécommunications sont la transmission, la commutation et les équipements terminaux. La transmission concerne les moyens de transmettre l'information sur une certaine distance; la commutation concerne l'aiguillage et la mise en relation des usagers; les équipements terminaux concernent les dispositifs permettant à l'utilisateur d'envoyer et de recevoir des signaux.

Les progrès technologiques en matière de transmission ont permis d'augmenter les possibilités des supports de transmission et d'améliorer l'efficacité d'utilisation de chaque support. Le câble coaxial en cuivre est le support traditionnellement utilisé pour la transmission. Les progrès techniques dans le domaine des câbles ont permis d'améliorer la qualité de transmission et d'augmenter leur capacité en circuits téléphoniques et, ainsi, les coûts de transmission par circuit et par unité de longueur ont chuté. Les systèmes de transmission hyperfréquence qui ont été mis au point au cours des années 40 ont élargi le choix, étant donné que les câbles coaxiaux ne peuvent être posés sur des terrains accidentés. Par ailleurs, les hyperfréquences se propagent à vue et il est nécessaire de prévoir des tours répétitrices tous les 40 kilomètres environ afin de régénérer le signal. Ces tours nécessitent une maintenance.

Le câble à fibres optiques constitue le troisième support de transmission récemment mis au point et qui se trouve dans la première étape de mise en œuvre. Le câble consiste en un fil de verre de l'épaisseur d'un cheveu acheminant des faisceaux de lumière concentrés. Deux types de dispositifs sont utilisés pour produire la lumière : la diode électroluminescente ou DEL (LED en anglais) et le laser. Les DEL offrent une capacité de transmission faible et les lasers une capacité élevée. Par rapport au câble en cuivre, la fibre optique utilise un matériau bon marché et abondant : la silice; de plus, la capacité de transmission des fibres est bien plus élevée. Parmi les autres avantages, citons : l'absence de corrosion, la moins grande nécessité de régénérer le signal, l'immunité aux brouillages radioélectriques et la possibilité de les employer dans des environnements soumis à des perturbations d'origine électrotechnique et une meilleure résistance aux chocs.

On prévoit de rapides progrès en matière de technologie des fibres optiques ainsi qu'une baisse des coûts, et cela doit conduire à un développement de leur utilisation et, notamment pour les longues distances et pour l'acheminement de signaux divers autres que des conversations téléphoniques, vers les habitations : données, télécopie, voix et images.

Les télécommunications par satellite sont une application particulière des systèmes hyperfréquences. Le signal hyperfréquence est réfléchi par un satellite placé à 35 650 kilomètres d'altitude

sur l'orbite géostationnaire. Le développement des télécommunications par satellite a considérablement augmenté les possibilités de transmission, puisque les difficultés rencontrées pour la construction des réseaux à câbles ou à hyperfréquences sont éliminées et que la distance n'a aucune incidence sur les coûts. De nombreux pays exploitent des systèmes de télécommunication par satellite avec des liaisons vers des stations terrestres. L'Organisation internationale des télécommunications par satellites (INTELSAT)* assure un service à couverture mondiale. Son premier satellite, Early Bird, lancé en 1965, pesait 39 kilogrammes et avait une largeur de bande de 50 MHz (240 circuits bidirectionnels), le satellite INTELSAT V, lancé en 1980, pèse 1 000 kilogrammes et dispose d'une largeur de bande de 2 300 MHz (12 500 circuits téléphoniques bidirectionnels).

Les télécommunications par satellite permettent d'augmenter les possibilités d'acheminement sur le plan mondial de signaux de télévision, de communications de personne à personne, de courrier électronique et de tous les autres services à large bande. Les principaux inconvénients des systèmes à satellite sont le coût élevé de la fabrication des satellites et de leur lancement, le coût de ce dernier tend à diminuer avec la mise en service de lanceurs tels que la Navette Spatiale et Ariane. Actuellement, les télécommunications par satellites interviennent pour une faible part dans les télécommunications mondiales, et, bien qu'elles soient appelées à se développer, elles ne se substitueront pas totalement aux réseaux terrestres en raison de la saturation de l'orbite géostationnaire et de la disponibilité de fréquences radioélectriques.

Les techniques de commutation ont connu un développement rapide au cours des années 60 avec l'emploi d'ordinateurs remplaçant la logique câblée. Les premiers modèles à commande par ordinateur utilisaient des composants électromécaniques pour réaliser des connexions. Les premiers systèmes de commutation entièrement électroniques et numériques furent mis en exploitation en 1970. La commutation numérique présente de nombreux avantages car elle est compatible avec l'utilisation des circuits intégrés et des microprocesseurs et vient compléter les développements en matière de support de transmission. Toute information — conversation, signal vidéo ou donnée — est représentée par une série de bits, si bien que la façon dont elle est commutée ou transmise est indépendante du format initial. Bien que dans les systèmes numériques la fusion de la parole et des données dans le même câble, utilisant les silences, devienne possible, c'est de

cette façon que la commutation de paquets achemine le trafic de manière optimale dans un réseau, assurant ainsi un service moins coûteux et plus rapide. Les techniques numériques améliorent également la qualité de transmission.

La technologie des équipements terminaux connaît un développement rapide, plus particulièrement en ce qui concerne la vitesse, la qualité et la fiabilité des équipements destinés à la transmission d'images ou de textes. On a ainsi réalisé d'importants progrès dans les équipements de télécommunications privées et d'affaires, ce qui a permis de mettre au point des équipements totalement nouveaux, dont ceux qui sont mentionnés ci-après.

Les équipements terminaux pour données. Les équipements terminaux de données ont été mis au point à partir du téléimprimeur des années 60, pour assurer les communications directes entre ordinateurs ou entre terminal éloigné et ordinateur. Il existe de nombreux types de terminaux destinés à satisfaire un large ensemble de besoins : les terminaux rapides, les terminaux légers portables pour les communications sur le terrain, les terminaux d'édition de textes et les terminaux vidéographiques pour les applications scientifiques.

Les équipements de télécopie. Ces machines ont été introduites au cours des années 30 pour assurer la transmission d'images, mais les progrès techniques récents ont permis de ramener à moins de 30 secondes le temps nécessaire à la transmission d'une page de 21 × 30 cm.

Les machines de traitement de textes. Ces machines permettent de mémoriser, de retrouver et d'éditer des textes.

Le Télétex. C'est une version moderne du service télex classique, le Télétex concerne des postes de travail (terminaux intelligents) capables d'échanger des lettres.

La téléécriture (Hiltz et Turoff [2]). C'est une tablette graphique équipée d'un crayon lumineux, d'un clavier et d'un écran qui permet de transmettre et de reproduire une écriture manuscrite. Les applications concernent les conférences, l'enseignement, etc.

Le Vidéotex (Ide [3]). Les systèmes de Vidéotex permettent à un usager d'avoir accès et de retrouver des informations contenues dans des bases de données informatisées. Les informations qu'on peut obtenir concernent les affaires ou les sciences sociales et sont identiques à celles qui sont diffusées par les journaux, les revues et les livres, mais ce système offre en plus la sélectivité dans la recherche. Des téléviseurs adaptés pré-

*L'INTELSAT est une organisation internationale regroupant plus de 100 pays par un accord.

sentent les informations. Des fonctions interactives peuvent être également incluses telles les services de bibliothèque, les télé-chats, l'enseignement assisté par ordinateur, etc. Le Vidéotex a été mis au point en Grande-Bretagne et a rapidement suscité un grand intérêt dans le monde.

Les téléconférences (Dagnelie [2]). Grâce au service de téléconférences, les personnes qui sont géographiquement éloignées peuvent tenir des conférences. Il est également possible de se voir réciproquement en direct sur des écrans de télévision. Ce service pourrait prendre une certaine importance en matière de télécommunications d'affaires, plus particulièrement pour des entreprises ou des organisations importantes et décentralisées.

Logiciel

Les composants physiques des ordinateurs et les autres équipements sont souvent appelés le matériel. Logiciel est un terme générique désignant les ensembles de programmes qui commandent le fonctionnement de tout système informatique complexe.

Un ordinateur dispose d'un ensemble de fonctions d'exploitation qui ont été incluses dans sa conception logique. Un programme est une procédure prévue pour résoudre un problème ou pour accomplir une tâche et consiste en une liste d'instructions qui, lorsqu'elle est lue dans l'ordinateur et mémorisée, détermine avec précision la séquence des fonctions à accomplir et les données avec lesquelles ces fonctions doivent être réalisées. Les instructions sont constituées par des séquences de bits et peuvent être traitées et modifiées par les fonctions logiques de l'ordinateur de la même manière que les autres données. Comme il a été indiqué plus haut, la notion de programme enregistré a ouvert la voie à de nombreux développements, dont ce que l'on appelle l'"intelligence artificielle".

Les programmes agissent à différents niveaux. Au niveau le plus élevé se trouvent les programmes d'application, qui accomplissent une tâche précise telle que la paye, la comptabilité, etc. Les instructions de tels programmes seront codées conformément à un ensemble de conventions qui sont utiles au programmeur. Ces conventions constituent le "langage" du programme. Divers langages ressemblant au langage écrit ont été mis au point, on peut citer le BASIC, le COBOL et le PASCAL.

Au niveau intermédiaire, les instructions codées sont d'abord traitées par un autre programme et traduites dans le langage que l'ordinateur comprend. Les programmes qui accomplissent ces tâches sont appelés compilateurs

ou assembleurs et sont généralement fournis avec la machine.

Au niveau le plus bas, on trouve les programmes du système d'exploitation livrés par le constructeur (par exemple UNIX, système multi-utilisateur et à temps partagé ou CP/M [programme de commande pour les micro-ordinateurs]). Le système d'exploitation agit à la manière d'un gestionnaire et s'assure que toutes les instructions et toutes les données sont à la bonne place, au bon moment et dans le bon ordre.

Des langages informatiques plus évolués permettront d'accroître l'efficacité dans l'écriture et l'exécution des programmes. La programmation reste une discipline nécessitant beaucoup de compétences et défie les méthodes de production à la chaîne. Les architectures des ordinateurs et les langages sont interdépendants et tout progrès dans un domaine stimule l'autre. Ainsi, la plupart des ordinateurs étant des machines séquentielles, la plupart des langages sont également séquentiels, mais, actuellement, on consacre de nombreux moyens à la mise au point de langages de déclaration qui sont plus adaptés au traitement parallèle et qui sont beaucoup plus puissants que les langages conventionnels.

On a de plus en plus besoin de logiciels spécifiques, non seulement pour les ordinateurs universels conventionnels mais aussi comme partie intégrante d'un nombre sans cesse croissant de produits : commutation dans les télécommunications, satellites, engins spatiaux, etc.

L'industrie

L'industrie informatique comprend les secteurs suivants : le matériel, le logiciel, les composants et les équipements de télécommunications, ces secteurs sont étudiés ci-après.

Le matériel

L'industrie du matériel est caractérisée par un développement technique rapide et nécessite d'importantes dépenses en R-D. De plus en plus, des étapes de production s'automatisent : la conception (conception assistée par ordinateur), le montage (robots) et le test (informatisé) [4].

Le matériel doit être concurrentiel en termes de marché mondial en raison du grand volume de ventes à réaliser pour amortir les niveaux élevés des investissements nécessaires. La fabrication des unités centrales et, dans une moindre mesure, la fabrication des unités périphériques se trouvent concentrées dans un petit nombre de pays très industrialisés. Toutefois, les développements récents

en micro-électronique, notamment le développement du microprocesseur, ont donné une impulsion à l'industrie des semi-conducteurs et ont permis à des entreprises d'entrer dans la production de matériel à différents niveaux. Cela entraîne un accroissement du nombre de pays susceptibles de produire du matériel. Une autre conséquence liée aux nouvelles technologies micro-électroniques est que les frontières entre le secteur du matériel proprement dit et les autres secteurs où sont incorporés des microprocesseurs à des produits ou à des biens d'équipement deviennent de plus en plus floues.

*Le logiciel**

En partie en raison des développements rapides en matière de matériel et également en raison du fait que la création de logiciel nécessite beaucoup de travail, il y a pénurie mondiale de logiciel. La mise au point de la "microprogrammation" — programmes incorporés à demeure à l'ordinateur au moment de sa fabrication — n'a pas pu résoudre ce problème, ni même les incitations à employer des langages de haut niveau. Le fait que le logiciel ne soit pas compatible avec tous les types de matériel a également contribué à la pénurie de logiciel.

La condition essentielle pour la mise en place d'une industrie de logiciel est la disponibilité d'une main-d'œuvre spécialisée; il n'est pas nécessaire de faire de nombreux investissements en équipement de production ou en machines. Il est probable qu'à l'avenir l'accent sera moins mis sur les logiciels universels et qu'on accordera beaucoup d'attention à la mise au point de logiciels spécifiques destinés à des applications particulières [7]. Ceci devrait encourager un plus grand nombre de pays à mettre en place des industries de logiciel.

Les composants électroniques

L'industrie des composants électroniques a connu une croissance spectaculaire au cours de la deuxième guerre mondiale (Braun [6]). Cette industrie est maintenant dominée par l'industrie des semi-conducteurs, qui est apparue aux États-Unis. Le pays le plus avancé en matière d'industrie des semi-conducteurs est encore les États-Unis, bien que la France, la République fédérale d'Allemagne, le Japon et le Royaume-Uni aient mis en place leurs propres industries des semi-conducteurs.

*La Direction de la science, de la technologie et de l'industrie de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a prévu de publier un rapport sur l'industrie du logiciel dans le courant de 1984.

Des accords de licence sont souvent conclus car les clients souhaitent en général disposer d'une deuxième source d'approvisionnement et ce phénomène contribue à faire circuler l'information dans l'industrie. Le caractère original de cette industrie, avec sa diversité et ses nombreux risques, est qu'elle est remplacée par une industrie composée de quelques grosses entreprises techniquement avancées et même entourée par quelques fournisseurs annexes.

Les équipements de télécommunication

Les progrès techniques ont provoqué des développements et des changements rapides dans l'industrie des équipements de télécommunication. Cette industrie produit divers types d'équipements : des terminaux (postes téléphoniques, etc.), des équipements de transmissions (câbles coaxiaux, faisceaux hertziens ou équipements pour les télécommunications par satellite) et des équipements de commutation destinés à relier les terminaux entre eux de manière appropriée. En gros, on estime que les équipements de télécommunication représentent environ 30 % de la production des biens électroniques. Les pays de l'OCDE fournissent l'essentiel de la production mondiale d'équipements de télécommunication. Un petit nombre de sociétés, multinationales pour la plupart, réalisent la plus grande partie des ventes dans le monde. Les marchés les plus importants sont ceux de l'Amérique du Nord et des pays industrialisés d'Europe. La concentration géographique de la production et des ventes est à l'image de la répartition internationale des infrastructures de télécommunication.

Depuis 1945, la structure industrielle du secteur des équipements de télécommunication a été relativement statique, proche du monopole, ou d'une situation dans laquelle un seul acheteur domine le marché composé par un oligopole stable de fournisseurs. Récemment, en raison des progrès techniques [7], cette structure a commencé à se modifier.

Les microprocesseurs

La technologie des semi-conducteurs a une influence dans toutes les sphères — la maison, le bureau, l'usine, l'école, l'hôpital, les transports. A l'exception d'un nombre limité de cas (voir plus loin le paragraphe sur la défense), les applications ne reposent pas de façon importante sur les progrès technologiques à venir en matière de rapidité, de taille ou de fiabilité. Le taux de croissance n'est pas, s'il est élevé, limité par la technologie actuelle, mais par les facteurs écono-

miques et sociaux et par l'imagination des inventeurs potentiels.

Lorsqu'on s'intéresse aux applications de la technologie dans les produits finis, il est utile de faire la distinction entre les améliorations des produits existants et les produits nouveaux. Dans les produits existants, la technologie des semi-conducteurs est employée pour remplacer la circuiterie électrique ancienne ou les techniques électromécaniques, et conférer à ces produits une plus grande souplesse d'utilisation, une "élégance" associée à de meilleures performances mais en assurant les mêmes fonctions que les produits anciens et en satisfaisant le même marché. Toutefois, l'avènement des semi-conducteurs et des technologies associées a également permis de mettre au point des produits finis entièrement nouveaux, avec des possibilités nouvelles et s'adressant à un nouveau marché.

Les produits existants

L'industrie horlogère est un bon exemple d'industrie pour laquelle la vitesse de pénétration d'une nouvelle technologie a été extrêmement rapide, dans la mesure où la plupart des produits finis font maintenant appel à cette technologie. Un autre exemple est constitué par l'industrie automobile où un certain nombre de dispositifs micro-électroniques ont été incorporés dans les véhicules afin d'aider le conducteur et assurer des fonctions de commande et de surveillance.

D'autres exemples concernent les équipements électroménagers, tels les lave-linge; équipements de bureau, tels les photocopieurs ou les machines de traitement de textes; l'instrumentation industrielle où les capteurs électroniques, les appareils de mesure et les indicateurs électroniques ont largement supplanté leurs homologues mécaniques ou électromécaniques; et, également, les systèmes d'armes, tels les missiles balistiques.

Les produits nouveaux

L'exemple de la calculette est souvent cité pour illustrer l'apparition d'un produit nouveau rendue possible grâce à la technologie des semi-conducteurs (Clayson [1], p. 392). Bien que les calculateurs de bureau mécaniques, électromécaniques ou électroniques existent depuis de nombreuses années, la calculette, grâce à son faible encombrement, à sa souplesse et à sa facilité d'utilisation, a ouvert un marché nouveau et une gamme nouvelle d'applications.

Un autre exemple de produit nouveau qui, contrairement à la calculette, n'a pas d'ancêtre, est la carte bancaire en plastique qui incorpore un micro-ordinateur (Cremin [1], p. 366). Comme le

souligne le paragraphe ci-après consacré au transfert électronique de fonds, les conséquences de cette invention pour l'industrie bancaire sont énormes.

D'autres exemples de produits nouveaux sont les jeux vidéo, les ordinateurs domestiques, les satellites de télécommunication, les produits et dispositifs paramédicaux utilisés pour les soins et pour aider les personnes physiquement handicapées.

D'innombrables produits et procédés utiles attendent d'être inventés. La mise en œuvre est lente et, en plus des facteurs économiques, sociaux et infrastructurels mis en jeu, il y a un problème fondamental de communication bidirectionnelle entre les utilisateurs finaux potentiels, les industriels et les fabricants de composants. Cremin ([1], p. 366) analyse cette question dans le contexte de l'industrie bancaire.

Le nombre de produits qui pourraient être mis au point et incorporer la nouvelle technologie est potentiellement infini; de tels produits peuvent être créés pour tous les cas :

- Où on doit effectuer des actions répétitives;
- Où l'information doit être mémorisée et récupérée;
- Où on doit surveiller, comparer ou réagir à certaines situations;
- Où le temps de réponse est un facteur important;
- Où l'environnement est dangereux ou hostile au personnel;
- Où des capteurs peuvent donner des renseignements destinés à réagir et que des acteurs peuvent être déclenchés en réponse à ces informations;
- Où la fiabilité, le prix et le faible encombrement constituent des facteurs importants.

Les conséquences de la technologie sur la recherche et le développement

La R-D est le domaine d'application classique des ordinateurs qui ont été inventés pour effectuer les traitements de données énormes relatifs à la recherche scientifique. L'infotechnologie est maintenant le fer de lance du développement des connaissances dans chaque domaine et a des conséquences sur un certain nombre d'aspects fondamentaux de la R-D en plus des applications de calcul originelles [5]. On peut citer le calcul interactif qui permet à un chercheur de vérifier des formulations théoriques, l'utilisation de consoles de visualisation interactives pour la concep-

tion qui permettent d'explorer des choix, l'utilisation de terminaux graphiques, la modélisation à grande échelle et la simulation, l'utilisation des bases de données et des réseaux d'ordinateur pour la diffusion des connaissances nouvelles.

L'automatisation industrielle*

Les applications industrielles des ordinateurs se sont multipliées au cours des années 60. On distingue les applications en ligne et les applications autonomes. Dans les applications en ligne, l'ordinateur se trouve directement lié aux opérations de production. Il assure le traitement des informations d'état afin de fonctionner soit comme système de commande soit comme système de surveillance. La fonction de surveillance peut également être un sous-produit de la fonction de commande. Son objet est d'enregistrer et de traiter les données de production afin de fournir aux responsables des informations en temps réel permettant de prendre des décisions. Dans les applications autonomes, l'ordinateur fonctionne indépendamment du système de production et traite des informations textuelles pertinentes.

Les systèmes de commande

Les systèmes micro-électroniques de commande sont utilisés dans l'industrie pour la commande directe des opérations de production telles que les mouvements de matériaux, de composants et de produits; la commande de température de pression et d'humidité; le façonnage, la coupe, le mélange et le moulage de matériaux; le montage de composants dans des sous-ensembles et des produits finis; et le contrôle de la qualité par inspection, test et analyse. Dans chacun des cas, l'état de la variable du processus de fabrication est transformé au moyen d'un capteur en un signal d'entrée. Ce signal est ensuite traité et transformé en un signal de sortie qui peut ensuite être utilisé pour calculer, par exemple, un mouvement mécanique ou régler électriquement une température au moyen d'un actuateur approprié.

Pour certaines applications, le système peut être programmé afin d'optimiser certaines conditions en assurant la commande simultanée d'un grand nombre de variables; une programmation de ce type est utilisée dans l'industrie pétrolière et pétrochimique.

*Pour une étude détaillée sur la façon dont la micro-électronique peut permettre d'améliorer et améliorer l'efficacité et la productivité industrielle, voir Owr [9].

Les industries de traitement

Les premières applications des systèmes de commande ont concerné les industries de traitement, c'est-à-dire celles qui transforment les produits bruts et l'énergie en produits comme les industries chimiques, pétrolières, papetières, agro-alimentaires, textiles et la production d'électricité. Des appareils assurent la surveillance des variables des processus telles que le débit, la température, la pression, la composition chimique et les niveaux des liquides. Une usine type, telles celles qui produisent de l'éthylène ou de l'ammoniac, comporte plusieurs centaines de chiffres de commande et plusieurs milliers de variables mesurées. Les modifications qui interviennent au cours du processus durent de quelques secondes à quelques heures (Evans [6]).

Les industries de production

Dans les industries de production, telles que celles qui produisent les automobiles, les biens domestiques, les pièces de rechange, etc., par opposition aux industries de traitement, les formes des matériaux bruts sont manipulées afin que les éléments discrets soient assemblés pour former des produits. Les méthodes de mesure et de commande sont fondamentalement différentes de celles qui sont utilisées dans les industries de traitement et, par conséquent, le problème de l'automatisation est plus complexe, et il existe maintenant au Japon, aux Etats-Unis et en Europe des usines très automatisées. Ces usines produisent des automobiles, des moteurs, des engins de chantier, des équipements de forage pétrolier, des engins de levage, des produits électrotechniques et des outils.

Une des premières applications les plus caractéristiques en ce qui concerne l'automatisation de la production a été l'introduction, dans les années 50, des machines à commande numérique (CN). Dans ces machines, une séquence d'instructions codées commandait une séquence fixe d'opérations effectuées par la machine. Un peu plus tard, la commande par logique câblée fut remplacée par un micro-ordinateur programmé qui assure les fonctions de commande, c'est ce qu'on appelle la commande numérique par ordinateur (CNO). Parmi les autres développements citons la commande adaptative des machines-outils (CA), où l'ordinateur est utilisé pour mesurer, par exemple, les forces et les vitesses de coupe afin de commander le déplacement axial et la vitesse de la broche de manière à obtenir une vitesse optimale de renouvellement du métal, et citons également la commande numérique des machines-outils dans laquelle un ordinateur universel se trouve directement relié à plusieurs machines-outils [15].

Les robots industriels

La notion de système de commande aboutit tout naturellement à la notion de machine universelle présentant une souplesse suffisante pour réaliser une grande variété de tâches : le robot industriel.

Les robots industriels sont généralement définis* comme des manipulateurs possédant un grand niveau de liberté et qui accomplissent une grande variété de mouvements. Le robot industriel fait intervenir une nouvelle démarche en ce qui concerne l'automatisation et qui diffère de la démarche classique. Dans le passé, la technologie permettait de réaliser des tâches qui n'étaient pas nécessairement analogues aux tâches humaines. Par contre, la démarche "robotique" de l'automatisation suit les caractéristiques humaines de manière plus étroite, puisqu'elle écarte la notion de machine spécialisée et tend vers l'universalité (Zermeno, Moseley et Braun, [6]). Cela présente des avantages et des inconvénients, et l'aspect économique doit être soigneusement examiné. L'apparition de robots produits en grande quantité facilitera l'introduction de l'automatisation, mais de tels robots seront plus coûteux que les machines spécialisées lorsqu'ils ne seront utilisés que pour réaliser des travaux simples. Par ailleurs, dans un marché suffisamment large pour les robots, les coûts de conception et de mise au point pourront être ventilés sur un grand nombre de robots.

Le développement des robots industriels, qui a commencé à la fin des années 60, a reçu une impulsion considérable grâce à la souplesse et aux possibilités offertes par les microprocesseurs; on a assisté à d'importants progrès, qui ont permis l'utilisation pratique des robots industriels au cours de la première moitié des années 70. On estime qu'il y avait 8 000 robots industriels dans le monde en 1978, dont la majorité servait à la peinture, au soudage, au pressage et au montage par injection, essentiellement dans les industries des biens d'équipement domestiques et dans l'industrie automobile. Le JIRA, fondé en 1971, prévoit la généralisation de l'emploi des robots industriels au cours des années 80.

Conception et production industrielle

Les systèmes de conception et de production industrielle s'attachent au traitement autonome d'informations textuelles ou schématiques relatives à la conception de produits industriels et à la

*Crossley ([1], p. 351) donne la classification et les définitions des robots industriels: telles qu'elles ont été adoptées par le Technology Standardisations Committee de la Japanese Industrial Robot Association (JIRA) en 1974.

planification et à la gestion de la production. Ces systèmes concernent les tâches suivantes :

La conception assistée par ordinateur (CAO):

La planification des besoins;

L'ordonnancement;

Les achats dont le remplacement des matières premières, la gestion des stocks, les commandes;

La production et le montage, dont la gestion des matériaux, la gestion de charge, les inventaires, la commande des machines, les gestion des tâches et le déploiement.

De telles applications sont généralement le résultat du remplacement des procédures manuelles par des procédures informatisées; elles permettent d'optimiser et de simuler des plans à des vitesses qu'il n'est pas possible d'obtenir avec des méthodes manuelles.

Fabrication intégrée par ordinateur

Les applications industrielles de l'informatique se sont développées petit à petit. Des problèmes particuliers ont été résolus, mais souvent l'apport de l'ordinateur a été inférieur aux prévisions. Il est devenu évident qu'il ne suffisait pas de superposer la technologie informatique à des systèmes de production classiques, il fallait avoir une demande concernant le système tout entier.

Le nom de fabrication intégrée par ordinateur (FIO) a été donné à cette technologie intégrale. Cette technologie intégrera tous les aspects relatifs à l'activité de production de la conception initiale à l'entreposage, aux ventes et à la maintenance; toutes les étapes sont contrôlées par des modules de logiciel distincts, formant ensemble un système hiérarchisé. Il sera probablement nécessaire de mettre au point nombre de logiciels pour la FIO dont le développement s'étendra sur une assez longue période.

La bureautique

Curnow [5] estime que la bureautique constituera à long terme le secteur de croissance essentiel de l'infotechnologie et qu'elle aura une influence déterminante sur l'efficacité de circulation de l'information à l'intérieur des entreprises. Toutes les procédures de bureau peuvent être coordonnées et rationalisées, tous les mouvements peuvent être surveillés grâce à l'emploi d'une infotechnologie appropriée. Cela doit aboutir au "bureau intégré" [11] dont certains composants sont déjà à un stade avancé dans les pays

industrialisés. L'informatique et le traitement de texte sont couramment utilisés. Par ailleurs, d'autres applications telles que le traitement de l'image et le traitement de la parole sont encore au stade de début de mise au point.

Le traitement de l'image permet de représenter des données complexes sous une forme visuelle. Certains dispositifs, tels les télécopieurs, les consoles graphiques, etc., relèvent du domaine du traitement de l'image. Cette technique peut jouer un rôle important dans l'amélioration de la productivité dans les bureaux. Le traitement de la parole concerne des processus d'entrée ou de sortie mettant en œuvre directement la parole. On s'attend à de nombreux développements à long terme dans le domaine de la reconnaissance de la parole [5] qui, à l'évidence, aura des incidences très importantes dans la gestion des bureaux.

Les machines de traitement de textes, reposant sur l'informatique traditionnelle, comprennent des consoles vidéo à clavier, des unités de traitement avec mémoire interne et externe et des imprimantes (Boddy et Buchanan [11]). Les machines de traitement de textes offrent les possibilités suivantes : la saisie, la mémorisation, le traitement, la distribution de l'information et, également, la commande électronique de la frappe et de l'impression. Le traitement de textes améliore de manière importante la productivité dactylographique (Lamborghini [3]). L'interconnexion des machines de traitement de textes, en utilisant les systèmes de télécommunication, stimulera les développements en matière de courrier électronique. Le bienfait essentiel du traitement de textes ne pourra être apporté que lorsqu'il sera possible d'utiliser à plein les possibilités d'interconnexion et d'accès à des fichiers centraux pour permettre l'intégration du fichage, du catalogage et de la diffusion de l'information à l'intérieur et à l'extérieur du bureau.

Les systèmes informatiques de bureau généraux sont de plus en plus utilisés, par exemple, pour la planification financière, les systèmes de traitement des salaires et des retraites. La mise au point des logiciels relatifs à ces applications a nécessité de nombreuses années.

Le transfert électronique de fonds

L'infotechnologie aura probablement une grande influence sur l'industrie bancaire. Actuellement, l'industrie est en proie à un problème structurel fondamental: celui de produits coûteux associés à une pléthore de personnel et à des coûts immobiliers disproportionnellement élevés, et qui pousse largement à modifier les opérations de mouvement de papier vers le transfert électronique et la banque sans chèque.

Le terme de transfert électronique de fonds (TEF) couvre l'ensemble des mouvements utilisant des ordinateurs en ligne qui débitent ou créditent directement des comptes entre banques, branches, entre clients et branches ou qui transfèrent le montant des achats du client vers le compte de vendeur (transaction point de vente) [12]. L'apparition des cartes personnelles en plastique incorporant un microprocesseur à bas prix, sorte de portefeuille électronique, permettant de réaliser des mouvements carte à carte dans intervention bancaire, constituera peut-être une révolution bancaire. Les cartes personnelles, bon marché et portables, seront un moyen de paiement puissant (Cremin [1]).

L'évolution du transfert manuel vers le TEF requiert une certaine réorganisation, et peu de parties concernées (Etat, banques et compagnies d'assurance) sont prêtes pour une telle réorganisation*. Toutefois, la tendance vers le TEF existe [13] et des modifications fondamentales de la structure financière de la banque se produiront, partant de l'actuelle industrie dévoreuse de personnel, coûteuse en locaux et en personnel, pour aboutir à une industrie décentralisée, du type "servez-vous", puissante avec de très faibles coûts en personnel et en locaux.

Le système d'aide à la décision

Dans les pays industrialisés, l'emploi des systèmes informatiques de gestion s'est répandu dans les entreprises.

La gestion d'une organisation s'exerce sur trois niveaux fondamentaux : au niveau de l'exploitation, au niveau tactique et au niveau stratégique. Le niveau de l'exploitation fait intervenir des opérations au jour le jour, le niveau tactique le contrôle et l'évaluation de ces opérations, et le niveau stratégique la planification à long terme. Dans les pays industrialisés, les systèmes informatiques de gestion (SIG) ont connu au cours de ces trente dernières années des évolutions dans ces trois niveaux.

Les deux premiers niveaux ont trait à la productivité de l'organisation. Le troisième s'attache à la survie et à la croissance de l'organisation : les notions différentes sont "l'efficacité sociale" [4] et "l'intelligence sociale" (Dedijer [1]). Alors que l'efficacité sociale est le résultat d'une structure de gestion appropriée qui permet d'estimer et de traiter l'information de manière économique, le développement de l'intelligence sociale fait encore l'objet de controverses sur le plan mondial.

*Pour un examen détaillé des questions soulevées par le TEF, se reporter à la revue *Communications of the ACM*, vol. 22, n° 12 (décembre 1979).

Dans les pays industrialisés, les SIG sont employés sans problème et, depuis quelque temps, aux niveaux opérationnel et tactique [14]. Il a été possible, grâce à du personnel ayant l'expérience et les compétences requises, de mettre au point des procédures opérationnelles appropriées et, grâce à l'expérience acquise au niveau opérationnel, de développer le niveau tactique (Jorssen [15]). En même temps, les infrastructures de matériel et de logiciel se développent. Le niveau stratégique des SIG pose des problèmes plus importants et ce n'est que depuis peu de temps qu'on a enregistré un mouvement des SIG du niveau tactique vers les SIG du niveau stratégique, c'est-à-dire des systèmes d'aide à la décision [16], qui constituent la base pour l'élaboration de l'intelligence sociale.

Les systèmes informatiques gouvernementaux

Au niveau national, les processus de prise de décisions gouvernementaux doivent permettre de réagir à l'environnement à la vitesse à laquelle cet environnement se modifie. Le processus de contre-réaction doit mettre en œuvre des moyens appropriés, et puisque le volume d'information mis en œuvre dans le processus de contre-réaction est énorme, l'infotechnologie devrait jouer un rôle essentiel dans la saisie systématique de l'information et dans son organisation, dans sa disponibilité au moment approprié à tous les niveaux de prise de décisions.

L'infotechnologie est largement utilisée dans les systèmes administratifs des gouvernements. Les applications caractéristiques font intervenir des traitements comportant un volume important de transactions telles que le paiement des prestations sociales (la sécurité sociale, par exemple), le recouvrement des impôts, les recensements de population, les statistiques du commerce et la comptabilité. Les ordinateurs sont également utilisés dans l'administration publique pour la planification, l'aide à la décision [16] et la recherche d'informations [5]. Le potentiel de ce secteur en matière de bureautique augmente. L'infotechnologie couvre un horizon assez large qui concerne l'efficacité, la conservation des richesses, l'amélioration des possibilités des prises de décisions et la structure des organisations pour les services gouvernementaux. En appuyant cette vue, Friedrichs [3] indique que, dans l'administration publique, environ 75 % des emplois peuvent être formalisés et 38 % automatisés. La pression croissante sur les finances publiques contribuera à donner un élan au développement de l'infotechnologie dans ce secteur dans les pays industrialisés.

La défense et le secteur aérospatial

Les applications militaires de l'infotechnologie sont d'une importance fondamentale (Rahman [1], p. 435); en réalité, les premiers ordinateurs ont été utilisés pour des applications militaires et l'industrie des semi-conducteurs trouve ses origines aux États-Unis essentiellement dans les secteurs militaire et aérospatial. En effet, la demande de ces secteurs relative à des dispositifs à hautes performances et à fiabilité élevée a conduit à la mise au point du transistor au silicium et, plus tard, à celle des circuits intégrés (Mackintosh [6]). Les systèmes de guidage et de commande des armements modernes, ainsi que les systèmes de télécommunication, de commande et de surveillance, reposent pour une grande part sur des technologies élaborées.

Facteurs influençant la pénétration de l'informatique dans l'industrie

Même dans les pays industrialisés la pénétration de l'informatique sera progressive, en raison :

- Du montant élevé des investissements dans les unités de production existantes;
- De l'insuffisance des investissements;
- Des problèmes de rapports industriels;
- Du manque de personnel qualifié;
- De la disponibilité et du coût des capteurs et des actuateurs;
- De contraintes technologiques.

Les raisons qui poussent à l'innovation en matière informatique sont d'abord économiques :

- Economie de main-d'œuvre;
- Economie d'énergie;
- Economie de matériaux;
- Meilleur contrôle de la production;
- Meilleur contrôle des processus et de la qualité;
- Plus grande souplesse dans les produits;
- Meilleurs produits;
- Meilleure gestion de stock;
- Meilleur contrôle de la pollution;
- Besoin plus faible de main-d'œuvre en atmosphère hostile.

Les coûts

Les coûts de l'infotechnologie ont baissé rapidement grâce au remplacement des composants discrets par des composants microélectroniques. Par exemple, entre 1973 et 1982 le coût du bit de mémoire pour les RAM des différentes générations a connu une baisse annuelle moyenne de 40 % (Noyce [6]). En plus de la baisse des prix des composants, viennent s'ajouter la baisse de main-d'œuvre et des matériaux nécessaires aux interconnexions, la réduction des tests intermédiaires, les coûts plus faibles de fonctionnement et de maintenance. Les dispositifs électromécaniques n'ont pas connu la même baisse de prix que les composants électroniques et, par conséquent, les périphériques, dont les capteurs et les actuateurs sont dans de nombreux cas encore assez chers. Le niveau actuel de l'automatisation industrielle reflète cette situation. Alors que le prix des télécommunications ne semble pas avoir connu une baisse analogue à celle des autres produits électroniques, les informations sur les tendances en matière de prix dont on dispose révèlent que les prix des équipements ont beaucoup moins augmenté que les prix de toute la production. Grâce aux progrès en matière de technologies de transmission et de commutation, les coûts de télécommunication par circuit et par kilomètre ne cessent de baisser [7].

Influence sur la société

De nombreux ouvrages et articles traitant de l'influence de l'infotechnologie sur la société sont récemment parus. On distingue trois aspects : l'aspect microsectoriel, l'aspect macrosectoriel et le niveau structurel [17].

L'aspect microsectoriel de l'influence de l'infotechnologie sur la société qui prévaut en Amérique du Nord souligne le rôle des télécommunications. En constituant des systèmes d'information globaux associés à une prise de décisions locale, la tendance vers l'urbanisation peut être inversée et provoquer ainsi une modification fondamentale de la société.

L'aspect macrosectoriel, qui prévaut dans une grande partie de l'Europe occidentale et dans certaines parties des États-Unis, s'éloigne de la notion de communication pour aboutir à la notion plus générale d'information. Porat [18] a constaté que plus de la moitié de la main-d'œuvre des États-Unis était impliquée dans les activités touchant à l'information et que ces activités représentaient 45 % du produit intérieur brut (PIB). Des résultats analogues ont été constatés dans les autres pays de l'OCDE. La conclusion est que le monde se transforme progressivement en une société d'information globale.

L'aspect structurel, plus large, prévaut en France et au Japon. Il met l'accent sur les modifications de processus qui apparaissent suite à l'utilisation de l'infotechnologie, dont celles qui sont consécutives à la robotique, à la bureautique, etc. Les modifications de processus ont la possibilité d'affecter chaque aspect de l'activité économique et le mode de vie.

Bell [6] a étudié ce qu'il appelle la société postindustrielle, dont les caractéristiques sont : transfert de la production de biens vers la production de services; un déplacement dans la nature de la recherche allant d'un intérêt essentiel pour la propriété de biens vers un intérêt essentiel pour la propriété de matériaux; et l'apparition d'une nouvelle technologie intellectuelle en qualité d'outil fondamental pour la gestion d'organisations complexes. L'infotechnologie est à l'évidence fondamentale pour la société postindustrielle.

III. Les effets de l'informatique sur la productivité et sur l'emploi

Dans les pays industrialisés, l'infotechnologie a conduit à une baisse importante des besoins de main-d'œuvre et a permis d'augmenter la productivité, à titre d'exemple on peut citer l'industrie des télécommunications et l'industrie des caisses enregistreuses.

Narasimhan [1] indique que la technologie joue deux rôles dans l'économie. Le rôle d'élargissement de la technologie permet d'agrandir la sphère de l'activité industrielle en créant des processus et des produits nouveaux et, par conséquent, de nouveaux emplois. Dans son rôle intensif, la technologie augmente la productivité et tend à diminuer l'emploi (existant ou potentiel). Pour le long terme, les deux rôles doivent être considérés comme positifs et souhaitables.

D'un point de vue macroscopique, les effets de l'infotechnologie sur l'emploi global ne sont pas directs. Alors que la technologie constitue un facteur important, le niveau et la structure de l'emploi dépendent des cycles d'affaires, de la politique économique, du système économique, de facteurs démographiques, du degré de résistance des travailleurs au changement, de la répartition des bénéfices, etc. Il est difficile de séparer ces effets.

En facilitant la production d'équipements et de produits nouveaux, en facilitant également le développement et l'amélioration des sources, l'infotechnologie crée des possibilités d'emploi au niveau de la production et au niveau de l'utilisateur final. Cependant, le potentiel de développement d'emploi peut s'avérer être faible pour les pays en développement et les besoins plus importants en capitaux peuvent provoquer la concentration de la production industrielle dans les pays développés. Les emplois qui peuvent être créés par la production locale de produits informatiques (composants, ordinateurs, machines de traitement de textes, logiciel, etc.) nécessitent un examen particulier (voir le chapitre V). L'utilisation directe des équipements informatiques, tels les ordinateurs, n'affectera probablement qu'une faible partie de la main-d'œuvre (Rada [1], p. 199).

Du point de vue national, l'utilisation de l'infotechnologie devrait être influencée par un certain nombre de facteurs, par exemple : la survie et la croissance raisonnable d'une entreprise par la

production de biens compétitifs et de haute qualité; l'emploi du plus grand nombre possible de personnes à des salaires acceptables; l'amélioration des conditions de travail, et une répartition convenable des compétences. L'accent mis sur un seul facteur, tel que l'influence négative à court terme sur l'emploi, peut conduire à une vue déformée.

L'utilisation de l'infotechnologie dans les processus industriels se développera au même rythme que la croissance de l'emploi dans la mesure où les gains de production compenseront les gains de rendement et de productivité. Bien sûr, pour des niveaux de production donnés, il peut en résulter une baisse de la demande en main-d'œuvre. La réponse à la question de savoir si la production doit être augmentée au même rythme que les gains de productivité dépend de la possibilité de trouver un marché pour cet accroissement de production.

Dans une entreprise ou un secteur de l'économie donné, l'utilisation de l'infotechnologie a, par le jeu des liens, des incidences sur l'emploi dans les autres secteurs de l'économie (Stoneman [1], p. 262). Il devrait en résulter des prix plus bas pour une qualité donnée. L'augmentation de la demande qui en résulterait devrait stimuler l'emploi. Si, toutefois, un pays ne fait pas aussi rapidement appel à la nouvelle technologie que les autres pays, il peut être appelé à importer pour satisfaire la demande en biens de consommation.

Des modifications dans la répartition de la puissance d'achat, résultant de l'augmentation du coût de l'énergie et, également, de l'accès plus large au savoir-faire technologique par les pays récemment industrialisés et les pays en développement, ont complètement modifié le profil mondial de la demande. Un facteur contribue à une contraction des options des pays industrialisés, il s'agit de la poussée technologique des pays développés qui débouche sur une érosion des avantages comparatifs. Les pays en développement, par conséquent, qui sont très dépendants du commerce extérieur pour leur croissance économique, se doivent d'orienter leur capacité de production vers des produits et des processus cohérents avec ces évolutions de la demande. La productivité doit être maximale dans tous les

secteurs et le rôle du développement des produits est capital.

Une des difficultés essentielles réside dans le fait que certains pays souhaitent avoir une balance commerciale positive. Par conséquent, les pays qui enregistrent d'importants déficits dans leur balance commerciale deviennent très dépendants des prêts et des investissements étrangers, sans parler des incertitudes qui en résultent. Ceci a pour conséquence d'affaiblir la demande dans tous les pays par rapport à ce qu'elle pourrait être et d'affecter défavorablement les niveaux de l'emploi.

Beaucoup de pays en développement présentent des différences fondamentales en matière de disponibilité de main-d'œuvre, de capitaux, de compétences, de commerce extérieur, de chômage, etc., ainsi qu'en matière de système d'économie politique. Ces facteurs et bien d'autres, tels que la taille de leur marché intérieur, l'importance des influences étrangères, ainsi que le niveau d'intégration avec les fournisseurs nationaux de biens intermédiaires, etc., et le niveau des possibilités technologiques locales, rendent difficile l'estimation de l'influence de l'infotechnologie sur l'emploi et la productivité du tiers monde pris comme un tout ([1], par. 8, p. 430). De plus, de nombreux pays en développement ont une économie double, c'est-à-dire qu'ils disposent de secteurs ruraux et de secteurs urbains totalement distincts pour la plupart. Les circonstances historiques et la position géographique ont également une influence, ainsi que le degré actuel de spécialisation, sur la facilité avec laquelle l'infotechnologie peut être intégrée dans les processus de production.

Facteurs influençant l'adoption de l'infotechnologie

Il n'y a pas réellement de choix en ce qui concerne l'adoption ou le refus de l'infotechnologie (Kuale [1], p. 222). Les pays en développement ne pourront survivre dans le marché mondial qu'en suivant les pays développés et en incorporant dans leurs produits la nouvelle infotechnologie. Une des raisons qui explique cette nécessité que le système économique qui prévaut actuellement dans une grande partie du monde est caractérisé par une structure décentralisée de prise de décisions. Le fait que le bénéfice et la survie sont étroitement liés dans les actions des entreprises les motive à améliorer la productivité en permanence. Comme nous l'avons déjà indiqué, il existe une pression économique mondiale qui pousse à l'amélioration de l'efficacité globale, à l'innovation radicale en matière de produits, etc., que la technologie informatique facilite. Par conséquent, il est raisonnable de s'attendre à la

poursuite du développement de l'utilisation de cette technologie.

Utilisée de manière convenable, l'infotechnologie peut faciliter les améliorations qualitatives et visuelles des produits, en particulier en ce qui concerne la miniaturisation. De telles améliorations peuvent constituer un puissant facteur pour accroître la compétitivité des produits.

Même les secteurs protégés de l'économie ne pourront empêcher l'introduction de l'infotechnologie étant donné que ces secteurs sont soumis à une certaine compétition.

Le processus d'innovation et la diffusion des technologies aux pays en développement

Ainsi qu'il est indiqué dans le chapitre II, il existe de nombreuses applications de l'informatique qui sont directement liées à la production, par exemple, la gestion de la production, le contrôle de processus, la conception et la commande des machines (machines à commande numérique, robots, etc.). L'innovation en matière de production — qui fait souvent intervenir les équipements informatisés — constitue généralement une réponse aux faiblesses du système de production : faible productivité, pannes de machine, manque de compétences, consommation excessive d'énergie, mauvaise qualité des produits, absence de sécurité dans les conditions de travail, etc. L'insuffisance de capitaux, l'insuffisance des échanges avec l'étranger, le manque de connaissance et de compétences retarderont la diffusion des technologies informatiques et, plus particulièrement, dans les pays en développement. La Conférence sur l'informatique et le développement industriel ([1], par. 8, p. 430), qui s'est tenue à Dublin, a mentionné le manque de compétences comme étant le frein essentiel à l'introduction bénéfique de ces technologies.

Les éléments de l'environnement industriel autres que la technologie elle-même, tels que l'aide à la production, le niveau de compétence, la formation, la structure industrielle, le développement de la gestion, etc., concernent l'innovation. Cela ne signifie pas que le transfert de technologies ou la R-D ne sont pas importantes pour le secteur industriel.

Une entreprise ou une économie qui n'innove pas est pratiquement vouée au déclin. Même si le processus d'innovation apparaît d'abord dans l'entreprise, les pouvoirs publics ont le pouvoir d'influencer le processus de différentes façons : politique et attitude en matière d'investissements étrangers, politiques commerciales et tarifaires, mesures fiscales, aide à la R-D.

Les industries transférées à l'étranger

Ces industries ont des installations à l'étranger où elles effectuent souvent des opérations d'assemblage et ne sont généralement pas d'une haute technicité. Les opérations d'assemblage s'automatisent actuellement. Les entreprises disposant d'usines dans des pays éloignés seront en mesure de comparer les coûts de production faisant intervenir la main-d'œuvre bon marché des pays en développement avec ceux de leur production nationale mettant en œuvre des technologies élaborées. La production à l'étranger deviendra de moins en moins intéressante en raison de l'augmentation constante des salaires dans les pays en développement, des barrières tarifaires et des innovations en matière d'infotechnologie dans les pays développés. Néanmoins, il est probable que certaines industries choisiront les pays en développement pour y implanter des industries reposant sur la nouvelle technologie.

Le transfert technologique

Des améliorations en ce qui concerne le niveau d'éducation associé à la disponibilité de l'information technologique permettront aux pays en développement de produire de manière efficace à un niveau compétitif et de maintenir ainsi un niveau d'emploi acceptable. Les termes dans lesquels s'opèrent les transferts de technologie vers les pays en développement et, également, les relations et les interactions qui existent entre les centres qui reçoivent cette technologie dans les pays en développement et l'économie de ces pays sont des facteurs déterminants. Le développement de l'infotechnologie conduira à une demande de personnel compétent, ce qui nécessite une formation appropriée.

Un exemple : l'industrie vestimentaire

On peut voir l'influence de l'infotechnologie sur l'emploi et la productivité à l'aide d'un exemple particulier : l'industrie vestimentaire, qui présente une grande importance pour les pays en développement en matière d'emploi, d'exportation et de développement. L'influence de l'infotechnologie dans cette industrie pour l'avenir des pays en développement a été analysée par de nombreux auteurs, dont Rush et Hoffman ([1], p. 252) et Rada [3]). Cette industrie était traditionnellement grande consommatrice de main-d'œuvre et très fragmentée. Les systèmes de gestion d'organisation étaient assez peu élaborés et le niveau de la technologie utilisée pour assister le processus de production limité. Une grande variété de vêtements est produite, et, grâce au faible coût de la

main-d'œuvre, les pays en développement ont pu bénéficier d'un avantage dans un certain nombre de sous-secteurs de production de masse. L'infotechnologie permettant d'automatiser de nombreux processus de production dans l'industrie vestimentaire existe, et les progrès récents en matière de micro-électronique et de microprocesseurs permettront d'élargir la portée et la souplesse des applications de l'infotechnologie dans cette industrie tout en étant peu coûteuse à mettre en œuvre. Cela conduira à des modifications en matière de besoins en compétences et en capitaux. Les coûts de main-d'œuvre deviendront un facteur de moins en moins important. Il est donc essentiel pour les pays en développement de tenir compte de l'influence de l'infotechnologie dans l'élaboration de leur stratégie de développement en matière d'industrie vestimentaire.

Déplacements structurels de l'emploi

Au cours du siècle dernier, lors de la révolution industrielle, on craignait que le remplacement des personnes par des machines conduisit à un important chômage, mais, en réalité, ce furent des déplacements d'emplois qui se produisirent. Toutefois, les gains de productivité produisirent une augmentation substantielle de bénéfices, la demande s'accrut et de nouvelles industries ainsi que de nouvelles activités de services furent créées. L'emploi augmenta globalement, bien que sa composition fût modifiée, avec un déplacement de l'agriculture vers l'industrie et les services.

Aujourd'hui, l'industrie et les services sont les premiers candidats à l'application de l'infotechnologie. A moins que ne se produise un développement massif de produits et de services nouveaux, les secteurs de l'industrie et des services ne seront pas en mesure d'absorber la main-d'œuvre qui a été déplacée par suite du développement de l'automatisation industrielle et de la bureautique. L'accroissement important de la population depuis la révolution industrielle ainsi que l'actuelle lenteur de la croissance industrielle diminuent l'espoir de voir absorber la main-d'œuvre ainsi déplacée.

La transformation structurelle rapide entre les secteurs donne la base des améliorations souhaitées en matière de productivité et d'emploi en général, mais cela conduit également à une secousse sociale. Des modifications globales dans le profil de la demande associées aux développements informatiques vont probablement contribuer à la difficulté de reconnaître la nécessité de telles transformations et d'y répondre de manière positive. La principale caractéristique des pays développés dans ce domaine est l'importance relativement faible du secteur de l'agriculture et de l'importance croissante du secteur des services. Ces changements

structurels sont la conséquence de la faible croissance de la demande et de l'augmentation importante de la productivité dans l'agriculture associée à la situation inverse du secteur des services, c'est-à-dire de la croissance rapide de la demande et de la croissance lente de la productivité. Si l'augmentation de la productivité dans le secteur des services avait été plus importante, les changements structurels entre les secteurs auraient été moindres. L'utilisation du microprocesseur dans le but d'automatiser et d'augmenter la productivité du secteur des services devrait permettre de ralentir ces transformations et aider ce secteur à jouer un rôle de catalyseur en rapport avec le développement d'une industrie organique auto-suffisante. Le mouvement entre les secteurs pourrait, dans une certaine mesure, être remplacé par des mouvements socialement moins discontinus dans le secteur secondaire afin de satisfaire aux profils modifiés de la demande en matière de produits manufacturés.

Toutefois, si les pays en développement devaient importer la totalité des procédés industriels clés en main, on pourrait voir apparaître des îlots de haute technologie et des tensions écono-

miques et sociales pour admettre ce déséquilibre, qui, alors, sera une caractéristique de l'économie, qu'il n'est pas facile de prévoir.

Conclusion

Les perspectives de voir l'infotechnologie appliquée à l'augmentation de la productivité dans le processus industriel sont grandes, et l'influence potentielle qu'auront ses applications au niveau des besoins de main-d'œuvre et de compétences est importante. Au plan national, il est difficile de séparer les effets de l'infotechnologie sur l'emploi des autres facteurs déterminants de l'emploi. Alors que la rapidité dans la diffusion de l'infotechnologie variera, il existe des forces qui se conjuguent pour adopter l'infotechnologie afin d'améliorer l'efficacité et la productivité nécessaires pour maintenir la compétitivité. Il est donc essentiel de tenir compte de l'infotechnologie dans l'élaboration des stratégies de développement industriel.

IV. Le développement de l'informatique dans les pays en développement

Action internationale destinée à promouvoir des politiques et des stratégies

Il existe de nombreux obstacles et de nombreuses contraintes au développement technologique des pays en développement. Parmi ceux-ci, citons : l'analphabétisme, la faiblesse de l'infrastructure de télécommunication susceptible de permettre l'échange d'information, l'insuffisance des ressources financières, l'étendue du chômage, la dispersion des communautés rurales, la croissance démographique rapide, l'insuffisance générale d'infrastructure, l'absence de procédures permettant d'adapter les technologies venant de l'étranger, et l'absence de moyens de prise de décisions et de mise en œuvre en matière de développement.

Les statistiques comparatives reflètent les problèmes. Le tiers monde, y compris la Chine, regroupe 3 milliards de personnes, soit à peu près les trois quarts de la population mondiale, reçoit un cinquième du revenu mondial et regroupe 10 % de l'industrie manufacturière mondiale. Le taux d'analphabétisme atteint souvent 50 % et parfois même 80 %. La Banque mondiale estime que, non compris la Chine, 800 millions de personnes sont indigentes et que ce chiffre sera encore de 600 millions vers l'an 2000.

Narasimhan [1] propose d'essayer des solutions totalement nouvelles et non classiques mettant en œuvre l'infotechnologie en matière d'éducation afin de faire disparaître l'analphabétisme, en matière de santé afin d'améliorer le niveau de vie, et en matière de services communautaires afin d'améliorer la qualité de vie des communautés de petite taille géographiquement dispersées dans des pays comme l'Inde. L'étendue du problème rend impossible l'utilisation de solutions classiques.

Contraintes concernant la diffusion des technologies des systèmes

Une contrainte fondamentale relative au développement de l'infotechnologie dans les pays en développement est celle qui concerne la catégorie

des "technologies des systèmes". Pour les technologies des systèmes à mettre effectivement en œuvre, un grand nombre de composantes interactives fonctionnant à la manière d'un système doit être coordonné (Barguin [1], p. 84). En plus de la faisabilité économique et technique, il est nécessaire d'examiner la faisabilité sociale et culturelle qui peut être plus contraignante (Banerjee [1]). Une technologie des systèmes peut être très différente selon le type de transfert de technologie qui a réussi dans lequel une nouveauté discrète nécessitant quelques compétences nouvelles pour pouvoir s'effectuer, telle une calculatrice, est introduite et dans le même temps des compétences sont mobilisées vers de nouvelles applications (Clayson [1], p. 392).

Action internationale

En raison des nombreux obstacles et contraintes qui existent, l'action internationale sera déterminante pour aider à promouvoir l'adoption de politiques et de stratégies appropriées en matière de développement informatique associées avec la mise en place d'accords nationaux institutionnels appropriés dans chacun des pays en développement.

Autosuffisance technologique

Le principe de l'autosuffisance technologique pour les pays en développement est maintenant largement admis comme condition préalable essentielle non seulement en ce qui concerne l'accélération du développement économique et social de ces pays mais également pour ce qui est de surmonter leur trop forte dépendance technologique par rapport aux pays industrialisés.

L'autosuffisance technologique se définit comme la capacité propre à prendre et à mettre en œuvre des décisions et, par conséquent, d'exercer le choix et la maîtrise dans des domaines de dépendance technologique partielle ou dans des

relations avec d'autres pays. La nécessité de disposer de stratégies opérationnelles à cet égard est mise en lumière par le fait qu'à présent la recherche sur les problèmes relatifs au tiers monde représente environ 1 % seulement des dépenses totales de recherche des pays industrialisés [19].

L'autosuffisance doit également concerner le développement à long terme et l'indépendance d'utilisation de compétences et de ressources afin de réaliser les objectifs nationaux (Gupta [1], p. 109). L'autosuffisance ne doit pas simplement être considérée comme une réponse destinée à faire face à des pressions en cours, tel le manque d'échanges internationaux. Le développement et la mise en œuvre d'une stratégie d'autosuffisance est une question complexe. Il implique beaucoup plus que la création de centres technologiques nationaux, un meilleur accès aux brevets et au savoir-faire étrangers et la disponibilité de moyens financiers permettant de les exploiter. Les interactions sociales, économiques et culturelles jouent un rôle important, et il doit y avoir une volonté de communiquer et de coopérer à tous les niveaux [19].

Un programme adapté en matière de recherche et de développement locaux est une composante essentielle d'une stratégie d'autosuffisance technologique. Un tel programme ne doit pas chercher à copier les efforts des pays industrialisés. Afin de présenter une bonne efficacité économique, le programme devra être très sélectif et ne concerner qu'un nombre limité d'objectifs se rapportant essentiellement à la situation du pays concerné (Deodhar [15]).

Le rôle de l'informatique dans l'obtention de l'autosuffisance

L'utilisation de l'informatique pour la promotion de l'autosuffisance n'a pas encore reçu une reconnaissance générale dans les réunions internationales.

L'informatique a des incidences réciproques sur les secteurs. Sa principale préoccupation concerne les modalités permettant de donner à un coût intéressant la bonne information à la bonne personne et au bon moment; le support de transmission peut être formel et reposer sur l'infotechnologie, ou bien informel et vocal. Les processus de flux d'information qui aident à la productivité sont subtils et complexes et n'ont pas encore été bien compris et modélisés. Le problème le plus ardu en informatique se trouve là et non pas dans la tâche plus simple d'automatisation d'un système d'information sur la base d'un système bien structuré.

Le secteur des services

L'industrialisation et le développement économique s'accompagnent souvent dans les pays développés par un déplacement structurel de l'activité des secteurs primaire et secondaire de production vers le secteur tertiaire ou secteur des services [18, 20, 21]. L'importance déterminante de la mise en place du secteur des services dans les pays en développement est soulignée par Narasimhan [1]. Le secteur des services se trouve essentiellement concerné par l'information dans les domaines de la banque et des assurances, des agences et des études industrielles, etc. Avec le développement qui s'amplifie, la demande en matière de services d'information spécialisés de toutes sortes augmentera, les activités des services deviendront à leur tour plus spécialisées et feront appel à des compétences plus grandes et il y aura une plus grande "conscience de l'information". Dans les premières étapes de l'industrialisation, les emplois en matière de services sont internes, mais, au fur et à mesure que l'industrialisation progresse, ces activités deviennent plus spécialisées et font appel à des compétences plus grandes, et vont constituer une industrie à part entière.

Toutefois, selon Narasimhan [1], au cours de la période de 50 ans durant laquelle une base industrielle complète a été créée en Inde, il n'y a pas eu de déplacement structurel de la main-d'œuvre à partir des catégories d'activités traditionnelles. En conséquence, une grande partie de l'industrie exerce son activité sans les avantages que peuvent apporter les données d'un service d'information spécialisé qui devrait normalement exister dans le secteur des services. Les catégories d'activités manquantes sont celles qui pourraient contribuer à l'efficacité et à la productivité des secteurs de production primaire et secondaire.

Ainsi, en Inde, comme dans les autres pays en développement, le secteur industriel reste isolé et non intégré au système socio-économique national. De nombreuses activités qui devraient accompagner une industrialisation harmonieuse et offrir diverses possibilités d'emploi n'existent pas. Il y a également un faible niveau de conscience de l'information dans le spectre total des activités socio-économiques.

En ce qui concerne le développement du secteur des services en tant que secteur de l'économie, il faut mentionner un point intéressant qui fait augmenter la productivité du secteur des services : l'utilisation de l'infotechnologie, sous la forme d'équipements micro-électroniques [22]. La technologie entraîne en effet une baisse de la croissance de la main-d'œuvre, cela est le plus apparent dans la bureautique. Puisque les emplois dans ce secteur, dans les pays en développement, sont encore à assurer et puisque les augmentations de la productivité dans ce secteur sont essentielles

pour développer l'activité économique ailleurs, un tel rôle "intensif" de l'activité en matière d'informatique devrait être considéré comme positif et souhaitable. Le développement de sous-secteurs du secteur des services et qui utilisent massivement l'information constitue un des moyens les plus fondamentaux permettant de stimuler la croissance industrielle.

Intelligence sociale

Au cœur même de la notion d'informatique se trouve l'information et la commande par réaction, dans un intervalle de temps approprié, soit d'un processus industriel, soit, à l'autre extrémité du spectre des applications, la direction stratégique d'une entreprise ou d'un pays (Banerjee [1]). Information et puissance sont les deux faces d'une même pièce de monnaie et sont fondamentales pour l'autosuffisance [24].

Un problème fondamental en informatique, dans les pays industrialisés et dans les pays en développement, mais plus aigu dans ces derniers, est l'attitude à l'égard de l'information [25]. Si cette attitude est l'indifférence, la contribution des moyens d'information à l'amélioration de la productivité ne sera pas totalement efficace. En d'autres termes, il est plus essentiel de stimuler les questions aux réponses que de répondre aux questions [26]. Lorsque les personnes chargées de résoudre les problèmes sont convaincues de l'importance de l'information, elles sont mieux motivées pour développer les réseaux d'information appropriés comme base pour instaurer une intelligence sociale [27, 28] et la prise de décisions [16] à chaque niveau.

Modèles concernant le développement informatique

Le Rapport Brandt [29] indique : "Un refus aveugle d'admettre des modèles étrangers constitue en fait une deuxième étape de décolonisation. Nous ne devons pas céder à l'idée que le monde entier devrait copier les modèles des pays hautement industrialisés".

Il n'y a aucune raison de s'attendre à ce que les utilisations normales de l'informatique dans les pays industrialisés soient applicables aux pays en développement. Dans le passé, un tort important a été porté aux pays du tiers monde car les développements en matière d'informatique concernaient essentiellement des solutions à des problèmes non structurés, prêtes à l'emploi. Bien souvent, les systèmes de valeurs et les façons de penser des économies de marché développées ont été également transférés.

Les modèles adoptés devront tenir compte des ressources et des relatives abondance de travail et rareté des capitaux physiques et des compétences des économies en développement ainsi que du besoin d'une politique en matière d'autosuffisance, c'est-à-dire du développement à long terme des compétences et des ressources et de l'indépendance à les employer afin de réaliser les objectifs nationaux (Gupta, [1], p. 109).

Les progrès révolutionnaires en matière d'infotechnologie créent de nouvelles possibilités dans tous les secteurs de l'économie. Les produits informatiques peuvent modifier toute la structure d'une industrie. Un bon exemple dans les économies de marché développées est constitué par l'industrie bancaire qui procède actuellement à une restructuration radicale (Cremin, [1], p. 366). Toutefois, dans les pays en développement, des applications nouvelles restent encore à découvrir.

Une stratégie industrielle de décentralisation devient réalisable grâce aux possibilités offertes par les systèmes informatiques décentralisés reliés, pour certains, à des centres importants. La production dans un grand nombre d'unités plus petites et décentralisées devient économique et peut être intéressante là où la taille du marché est également petite. La stratégie consistant à apporter l'industrie aux populations des zones rurales faciliterait les problèmes croissants d'urbanisation.

Les produits informatiques peuvent encore permettre à une personne ne disposant pas de compétences étendues d'accomplir des tâches élaborées qui, autrement, ne pourraient être réalisées que par du personnel hautement spécialisé; ce serait un raccourci pour acquérir des compétences dans les pays en développement (Hahn [1], p. 39). De cette façon, au lieu de remplacer des travailleurs par des machines, les applications de l'informatique peuvent augmenter l'emploi et les compétences.

Pour certains pays en développement, on doit également tenir compte des priorités dans le choix des modèles. Des critères différents s'appliqueront à des pays différents, mais, en général, en raison du fait que près des trois quarts de la force de travail est utilisée dans le secteur rural, les priorités les plus élevées concerneront la décentralisation, la croissance harmonieuse de l'économie et l'emploi. La priorité sera également donnée aux applications de l'informatique dans les petites entreprises industrielles, dont la production dans les pays en développement peut représenter 50 % de la production industrielle totale. Plus précisément, les efforts doivent être orientés vers le développement du secteur des services afin de servir les petites entreprises en tant que canal assurant le transfert approprié de l'infotechnologie [1].

Les possibilités de traitement de l'information constituent le système nerveux d'une société, et l'information est la clé du lancement du développement en matière d'innovation et d'autosuffisance qui repose en partie sur l'inventivité et les facultés d'adaptation des artisans locaux, des petits entrepreneurs, etc., dans un effort national de développement. Des études en profondeur seront nécessaires à l'élaboration de modèles détaillés de systèmes et de services informatiques appropriés et de modèles de réseaux informatiques nationaux afin de répondre aux besoins de divers utilisateurs finaux, y compris le personnel de la R-D, les technologues, les ingénieurs, les responsables industriels, les économistes, les planificateurs, les investisseurs, les financiers, les entrepreneurs, les analystes de marché, le personnel commercial, les consultants industriels et les responsables gouvernementaux.

Les modèles de systèmes nationaux de télécommunication doivent tenir compte des progrès techniques et de l'évolution des coûts. Les évolutions viennent augmenter les choix possibles qui vont des systèmes à très faible coût, tels les systèmes qui associent les systèmes hyperfréquence d'abonné point-multipoint et les câbles enterrés, aux systèmes à haute technicité utilisant la transmission par satellite.

Cadre conceptuel pour le développement national en matière d'informatique

Le développement en matière d'informatique constitue une dimension du développement technique, qui, à son tour, fait partie intégrante du développement économique national pour lequel il convient de mettre au point des politiques et des stratégies nationales. Alors que l'aspect du développement économique variera d'un pays à un autre, en fonction de facteurs tels que les ressources, la géographie et des talents de la population, il est maintenant admis que le développement économique entraîne une transformation de toute la structure économique et sociale [29]. Développement économique, cela signifie la création d'une économie plus diversifiée dont les principaux secteurs deviennent plus interdépendants; ainsi, les objectifs de la politique nationale globale peuvent comprendre :

- La promotion de l'autosuffisance nationale;
- La création d'emplois;
- Le développement de l'éducation et de la formation professionnelle;
- La croissance industrielle.

Développement technique

Dans les pays industrialisés, il est admis que la technique constitue un facteur central et déterminant du développement, et le développement technique fait partie des stratégies de développement national pour réaliser des objectifs politiques, qu'ils soient militaires, économiques ou sociaux. Par ailleurs, pour les pays en développement, l'importance de la technique en tant qu'outil du développement n'est pratiquement pas reconnue. En conséquence, les pays en développement manquent de stratégies de développement technique, ce qui entraîne pour eux une industrialisation qui a eu tendance à être accompagnée par une dépendance technique croissante par rapport aux sources étrangères [30].

Ce contraste dans l'attitude par rapport à la technique entre pays industrialisés et pays en développement laisse penser que l'atténuation de la dépendance technique devrait être le point central des politiques de développement national des pays en développement. Le développement technique devrait constituer une des dimensions du développement global, et cela signifie la création de moyens fondamentaux destinés à la prise de décisions et à la mise en œuvre de domaines relatifs à la technique [30].

Les politiques de développement technique dans le cadre d'une politique globale de développement national devrait comprendre :

- a) La promotion de moyens nationaux destinés à la production et à la diffusion des techniques;
- b) La promotion de moyens permettant l'innovation technique;
- c) Le développement d'un processus organisé destiné au transfert des techniques étrangères.

Développement en matière d'informatique

L'informatique n'est pas un simple secteur technique qui peut être examiné isolément : il constitue plutôt une dimension du développement technique ayant des incidences réciproques sur les secteurs (King, [37]). En relation avec les politiques de développement précédemment mentionnées, des politiques en matière d'informatique peuvent être établies à deux niveaux : au niveau opérationnel et au niveau des infrastructures.

Les objectifs politiques au niveau opérationnel sont les suivants :

- a) La promotion d'industries locales de matériel informatique et de logiciel;
- b) La détermination et la promotion de domaines d'application prioritaires;

- c) La promotion d'applications nouvelles;
- d) Le développement de systèmes d'aide à la décision destinés à la gestion;
- e) Le développement de systèmes gouvernementaux de traitement de l'information.

Les objectifs politiques au niveau de l'infrastructure sont les suivants :

- a) La promotion de la connaissance, de l'éducation et de la formation professionnelle;
- b) Le développement des télécommunications nationales;

- c) Le développement de services et de systèmes informatiques industriels nationaux;

- d) La promotion du secteur des services se rapportant à l'industrie.

Les stratégies au niveau sectoriel ou national, selon le cas, devront atteindre chacun de ces objectifs politiques. Une stratégie principale de développement national devrait consister à établir les dispositions institutionnelles à prendre afin d'assurer la promotion, la coordination et le recensement des objectifs spécifiques en matière de politique informatique, et à établir les stratégies nationales ou sectorielles.

V. Action nationale : les politiques en matière de production de matériel informatique et de logiciel

Le principe de l'autosuffisance (voir le chapitre IV) est fondamental dans les pays du tiers monde pour le développement d'une production locale de matériel informatique et de logiciel. Ce principe ne signifie pas qu'il faille accomplir des efforts à n'importe quel prix afin d'obtenir le plus grand degré d'autonomie locale. Ce principe signifie que le pays doit acquérir la compétence nécessaire pour prendre des décisions avisées en ce qui concerne les secteurs de l'industrie informatique qu'il conviendrait de développer sur la base d'objectifs soigneusement sélectionnés.

La mise au point d'une stratégie opérationnelle en matière de production locale présente une importance particulière en raison de l'évolution rapide des techniques : les choix doivent être constamment réexaminés à la lumière des besoins prioritaires du pays en question.

Conséquences d'une politique de production locale

Trois points doivent être pris en considération dans la formulation d'une politique de production locale en matière d'informatique. D'abord, les avantages économiques directs qu'un pays retire de sa participation à une industrie qui est devenue, en raison de la croissance rapide, une des plus grosses industries dans le monde (à côté de celles de l'énergie et des transports). Ensuite, les risques résultant de la trop forte dépendance d'un secteur industriel national par rapport à l'étranger sont diminués. Enfin, le point le plus fondamental est que les produits informatiques commercialisés par les pays industrialisés ne sont pas adaptés aux besoins des pays en développement (jusqu'à présent, les besoins des pays en développement ont été à peine examinés).

Une étude des domaines de priorité révèle des besoins très différents pour les pays en développement et pour les pays industrialisés. Chaque pays développé et chaque pays en développement a des besoins différents. Kalman ([1], p. 137) oppose, à l'aide d'exemples, les applications prioritaires dans les pays industrialisés et les pays en développement. La demande en matière de promotion des possibilités locales de production dans

le domaine informatique devra être fondée sur la nécessité de s'assurer que ces produits informatiques correspondent de manière spécifique aux besoins locaux.

Une démarche sélective

La structure évolutive de l'industrie informatique (voir le chapitre II) offre aux entreprises l'occasion d'entrer dans la production de matériel informatique à différents niveaux correspondant aux étapes clés de décision dans la fabrication d'un produit : les composants, les circuits imprimés, les coffrets et les systèmes complets.

Un pays peut adopter une politique de sélectivité en ce qui concerne les importations et n'a pas nécessairement besoin de tout fabriquer. Etant donné que les fabricants dans de nombreux pays offrent des composants et des équipements de haute qualité et à faible coût, un pays peut mener une politique optimale de sélection. Ainsi, sans devenir trop dépendant d'un pays ou d'un fabricant, on peut importer un mélange approprié de composants, de sous-systèmes, d'équipements, etc. Une politique sélective contribue à l'autosuffisance au travers du développement à long terme de compétences et de ressources et à l'indépendance d'utilisation de ces dernières afin de réaliser les objectifs nationaux.

Gupta ([1], p. 109) cite des domaines d'application qui contribuent directement au développement national de l'Inde : le contrôle de processus, l'identification des wagons de marchandises, les systèmes de commande de distribution de l'énergie, les systèmes d'alerte d'inondations. Les ordinateurs font partie intégrante de ces systèmes spécialisés. Actuellement, dans les pays en développement, la plupart des systèmes sont fournis clés en main par un nombre restreint de constructeurs des pays industrialisés. Alors que le prix du matériel ne cesse de diminuer, les coûts salariaux et les coûts du logiciel ne cessent d'augmenter. Il n'y a aucune raison pour ne pas assumer localement sur une base nationale les activités qui représentent l'essentiel des coûts — intégration des systèmes, interfaçage, installation, réception,

maintenance, développement des logiciels, formation professionnelle, etc. Une démarche faisant appel à l'ingénierie des systèmes présente l'avantage de pouvoir obtenir le matériel informatique le plus récent et le plus fiable et de dépendre néanmoins dans une large mesure des ressources et des compétences nationales (ceci dépend des compétences techniques existantes dans un pays). L'Inde, par exemple, dispose de personnel spécialisé pour accomplir nombre de ces tâches.

Une base institutionnelle

Le développement d'une capacité locale de production de matériel informatique et de logiciel nécessite une base institutionnelle qui est nationale par son caractère et indépendante par sa démarche et qui a la possibilité d'assurer un soutien total. Une nouvelle fois, l'Inde constitue une étude de cas.

Le Gouvernement indien a constitué la Computer Maintenance Corporation Limited (CMC) en 1976 pour assurer une assistance totale centralisée aux utilisateurs informatiques (Gupta, [1], p. 109). Actuellement, la CMC travaille en étroite collaboration avec la Central Electrical Authority, le Meteorological Bureau, etc., pour introduire des ordinateurs à des fins de commande et de surveillance. Le système pourrait être étendu à toute application à grande échelle afin d'incorporer les meilleurs matériels informatiques disponibles, au besoin importés, et, en revanche, de mettre au point localement les logiciels assurant ainsi l'entière indépendance, souplesse et contrôle tout en diminuant les coûts. Tous les services d'assistance, y compris la maintenance des matériels importés, sont assurés par la CMC. Ces services comprennent l'étude des centres, la préparation des centres, l'installation et la recette des systèmes, l'assistance logiciel, les conseils en matière de systèmes, la formation des utilisateurs et le développement des applications.

Le matériel informatique

Le développement de matériels informatiques nécessite des investissements considérables et requiert l'aide des gouvernements, qui peut prendre la forme de mesures telles que le contrôle des importations et les subventions destinées à protéger les producteurs locaux dans le marché national. Toutefois, ces mesures entraînent des coûts supplémentaires qui sont payés par le contribuable ou par l'acheteur final, et, en même temps, les avantages liés au plus large choix de

matériel sur le marché national s'estompent en raison de la politique de restriction des importations. L'aide des gouvernements peut également revêtir la forme d'une aide en matière de recherche et de développement, des aides en matière de formation professionnelle et de perfectionnement, des aides au remboursement des coûts d'exploitation, etc., qui sont plus particulièrement destinées à rendre les produits locaux compétitifs par rapport aux produits importés. Même dans le cas de petits ordinateurs, les coûts supportés par le fournisseur local pour assurer l'assistance client, afin de pénétrer le marché national, sont importants (Arcaraz, [1], p. 115). Le fabricant qui aura réussi sera celui qui aura établi un parc d'équipements installés suffisamment important pour permettre aux entreprises qui offrent des services et des équipements compatibles au niveau des connecteurs (équipements terminaux, progiciels d'application, logiciels, maintenance, etc.) de connaître une croissance parallèle; le fabricant n'aura pas ainsi à fournir à lui tout seul une gamme complète de matériels et de produits associés et de services.

La possibilité d'un accord d'association entre un pays en développement et un pays industrialisé pour produire des matériels informatiques mérite d'être prise en considération. Un tel accord peut aller de l'assemblage, par les pays à coûts de main-d'œuvre faibles, de matériels nécessitant beaucoup de main-d'œuvre à un système plus authentique d'association où certains domaines stratégiques pour la production tels que la recherche, la conception, la commercialisation, la production, etc., sont assurés dans le pays en développement. Si les sociétés étrangères viennent à s'intégrer dans la structure économique du pays d'accueil, la qualité de l'emploi que ces sociétés peuvent apporter et leurs possibilités de devenir plus innovatrices dans le pays d'accueil augmenteront et deviendront en même temps une base de formation pour les entrepreneurs nationaux [61].

Dans les accords nationaux, toutefois, le pays en développement est inévitablement un partenaire secondaire, ce qui n'est pas une situation totalement satisfaisante. L'assemblage dans les pays à faibles coûts de main-d'œuvre, par exemple, ne conduit pas habituellement à une intégration authentique dans le pays d'accueil.

La coopération régionale constitue une autre option. Arcaraz ([1], p. 115) fait référence à l'Association de libre-échange d'Amérique latine, qui s'appelle maintenant l'Association latino-américaine d'intégration (ALADI), où la fonction de produire et d'exporter des équipements pour le traitement de l'information fut dévolue au Brésil, les ordinateurs étaient alors importés hors taxes par les autres pays membres.

La production locale intégrale de matériels informatiques est très onéreuse, et la probabilité

pour un fabricant dans un pays en développement d'atteindre un niveau d'autosuffisance est faible, en particulier dans un pays dont le marché intérieur n'est pas suffisamment important pour le matériel informatique produit localement. La maintenance, l'intégration des systèmes, la recette, l'installation et l'interfaçage sont des activités qui devraient être activement encouragées au lieu de chercher à tenter de fabriquer une gamme complète de matériels informatiques.

Le logiciel

La production locale de logiciel présente plus d'attrait immédiat que la fabrication de matériel informatique. Ainsi que Hanna ([1], p. 134) le souligne, l'industrie du logiciel ne requiert pas d'immobilisation importante ou de grande infrastructure matérielle (à l'exception d'installations de formation et, éventuellement, des télécommunications), et cette industrie est appelée à connaître dans le futur une croissance rapide.

Les pays en développement ont des besoins particuliers en rapport avec les applications informatiques. Jain ([1], p. 130) caractérise ces besoins particuliers comme provenant de la position importante du secteur rural dans l'économie, la petite taille des unités industrielles et l'instabilité en ce qui concerne la fourniture des approvisionnements industriels de base. Par conséquent, la transplantation des logiciels d'application des pays développés vers les pays en développement ne sera pas en général adaptée.

Les gouvernements peuvent prendre des mesures efficaces afin de promouvoir une industrie locale du logiciel. Kalman ([1], p. 137) énumère certaines mesures spécifiques :

a) L'aide financière directe des gouvernements pour aider les entreprises de logiciel à acquérir du matériel informatique et entreprendre la formation professionnelle;

b) La diminution de l'imposition des entreprises d'une quantité suffisante afin de pouvoir assurer un coût convenable pour les logiciels produits localement;

c) La protection légale contre la copie des logiciels;

d) Assurer la mise en place de catalogues de logiciels afin d'éviter les duplications non nécessaires.

Il faut préalablement prendre des mesures institutionnelles adaptées permettant de gérer et de coordonner la production locale de logiciel (y compris des mesures relatives à la formation professionnelle) et de s'assurer que le logiciel produit est de haute qualité et entièrement compatible avec les priorités d'application nationales.

Singapour constitue un exemple intéressant d'un pays qui prend des mesures visant à diminuer les industries de main-d'œuvre avec une faible productivité en promouvant des secteurs à haute technicité : l'infotechnologie est un des secteurs à haute technicité visé (Ian [1], p. 121). En particulier, une orientation essentielle est mise en œuvre afin de doter le pays d'une capacité de production de logiciel. Le logiciel a été choisi de préférence au matériel en raison de la difficulté engendrée par la concurrence avec les principaux pays industrialisés dans un domaine bien établi de l'infotechnologie tel que la fabrication de matériel. Un gigantesque programme de formation professionnelle en matière de logiciel est en cours de lancement afin d'assurer la disponibilité permanente de personnel compétent. Les programmes sont en train d'être revus et de nouvelles structures de formation professionnelle d'être mises en place. Des plans stimulants destinés à encourager les industriels à entreprendre la production de logiciel sont en cours de formulation. Des dispositions nécessaires pour bénéficier d'une aide extérieure, au besoin, sont prévues. Il est trop tôt pour vérifier l'efficacité de la stratégie adoptée par Singapour. Toutefois, il faut faire remarquer que Singapour n'est pas caractéristique des pays en développement. Dans des domaines comme l'éducation, l'alphabétisation et l'emploi, il est comparable aux pays très industrialisés. Pour cette raison, l'expérience de Singapour requiert une interprétation soignée avant de l'incorporer dans les modèles de développement des pays en développement.

VI. Action nationale : les politiques en matière d'infrastructure informatique et de développement social

Une infrastructure informatique nationale détermine la capacité d'un pays à s'atteler à l'infotechnologie pour le plus grand bénéfice de son développement économique et social. Cette infrastructure constitue le lien essentiel entre les stratégies et les politiques nationales (auxquelles il convient d'ajouter des considérations internationales), d'une part, et les applications particulières dans les secteurs industriel, rural, d'Etat, des services et autres, d'autre part. L'enseignement et la formation professionnelle constituent un des pivots de la capacité infrastructurelle. Les autres éléments importants sont, entre autres, les services d'information, les télécommunications et la recherche.

Contraintes

Un certain nombre de facteurs qui contribuent au développement d'une infrastructure appropriée dans les pays industrialisés n'existent pas dans les pays en développement (Mufti [1], p. 147). Un environnement technique caractéristique d'un pays développé comprend, par exemple, un haut niveau de compétences des utilisateurs de l'infotechnologie, au moins une certaine production locale de matériel informatique et de logiciel et une assistance technique de haut niveau et des services de maintenance; de plus, les logiciels et la documentation associée sont écrits dans la langue des pays développés. La lente évolution des applications informatiques vers des niveaux progressivement élaborés, au rythme des innovations techniques et industrielles, comme cela se produit dans les pays industrialisés, a peu de chances de se produire dans les pays en développement. Les systèmes sociaux et administratifs des pays en développement sont souvent caractérisés, d'une part, par une collecte de données décentralisée et de faible volume et, d'autre part, par une centralisation des décisions, ce qui nécessite des systèmes informatiques sur mesure.

Les facteurs qui empêchent le développement de l'informatique dans les pays en développement sont, par exemple, l'instabilité de l'approvisionnement en électricité, la mauvaise qualité des lignes de transmission de données et les conditions climatiques. Les fabricants de matériel informatique assurent parfois une représentation de base dans les pays en développement et n'assurent pas des services complets de maintenance. Les structures et les systèmes doivent être développés afin d'assurer un niveau de maintenance adéquat, les réparations et la fourniture de rechanges. Des systèmes de protection doivent être incorporés dans les applications informatiques et il faut prêter une grande attention à la qualité et à la fiabilité des systèmes. Ceci est très important pour les pays en développement les moins avancés techniquement.

Prise de conscience, éducation et formation professionnelle

Diverses conférences internationales et divers rapports ont souligné l'importance pour le développement national de la planification de l'application de l'infotechnologie [15, 31, 32]. Toutefois, les applications dans les pays en développement ont été, par rapport aux pays développés, très limitées.

Dans le mouvement visant à rendre les systèmes éducatifs plus adaptés au développement socio-économique [25], il y a place pour des programmes imaginatifs et novateurs dans l'éducation formelle destinée à développer le niveau de la prise de conscience informatique. Il convient, en développant ces programmes de prise de conscience, d'étudier les étapes qui ont déjà été franchies dans de nombreux pays industriels*. Les étapes comprennent des séminaires, des publicités, dont des films vidéo et des livres spécialement

*Voir, par exemple, E. Brown, K. Hoffman et I. Miles, "Microelectronics and government policies: the case of a developed country" (ID/WG.372.2).

conçus, les supports d'information, les consultations avec les syndicats et l'introduction de petits ordinateurs dans les écoles. La conscience et l'éducation sont nécessaires d'abord, afin de créer la volonté politique de développer des programmes de formation professionnelle massive dont les pays en développement ont besoin si les potentialités offertes par l'informatique sont sur le point de se réaliser.

Les pays du tiers monde souffrent, en général, du manque de personnel compétent dans les domaines critiques du processus d'industrialisation : ingénieurs compétents en agriculture et en gestion, ingénieurs de production et ingénieurs en étude de processus, spécialistes de l'ingénierie, techniciens alimentaires, personnel de contrôle de la qualité, gestionnaires. Pour la plupart de ces personnes, une formation professionnelle en informatique est souhaitable. Les analystes de systèmes, les spécialistes en organisation et méthodes, les programmeurs, les opérateurs et le personnel de préparation des données ont besoin d'une formation professionnelle en informatique; dans ce domaine, la formation n'a généralement pas atteint le haut niveau qui existe dans les pays en développement. Le type de formation requis n'est généralement pas reconnu, et les décisions concernant la formation peuvent même être laissées aux constructeurs de matériel informatique. Cela peut aboutir à accorder une grande importance aux compétences opérationnelles et à négliger les compétences en matière de gestion.

Les performances d'un système dépendent, d'une part, de sa conception et, d'autre part, de l'environnement dans lequel il est mis en œuvre (Miligi [1], p. 158). L'environnement d'exploitation comprend, en particulier, l'élément humain avec lequel le système interagit sous divers aspects. L'éducation et la formation professionnelle sont les moyens avec lesquels on optimise l'efficacité de la composante humaine vitale d'un système.

Il y a un manque d'information en ce qui concerne le type d'éducation et de formation professionnelle en informatique nécessaire dans chaque pays en développement (Scott [1], p. 164). Cela rend particulièrement difficile la formulation des programmes appropriés. L'informatique est un nouveau domaine; parmi les personnes impliquées dans l'informatique, nombreuses sont celles qui auparavant travaillaient dans d'autres domaines. Cela a conduit à un manque d'homogénéité et à une insuffisance de clarté dans la nomenclature des sujets qui viennent s'ajouter aux difficultés de formulation d'un programme (Miligi [1], p. 158).

Afin de faire en sorte que l'effort de dépense en matière d'éducation et de formation professionnelle ne soit pas annulé par la "fuite des cerveaux", les gouvernements peuvent promouvoir des politiques qui assureront une rémunération

convenable dans le secteur public local et dans les institutions spécialisées afin que ces dernières soient en mesure de retenir le personnel d'une envergure suffisante (Scott [1], p. 164). Un autre domaine que les gouvernements doivent considérer est celui de la réglementation en matière de centre : privés de formation en informatique afin d'optimiser la contribution de ceux-ci au développement informatique national. Il est nécessaire de disposer à tous les niveaux d'un cadre national pour l'éducation en informatique comprenant des cours de perfectionnement pour les spécialistes, afin d'éviter la duplication des ressources. Dans certains cas, il peut être intéressant d'établir un cadre régional.

Les centres d'éducation et de formation doivent être dotés du matériel informatique et des logiciels appropriés. L'utilisation d'ensembles de cours individualisés peut s'avérer très efficace. Il convient de prévoir une bibliothèque et des moyens documentaires appropriés pour aider les programmes informatiques.

Il convient d'établir un équilibre entre orientation théorique et orientation pratique en matière d'éducation et de formation. Les programmes doivent appuyer les développements de l'infotechnologie. Des procédures destinées à assurer la compétence en informatique doivent être mises au point. Les tests d'aptitude devraient refléter les circonstances locales et régionales (Scott [1], p. 164). La formation dans les domaines clés que sont l'entrée et le contrôle des données doit faire l'objet d'une attention particulière étant donné que les personnes impliquées n'auront pas été précédemment exposées au type de discipline requis.

Alors que l'expérience acquise à l'étranger a un rôle à jouer dans la sélection, la mise au point et la mise en œuvre des applications informatiques, dans l'analyse finale, afin que ces investissements élevés pour ces applications soient rentables, l'expérience locale doit permettre de résoudre les problèmes quotidiens qui apparaissent dans l'exploitation même dans les applications les mieux conçues (Miligi [1], p. 158).

Le rapport éducation/formation dépendra des catégories de personnel (Miligi [1], p. 158). L'éducation concerne d'abord le développement des mentalités et de la puissance mentale; la formation professionnelle, par ailleurs, est plus spécifique d'un intervalle de temps plus court et a pour objet d'amener une personne à un niveau d'efficacité pratique au moyen d'une formation et de la pratique. Le personnel de préparation des données, le fonctionnement des machines, la programmation, etc., requièrent un haut degré de formation professionnelle et une éducation plus limitée. Le personnel de recherche, la conception, la gestion, etc., requièrent un haut degré d'éducation et une formation plus limitée. Lors de

l'établissement des dispositions concernant la mise en œuvre des programmes en matière d'éducation et de formation professionnelle, il ne faut pas perdre de vue la différence qui existe entre elles.

Formation professionnelle du nouveau personnel

Scott ([1], p. 164) indique un certain nombre de points qui caractérisent l'éducation et la formation professionnelle des personnes qui entrent nouvellement dans la profession informatique en Afrique :

a) La plupart des personnes ont seulement suivi des cours de vente d'ordinateurs;

b) Il y a eu un développement considérable des cours postsecondaires et, également, l'apparition de certaines activités au niveau de l'enseignement secondaire;

c) Il y a eu un développement considérable, au niveau étudiant, des cours de service en informatique pour les étudiants en sciences et en gestion;

d) Les principaux développements ont eu lieu au niveau postuniversitaire et un certain nombre de cours postuniversitaires orientés vers les sciences et la gestion ont été mis en place;

e) Les cours de formation en matière d'analyse et de conception des systèmes ont été dispensés au niveau régional;

f) La formation des utilisateurs semble, en comparaison, avoir été négligée.

Aide extérieure

Les consultants extérieurs ont un rôle à jouer dans la mise au point des programmes d'éducation et de formation professionnelle en informatique dans les pays en développement. Par exemple, on peut faire appel à eux avec avantage pour évaluer la disponibilité actuelle et potentielle de personnel informatique local adapté, pour comparer les coûts des diverses stratégies de formation professionnelle et pour engager des spécialistes en matière de formation professionnelle en informatique étrangers afin de mettre en œuvre les stratégies choisies.

Il ne faut pas étendre le rôle des consultants à la définition des objectifs que les stratégies en matière de formation professionnelle doivent atteindre. La définition des objectifs et le choix entre des stratégies distinctes en matière de formation professionnelle et un vaste programme d'options relève de l'agence gouvernementale chargée de la politique dans le domaine de l'informatique (Ryan [1], p. 174). Parfois, cette agence gouvernementale peut estimer ne pas avoir

suffisamment d'expérience pour fixer les objectifs; dans ce cas, l'aide de consultants extérieurs sera nécessaire. Les décisions stratégiques doivent, au moment opportun, être reflétées avec précision par des décisions d'exécution concernant par exemple, le nombre et la taille des centres de formation, l'équilibre entre la formation générale et la formation spécialisée, l'éventail des disciplines à enseigner, etc.

Le personnel de formation étranger

Afin d'assurer la formation professionnelle du personnel d'un certain niveau, il peut être nécessaire d'engager du personnel étranger, le plus souvent sur contrat. Les coûts associés à l'emploi de ce personnel comprennent : la ponction sur les échanges extérieurs; le niveau plus élevé des salaires (supérieurs à ceux des pays industrialisés et aux normes locales) nécessaire pour attirer le personnel approprié; les frais généraux, dus à la faible période de rotation du personnel étranger; et les conséquences du haut niveau de vie du personnel étranger sur la communauté locale.

Avant d'engager du personnel de formation étranger, un calcul complet du rapport coût-bénéfice doit être effectué (Ryan [1], p. 174).

La formation par rapport à la hiérarchie

Dans le contexte d'un programme national d'autonomie, il peut être nécessaire de modifier le rôle habituel de soutien et de subordonné du personnel de formation par rapport à la hiérarchie. L'attitude des responsables à l'égard des formateurs peut être conditionnée par le fait que ce sont leurs propres remplaçants qu'ils forment plutôt que par la contribution potentielle que la formation apporte au succès de l'entreprise (Ryan [1], p. 174).

Infrastructures en matière d'information destinées à l'industrie

Les moyens de traitement de l'information, formelle ou informelle, sont essentiels pour l'industrialisation. Dans les pays industrialisés, ces moyens ont connu une croissance parallèle à l'industrialisation dans tous les secteurs (voir le chapitre IV). Les pays en développement doivent encourager des activités de traitement de l'information, qui ne sont pas apparues en général et que les entreprises doivent souvent mettre en place de façon interne, ce qui aboutit à une duplication et à un excès de capacité.

Les services et les systèmes d'information des réseaux nationaux d'information sont nécessaires pour coordonner la croissance sectorielle et satisfaire aux besoins des utilisateurs finaux. Le type d'information qu'il est nécessaire d'avoir concerne des données socio-économiques, des possibilités financières, les situations de marché, la disponibilité des équipements, les pratiques de gestion, les brevets, la législation, etc. L'information doit constamment être mise à jour et extraite d'une grande variété de sources, aux niveaux national, régional et mondial. L'information est transmise aux utilisateurs finaux sous diverses formes allant de la transmission orale à des listes d'ordinateur.

Sozen ([1], p. 182) indique que, dans le cas de la Turquie, l'information nécessaire existe souvent, mais elle n'est pas immédiatement disponible car elle se trouve éparpillée dans un grand nombre d'organismes; la solution la plus économique consiste à concentrer l'information en provenance de ces organismes dans une agence centrale nouvellement créée.

Infrastructures de télécommunication

Dans le processus de développement, les forces sociales doivent être soigneusement équilibrées, et, afin que les interrelations fonctionnent efficacement, il est nécessaire de disposer de systèmes de télécommunication efficaces. L'infotechnologie, de la presse à imprimer aux systèmes de télécommunication, en passant par les dispositifs électriques de télécommunication, a joué et continue à jouer un rôle capital en offrant des moyens efficaces de télécommunication. Toutefois, l'intervalle de temps entre les grands développements successifs des télécommunications informatisées s'est considérablement raccourci. Par exemple, l'intervalle de temps entre le développement de la presse à imprimer et le développement du télégraphe et du téléphone a été beaucoup plus important que celui qui sépare le développement du télégraphe et du téléphone du développement des systèmes internationaux de transmission de données par satellite. Si l'on désire tirer les avantages des progrès en matière de télécommunications informatisées, il faut que les groupes sociaux et les organisations procèdent à certains ajustements appropriés. Le processus d'ajustement social est traditionnellement très progressif, mais les développements récents en matière de télécommunications ont été très rapides. En conséquence, les ajustements des organisations sociales sont très en retard. Par exemple, des systèmes de télécommunication modernes, bon marché, consommant peu d'énergie peuvent conduire à la constitution de petites unités décentralisées responsables et efficaces (Byrnes [1], p. 153); néanmoins, la tendance vers la constitution de vastes étendues urbaines industrialisées

se poursuit. Des politiques sont nécessaires pour accélérer ces changements organisationnels, ainsi les avantages que l'on peut tirer des progrès réalisés dans les systèmes de télécommunication grâce à l'infotechnologie sont soumis au bon-vouloir des nations.

Afin d'intégrer les télécommunications dans l'infrastructure de l'économie, il est nécessaire d'examiner les dispositions institutionnelles, d'adopter une approche des systèmes et de mettre au point un cadre pour la planification. Un financement approprié doit également être assuré si les montants des investissements sont élevés. Il convient d'établir des dispositions institutionnelles qui ne soient pas inutilement bureaucratiques mais qui soient également suffisamment souples pour permettre l'adoption de méthodes nouvelles. L'établissement d'un plan revêt une grande importance car sa réalisation peut s'étendre sur plusieurs décennies.

Recherche et développement

Une capacité adéquate en R-D constitue une condition préalable importante pour la réalisation d'une certaine autosuffisance en informatique. Elle offre les moyens de suivre les développements techniques et facilite l'esprit d'entreprise novateur. La majeure partie de la R-D est effectuée dans les pays développés. En raison de contraintes financières très strictes, les pays en développement doivent choisir quelques domaines de R-D et dégager les ressources nécessaires pour leur financement (Deodhar [15]). Les efforts en matière de R-D ne doivent pas simplement reproduire ceux des pays développés, leurs objectifs doivent reposer sur l'assurance d'en tirer des avantages à long terme. La plus grande partie de la R-D est financée par les gouvernements; on peut également assurer la promotion de la R-D dans certaines entreprises, au moyen d'incitations financières soigneusement choisies.

Scott ([1], p. 164) propose qu'un programme de R-D adapté aux besoins des pays en développement soit lancé avec des projets choisis comme, par exemple : la mise en œuvre d'installations de télécommunications automatiques pour la transmission de données, l'informatisation des bibliothèques universitaires, les applications des micro-ordinateurs, par exemple pour l'enseignement assisté par ordinateur, pour le diagnostic médical et la gestion des fermes; et l'influence du traitement de textes sur l'emploi urbain traditionnel.

Le manque de conseillers hautement qualifiés en informatique, en particulier dans l'enseignement supérieur et dans les centres informatiques gouvernementaux, empêche sérieusement l'utilisation de l'informatique dans des domaines techniques, par

exemple, dans la création de bases de données médicales et dans le traitement des données en provenance de satellites.

Une infrastructure institutionnelle pour la R-D en technique informatique doit être établie.

Ceci peut impliquer le rattachement de laboratoires à des institutions de niveau universitaire dans différentes régions du pays, chaque laboratoire se voyant attribuer un domaine d'activité clairement défini.

VII. Action internationale

Portée de l'action internationale

L'autosuffisance nationale dépend de la disponibilité d'une infrastructure informatique, et l'action internationale sera essentielle pour encourager le développement d'une telle infrastructure.

Les actions menées au niveau national sont interdépendantes, elles se renforcent mutuellement et il convient de les appréhender de manière systématique (Barguin [1], p. 84). Ces actions concernent l'encouragement :

a) De politiques et stratégies nationales comportant les dispositions institutionnelles au niveau national;

b) De la prise de conscience, de l'éducation et de la formation professionnelle;

c) De l'infrastructure en ce qui concerne l'information, y compris des services et les systèmes de transfert de l'information industrielle et technique, de la R-D, des services de développement industriel et du secteur des services;

d) De l'infrastructure de télécommunication;

e) Des industries de matériel informatique et de logiciel;

f) Des nouveaux produits et des nouveaux processus;

g) Des applications, y compris les systèmes gouvernementaux de traitement de l'information, les systèmes d'aide à la décision en matière de gestion, des nouvelles applications industrielles intéressant plus particulièrement les petites entreprises.

Les études globales

A un autre niveau, les organisations internationales pourraient utilement réaliser des études globales et organiser des cycles d'études et des réunions de travail afin de déterminer les besoins. De cette manière, une connaissance approfondie des modèles en ce qui concerne le développement de l'informatique adaptée au tiers monde peut être acquise (le chapitre IV indique que les modèles mis au point dans les pays industrialisés ne devraient pas être nécessairement transférés). De telles études sont également nécessaires afin

d'établir les programmes et pour déterminer les domaines où il convient d'agir pour obtenir un maximum de résultats. La coopération avec les organisations non gouvernementales pour réaliser des études peut souvent présenter certains avantages.

Classement des pays en développement par catégories

Le classement des pays en développement par catégories peut être nécessaire afin d'adapter l'action à des groupes de pays. Les pays peuvent être classés en catégories par région, comme par exemple le Groupe andin, par groupe de pays appartenant à la même région en Afrique et en Asie, ou par degré de développement industriel; on peut par exemple regrouper le Brésil, l'Inde et le Mexique. Pour certains types d'action, les groupes pourraient être créés sur la base d'une typologie simple en utilisant la population, la zone géographique et la densité de population, le revenu par habitant, le taux de croissance économique, la répartition intérieure des revenus et la présence de ressources naturelles [33]. En ce qui concerne le développement informatique, des typologies des pays en développement ont été proposées dans les publications concernant ce sujet [34, 35], mais ces typologies n'ont pas nécessairement de signification applicable à la présente étude.

La coopération mondiale

Si l'on désire obtenir quelque effet, il sera essentiel pour l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), dont la mission concerne l'industrialisation, et pour les autres organisations internationales concernées par l'informatique — la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED), l'Organisation internationale du Travail (OIT), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), la Banque mondiale, l'Union internationale des télécommunications (UIT) et l'Intergouvernemental Bureau for Informatics (IBI), etc. — de mettre au point

un assaut en direction des gouvernements nationaux, des systèmes éducatifs, de la R-D et des infrastructures industrielles.

Politiques et stratégies nationales dans le contexte de l'action internationale

En 1971 et en 1973, les Nations Unies indiquaient dans leurs publications que chaque pays en développement devait formuler une vaste politique nationale, cohérente avec ses objectifs nationaux, en matière d'applications des techniques informatiques, et des recommandations furent établies [34, 36]. Depuis lors, l'IBI a déployé ses activités en promouvant des stratégies et des politiques nationales. En collaboration avec l'UNESCO, l'IBI a organisé une conférence mondiale sur le sujet en 1978. Le Département de la coopération de l'IBI assure l'assistance et des missions de coopération en matière de planification des politiques pour ses pays membres.

Le point de vue de l'IBI est que l'informatique joue un rôle clé pour la promotion de l'autosuffisance et le développement endogène et doit par conséquent faire l'objet de politiques nationales. L'information est perçue comme une ressource naturelle à utiliser, et l'informatique s'intéresse à la conception et à la mise en œuvre de systèmes destinés à l'utiliser. Au niveau national, l'informatique est l'étude du système nerveux de la nation. Par conséquent, elle s'intéresse aux fondements de l'intelligence sociale [28] et de la prise de décisions efficace dans tous les domaines : d'où la nécessité d'une politique nationale.

La politique nationale de tout pays est propre à ce pays et dépend de nombreux facteurs, y compris du niveau de développement. Toutefois, formeraient nécessairement la substance de toute politique :

La prise de conscience, l'éducation et la formation professionnelle;

La détermination des priorités d'application;

L'acquisition de matériel et de logiciel;

Les dispositions en matière d'infrastructure informatique, y compris la maintenance;

Les télécommunications;

La recherche et le développement;

Les développements de l'industrie informatique.

A l'intérieur d'une vaste politique nationale qui couvre des aspects économiques, sociaux, culturels et politiques, l'industrialisation constitue un centre d'intérêt pour les pays en développement. Une politique tournée vers l'industrie devrait

s'intéresser à déterminer les applications susceptibles d'augmenter la productivité et de créer des emplois [37].

Des études approfondies sont nécessaires au niveau international; ces études devraient être fondées sur une typologie appropriée des pays en développement afin d'élaborer des politiques nationales, et une action internationale est nécessaire pour promouvoir l'adoption de politiques dans chacun des pays et l'établissement d'organismes nationaux responsables pour les développements en matière d'informatique.

Prise de conscience, éducation et formation professionnelle

Une contrainte majeure en matière de développement de l'informatique tient à la pénurie mondiale en personnel qualifié. Fixer à 30% le taux de croissance annuelle des investissements en matière de matériel informatique pour les usagers montre une lacune grave de la part du secteur de l'éducation qui ne parvient pas à dominer l'informatique. Il est nécessaire de consacrer davantage de moyens au niveau international afin d'améliorer le niveau de conscience en matière d'informatique dans les gouvernements nationaux, au moyen de programmes d'action soigneusement planifiés suivis par une aide aux départements gouvernementaux pour ce qui est de l'établissement de programmes afin d'attirer l'attention des responsables sur la portée et le potentiel industriels de l'informatique et d'apporter leur aide dans le domaine de la formation professionnelle.

Faisant partie intégrante d'une stratégie nationale en matière d'informatique, les politiques dans le domaine de l'éducation et de la formation doivent être fondées sur des projections en ce qui concerne l'emploi, sur les besoins spécifiques du pays et sur son niveau de développement. Dans les pays en développement, une telle politique ne peut être réalisée qu'au moyen d'une coopération internationale.

L'éducation et la formation professionnelle en matière d'informatique font partie des missions de l'UNESCO, qui leur prête une grande attention. Plusieurs recommandations de la première conférence sur les stratégies et les politiques en matière d'informatique ont souligné l'importance de l'informatique et également indiqué que l'UNESCO devait renforcer son programme afin d'améliorer l'éducation en matière d'informatique à différents niveaux, y compris les niveaux post-universitaire, universitaire et préuniversitaire, ainsi que la prise de conscience. Le programme triennal (1981-1983) a aidé à la mise en place de cours de formation professionnelle postsecondaires et de centres de qualité dans de nombreux pays. Des

réseaux régionaux sont en cours de mise en place afin d'encourager le transfert horizontal en matière d'informatique au moyen d'échanges de personnel et de formation professionnelle. Une étude particulière a été prévue afin de regrouper les informations en ce qui concerne les centres de renseignements en informatique, les établissements d'enseignement et de formation professionnelle et les cours qui y sont proposés, les établissements de recherche et de développement expérimental, les possibilités de recherche et les bourses. Un projet pilote visant à mettre en place des laboratoires de micro-informatique dans les pays en développement est également prévu; il comportera l'achat, l'acheminement, l'installation d'équipement ainsi que la formation du personnel. Une aide sera apportée aux centres des pays en développement, plus particulièrement aux centres d'enseignement et de recherche, en ce qui concerne la mise en place de centres micro-informatique qui pourront également bénéficier de conseils (Owolabi [1], p. 53).

L'ONUDI devra coopérer avec le BIT, l'UNESCO, l'IBI et les autres organisations afin que la priorité donnée aux programmes de formation professionnelle débouche rapidement sur des applications visant à augmenter la productivité et l'emploi à court terme et à développer les possibilités locales à long terme.

En ce qui concerne la mise au point et la mise en œuvre de stratégies à long terme et coordonnées de formation professionnelle, les organismes internationaux devront évaluer l'utilité d'un grand nombre de grands organismes nationaux de formation professionnelle indépendants des constructeurs et situés dans les pays industrialisés qui sont en mesure et souhaitent assurer des services et des outils de formation professionnelle aux pays en développement (Platts [1], p. 73). Les efforts devraient être également orientés vers le développement de centres de formation dans des pays choisis du tiers monde sur la base d'une coopération technique entre les pays en développement (Chico [1], p. 29).

Infrastructures en matière d'information

Le traitement du flux d'information destiné à améliorer la productivité n'est pas encore bien compris ou modélisé, et les organismes internationaux devront participer à la réalisation d'études globales afin de déterminer les facteurs liés à l'information qui influencent la croissance industrielle et les domaines de priorité dans le développement des infrastructures en matière d'information. La tâche est colossale, et seule une méthode hautement sélective et efficace sur le plan

économique sera réalisable. Pour des raisons économiques, opérationnelles et culturelles, l'informatisation globale d'une société, en tant que moyen visant à donner une infrastructure générale à l'industrialisation ne sera pas réalisable dans le court terme.

Les études devront être fondées sur la notion de possibilités de traitement de l'information en tant que système nerveux d'une société et sur celle de l'information en tant qu'élément clé du développement de l'innovation et de l'auto-suffisance qui souligne l'inventivité et l'adaptativité des artisans locaux, des petits entrepreneurs, etc. dans un effort national de développement (Dessau [1], p. 49).

Les études globales menées au niveau international devraient aboutir à la mise au point de modèles détaillés de services d'information et de réseaux nationaux répondant aux besoins de divers utilisateurs finaux (Banerjee [1]). Ces études devront impliquer le personnel de R-D, des techniciens, des responsables industriels, des économistes, des planificateurs, des investisseurs, des financiers, des entrepreneurs, des analystes de marché, du personnel commercial, des consultants industriels et des responsables gouvernementaux. Ainsi qu'il a été indiqué au chapitre VI, le type d'information nécessaire et la forme de communication employée sont très divers. Il est nécessaire de souligner que de tels modèles devront être beaucoup plus larges que ceux qui concernent uniquement la mise au point de services de documentation et d'extraction classiques et que les réseaux d'information scientifique et technique.

L'ONUDI joue un rôle original dans la promotion des infrastructures en matière d'information. La Banque d'informations industrielles et techniques a été mise en place à l'ONUDI avec pour mission "de mettre à la disposition des pays en développement des informations permettant le choix approprié des techniques avancées" [38]. Les fonctions de la Banque d'informations comprennent l'aide dans le processus de sélection des techniques et, également, l'aide en matière d'établissement de structures d'adaptation des informations industrielles dans chaque pays [39].

Le secteur des services ayant un rapport avec l'industrie

Comme cela a été souligné au chapitre IV, le développement dans le secteur des services de sous-secteurs faisant un usage intensif de l'information est un des moyens les plus fondamentaux de stimuler la croissance industrielle. Il convient donc d'étudier les modalités de mise en œuvre d'un tel développement.

L'intelligence sociale

Le problème essentiel en informatique est de montrer aux personnes qui doivent résoudre un problème la valeur de l'information, ce qui crée une demande en matière de réseaux d'information en tant que base pour le développement de l'intelligence sociale et pour la prise de décisions efficace à tous les niveaux. Des études au niveau international sont nécessaires dans ce domaine. La solution à long terme fait intervenir une remodelisation du système éducatif [25]. La stratégie à court terme consiste :

- a) A identifier les verrous (Bargiun [1], p. 84);
- b) A spécifier les services et les systèmes d'information les mieux adaptés à leurs besoins;
- c) A dispenser des cours de formation intensive afin d'inculquer aux cadres appelés à résoudre des problèmes une conscience en matière d'information.

Infrastructures de télécommunication

L'Assemblée générale, dans sa résolution 36/40 du 19 novembre 1981 sur l'Année mondiale des télécommunications, a reconnu "l'importance fondamentale des infrastructures de télécommunication en tant qu'élément essentiel du développement économique et social pour tous les pays". Dans la plupart des pays en développement, la présence d'infrastructures de télécommunication inadéquates constitue un des obstacles les plus importants au progrès économique et social. Le déséquilibre en matière de télécommunications est frappant : 75 % du parc téléphonique mondial se trouvent installés dans 8 pays développés alors que l'ensemble des pays en développement n'en détient que 7 %. De nombreuses zones rurales ne disposent d'aucun moyen de télécommunication électrique. Les télécommunications permettent d'améliorer l'efficacité sociale, plus précisément, elles diminuent les temps de réponse des procédures administratives et de décision. Lorsqu'on se déplace au lieu d'utiliser le téléphone, on perd l'efficacité; lorsqu'on ne connaît pas le temps qui sera nécessaire pour mener une procédure à terme, l'efficacité n'existe pas. L'amélioration des télécommunications à l'intérieur et entre les pays en développement sera essentielle pour l'autosuffisance collective et l'intégration économique et sera la condition préalable de toute industrialisation.

Des études menées dans certains pays en développement ont montré que, pour divers inté-

rêts sectoriaux, les retombées économiques des télécommunications sont dix fois plus importantes que les recettes qu'elles procurent : par exemple, l'UIT a étudié l'influence des télécommunications sur un certain nombre d'entreprises au Kenya. Les performances économiques ainsi améliorées ont été estimées 110 fois supérieures au coût total du service amélioré. A l'évidence, les avantages ainsi obtenus étaient supérieurs pour les zones éloignées.

La planification du développement économique doit tenir compte de l'évolution rapide des techniques de télécommunication et des coûts. Cette évolution signifie que ces techniques sont disponibles à des niveaux et à des coûts différents pour des pays présentant des différences de caractéristiques fondamentales, telles les caractéristiques géographiques, l'étendue du pays, la densité de population, etc., et à différents stades de développement. Grâce également aux nouvelles techniques de télécommunication par satellite, il est possible d'établir des liaisons directes de télécommunication Sud-Sud. Diverses options sont explorées et des études devraient être entreprises sur les exemples existants de systèmes nationaux de télécommunication récemment mis au point.

Une action internationale sera nécessaire pour préparer des programmes nationaux et régionaux et aider les pays à entreprendre une étude en profondeur et une analyse de leur politique en matière de télécommunications.

Projets pilotes

Les développements techniques récents, comme par exemple la commutation téléphonique numérique, les télécommunications par satellite et les câbles optiques, devraient être étudiés. Un classement par catégories des pays en développement, fondé sur les caractéristiques qui ont une influence sur l'infrastructure de télécommunications, devrait être mis au point afin de regrouper les pays selon leurs problèmes de télécommunication. Un projet pilote pourrait consister en des études sur le terrain dans un ou deux pays appartenant à chacun des groupes retenus. Dans les pays retenus, les besoins en télécommunications pourraient être étudiés, avec une attention toute particulière accordée à la demande des différents secteurs de l'industrie et des projections de croissance de la demande. Le potentiel qui permettrait le développement d'une industrie locale d'équipement de télécommunication pourrait être étudié. Pour chaque pays étudié, on pourrait établir une liste d'options en matière de systèmes de télécommunication qui couvrirait la faisabilité technique, économique, opérationnelle et financière.

L'étape suivante consisterait à équiper les pays concernés avec des moyens de poursuivre la mise au point de plans en matière de systèmes de télécommunication. Une première étape serait de mettre au point des programmes de formation professionnelle en matière de télécommunications destinés à du personnel choisi parmi les groupes de pays. Les programmes de formation seraient ajustés en fonction des besoins de chaque groupe de pays et conçus pour adapter, pour chaque groupe de pays, les besoins en information technique aux options en matière de systèmes de télécommunication.

Le résultat d'un projet pilote réalisé au niveau international consisterait en un rapport et un dossier annexe qui regrouperait des données techniques et des données relatives aux coûts ainsi qu'une méthodologie, sur la base desquels on pourrait spécifier les options possibles pour la mise en place d'un système national de télécommunication adapté aux besoins d'un pays particulier. Les options exposées iraient d'un système très bon marché, fondé, par exemple, sur une association de systèmes d'abonnés de radiocommunication hyperfréquence point-multipoint et de câbles enterrés, à des systèmes de haute technicité fondés sur la transmission par satellite.

Les modèles actuels

Des modèles de systèmes de télécommunication récents peuvent être étudiés dans le cadre d'une stratégie intégrée de développement international. Galli [40] décrit des développements en matière de télécommunications dans les pays d'Amérique latine. Halin ([1], p. 39) décrit un système de télécommunication bon marché adapté aux populations à faible densité reposant sur l'association de radiocommunication et de câbles. L'Irlande est un exemple d'un pays récemment industrialisé non pénalisé par une vieille industrie et une infrastructure traditionnelle qui a décidé de consacrer 800 millions de livres pour la mise en place d'un système intégré de télécommunication fondé sur la commutation et la transmission numériques permettant d'acheminer de conversations, des textes et des images. (Byrnes [1], p. 153).

Ce modèle et d'autres encore devraient être étudiés dans le cadre d'une stratégie intégrée de développement. L'UIT, en association avec le PNUD, a orienté la plus grande partie de sa coopération en matière de développement vers l'interconnexion de réseaux nationaux des pays en développement et leur intégration dans un système global de télécommunication et a encouragé des projets visant à rassembler les pays en développement [41]. Parmi ces projets, citons le Réseau de télécommunication panafricain

(PANAFTEL)*, la Commission interaméricaine des télécommunications (CITEL), le Réseau asiatique de télécommunications (en collaboration avec la Commission économique et sociale pour l'Asie et pour le Pacifique (ESCAP), l'Union arabe des télécommunications (ARABSAT). Le PNUD intervient également comme partenaire dans un projet de mise en place d'un réseau de télécommunication au travers d'une coopération technique entre des pays en développement. Ce projet permettra de relier, dans une première étape, 60 pays en développement au réseau interrégional par satellite existant et reliera par des moyens de terre d'autres pays en développement à des centres sous-régionaux de redistribution; les nouveaux organismes doivent en être les utilisateurs à titre primaire (Dessau [1], p. 49).

L'industrie informatique

Les considérations qui amèneront les pays en développement à adopter une politique en matière d'industrie informatique locale ont été exposées au chapitre V. La suppression de la dépendance peut souvent faire oublier les considérations concernant les avantages comparés. Les avantages apportés par l'interaction entre les applications, l'entretien et la maintenance sont souvent importants [1].

Les organisations internationales peuvent jouer un rôle essentiel en encourageant l'élaboration de politiques et de stratégies nationales appropriées et la coopération entre les pays en développement. Les premières étapes pourraient concerner essentiellement le partage des expériences et les compétences en matière d'élaboration de structures institutionnelles, de moyens et de techniques [42].

Produits et procédés nouveaux

Il existe de nombreux domaines d'étude pour les pays en développement pour lesquels les pays industrialisés n'ont pas les connaissances ou l'expérience suffisantes. D'innombrables nouveaux produits et procédés attendent d'être découverts, par exemple des applications agricoles ou des équipements électroniques médicaux bon marché, solides et portables destinés à être utilisés dans des centres de soins ruraux mobiles ou fixes.

La mise au point de produits et de procédés nouveaux nécessitera une action et une coopération internationales ainsi que le partage des expériences entre les pays en développement [42].

*Pour une étude des développements en Afrique, voir l'IBI, "Pour une infrastructure africaine de gestion" (Rome, 1982).

Applications

Ainsi qu'il a été indiqué au chapitre IV, les applications informatiques classiques dans les pays industrialisés n'auront pas, pour la plupart, grand rapport avec les problèmes des pays en développement. Ces problèmes doivent être considérés d'un œil nouveau à la lumière des progrès en matière de techniques informatiques qui offrent de nouvelles possibilités d'application dans tous les secteurs de l'économie. Là encore, la coopération des agences internationales est nécessaire.

Les systèmes informatiques d'État

Aucun pays n'a jusqu'à présent pu résoudre les énormes problèmes de traitement de l'information soulevés par l'analyse et la synthèse des données concernant la comptabilité nationale, les statistiques et la démographie, nécessaires à une gestion nationale réelle et à la planification du développement des régions et des ressources, du sol, des eaux, des forêts, des récoltes et du bétail ainsi que l'emploi efficace des personnes. Les systèmes informatiques appropriés différeront une fois encore entre les pays en développement selon leur stade de développement et leurs caractéristiques particulières. L'identification des différents modèles requiert des études comparatives au niveau international. De nombreux systèmes informatiques gouvernementaux sont en service dans les pays développés et les pays en développement, il existe donc des possibilités pour étudier la meilleure pratique et transférer de manière adéquate des modèles modifiés.

Les applications gouvernementales sont un secteur particulièrement adapté à la stimulation de la mise au point locale de logiciel. Le potentiel représenté par les logiciels spécifiques correspondant aux besoins des pays en développement est énorme; les organisations internationales peuvent encourager nombre de projets relatifs à la mise au point de logiciels pour la gestion dans les secteurs de l'énergie électrique et du transport de marchandises par chemin de fer, pour les systèmes d'alerte météorologiques avancés, pour les communications et pour les systèmes de langages [42].

Systèmes d'aide à la décision

Dans les pays en développement, la capacité de l'intelligence sociale à estimer et à évaluer l'information brute est déterminante pour atteindre l'autosuffisance et pour l'industrialisation. Les

besoins les plus pressants concernent l'obtention d'une certaine compréhension du marché ainsi que le suivi des nouvelles techniques et les idées en matière de prévision technique [42]. Pour cela, il faut que les systèmes d'informatique de gestion soient mis au point et orientés vers la planification à long terme. La gestion d'un organisme s'exerce, ainsi que cela a été montré au chapitre II, à trois niveaux fonctionnels — le niveau opérationnel, le niveau tactique et le niveau stratégique — correspondant aux opérations de routine au jour le jour, le contrôle et l'évaluation de ces opérations et, enfin, la planification à long terme.

La mise au point de systèmes d'informatique de gestion dans les pays du tiers monde ne nécessite pas de passer obligatoirement par les mêmes stades d'évolution que ceux des pays industrialisés (chapitre II). La raison en est que les changements en matière technique ont accru la souplesse et amélioré les possibilités des systèmes d'informatique de gestion, ainsi, les trois niveaux peuvent être mis au point en même temps. Néanmoins, une telle mise au point parallèle dépend des possibilités de surmonter le manque d'expérience acquis au cours de l'évolution des systèmes de niveau opérationnel, tactique et stratégique. Il est nécessaire de mettre au point un vaste programme d'enseignement et de formation professionnelle, faisant intervenir universités et instituts techniques et de mettre en place des instituts de R-D, des centres d'information, des services de développement industriel et des services de consultants en matière d'industrie.

Se souvenant qu'il peut y avoir des difficultés à mettre en œuvre une application, même la plus simple, les organisations internationales doivent s'efforcer de consolider les compétences en matière de gestion au moyen de centres de formation professionnelle industrielle, de services de développement industriel et d'entreprises de consultants, à la fois au plan national et au plan régional.

Les petites entreprises industrielles

Les organisations internationales devraient en priorité encourager l'informatisation des petites entreprises industrielles dont, ainsi qu'il a été montré au chapitre II, la production peut représenter la moitié de la production industrielle totale. En particulier, les efforts devraient viser à encourager la croissance du secteur des services industriels afin que les petites entreprises servent de canal au transfert adéquat des techniques informatiques [1].

VIII. L'autosuffisance nationale en matière d'informatique : liste récapitulative

La formulation d'une stratégie opérationnelle en ce qui concerne le développement de l'informatique pour un pays donné est propre à ce pays et dépend des conditions, des besoins, des priorités et du stade de développement. Les actions spécifiques qui composent la liste récapitulative ci-après sont donc données à titre indicatif.

Liste récapitulative

1. Il convient de mettre en place un haut comité au niveau du Président ou du Premier Ministre. Ce comité encouragera d'abord la prise de conscience en matière d'informatique et développera la notion d'intelligence sociale en général et les structures associées.
2. Il convient d'entreprendre des consultations avec les organisations internationales en ce qui concerne la mise au point d'une politique. A cet égard, l'accès aux modèles concernant d'autres pays pourra s'effectuer par l'intermédiaire d'agences internationales.
3. Il convient de constituer des commissions d'étude qui auront pour mission l'étude de sujets tels que la formation professionnelle, la politique industrielle, etc.
4. Il convient de rédiger un rapport qui établira les priorités pour la mise en œuvre des politiques et énoncera les mandats des organismes nationaux. Ce rapport inclura également la mise en place d'une industrie informatique locale à l'intérieur d'une politique industrielle nationale.
5. Il convient de prendre les dispositions institutionnelles afin de mettre en place un ou plusieurs organismes nationaux, par exemple une autorité nationale en matière d'informatique afin de planifier et de réguler le développement.
6. L'autorité nationale en matière d'informatique devra planifier et mettre en œuvre des campagnes de prise de conscience sur l'intérêt que présente l'information. Le besoin en matière de prise de conscience sur l'intérêt présenté par l'information doit être souligné.
7. Les départements gouvernementaux concernés auront à réaliser des études nationales sur les ressources d'équipement, de travail et de compétences en ce qui concerne l'administration, la gestion et l'esprit d'entreprise.
8. L'autorité nationale en matière d'informatique devra étudier les ressources financières, au plan national et international, et la disponibilité des sources de financement pour des projets particuliers (par exemple le Fonds des Nations Unies pour le développement industriel, le PNUD, l'UNESCO, l'IBI, les banques de développement régionales et nationales, etc.).
9. L'autorité nationale en matière d'informatique devra planifier les infrastructures industrielles et techniques. Cette tâche concernera les services de développement industriel, les centres de documentation, les centres de transfert technologique, les réseaux documentaires nationaux, et il faudra s'assurer que les organismes existants figurent dans le plan global, que de nouveaux organismes sont créés en fonction des besoins et que des liaisons appropriées sont établies avec l'ONUDI et les autres établissements centraux internationaux de documentation et que d'autres centres régionaux et nationaux sont mis en place.
10. L'autorité nationale en matière d'informatique devra encourager les activités de R-D concernées dans l'enseignement supérieur et dans les universités, et, si besoin, dans des centres spécialisés. Ces activités couvriront la gestion, les systèmes d'aide à la décision, l'information, et des études seront réalisées en ce qui concerne les besoins de l'industrie en matière d'information — en particulier ceux des petites entreprises —, l'industrie du matériel et du logiciel. D'autres études seront effectuées pour ce qui est des nouvelles applications de la micro-électronique dans les secteurs prioritaires.
11. L'autorité nationale en matière d'informatique devra encourager, en coopération avec

- les organismes nationaux concernés (ou en mettant en place de nouveaux organismes), un plan national intégré pour l'éducation et la formation professionnelle recouvrant tous les domaines qui concernent l'informatique et la documentation ainsi que les aspects qui sont liés aux fonctions administratives et de gestion.
12. L'autorité nationale en matière d'informatique, en collaboration avec les départements gouvernementaux concernés, devra prévoir les mesures appropriées afin de stimuler le développement d'un secteur des services industriels, en mettant l'accent sur l'ingénierie et les services de conseils en matière d'industrie, le développement de leurs fonctions de transfert des techniques et la compétence en matière de mise en œuvre de systèmes informatiques dans l'industrie.
 13. L'autorité nationale en matière d'informatique devra s'assurer qu'une législation spéciale destinée à réglementer l'influx des techniques informatiques, tels les accords de licence, s'inscrit dans le cadre gouvernemental général de réglementation et d'encouragement du transfert des techniques conformément à une politique mise en œuvre par une agence nationale de régulation du transfert des techniques [45].
 14. L'autorité nationale en matière d'informatique, en collaboration avec les départements gouvernementaux concernés, devra planifier un système national de télécommunication qu'elle intégrera à des niveaux régional et mondial, en coordination avec l'UIT et les autres organismes concernés.
 15. L'autorité nationale en matière d'informatique, en collaboration avec les départements gouvernementaux et les autres organismes nationaux concernés par l'industrie, devra coordonner la mise au point d'une stratégie industrielle d'ensemble en ce qui concerne le montage et la fabrication du matériel informatique, la production de logiciel, la maintenance et les services d'assistance dans le cadre d'un plan national de développement, incluant la stratégie régionale comme il convient.
 16. Avec l'objectif double d'accroître l'efficacité et d'utiliser la puissance d'achat de l'Etat pour stimuler le développement d'une industrie informatique, l'autorité nationale en matière d'informatique devra encourager une stratégie en ce qui concerne les systèmes documentaires et les bases de données dans les départements gouvernementaux et les services publics à mettre en œuvre en développant des organismes existants et en créant de nouveaux organismes au niveau national au besoin.
 17. L'autorité nationale en matière d'informatique devra encourager la mise au point de plans sectoriels concernant des applications dans l'agriculture, le transport ou l'énergie, par exemple. Ces plans devront être coordonnés avec le plan global.
 18. L'autorité nationale en matière d'informatique devra encourager les applications informatiques dans le secteur privé à l'aide d'infrastructures d'information spécialement mises en place à cet effet et en développant le secteur des services.

Commentaires

La politique informatique qui sera mise au point sera conditionnée par un certain nombre de facteurs tels que le degré d'intervention de l'Etat, la politique nationale d'industrialisation (par exemple, substitution des importations ou industrialisation fondée sur les importations) et d'autres caractéristiques nationales fondamentales. Les points qui formeront nécessairement la substance de toute politique sont les suivants :

Les dispositions institutionnelles:

La prise de conscience, l'éducation et la formation professionnelle;

L'aide de l'Etat, les mesures d'encouragement et les instruments politiques;

Les applications prioritaires;

L'achat du matériel et du logiciel;

Le développement de l'industrie informatique.

Les deux plus grands obstacles à la mise en œuvre de la politique informatique dans les pays en développement seront une prise de conscience insuffisante de la valeur de l'information et l'insuffisance de compétences et d'expérience en matière de gestion. Ces deux obstacles ne peuvent être surmontés qu'au moyen d'une action intégrée et soutenue menée aux niveaux national, régional et mondial.

Il faut se rappeler qu'à chaque étape de développement national en informatique, depuis l'élaboration d'une politique jusqu'à la mise en œuvre de systèmes opérationnels, un pays peut obtenir une grande quantité de renseignements, l'aide et le partage des expériences par l'intermédiaire des agences internationales. Citons pour référence générale la Section de l'information industrielle de l'ONUDI et le Département de la coopération de l'IBI.

Il faut également se rappeler, en étudiant la liste récapitulative, que l'informatique n'est pas "simplement une nouvelle mystification" ([1], sect. 3) ou "une autre technique" et que le développement intégré doit avoir lieu en harmonie avec des objectifs de développement clairement définis et en utilisant les organismes nationaux existants et des instruments politiques et les possibilités des infrastructures institutionnelles existantes, en ne créant des entités que lorsque cela est nécessaire.

Le développement en matière d'informatique doit être fixé dans le cadre plus large d'une politique nationale de développement économique et industriel. Il est nécessaire d'accorder une

attention toute particulière à l'informatique, car cette discipline traverse et interagit avec la plupart des autres domaines et secteurs stratégiques d'un pays. Une condition préalable au succès de toute stratégie nationale de développement en informatique est la prise de conscience active aux niveaux les plus élevés de la valeur de l'information et de la notion d'informatique en tant que notion importante dans le développement. Si l'autosuffisance est la première notion dans la formulation des objectifs de développement, alors l'informatique, qui concerne tous les problèmes et les infrastructures mises en œuvre dans l'encouragement de l'efficacité et de l'intelligence sociales, est à son tour une condition préalable de l'autosuffisance.

Références

1. *Informatics and Industrial Development: Proceedings of the International Conference on Policies for Information Processing for Development Countries, 9-13 March 1981. Trinity College Dublin, Ireland.* F. J. Foster, ed. (Dublin, Tycooly International Publishing Limited, 1982).
2. *Teleinformatics.* E. J. Boutmy et A. Danthine, eds. (Amsterdam, North-Holland Publishing, 1979).
3. *Microelectronics and Society: For Better or For Worse.* G. Friedrichs and A. Schaiff, eds. (Oxford, Pergamon Press, 1982).
4. Intergovernmental Bureau for Informatics, *For an African Management Infrastructure* (Rome, 1982).
5. I. Barron et R. Curnow, *The Future with Microelectronics* (Londres, Frances Pinter, 1979).
6. *The Microelectronics Revolution.* T. Forester, ed. (Oxford, Blackwell, 1980).
7. Organisation for Economic Co-operation and Development, *Telecommunications: Pressures and Policies for Change* (Paris, 1983).
8. National Board for Science and Technologie, *Microelectronics: The Implications for Ireland* (Dublin, 1981).
9. A. E. Owen, "Chips in industry", Special Report No. 135 (Londres, Economist Intelligence Unit, 1982).
10. R. Shah, "Growth is the world of robots", *Iron Age Metalwork International*, vol. 7, 1978
11. L. Bannon, U. Barry et H. Olav, eds., *Informational Technology Impact on the Way of life* (Dublin, Tycooly International Publishing, 1982).
12. J. Rule, *Value Choices in Electronics Funds Transfer Policy* (Washington, D.C., Executive Office of the President, 1975).
13. T. Horan, *Electronic funds Transfer Systems* (Stanford, Stanford Research Institute, 1976).
14. F. G. Foster, *Computers in Ireland* (Dublin, Economic and Social Research Institute, 1971).
15. *Computers in developing Nations.* J. M. Bennet et R. E. Kalman, eds. (Amsterdam, North-Holland Publishing, 1981).
16. G. Fick et R. H. Sprague, eds., *Decision Support Systems: Issues and Challenges* (Oxford, Pergamon Press, 1980).
17. *World Futures Society Bulletin*, juillet/août 1982.
18. M. U. Porat, *The Information Economy: Definition and Measurement*, OT Special Report 77-12(1) (Washington, D.C., United States Department of Commerce, Office of Telecommunications, 1977).
19. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, *Technological Self-Reliance of the Developing Countries: Towards Operational Strategies.* Development and Transfer of Technology Series No. 15 (ID/262).
20. D. Bell, *The Coming of Post-Industrial Society* (New York, Basic Books, 1973).
21. F. Machlup, *The Production and Distribution of Knowledge in the United States* (Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 1962).
22. G. B. Thompson, *On the Relation between Information Technology and Socio-Economic Systems* (Londres, Phil. Trans. R. Soc., 1978), A. 289, p. 207 à 212.
23. S. Kuznets, *Modern Economic growth* (New Haven, Connecticut, Yale University Press, 1966).
24. F. R. Sagasti, *Knowledge is Power*, Mazingira No. 8 (Dublin, Tycooly International Publishing Limited, 1979).
25. V. Slamecka, "The inclination toward information use", *Information and the Transformation of Society* (Amsterdam, North-Holland Publishing, 1982).
26. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, *Science and Technology Information: Analytical Case Studies*, Executive Summary Report (Paris, 1981).
27. O. A. El-Kholy, "The winds of change—From an information embargo to a national survey of information needs and resources in Egypt", report presented at the Meeting on the Knowledge Industry and the Process of Development, held by the Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 9-12 juin 1980.
28. S. Dedijer, "Social engineering of intelligence for development", presented at the Meeting on the Knowledge Industry and the Process of Development, held by the Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 9-12 juin 1980.
29. *North-South: A Programme for Survival*, Report of the Independent Commission on International Development Issues under the Chairmanship of Willy Brandt (Londres, Pan Books, 1980).
30. M. Halty-Carrere, *Technological Development Strategies for Developing Countries: A Review for Policy Makers* (Montreal, Institute for research on Public Policy, 1979).
31. G. R. Pipe et A. A. M. Veenhuis, eds., *National Planning for Informatics in Developing Countries* (Amsterdam, North-Holland Publishing, 1975).
32. Intergovernmental Bureau for Informatics, *Strategies and Policies for Informatics*, final report of the

- Intergovernmental Conference on Strategies and Policies for Informatics (Rome, 1978).
33. Organisation de coopération et de développement économiques, *Facing the Future* (Paris, 1979).
 34. *The Application of Computer technology for Development* (publication des Nations Unies, numéro de vente : E.71.II.A.1).
 35. R. E. Kalman, "Towards the quantitative measurement of development in informatics", *Economics of Informatics*, A. B. Frielink, ed. (Amsterdam, North-Holland Publishing, 1975).
 36. *The Application of Computer Technology for Development: - Second Report of the Secretary-General* (publication des Nations Unies, numéro de vente : E.73.II.A.12).
 37. A. Adedeji, *Towards One World?*, Friedrich Ebert Foundation, eds. (London, Temple Smith, 1981), p. 272.
 38. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, "Establishment of an Industrial and Technological Information Bank: Report by the Executive Director of UNIDO" (ID/B/183 and Corr.1).
 39. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, "UNIDO's Industrial and Technological Information Bank (INTIB) and national industrial information and advisory services" (UNIDO/IS.325).
 40. E. Galli, "Microelectronics and telecommunications in Latin America" (ID/WG.372/4).
 41. *TCDC News*, No. 5, January-March 1980.
 42. Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, "Electronics in developing countries: Issues in transfer and development of technology" (Genève, 1978).
 43. *TCDC News*, n° 12, janvier-juin 1982.
 44. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, "Action in the field of industrial and technological information in Africa" (ID/WG.332/1).
 45. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, "Organization, functions and activities of national technology transfer regulatory agencies" (UNIDO/IS.236).

ABSTRACT

In the last few decades technologies for handling information have undergone rapid development, based on microelectronics. In the industrialized countries the impact of informatization, as it is called, is felt not only in organizations but also by society itself. This has important policy implications for development in the third world.

Informatics for Industrial Development, No. 22 in the Development and Transfer of Technology Series of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), discusses the importance of informatics and its significance for the third world. The technology, its uses and its effect on productivity and employment are examined. The publication covers policies that the developing countries might want to adopt and action that could be taken at the international level. Finally, an 18-point check-list to help developing countries formulate an operational strategy for informatics development is presented.

EXTRACTO

En los últimos decenios las tecnologías de manejo de la información han experimentado un rápido crecimiento merced a la aplicación de la microelectrónica. En los países industrializados el impacto de la informatización, como se la denomina, se hace sentir no sólo en las empresas sino también en la sociedad misma. Este fenómeno tiene importantes repercusiones sobre la política de desarrollo en el tercer mundo.

Informática y desarrollo industrial, Núm. 22, de la serie "Desarrollo y transferencia de tecnología" de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se refiere a la importancia de la informática y su significación para el tercer mundo. Analiza la tecnología, sus usos y sus efectos sobre la productividad y el empleo. Trata de las políticas que los países en desarrollo podrían adoptar y de las medidas que se podrían tomar en el plano internacional. Por último, presenta una lista de 18 puntos para ayudar a los países en desarrollo a formular una estrategia operacional de desarrollo de la informática.

Série "Mise au point et transfert des techniques"

- *N° 1 Systèmes nationaux d'acquisition des techniques (ID/187), numéro de vente : F 78.II.B.7. Prix : 8 dollars des États-Unis
- N° 2 UNIDO Abstracts on Technology Transfer (ID/189). (Introduction en anglais, en espagnol, en français et en russe.)
- *N° 3 Fabrication de véhicules bon marché dans les pays en développement (ID/193), numéro de vente : F.78.II.B.8. Prix : 3 dollars des États-Unis
- N° 4 Manuel sur le matériel d'essais et le contrôle de la qualité dans l'industrie textile (ID/200)
- *N° 5 Techniques d'utilisation de l'énergie solaire (ID/202), numéro de vente : F.78.II.B.6. Prix : 10 dollars des États-Unis
- N° 6 Les techniques audiovisuelles au service de l'industrie (ID/203)
- N° 7 Techniques provenant des pays en développement (I) (ID/208)
Techniques provenant des pays en développement (II) (ID/246)
- N° 8 Procédés de fabrication des engrais phosphatés (ID/209)
- N° 9 Procédés de fabrication des engrais azotés (ID/211)
- *N° 10 Briqueterie : profil d'une industrie (ID/212), numéro de vente : F.78.II.B.9. Prix : 4 dollars des États-Unis
- N° 11 Profils techniques sur l'industrie sidérurgique (ID/218)
- N° 12 Principes directeurs pour l'évaluation des accords de transfert de technologie (ID/233)
- N° 13 Manuel des engrais (ID/250)
- N° 14 Etudes de cas d'acquisition de technologie (I) (ID/257)
- N° 15 L'autosuffisance technologique des pays en développement : vers l'adoption de stratégies opérationnelles (ID/262)
- N° 16 Metal Production Development Units (ID/271)
- N° 17 Les exportations de techniques des pays en développement (I) : Argentine et Portugal (ID/289)
- N° 18 Basic Technological Disaggregation Models: I. The Petrochemical Industry (ID/302)
- N° 19 Technological Perspectives in the Machine Tool Industry and their Implications for Developing Countries (ID/312)
- N° 20 Bauxite Testing Laboratories (ID/316)
- N° 21 The Economic Use of Aluminium (ID/324)
- N° 22 L'informatique et le développement industriel (ID/326)

En Europe, en Amérique du Nord et au Japon, toutes les publications citées ci-dessus peuvent être obtenues gratuitement, à l'exception de celles qui sont marquées d'un astérisque et qui sont mises en vente, séparément, dans ces régions, au prix indiqué. Dans les autres régions, toutes les publications, sans exception, peuvent être obtenues gratuitement.

Pour obtenir des numéros gratuits, il suffit d'adresser une demande au rédacteur en chef du *Bulletin d'information de l'ONUDI*, boîte postale 300, A-1400 Vienne (Autriche), en indiquant le titre et la cote du ou des documents souhaités.

Il est possible de commander les numéros mis en vente, en indiquant le titre et le numéro de vente, aux vendeurs autorisés des publications des Nations Unies ou à l'un des services suivants :

Pour l'Europe
Section des ventes
Office des Nations Unies
CH-1211 Genève 10
(Suisse)

Pour l'Amérique du Nord et le Japon
Section des ventes
Nations Unies
New York, New York 10017
(États-Unis d'Amérique)

