

**IMPACT VAN DE
INFORMATICA
IN DE DERDE WERELD**

**IMPACT DE
L'INFORMATIQUE
DANS LE TIERS MONDE**

SYMPOSIUM

Brussel, 9 december 1988

Bruxelles, 9 décembre 1988

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR
OVERZEESE WETENSCHAPPEN**



1990

**ACADÉMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER**

**IMPACT VAN DE
INFORMATICA
IN DE DERDE WERELD**

**IMPACT DE
L'INFORMATIQUE
DANS LE TIERS MONDE**

SYMPOSIUM

Brussel, 9 december 1988

Bruxelles, 9 décembre 1988

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR
OVERZEESE WETENSCHAPPEN**



1990

**ACADÉMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER**

KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR
OVERZEESE WETENSCHAPPEN

ACADÉMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER

Defacqzstraat 1 bus 3
B-1050 Brussel (België)

Rue Defacqz 1 boîte 3
B-1050 Bruxelles (Belgique)

Tel. (02)538.02.11
Postrek. : 000-0024401-54,
Brussel

Tél. (02)538.02.11
C.C.P. : 000-0024401-54,
Bruxelles

De inrichting van het Symposium
en de uitgave van dit boek
hebben de financiële
steun genoten van

L'organisation du Symposium
et la publication du présent
volume ont bénéficié de
l'aide financière de

Algemeen Bestuur voor Ontwikkelingssamenwerking
Administration Générale de la Coopération au Développement

Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek
Fonds National de la Recherche Scientifique

INHOUDSTAFEL

TABLE DES MATIÈRES

Voorwoord/Avant-propos	5
R. SOKAL, Openingsrede	7
Allocution d'ouverture	9
B. CARTON & J. L. IWENS, Les nouvelles technologies de l'information : Menace ou chance pour les pays en voie de développement ?	11
MALU WA KALENGA, Informatique : Autonomie ou dépendance accrue vis-à-vis de l'étranger ?	35
G. LEWIS, Implications of computer technology for education and employment	51
M. DE GRATIE, L'essor de la micro-informatique et le problème de la compatibilité des systèmes	67
F. BULTOT, Informatique et hydrologie	73
R. BERTHELOT, Modélisation des bassins fluviaux	95
J. RAVEN, Electronic Data Interchange (EDI) and developing countries	105

VOORWOORD

Op initiatief van haar Klasse voor Technische Wetenschappen heeft de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen een symposium ingericht met als thema «Impact van de Informatica in de Derde Wereld».

Het Symposium ging door op 9 december 1988 in het Paleis der Academiën te Brussel onder het voorzitterschap van de H. R. Sokal, directeur van de Klasse voor Technische Wetenschappen en voorzitter van de Academie.

De inrichting van het Symposium en de uitgave van zijn Acta gebeurden met de financiële steun van het Algemeen Bestuur voor Ontwikkelings-samenwerking en het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek. De Academie is er hen bijzonder dankbaar voor.

AVANT-PROPOS

À l'initiative de sa Classe des Sciences techniques, l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer a organisé un symposium sur le thème «Impact de l'Informatique dans le Tiers Monde».

Le Symposium s'est tenu le 9 décembre 1988 au Palais des Académies à Bruxelles sous la présidence de M. R. Sokal, directeur de la Classe des Sciences techniques et président de l'Académie.

L'organisation du Symposium et l'édition de ses Actes ont été subventionnées par l'Administration Générale de la Coopération au Développement et le Fonds National de la Recherche Scientifique. L'Académie leur en est vivement reconnaissante.

Symposium
«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 7-8 (1990)

Symposium
«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 7-8 (1990)

OPENINGSREDE

DOOR

R. SOKAL

Voorzitter van het Symposium
en van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen

Sinds de mensheid in georganiseerde structuren leeft, is de beheersing van de informatie één van de voornaamste voorwaarden van haar ontwikkeling en van de uitoefening van de economische, sociale, culturele en, jammer genoeg, ook militaire macht. Zo kan een handige jager uit het stenen tijdperk, die de sporen van dieren kan ontwarren, beschouwd worden als een informaticus van de prehistorie.

Later waren de menselijke inspanningen er vooral op gericht de individuele spierkracht te vermenigvuldigen. Dit leidde tot de opkomst van het machinewezen, dat, na de uitvinding van de stoommachine, de «industriële revolutie», zoals men het pleegt te noemen, met zich bracht. Niet alleen omdat er een ongelooflijke vooruitgang van de produktiviteit van de goederen ontstaan is, maar ook omdat er een buitengewone ontwikkeling plaatsgegrepen heeft in de transportmiddelen en dus in de uitwisselingen.

De uitbreiding van de intellectuele capaciteit van de mens om op rationele wijze ofwel externe, ofwel gememoriseerde informatie te beheren, heeft lange tijd een achterstand gekend t.o.v. het machinewezen. Er ontbrak inderdaad een technologische stimulans vergelijkbaar met de stoommachine, en dit ondanks de aanzienlijke sprongen vooruit van de wiskunde, de natuurkunde en de logica.

Sinds een dertigtal jaren maakt men echter een verbazingwekkende vooruitgang mee van de elektronica en vooral van de micro-elektronica, wier impact een ware revolutie betekent voor de informatica.

Hieromtrent is de Angelsaksische terminologie meer expliciet vermits zij het heeft over Electronic Data Processing. Net zoals de stoommachine, heeft de micro-elektronica een grote sprong vooruit teweeggebracht in het informatieverkeer, dit wil zeggen in het domein van de telecomunicaties.

Eigenlijk is de vooruitgang van de informatica en van de telecommunicaties sterk verbonden en werken deze gunstig op elkaar in. Dit ware huwelijk heeft trouwens de naam telematica gekregen.

Welke zijn de gevolgen van deze nieuwe revolutie voor de menselijke maatschappij ?

Wanneer het rijke, ontwikkelde landen betreft, zijn hun karakteristieken gewoonlijk :

- Een tekort aan natuurlijke bronnen ;
- Een stabiele en verouderende bevolking, maar met een hoog onderwijsniveau ;
- Stapsgewijze verzaking aan de zware industrieën of fabrieken met een groot aantal arbeidskrachten ten gunste van tertiaire, immateriële activiteiten die meer en meer gesofistikeerd zijn.

Voor die landen is de informatica-revolutie het gereedschap bij uitstek voor het post-industriële tijdperk waar zij zullen mee geconfronteerd worden.

Daartegenover is de meerderheid van de ontwikkelingslanden gekenmerkt door :

- Nog slecht ontgonnen natuurlijke bronnen ;
- Een jonge, snel aangroeiende bevolking, maar met een onvoldoende onderwijsniveau ;
- Een endemische armoede van de inkomsten en van de begrotingen.

Deze kontekst vraagt welbewuste investeringen in een zeer evolutieve sector die sterk afhangt van de industrieel gevorderde landen.

De voornaamste uitdagingen van de informatica zijn bijgevolg :

- Efficiënte hulp bieden voor het exploiteren van de natuurlijke bronnen, namelijk landbouwbronnen, en het beginnend industrialiseringsproces versnellen ;
- Ten tweede, het verschil in de onderwijsniveaus opheffen en nieuwe banen in het leven roepen ;
- Tenslotte, het beheer van het staatsapparaat vergemakkelijken namelijk wat betreft de planificatie en de controle van de ontwikkelingsopties.

De verschillende uiteenzettingen van dit Symposium zullen trachten ons meer duidelijkheid te geven in de diverse materies die ik zojuist aangehaald heb.

Ik hoop dat een actieve deelneming in de discussies ons zal leiden tot gunstige en positieve besluiten gelet op de enorme noden van de Derde Wereld.

Symposium
*«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»*
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 9-10 (1990)

Symposium
*«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»*
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 9-10 (1990)

ALLOCUTION D'OUVERTURE

PAR

R. SOKAL

Président du Symposium
et de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer

Depuis que l'humanité vit en structures organisées, la maîtrise de l'information est une des conditions essentielles de son développement et de l'exercice du pouvoir économique, social, culturel et hélas aussi dans les conflits armés. C'est ainsi qu'un habile chasseur de l'âge de la pierre sachant démêler les pistes d'animaux peut être considéré comme un informaticien de la préhistoire.

Plus tard, l'effort de l'homme était surtout orienté vers la multiplication de sa force musculaire individuelle. Cela a conduit à l'avènement du machinisme lequel, à partir de l'invention de la machine à vapeur, a produit ce que l'on appelle la «révolution industrielle». Non seulement parce qu'il y a eu une avance extraordinaire dans la productivité des biens, mais aussi parce qu'un essor prodigieux dans les moyens de transport et donc dans les échanges s'est produit.

L'extension de la capacité intellectuelle de l'être humain à gérer rationnellement les informations soit externes, soit mémorisées, a longtemps marqué un retard sur le machinisme. Un stimulant technologique comparable à la machine à vapeur faisait en effet défaut. Ceci malgré les avances considérables des sciences mathématiques, physiques et logiques.

Depuis une trentaine d'années, on assiste toutefois à des progrès stupéfiants de l'électronique et surtout de la micro-électronique de sorte que son impact a produit une véritable révolution dans l'informatique.

À ce propos, la terminologie anglo-saxonne est plus explicite puisqu'elle parle de Electronic Data Processing.

Semblablement à la machine à vapeur, la micro-électronique a également fait faire un bond en avant considérable au transport des informations, c'est-à-dire au domaine des télécommunications.

En fait, les progrès de l'informatique et des télécommunications sont intimement liés et se fécondent mutuellement. Ce véritable mariage a d'ailleurs reçu le nom de télématique.

Quelles sont les retombées de cette nouvelle révolution sur la société humaine ?

Lorsqu'il s'agit des pays riches développés, leurs caractéristiques sont généralement :

- Un manque de ressources naturelles ;
- Une population stable et vieillissante mais d'un niveau d'instruction élevé ;
- L'abandon graduel des industries lourdes ou manufacturières à taux élevé de main-d'œuvre en faveur d'activités tertiaires immatérielles de plus en plus sophistiquées.

Pour ces pays, la révolution informatique vient à point comme principal moteur de l'ère post-industrielle qu'ils se préparent à affronter.

Par contre, la majorité des pays en voie de développement est caractérisée :

- Par des ressources naturelles encore mal exploitées ;
- Par un potentiel humain en forte progression et jeune, mais d'un niveau d'instruction insuffisant ;
- Par une pauvreté endémique des revenus et des budgets.

Ce contexte exige que les investissements dans un secteur très évolutif et à forte dépendance des pays industriellement avancés se fassent à bon escient.

Les défis prioritaires de l'informatique sont dès lors :

- D'apporter une aide efficace à la mise en valeur des ressources naturelles, notamment agricoles, et d'accélérer le processus d'industrialisation naissant.
- En deuxième lieu, de combler l'écart entre les niveaux d'instruction et générer des emplois nouveaux.
- Enfin, faciliter la gestion de l'appareil de l'État notamment au point de vue planification et contrôle des options de développement.

Les différents exposés de ce Symposium vont tenter de nous éclairer sur les divers points que je viens d'évoquer.

J'espère qu'une participation active aux discussions va nous amener à des conclusions fructueuses et positives eu égard aux besoins immenses du Tiers Monde.

Symposium
«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 11-33 (1990)

Symposium
«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 11-33 (1990)

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION : MENACE OU CHANCE POUR LES PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT ?

PAR

B. CARTON * & J. L. IWENS **

RÉSUMÉ. — Il existe un très grand éventail d'utilisation de l'informatique suivant les différents pays du Tiers Monde : certains sont producteurs (Brésil, Inde, pays d'Asie du Sud-Est ...); d'autres sont presque totalement dépourvus d'équipements informatiques. Toute considération dans ce domaine est donc forcément caricaturale. Pour l'informatique, comme pour toute autre «nouvelle» technologie, ce qui prime c'est son mode d'introduction et d'utilisation. À cet égard, on peut prévoir que dans les années à venir l'informatique se développera essentiellement dans deux domaines d'activité : la sphère de production et la sphère de fonctionnement de la société. Dans la sphère de production, elle se concentrera dans les activités liées aux exportations et ce en relation avec la «tertiarisation» croissante du système économique international. Dans la sphère de fonctionnement — et de reproduction — de la société, elle se concentrera dans les activités administratives centralisées. Les raisons de ces «concentrations» sont dues aux problèmes d'accessibilité financière et culturelle (seuil de culture technologique nécessaire) des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), mais aussi au fait que les équipements et logiciels actuels ont été conçus pour des applications dans le nord. Ce sont donc des applications similaires qui sont prioritairement concernées dans le sud. Même lorsque l'informatique est utilisée dans la production orientée vers le marché local, les objectifs sont calqués sur ceux en vigueur dans le nord : on vise l'augmentation de la productivité alors que la priorité est de satisfaire des besoins individuels et collectifs, notamment en termes de production. Dans d'autres domaines (réponses aux besoins de base, éducation dans la langue usuelle, services publics essentiels, etc.), les utilisations restent souvent marginales. On risque donc d'assister à une dualisation croissante des sociétés du Tiers Monde : une frange de la société utilisera et tirera profit de l'utilisation des NTIC, alors que la grande

* Secrétaire général du Groupe de Recherches pour une Stratégie Économique Alternative (GRESEA); chaussée de Wavre 136, B-1050 Bruxelles (Belgique).

** Responsable du Programme Communication à FAST (CEE, DG XII); rue de la Loi 200, B-1049 Bruxelles (Belgique).

majorité de la population ne sera en rien concernée directement. Par contre, une meilleure définition des besoins réels des pays du Tiers Monde, la mise au point d'équipements et de logiciels adaptés à ces besoins et aux conditions spécifiques de l'environnement physique, économique, culturel et social pourraient mener à une contribution positive de l'informatique au développement de ces pays.

SAMENVATTING. — *De nieuwe technologieën van de informatie : Bedreiging of voordeel voor de ontwikkelingslanden ?* — Er bestaat een zeer brede waaier van de toepassing van de informatica naargelang de verschillende Derde Wereldlanden : sommige zijn producenten (Brazilië, Indië, Aziatische landen van het zuid-oosten ...), andere moeten het praktisch zonder informatische uitrustingen stellen. Elke beschouwing op dit vlak is dus noodgedwongen karikaturaal. Wat voor de informatica primeert, alsook voor elke «nieuwe» technologie is de wijze waarop zij geïntroduceerd en gebruikt wordt. In dit opzicht kan men voorzien dat in de komende jaren de informatica zich hoofdzakelijk op twee gebieden zal ontwikkelen : het produktiegebied en het gebied van functioneren van de maatschappij. Op produktiegebied zal zij zich richten op de activiteiten verbonden met de uitvoer en dit in verband met de toenemende «tertiarisatie» van het internationaal economisch systeem. Op gebied van functioneren — en reproduceren — van de maatschappij zal zij zich richten op de gecentraliseerde administratieve activiteiten. De redenen van deze «concentraties» zijn te wijten aan de financiële en culturele toegankelijkheid (nodige culturele technologische drempel) van de nieuwe technologieën van de informatie en de communicatie (NTIC), maar ook het feit dat de huidige uitrustingen en de logistiek ontworpen werden voor toepassingen ervan in het noorden. Het zijn dus gelijkaardige toepassingen die prioritair het zuiden aanbelangen. Zelfs wanneer de informatica gebruikt wordt in de produktie gericht op de plaatselijke markt, worden de doelstellingen gekopieerd op diegene die in het noorden van kracht zijn : men tracht de produktiviteit te verhogen daar waar de prioriteit wordt gegeven aan het voldoen van de individuele en collectieve noden, namelijk in termen van produktie. Op andere gebieden (beantwoorden aan de basisbehoeften, onderricht in de voertaal, belangrijkste openbare diensten, enz.) blijft het gebruik vaak marginaal. Men loopt dus het gevaar een toenemende dualisering te zien ontstaan van de maatschappijen van de Derde Wereld : een klein deel van de maatschappij zal gebruik maken van en voordeel trekken uit het NTIC, daar waar de grote meerderheid van de bevolking in het geheel niet rechtstreeks zal betrokken zijn. Anderzijds zouden een betere omschrijving van de werkelijke noden van de Derde Wereldlanden, de op puntstelling van uitrusting en logistiek aangepast aan deze noden en aan de specifieke voorwaarden van het fysische, economische, culturele en sociale milieu, kunnen leiden tot een positieve bijdrage van de informatica aan de ontwikkeling van deze landen.

SUMMARY. — *New information technologies : Threat or chance for the developing countries ?* — There is a wide range of uses of information technology in the different countries of the Third World : some are producers (Brazil, India, South-East Asian countries ...) while others are almost totally without computer equipment. Any considerations in this field are thus necessarily caricatural. For information technology, as for any other 'new' technology, most important is the mode of introduction and

of utilisation. In regard to this, it is possible to foresee that in the years to come information technology will develop essentially in two fields of activity : that of production and that of the functioning of society. In the field of production, it will be concentrated in export-linked activities and in the growing complexity of the international economic system. In the field of the functioning — and reproduction — of society it will be concentrated in centralized administrative activities. The reasons for these 'concentrations' are the problems of financial and cultural accessibility (threshold of necessary technological culture) of the new technologies of information and communication (NTIC), and also the fact that the equipment and systems currently available have been conceived for applications in the north. It is thus similar applications which will be of first concern in the south. Even when data-processing is used for production oriented towards the local market, the objectives are copied on those in force in the north : the aim is an increase in productivity, whereas the priority is satisfying individual and collective needs, especially in terms of production. In other fields (answers to basic needs, education in the usual language, essential public services, etc.) the utilisations often remain marginal. We thus risk witnessing an increasing dualization of the societies of the Third World : a fringe of society will use and benefit from NTIC utilisation, while the great majority of the population will not at all be directly concerned. On the other hand, a better definition of the real needs of Third World countries, the perfecting of hardware and software adapted to these needs and to the specific conditions of the physical, economic, cultural and social environment, could lead to information technology making a positive contribution to these countries.

Les NTI au cœur de la nouvelle économie

Depuis le début des années 70, la crise frappe le monde industriel. Et jusqu'au milieu des années 1980, les indicateurs économiques ont été à la baisse, et les chômeurs en augmentation constante.

Pourtant, pendant près de vingt ans, des années 50 à la fin des années 60, on a pu croire que le capitalisme avait trouvé les recettes qui écartaient définitivement les spectres de la récession et du chômage.

Pendant près de vingt ans, il y a eu le miracle de ce qu'on a appelé le «capitalisme fordien», du nom du fabricant d'automobiles américain Ford qui disait : «Je paie des hauts salaires à mes ouvriers pour qu'ils achètent mes voitures».

Au cours de ces *golden sixties* (les années 60 dorées comme les ont baptisées les journalistes), l'application de plus en plus généralisée de l'organisation scientifique du travail et du travail à la chaîne, des découvertes technologiques en chimie et un des premiers pas en informatique ont permis une production de masse d'articles standard, absorbée par une demande globale en constante augmentation grâce à une extension des politiques de hauts salaires. Ces croissances

simultanées ont été soutenues par l'intervention systématique des États et une hégémonie internationale du dollar.

Dans ce «miracle», les pays du Tiers Monde ont apporté, à bas prix, leurs matières premières et ont eu, par-ci par-là, des retombées sous forme de quelques transferts de technologies et de revenus.

LA CRISE DES ANNÉES 70

À la fin des années soixante, les facteurs qui ont été à la base de la remarquable expansion économique mondiale ont commencé à se modifier de par leur propre logique interne :

- Les possibilités de productivité de la production de masse ont été progressivement épuisées ;
- La demande de biens de consommation durable standardisés a fini par connaître une certaine saturation ; les ménages ont alors reporté leur demande vers des biens plus industrialisés, moins standardisés, où les progrès de productivité sont plus lents ;
- Les «cadences infernales» dans les entreprises ont rencontré une résistance de plus en plus grande de la part des salariés ;
- Les excès de dépenses extérieures de l'économie américaine (entre autres à cause de la guerre du Vietnam) ont miné l'hégémonie du dollar ;
- Les pays du Tiers Monde ont de plus en plus mal supporté d'être facteur de prospérité ... du nord.

Et ainsi, peu à peu toutes les conditions qui ont permis le miracle économique de l'après-guerre se sont transformées et la stagnation, le chômage, l'inflation, les taux de change flexibles se sont installés à leur place.

À un monde en croissance où les données en matière de demande de prix, de change, de salaires, de fiscalité, de productivité étaient prévisibles et quasi programmées, a succédé un monde où les prix (par exemple, le prix du pétrole) se sont mis à fluctuer fortement, où les taux de change sont devenus la proie des spéculateurs, où la demande est devenue imprévisible, où la réaction des gouvernements s'est placée sur le «court terme». Bref, un monde volatile et en pleine turbulence, avec des taux de croissance fortement diminués.

LA FLEXIBILITÉ À L'ORDRE DU JOUR

Dans cette nouvelle situation, comment les entreprises (et en particulier les multinationales qui contribuent pour une large part à

la production et aux échanges internationaux) vont-elles réagir ? Elles vont faire de la nécessité une loi.

Au lieu d'étendre sans cesse leur empire en absorbant entreprise sur entreprise, produit sur produit, elles vont se concentrer sur leur «métier» principal, centralisant les fonctions stratégiques (finances, recherche, développement, politique commerciale) et établissant avec leurs «filiales» ou même avec des entreprises complémentaires ou concurrentes, des liens très souples, variables, changeants.

Pour saisir les meilleures opportunités, pour changer de cap et comprendre les évolutions, elles ont besoin d'informations. Par exemple, pour différencier les produits de ceux de leur concurrent, dans un marché généralement stagnant ou en faible expansion, les entreprises tendent à offrir à leur client un paquet «produit + services». Ces nouveaux produits + services nécessitent des informations précises et continues.

Le maître mot des entreprises est devenu «flexibilité» pour mieux répondre à la volatilité et aux turbulences de l'économie. Or, les progrès considérables des nouvelles technologies de l'information et de la communication vont venir à leur secours :

- Possibilité de centraliser les informations d'abord par les grands ordinateurs ; possibilité de décentraliser l'information par les mini-ordinateurs fonctionnant en réseaux ; possibilité de travailler d'une manière de plus en plus universelle par les micro-ordinateurs ;
- Les progrès des satellites, l'amélioration des réseaux des transports de données, la numérisation des télécoms permettront de réduire le coût de la distance tout en accélérant, d'une manière sensationnelle, la vitesse de transmission des données ;
- Les premiers pas des systèmes experts, et puis de l'intelligence artificielle et d'une manière générale, la diffusion des logiciels induisent eux aussi une nouvelle organisation des entreprises ;
- Les pas en avant de la robotisation des processus industriels transforment peu à peu le système industriel lui-même.

L'INVERSION DES LOGIQUES

Cette «nécessité» des nouvelles technologies pour les besoins des grandes firmes et donc leur utilisation de plus en plus massive entraînent à leur tour des modifications au système industriel.

Comme le dit Bruno Lanvin, spécialiste de la CNUCED, une grande part des bouleversements auxquels il nous a été donné d'assister

dans le cadre de l'économie internationale au cours des dix dernières années tient en une formule : l'inversion des logiques.

- La logique d'organisation, tout d'abord, a vu les réseaux organisationnels se conformer de plus en plus à l'architecture des réseaux d'information ;
- La logique de production-échange, ensuite, s'est inversée à la fois en termes de valeur ajoutée (le service plutôt que le produit devenant créateur de valeur), et en termes d'avantages comparatifs (la mobilité des facteurs se substituant à celle des produits) ;
- Enfin, la logique du système économique dans son ensemble s'est retournée dans la mesure où ses hyperstructures les plus avancées sont en train d'en devenir les infrastructures.

Dernier aspect de la nouvelle économie : l'importance de l'économie financière. Grâce entre autres à la rapidité des télécommunications d'aujourd'hui et à leur capacité de transfert des données, l'économie financière (marchés à terme, opérations en bourse, spéculations sur les taux de change, etc.) a pris une importance considérable. Ici aussi, possibilités technologiques nouvelles et besoins des opérateurs financiers vont de pair.

Le rôle des multinationales est-il toujours le même ?

Quand on pense informatique, on pense facilement IBM. L'International Business Machines — la «Big Blue» comme on l'appelle aux USA — est bien en effet une super-puissance dans le domaine des nouvelles technologies de l'information.

Son empire, basé au départ sur les grands ordinateurs et ensuite sur les mini-ordinateurs, n'a en effet jamais cessé de s'étendre, même si, à certains moments, Big Blue a pu donner l'impression d'être dépassé, comme cela a été le cas lorsque Apple a lancé son micro-ordinateur Apple II sur le marché. Il a fallu deux ans à IBM pour se reprendre. Et Big Blue en a tiré la leçon et est devenu beaucoup plus entreprenant par exemple dans le domaine des logiciels, des stations de bureau (qui semble être une des pistes de développement les plus prometteuses).

Le tableau ci-après donne une idée de l'importance d'IBM dans différents secteurs.

*Puissance d'IBM (en ventes)
par rapport à ses concurrents
(Index 100 pour le concurrent)*

	IBM	concurrent
Ordinateurs Mainframe	900	100 = Sperry
Mini-ordinateurs	200	100 = DEC
Micro-ordinateurs P.C.	200	100 = Apple
Périphériques	200	100 = DEC
Software	400	100 = Divers

Source : *Computing*, 25.VII.1985.

Néanmoins, quelle que soit l'importance d'IBM, il faut faire remarquer trois choses :

- IBM a toujours été empêché par la justice américaine de jouer un rôle important dans la fabrication des composants électroniques. Même si elle fabrique la quasi-totalité des composants qu'elle utilise, elle n'en vend guère. Au surplus, elle a pris une participation dans «Intel», un des fabricants USA les plus performants.
- De même, si IBM s'est bien lancé dans le domaine des télécommunications, y compris par satellite, elle est bien loin d'y jouer un rôle important car elle s'y heurte, entre autres, à ATT.
- De plus en plus, IBM comme les autres grands des NTI, tend plutôt à passer de nombreux accords, contrats, *joint ventures* plutôt que d'absorber entièrement les autres entreprises. C'est là une conséquence de la crise (la fameuse nécessité de la flexibilité) mais aussi du rythme accéléré du progrès technologique dans le secteur. Ce rythme accéléré du progrès technologique a d'ailleurs comme autre conséquence de rendre extrêmement fragile la situation des entreprises qui n'ont pu miser que sur un seul créneau technologique.

UNE GALAXIE HIÉRARCHISÉE

Les NTI ne se réduisent plus aux seuls ordinateurs mais s'étendent, nous l'avons vu, dans de multiples domaines.

En matière de télécommunications, la situation est beaucoup plus «fragmentée» géographiquement que dans l'informatique proprement dite. La forme du monopole (généralement public) a été courante dans ce secteur, très longtemps pour des raisons naturelles, de sorte qu'il en a découlé, presque partout, une situation où le système de

télécommunications était approvisionné en biens et fournitures par des producteurs nationaux (ou qui avaient pris une forme nationale). Aux États-Unis, ATT a longtemps eu un monopole privé quasi total, tandis qu'ITT exerçait son activité à l'extérieur.

Avec les mesures prises en matière de réglementation, la situation a changé aux États-Unis comme elle a changé d'ailleurs en Grande-Bretagne. De plus, comme nous le verrons, la Commission des Communautés européennes exerce de grosses pressions pour casser ces liens nationaux entre gestionnaires de réseaux et producteurs nationaux de matériel pour les télécoms.

La transformation des centraux téléphoniques en centraux électroniques, c'est-à-dire numérisés, provoque au surplus une modification des données du problème car les coûts de recherche et de développement sont tels, dans ce domaine, qu'il n'y a plus de place que pour quelques producteurs.

*Évolution de la production
de centraux publics de télécommunications*

Type de centrale	Coûts en R/D (millions de \$)	Temps de fabrication d'une ligne (en heures)
Électromécanique	15-20	10
Semi-électronique	± 200	1
Numérique	500-1400	0,3

Source : IWENS, J. L. 1983. Changements en télécoms. Enjeux pour le développement.

On peut remarquer que les «Japonais» se retrouvent aussi bien au début de la filière (composants) qu'à la fin (électronique grand public). Or, ils investissent beaucoup en recherche-développement sur les ordinateurs dits de la cinquième génération qui seraient, pour simplifier les choses, des ordinateurs qui «incorporeraient» une part importante de logiciel et d'intelligence artificielle.

De plus, au fur et à mesure qu'on «descend» la filière, le nombre d'entreprises intervenantes s'accroît. On sait par exemple que dans le domaine du *software*, de nombreuses petites et moyennes entreprises ont pu se creuser une «niche» comme on dit. Dans la mesure où le *hardware* occupe une place de plus en plus réduite dans les coûts, les possibilités pour des entreprises indépendantes des grands oligopoles

s'accroissent d'autant plus que beaucoup d'imitations sont aujourd'hui accessibles.

On comprend mieux, dès lors, pourquoi IBM et les autres grands producteurs s'efforcent d'incorporer le maximum de logiciel dans les produits, essayant de protéger leurs « constructions » mixtes *software-hardware*.

De plus, on comprend mieux pourquoi les grandes transnationales des services s'efforcent d'imposer une législation au niveau mondial, sur ladite « propriété intellectuelle » (voir le chapitre sur l'Uruguay Round), dans le but de casser le « copiage », le « clonage » comme on dit, de leurs machines.

Ces constatations montrent en définitive que si IBM en général et ATT (et les autres producteurs « nationaux » de matériel télécom) continuent à jouer un rôle important, celui-ci ne se présente plus du tout de la même manière que jadis. Ici aussi — et on aurait tendance à dire ici principalement — les multinationales ont tiré les leçons de la crise, la flexibilité étant devenue leur maître mot stratégique.

DES FIRMES AUX RÉSEAUX MULTINATIONAUX : LES NOUVELLES TOILES D'ARAIGNÉES

Les grandes multinationales n'en sont pas devenues moins puissantes pour autant. En multipliant les accords, les *joint ventures*, les filialisations, etc., les grandes entreprises gardent autrement le contrôle stratégique du secteur qu'elles ont choisi.

Maintenant sous leur gestion directe les flux financiers, la recherche et développement, les orientations stratégiques, les firmes multinationales ont su créer de véritables toiles d'araignées autour du centre vital qu'est leur « métier » de base.

L'ère de la dérégulation

Tant que les télécommunications ont employé les réseaux hertziens ou le câble en cuivre pour faire passer les communications, tout le monde a considéré comme normal qu'il y ait sur cette activité un monopole. Ce monopole a été très souvent exercé dans le Tiers Monde par l'État ou par des entreprises publiques nationales.

Ce qui intéressait les industriels occidentaux, c'était en définitive de pouvoir fournir le matériel de télécommunication : centraux téléphoniques, câbles, téléphones. Et pour les grands fabricants multi-

nationaux s'étaient établies au fil des années des chasses gardées. On l'a bien vu d'ailleurs au Chili d'Allende avec ITT.

LE PROGRÈS TECHNIQUE, FACTEUR DE CHANGEMENT

Les progrès technologiques ont changé un certain nombre de données de cette situation.

Ils ont permis un plus grand nombre d'intervenants dans le domaine des communications et, en particulier, de l'audio-visuel, que ce soit par les réseaux hertziens ou les satellites, et par après avec les câbles coaxiaux et, aujourd'hui, les fibres optiques.

Les développements de l'informatique ont permis la création de nouvelles activités (banques de données, traitement des données). Or, ces activités informatisées ont dès le début fonctionné dans une situation de concurrence officiellement privée, même si comme on le sait le rôle de quelques grandes firmes y a été et y est encore fondamental. «Les appétits se sont donc réveillés».

De plus, les développements technologiques ont relancé sous une autre forme, ont transformé, pourrait-on dire, des services traditionnels comme les banques, les assurances, la bourse, etc. de telle sorte que l'utilité pour les grandes firmes de pouvoir gérer, contrôler ou influencer largement leur réseau de télécommunication s'est accru fortement.

Il en a résulté un essor nouveau des télécommunications et celles-ci se sont à leur tour transformées à la suite de l'introduction de la numérisation.

Dans un certain nombre de pays du Tiers Monde, les opérateurs nationaux de télécommunications ont souvent eu quelques difficultés à suivre pour des raisons financières, mais aussi pour non-adaptation des mentalités, pour insuffisance de formation, etc.

Ils sont devenus des proies toutes rêvées pour un certain nombre de firmes multinationales qui trouvent ainsi dans les pays neufs, la possibilité de placer leurs matériels souvent amortis déjà dans les ventes dans le nord.

Ces nouvelles interventions des multinationales, en particulier des producteurs de matériel de télécommunications (ATT, Erikson, Alcatel, etc.) n'ont pas nécessairement entraîné des modifications dans la structure juridique du secteur des télécoms.

En effet, pour beaucoup de pays du Tiers Monde, «déréguler» au sens où cette opération est entendue dans le nord signifierait remettre le réseau à des grandes firmes multinationales étrangères. Or, les gou-

vernements de ces pays tiennent beaucoup à pouvoir continuer à exercer sur ce secteur stratégique des télécommunications, un contrôle centralisé national.

«LA DETTE DU TIERS MONDE EST BONNE À QUELQUE CHOSE ?»

Il faut donc que ces pays du Tiers Monde (ou en tout cas leurs gouvernements) soient «convertis» aux vertus du néolibéralisme à outrance avant qu'ils acceptent de se dessaisir de ce qu'ils considèrent comme une prérogative nationale.

Il n'est donc pas étonnant que ce soit d'abord dans des pays comme le Chili que l'opération se soit passée.

À vrai dire, dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, le lancinant problème de la dette est venu au secours des appétits des grandes firmes internationales.

C'est d'abord pour transformer une partie de la dette du Chili que le secteur téléphonique chilien a été mis en vente auprès d'entreprises privées : c'est dans le cadre de ces fameuses opérations *Debt-Equity Swaps* que le gouvernement chilien a vendu son secteur télécom à des firmes qui ont racheté des parts de capital, en échange de parts de la dette chilienne.

C'est toujours sous ce même couvert du remboursement de la dette que les opérations de privatisation des téléphones argentins et mexicains s'opèrent.

UN TIERS MONDE À PLUSIEURS VITESSES

En réalité, le secteur NTI, par l'impact important des nouvelles technologies, montre d'une manière exemplative la situation éclatée du Tiers Monde.

On s'achemine dans ce secteur des NTI vers une situation où «le Tiers Monde» éclate entre :

- Un Tiers Monde, partie prenante, même sous des formes différentes, de l'expansion de type nouveau. Il s'agit des pays nouvellement industrialisés, les fameux «dragons» de l'Asie du Sud-Est ;
- Un Tiers Monde intégré, vaille que vaille, à la nouvelle dynamique de la croissance mondiale mais qui y joue un rôle essentiellement passif, de débouchés des grandes firmes multinationales ou de banlieues de la production, dans des situations assez subordonnées mais quand même participantes : il s'agit d'une grande partie de l'Amérique latine, de l'Inde et sans doute de la Chine ;

- Un Tiers Monde sous-équipé, marginalisé, qui reste en dehors des nouveaux circuits de télécommunications. Telle semble être l'orientation d'une partie non négligeable de l'Afrique noire, et c'est sans doute à sa situation géographique particulière que l'Amérique centrale doit de ne pas en être.

Les NTI, menace et/ou chance pour les pays en développement ?

Dans une large mesure, la poursuite des tendances en cours laissera probablement les pays en développement hors du champ de la révolution informatique. Au mieux, elle les inclura dans une espèce de nouvelle périphérie, vers laquelle l'information viendra du centre. Néanmoins, l'ampleur et le dynamisme du phénomène associés à l'émergence des services informatiques, constitueront, par eux-mêmes, une pression qui peut être mise au service du processus de développement. Ce qui est nécessaire à cette fin, c'est de la volonté politique et une certaine capacité de vision. La situation actuelle de beaucoup de pays en développement demande des mesures urgentes vis-à-vis de nombreuses situations brûlantes comme la nourriture, le commerce et la dette. Beaucoup de décideurs doivent courir d'une série de mesures urgentes à une autre et ont peu de temps, d'énergie et de moyens pour s'occuper des problèmes relatifs au moyen et au long terme. Pour beaucoup de gouvernements, des problèmes comme les services et encore plus des services informatiques, sont entourés d'un ensemble de méconnaissances et préjugés. Trop de décideurs les considèrent comme lointains par rapport à leurs préoccupations immédiates.

Les éléments analysés devraient contribuer à démontrer :

- a. Que des mesures et politiques immédiates sont à prendre et à suivre, si on veut éviter que se manifestent les tendances décrites de périphérisation des pays sous-informés ;
- b. Que des stratégies appropriées peuvent transformer les services informatiques d'une menace à une chance pour le développement.

Hormis quelques pays d'Extrême-Orient (les Dragons ou nouveaux pays en voie d'industrialisation : Corée du Sud, Taïwan, Hong-Kong, etc.), et, dans quelques domaines, le Brésil et l'Inde, il y a au niveau de la production des NTI un écart énorme entre les USA, le Japon, l'Europe et le reste du monde.

Même au niveau de la consommation, l'écart est considérable. Et ceci est vrai aussi bien pour l'informatique proprement dite que pour les télécommunications, pour ne pas parler de l'automatisation industrielle.

Il est probable que, pour certains produits où le nord arrive à saturation, les pays du Tiers Monde vont constituer un débouché intéressant mais, de toutes façons, celui-ci sera marginal. Les NTI peuvent très bien se passer du Tiers Monde.

La question est plutôt : le Tiers Monde peut-il se passer des NTI ? Ou d'une manière plus systématique : quelles sont les conséquences des NTI pour le Tiers Monde ? Ou encore : que deviendra le Tiers Monde s'il ne parvient pas d'une manière ou d'une autre à avoir à sa disposition les NTI et quelles seront alors les répercussions de la transformation du Nord pour les pays du Tiers Monde ?

Les NTI n'ont pas seulement progressé à pas de géants en quelques années. Elles ont tendance à tout envahir, à être présentes partout. C'est comme l'acier à la fin du siècle passé et au début de ce siècle : partout présent, même sans qu'on s'en rende toujours compte.

Ici aussi, il faut donc bien schématiser pour tenter d'y voir un peu clair. Essayons de «balayer» un peu les différents domaines où les NTI risquent d'avoir des conséquences.

On peut distinguer quatre zones d'activités en fonction de la plus ou moins grande intervention des NTI :

- Le secteur des nouvelles technologies elles-mêmes ;
- L'ensemble des industries de la communication ;
- Les secteurs que les NTI ont déjà largement transformés ;
- Les autres secteurs industriels.

1. LE SECTEUR PROPREMENT DIT DES NTI

Les ordinateurs (grands, mini ou micro) jouent aujourd'hui un rôle irremplaçable dans certains secteurs : certaines recherches scientifiques, bases de données, travaux de bureau, etc. On peut dire les choses autrement en caractérisant ces activités comme n'ayant pas pu vraiment exister tant que l'ordinateur n'existait pas.

Certains types de communications : satellites, transport de données, centraux numériques, RNIS, etc. n'existeraient pas sans les NTI. Il en est de même de certains «services à valeur ajoutée» : téléfax, etc.

Il faudrait parler aussi de l'électronique militaire ou purement professionnelle, par exemple médicale. La production dans ces domaines

est essentiellement concentrée dans le Nord (sauf les quelques exceptions mentionnées).

Si le Sud veut disposer de ces techniques, il devra les acheter au Nord. Le fait que non seulement la production mais aussi l'utilisation de ces technologies sont concentrées dans le Nord, risque d'accroître la dépendance du Sud.

- La recherche scientifique risque de plus en plus de fonctionner avec des ordinateurs et des bases de données ;
- Les bases de données, même si elles reçoivent partiellement leurs données du Sud, sont concentrées dans le Nord. L'accès à ces bases n'est pas gratuit et risque de coûter de plus en plus cher au Sud ;
- Dans la mesure où ces réseaux de télécommunications sont «numérisés», certains types d'informations ne pourront pas circuler dans le Sud, si ce n'est à des coûts beaucoup plus élevés ;
- Autre exemple dans le domaine des télécommunications : la «déréglementation» des activités de télécommunications a déjà, et aura de plus en plus pour effet vraisemblable, de diminuer les tarifs des télécommunications internationales. Une conséquence évidente en découle pour les pays du Tiers Monde : la diminution des recettes provenant des communications internationales ; or, celles-ci sont la principale source de financement des investissements nécessaires pour la mise en place de réseaux téléphoniques locaux. Dans le cas des communications par satellites, le problème est encore plus net : car, par accord tacite, INTELSTAT appliquait des tarifs beaucoup plus favorables pour les communications Sud-Sud que pour les communications Japon-USA, par exemple. La déréglementation venue, ces tarifs de faveur devront, sans doute, disparaître.

2. L'ENSEMBLE DES INDUSTRIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

Les industries de l'information et de la communication existaient avant l'intervention du transistor ou de la «puce» électronique. Mais les NTI ont donné essor à un prodigieux déploiement de nouvelles possibilités : les satellites qui émettent les programmes de télévision n'en sont-ils pas l'exemple le plus frappant ?

Une large part de l'activité des industries de l'information et de communication continue, et continuera sans aucun doute pendant plusieurs années, à se faire sans les NTI.

Sans reparler ici des banques de données et des satellites en tant que tels, il faut souligner que les possibilités offertes par les NTI risquent d'accroître l'influence culturelle des producteurs les mieux placés : ceux-ci se trouvent évidemment dans le nord.

C'est donc toute la question de l'impérialisme culturel qui est posée ici.

3. LES SECTEURS DÉJÀ FORTEMENT TRANSFORMÉS PAR LES NTI

Dans des secteurs comme les banques, les assurances, le tourisme de masse, les transports aériens, une partie de la recherche scientifique, la prospection géologique, certains autres secteurs des services (comme les hôpitaux, certaines administrations publiques et les grandes administrations privées), les NTI ont profondément modifié la manière de fonctionner.

La rapidité du transfert des informations possible au niveau international, la capacité de «traiter» rapidement une masse énorme d'informations font que ces secteurs ne sont plus comme avant.

Il s'est bâti ainsi une véritable «économie financière» qui n'a plus grand-chose à voir avec l'économie réelle. Cette nouvelle économie financière repose entièrement aujourd'hui sur les nouvelles technologies de l'information.

À beaucoup d'égards, les secteurs les plus fortement transformés par les NTI sont devenus d'immenses réseaux mondiaux avec un échange permanent et interactif d'énormes quantités d'informations. Le Tiers Monde risque de ne plus être dans ces réseaux qu'un tout petit fournisseur de quelques informations qui sont nécessaires pour que les réseaux fonctionnent.

Ainsi, par exemple en matière de tourisme international, certains pays du Tiers Monde sont des lieux intéressants pour les touristes du Nord. Il faut donc bien que ces lieux soient reliés aux réseaux touristiques internationaux. Mais il ne s'agit vraiment que de «terminaux», tout le reste du réseau international d'information fonctionne dans le nord.

De même en ce qui concerne les matières premières, leur prix est de plus en plus déterminé dans des marchés à terme qui fonctionnent dans le Nord sur la base de réseaux informatisés.

Les réseaux bancaires qui fonctionnent largement sûr la base des NTI sont quasi entièrement développés sur le Nord, le Sud ne sert souvent que de terminal pour recevoir quelques informations et en donner quelques-unes.

Dans la mesure où la recherche scientifique s'appuie de plus en plus sur des bases de données et du traitement de l'information par l'ordinateur, le Sud risque d'être «décalé» scientifiquement, plus encore qu'aujourd'hui.

4. LA PRODUCTION MANUFACTURIÈRE

Nous venons de passer en revue les secteurs où les NTI ont totalement ou très largement transformé la manière de fonctionner ancienne.

Dans l'industrie manufacturière, ce qu'on appelle le secondaire, la transformation induite par les NTI n'a pas cette ampleur.

Même si les possibilités techniques existent déjà, par exemple d'automatiser entièrement les chaînes de production, leur diffusion est loin d'atteindre ce qu'on prédisait il y a quelques années.

C'est que les investissements sont coûteux, la technicité nécessaire considérable, les résistances au changement plus grandes que ce qu'on attendait. Et aujourd'hui, un certain nombre d'études prédisent plutôt une très lente diffusion qui s'étalerait sur de longues années.

Nous ne nous attarderons pas sur ces prévisions toujours controversées. Ce que nous pouvons déjà néanmoins distinguer, ce sont les facteurs suivants :

- Dans un certain nombre de produits (voiture, électroménager, pour ne pas parler des avions) les composants électroniques ont pris la place des composants mécaniques avec toutes les conséquences qui en découlent pour l'emploi de la main-d'œuvre et de plus, l'informatique permet souvent de diminuer la quantité de matières premières et d'énergie.
- Dans un certain nombre de secteurs, des machines plus ou moins automatisées remplacent progressivement ces machines mécaniques, diminuant ainsi le coût de la main-d'œuvre dans le coût total.
- Dans un certain nombre d'entreprises, il y a une tendance à produire en fonction des commandes (ce que permet une certaine automatisation de la production) et non plus sur la base des prévisions de marchés possibles. Ce qui pousse à un rapprochement géographique auprès des clients.
- Pour un certain nombre de produits, la part des services offerts à l'acheteur (dans le coût final de vente) tend à augmenter, ce qui pousse également à une autre localisation productive.

Même s'il ne s'agit que de «tendances» à l'œuvre qui sont loin d'être généralisées, les NTI ont presque toujours pour conséquence (et

elles ont d'ailleurs souvent pour objectifs) de diminuer la part de la main-d'œuvre et, en particulier, de la main-d'œuvre non qualifiée dans le coût total du produit. La logique de production pour ces NTI repose sur une réduction de la consommation de matières premières et d'énergie ainsi que sur un rapprochement du lieu de production et de consommation. Toutes ces tendances ne peuvent qu'être défavorables au Tiers Monde dans la mesure où les pays du Tiers Monde restent en dehors du circuit de l'industrialisation nouvelle.

Le Tiers Monde doit-il être contre les NTI ?

Si l'on prend en considération ce que nous avons analysé, il faut bien en déduire qu'en gros, les nouvelles technologies de l'information n'ont guère besoin du Tiers Monde ; bien plus, elles risquent bien, dans beaucoup de domaines, de rejeter «hors-circuit», de marginaliser comme on dit, les pays du Tiers Monde, en tout cas, pour ce qui concerne la production.

Pour ce qui concerne la consommation, le Tiers Monde ne jouera, sans doute, qu'un rôle marginal, tout comme en matière de céréales américaines (qui sont vendues sur les marchés africains au prix du stockage aux USA puisqu'il s'agit de toute façon de productions marginales). On peut imaginer que pour un certain nombre de produits, la vente sur les marchés du Tiers Monde se fera à des prix de solde ; c'est déjà le cas par exemple pour les films de télévision américains.

La question serait donc bien : Le Tiers Monde a-t-il besoin des NTI pour se développer ? Les NTI contiennent-elles des potentialités qui permettent d'améliorer la qualité de la vie, dans le Tiers Monde comme ailleurs ?

La réponse va de soi. Songeons par exemple à la santé et à l'éducation mais aussi à des questions comme les invasions de sauterelles, les épidémies. Bien plus, il deviendra de plus en plus difficile de se passer de ces NTI dans de nombreux domaines car elles deviennent progressivement facteurs de production et infrastructure.

Ce qui veut dire que certains «produits» ne pourront plus être faits ou certains services ne pourront plus être rendus sans faire appel à ces technologies. Par exemple, le système bancaire et le réseau d'assurances internationales, ou encore, les appareils audio-visuels.

Cela ne veut pas dire qu'il faut se précipiter sur la dernière version du plus perfectionné des ordinateurs mais cela veut dire qu'un minimum

d'infrastructure et de connaissances en matière de NTI deviendront nécessaires.

Ce n'est pas parce que les NTI constituent un apport utile à la qualité de la vie, et progressivement un point de passage obligé dans un certain nombre de domaines, que tous les pays doivent se mettre à tout produire.

Il est évident qu'une totale méconnaissance des NTI risquerait de peser lourd sur l'avenir des pays en développement.

Les seules questions pertinentes se résument dès lors aux suivantes : Comment faire pour mettre ces potentialités à la disposition des peuples du Tiers Monde ? Comment faire pour empêcher, ou réduire au maximum, la tendance à la marginalisation du Tiers Monde qui se trouve dans la logique des croissances des NTI au Nord ?

Cinq paramètres principaux conditionnent l'accès des PVD aux NTI.

Il faut qu'il y ait dans le pays un minimum de nationaux formés dans les NTI, et cela aussi bien à un niveau universitaire qu'à un niveau de technicien.

L'infrastructure en matière de télécommunication, y compris en matière de transmission de données, doit atteindre un minimum au niveau de la capitale et doit en outre être décentralisée. De plus, il faut que cette infrastructure soit le plus «indépendante» possible tant au niveau technique de fonctionnement qu'au niveau économique.

Le pays doit disposer d'un minimum de centres informatiques et d'ordinateurs qui soient «autonomes» au niveau de la main-d'œuvre et des possibilités de réparations etc.

Il importe qu'au niveau national ou qu'au niveau de quelques pays «groupés», l'une ou l'autre «niche» technologique soit poussée de façon à ce que la balance des échanges dans ce domaine ne soit pas trop inégale.

Au niveau de groupes des pays, ce qu'on appelle parfois le niveau régional, peut-on adopter une stratégie économique commune dans ce domaine, ce qui est, entre autres, indispensable pour négocier avec le nord dans de bonnes conditions ?

Tout cela est incontestablement plus facile à dire qu'à faire, mais dans un monde en rapide transformation vers une société informatisée, on ne peut pas se permettre de rester hors du coup ; on ne peut pas se permettre de laisser passer les chances qui s'offrent.

Dans les pages qui suivent nous continuerons à garder à l'esprit les deux questions posées ci-dessus, à savoir : comment mettre les

potentialités des NTI à la disposition du Tiers Monde et comment empêcher la marginalisation du Tiers Monde ?

Nous examinerons successivement les différentes tentatives faites, tant au niveau national qu'international, les pas faits dans ce domaine, en matière de coopération, ainsi que toute une série d'exemples concrets de réalisations.

Les NTI et l'industrialisation du Tiers Monde

Depuis la deuxième guerre, et surtout depuis que les pays du Tiers Monde ont acquis leur indépendance politique, un de leurs objectifs prioritaires, tout à fait justifié, est d'arriver à un niveau d'industrialisation qui leur permettrait de diminuer leur dépendance économique par rapport au Nord.

Les stratégies d'industrialisation ont pris des formes diverses :

- Valorisation des matières premières du pays ;
- Politique de substitutions des importations ;
- Politique des «industries industrialisantes» ;
- Politique de promotion des exportations d'articles manufacturés vers le nord etc.

La plupart du temps, ces stratégies ont pris comme «modèle», le développement industriel au XIX^e siècle en Europe ou depuis 1917 en URSS, ce «modèle» étant poursuivi par des voies fort diverses.

Depuis quelques années, «l'électronique» tend à devenir le nouveau modèle, parce qu'on a l'impression, à certains égards justifiés, que la révolution informatique va être à la base des industries de demain ; les pays du Tiers Monde tendent donc à rattraper les pays du Nord, à «sauter» dans le train de la révolution informatique.

Il est vrai que le point de passage obligé du développement des services mais aussi de nombreux secteurs de l'industrie passera de plus en plus par l'utilisation de l'électronique.

De là, pour vouloir diminuer la dépendance, à développer sa propre production d'électronique, il n'y a qu'un pas que les pays du Tiers Monde ont franchi, suivant des démarches très différentes, il est vrai.

1. LE MIRAGE DES «NPI»

Le cas des «NPI» (traduits très souvent en français par nouveaux pays industrialisés alors que l'expression anglaise originale était nouveau

pays en voie d'industrialisation) demeure, pour beaucoup de pays du Tiers Monde, une espèce de miracle que l'on va tenter d'imiter.

Les quatre «Dragons» (Corée du Sud, Taïwan, Hong-Kong, Singapour) n'ont-ils pas atteint des niveaux de production dans le secteur électronique qui leur a permis de concurrencer les pays occidentaux sur leur propre marché ?

Telle est bien la réalité dans plusieurs secteurs des nouvelles technologies de l'informatique et on ne reprendra pas ici des chiffres qui figurent déjà dans de nombreuses publications.

Ce qu'il importe de remarquer c'est que le modèle NPI — ce qu'on pourrait appeler le mirage NPI — n'est pas reproductible tel quel, même si certaines leçons intéressantes peuvent en être tirées. Certains pays du sud-est asiatique comme la Malaisie qui l'ont tenté sont loin d'avoir atteint les mêmes performances.

Les NPI ont en effet bénéficié de circonstances exceptionnelles «de lieu et de temps» pourrait-on dire :

- De lieu, parce qu'il existait déjà dans ces pays une couche d'entrepreneurs de moyenne dimension habitués à fonctionner dans le cadre du commerce à assez longue distance, d'une certaine quantité de cadres universitaires, mais aussi de cadres moyens et d'ouvriers déjà «industrialisés», d'un système financier relativement rodé, d'une «culture» et d'un «environnement» suffisamment adaptés, enfin d'un État décidé à jouer un rôle dans ce développement économique et possédant les capacités techniques, financières et humaines pour le faire.
- De temps : ces pays ont profité d'une période où les firmes multinationales avaient avantage à délocaliser la production de certains segments de la filière électronique soit dans des filiales-atelier soit chez des sous-traitants de ces pays pour «apprendre» le métier et accumuler les réserves financières qui leur ont permis d'investir ultérieurement dans d'autres stades de la filière.

Ces circonstances particulières ne sont pas reproductibles, mais elles permettent de tirer au moins deux leçons :

- Le Tiers Monde n'est pas si «incapable» de s'industrialiser qu'on le dit, puisqu'aussi bien, il suffit que des conditions favorables se présentent pour qu'il en profite.
- Il faut prendre en compte un ensemble de facteurs si on veut industrialiser. La prise en compte de la «complexité technologique»

est un facteur essentiel. À chaque moment, dans chaque pays, il y a ce qu'on pourrait définir une capacité maximale endogène d'absorption de l'industrialisation, d'embrayage sur le système industriel mondial. Il dépend de la dynamique sociale et politique du pays de «saisir» cette capacité pour la transformer en réalité économique.

2. LES POLITIQUES DE SUBSTITUTION AUX IMPORTATIONS

Les politiques de substitution aux importations ont été suivies par un certain nombre de pays. Dans le cadre de ces politiques, l'État prend des mesures dites positives ou négatives pour faire en sorte que les «produits électroniques» ou certains d'entre eux qui vont être utilisés dans le pays soient partiellement ou totalement produits sur place. Ils se «substituent» donc aux importations potentielles.

De telles politiques ne peuvent être efficaces que dans des pays où le marché potentiel est suffisant. Ce n'est donc pas un hasard si elles ont surtout été suivies dans des pays de grande dimension ou arrivés à un certain niveau d'industrialisation. Tel est le cas de l'Argentine, du Brésil, de l'Inde, du Mexique, de la Chine.

Les mesures qui ont été adoptées sont souvent du type :

- Interdiction d'importation d'un des produits de la filière électronique, par exemple l'ordinateur.
- Mesure de soutien financier à des producteurs établis sur le territoire national ou attribution à ces producteurs de toutes les commandes relevant du secteur public.
- Les producteurs doivent avoir au moins la majorité de leur capital aux mains de «nationaux» et plus de la moitié de la valeur finale du produit doit avoir été «ajoutée» à l'intérieur du pays, ou cette part doit augmenter dans le temps suivant un calendrier établi à l'avance.

Le succès de cette stratégie d'industrialisation par substitution d'importation a été très variable. En Argentine, elle n'a marché que pendant une certaine période. Au Brésil, malgré un retard technologique évident, cette stratégie a permis la mise en place d'un noyau national. Il en est de même en Inde. En définitive, il semble que le succès de telles politiques dépende aussi du contexte économique et politique général dans lequel de telles décisions sont prises.

3. QUE CHOISIR D'AUTRE ?

Que la maîtrise de l'électronique entendue d'une manière générale s'impose à tout pays qui veut s'industrialiser au sens occidental du mot est quasi une lapalissade. Une insuffisante maîtrise de cette électronique risque d'entraîner une dépendance ou une marginalisation accrue.

La production locale de certains segments de la filière électronique apparaît dans le même type de raisonnement comme une nécessité. Vu les limites des deux politiques économiques, aussi bien «coréenne» que celle des «PSI», la question qui se pose devient alors : Comment faire ?

Plusieurs ordres de problèmes ou questions vont se poser aux pays soucieux de ne pas rater tout à fait le train de la révolution électronique.

a) La vitesse des transformations technologiques est telle dans le secteur électronique qu'elle risque d'être plus rapide que le temps d'apprentissage minimal.

C'est en tout cas un argument souvent utilisé. Il ne manque pas de pertinence dans la mesure où on est convaincu — et c'est dans les pays du Tiers Monde une conviction fort répandue — que posséder le dernier niveau de la technologie est indispensable. Il faut se méfier à cet égard d'affirmations trop globales. Pour un certain nombre de secteurs, le dernier joujou de la technique n'est pas indispensable. Mais ce qui est indispensable, c'est de rentrer dans la «culture informatique» même si les ordinateurs utilisés n'ont pas tout à fait les mêmes vitesses et virtuosités que les derniers nés de «Big Blue».

On confond très souvent à cet égard ce qui est exigence de compétitivité d'une entreprise et ce qui est utile pour beaucoup de secteurs, administrations ou même certaines divisions d'entreprise.

Pour citer un exemple : on considère que dans l'industrie en moyenne, la part des «secrétaires» pourrait représenter quelque chose comme 15 à 20%, et dans le travail des secrétaires la part de travail de dactylographie ne dépasse pas 10%. On conçoit dès lors que le dernier né des ordinateurs de bureau ne change pas très fort à court terme la productivité des entreprises.

Ce qui apparaît essentiel ici c'est le fait d'entrer dans la «culture informatique».

b) La seconde question qui paraît essentielle c'est le cercle vicieux de la marginalité : si des pays ne sont pas dotés du minimum de moyens de communications modernes dont les multinationales ont aujourd'hui

besoin pour fonctionner (car toute leur infrastructure repose aujourd'hui sur des réseaux modernes de communication), ces grandes entreprises risquent bien de laisser de côté, de ne pas inclure dans leurs circuits lesdits pays. Ce qui va accroître leur marginalité, leurs possibilités de ressource, etc. «Cela risque de coûter cher d'être pauvre». Ceci est particulièrement vrai dans le domaine des services.

c) Pour pouvoir «entrer» dans certains segments de la filière informatique, les investissements initiaux sont extrêmement considérables et ne peuvent, sans doute, être supportés que par les très grands pays ou des coalitions de pays.

d) Entrer dans la production de certains segments de la filière électronique ne pose pas seulement des problèmes financiers mais des problèmes de formation du personnel scientifique, de son adéquation suffisante aux NTI. En réalité, c'est ici tout le problème de la complexité technologique qui est posé, comme il l'a été auparavant pour toute l'industrie des biens d'équipement.

e) Enfin, les multinationales contrôlent d'une manière absolue certains segments. D'où, pour les pays du Tiers Monde, la nécessité de trouver certaines «niches» où ils peuvent se positionner. Certains pays (l'Inde et le Chili, par exemple) commencent à le faire dans les logiciels ; d'autres l'ont fait dans certains périphériques. Là encore, des coalitions régionales suffisamment larges deviennent nécessaires.

Symposium
*«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»*
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 35-50 (1990)

Symposium
*«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»*
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 35-50 (1990)

INFORMATIQUE : AUTONOMIE OU DÉPENDANCE ACCRUE VIS-À-VIS DE L'ÉTRANGER ?

PAR

MALU WA KALENGA *

RÉSUMÉ. — L'informatique, par ses avantages et ses contraintes, est à la fois un atout et un défi pour les pays du Tiers Monde. Les enjeux s'apprécient sur quatre fronts : le front de la recherche, le front du développement des produits, le front des applications, le front de l'adaptation du milieu social. La révolution informatique, fondée sur les acquis spectaculaires de la micro-électronique, modifie rapidement et profondément les sociétés modernes dans un sens qui tend à renforcer la traditionnelle pré-éminence scientifique, technologique et économique des pays avancés. Les gains importants de productivité que la révolution informatique rend possible, et le fait que l'expertise dans les secteurs de pointe de l'informatique tend à se concentrer dans un nombre limité de centres dans certains pays économiquement avancés, font que les pays du Tiers Monde risquent d'être, plus encore que par le passé, des laissés-pour-compte. En fait, certains envisagent même que le fossé entre «ceux qui ont» et «ceux qui n'ont pas» ira en s'élargissant toujours davantage dès lors que la division devient celle entre «ceux qui savent» et «ceux qui ne savent pas». L'identification des enjeux permet de montrer que les pays du Tiers Monde sont confrontés à un défi colossal, dès lors qu'ils sont forcés de s'adapter aux exigences de la phase de développement post-industrielle, que sous-tend la révolution informatique, alors même qu'ils n'ont pas encore, pour la plupart, achevé la phase industrielle proprement dite. Pour relever ce défi, il n'est pas suffisant de considérer uniquement des mesures techniques, financières ou institutionnelles. Il faut plus fondamentalement parier sur l'homme et sur son intelligence créatrice. Faute de le faire proprement, l'informatique contribuera, plus que d'autres acquis scientifiques et technologiques du passé peut-être, à accentuer la dépendance scientifique, technique, économique, socio-culturelle des pays du Tiers Monde.

SAMENVATTING. — *Informatica : Autonomie of toenemende afhankelijkheid ten overstaan van het buitenland ?* — Door haar voordelen en haar belemmeringen is

* Membre correspondant de l'Académie ; Université de Kinshasa, B.P. 184, Kinshasa XI (Zaïre).

de informatica én een troef én een uitdaging voor de Derde-Wereldlanden. De inzet spreidt zich over vier fronten: het front van het onderzoek, het front van de ontwikkeling van het produkt, het front van de toepassingen, het front van de aanpassing van het sociale milieu. De revolutie, teweeggebracht door de informatica, die steunt op de opzienbarende verworvenheden van de micro-electronica, wijzigt snel en grondig de moderne maatschappijen, met als gevolg dat het traditionele wetenschappelijke, technologische en economische overwicht van de gevorderde landen versterkt wordt. De grote toename aan productiviteit, in de hand gewerkt door de revolutie in de informatica en het feit dat de expertise, in de spits-sectoren van de informatica, zich tracht te concentreren in een beperkt aantal centra van sommige landen die economisch voorop staan, dragen ertoe bij dat, meer nog dan in het verleden, de Derde-Wereldlanden het risico lopen uitgesloten te worden. In feite voorzien sommigen zelfs dat de kloof tussen «zij die hebben» en «zij die niet hebben» steeds breder zal worden nu de verdeling zal tot stand komen tussen «diegenen die weten» en «diegenen die niet weten». De onderkenning van de inzet toont aan dat de Derde-Wereldlanden geconfronteerd worden met een enorme uitdaging nu zij gedwongen worden zich aan te passen aan de vereisten van de post-industriële ontwikkelingsfase, die de revolutie van de informatica onderspant, daar waar zij voor het merendeel de eigenlijke industriële fase nog niet beëindigd hebben. Om op deze uitdaging te antwoorden is het niet voldoende uitsluitend oog te hebben voor de technische, financiële of institutionele maatstaven. Men moet meer vertrouwen stellen in de mens en zijn scheppende intelligentie. Indien dit niet behoorlijk gebeurt zal de informatica ertoe leiden, meer nog dan andere wetenschappelijke en technologische kennis uit het verleden, de wetenschappelijke, technische, economische, socio-culturele afhankelijkheid van de Derde-Wereldlanden scherper te stellen.

SUMMARY. — *Computer technology: autonomy or increased dependence on foreign countries?* — Computer technology, with its advantages and constraints, is at the same time an opportunity and a challenge for Third World nations. The stakes can be appraised on four fronts: research, product development, applications and the adaptation of the social context. The information technology revolution, based on the spectacular advances in micro-electronics, is changing rapidly modern societies in such a way as to re-inforce the developed countries traditional scientific, technological and economic pre-eminence over the Third World. The productivity gains made possible by the information technology revolution, the fact that expertise in advanced computerized information systems tends to be concentrated in a few centres in a small number of advanced countries and the fact that state-of-the-art technology in this field is mainly developed there, threaten to 'lock out' the nations of the Third World. It may even be thought that the present division between the 'haves' and the 'have-nots' is being superseded by an even more awesome division between the 'knows' and the 'know-nots', with the latter falling hopelessly behind. It is shown that the developing nations are facing a colossal challenge. Indeed, they must adapt themselves to the demands of the post-industrial development phase fostered by the information revolution, when most of them have not yet achieved the industrial phase *per se*. To meet the challenge, it is not sufficient to consider only technical, financial or institutional measures. Reliance must be placed more fundamentally on man and his inventive genius. If it fails to do this properly, the information technology will contribute,

perhaps more than any other technological revolution in the past, to accentuate the scientific, technical, economic and socio-cultural dependence of the Third World.

1. Introduction

C'est avec l'avènement des micro-processeurs, rendu possible par les avancées en micro-électronique, que l'informatique a pris un élan décisif révolutionnant l'ensemble du système productif des nations modernes (OSBORNE 1979).

L'association de l'informatique et de la commutation digitale en téléphonie, dans ce qu'on appelle la télématique, a contribué à accroître de façon spectaculaire la qualité et la quantité des services de traitement automatique de l'information. La mise sur le marché de micro-ordinateurs puissants et de moins en moins coûteux permet à un nombre grandissant de pays du Tiers Monde de devenir partie prenante dans la révolution informatique.

L'informatisation de la société moderne est aujourd'hui faite de suffisamment d'atouts favorables pour autoriser cette percée économique majeure des pays du Tiers Monde que certains anticipaient (SERVANSCHREIBER 1980).

Mais les gains de productivité économique que l'informatique autorise ne sont pas gratuits. Les coûts ici ne sont pas uniquement économiques. Ils sont aussi, et davantage peut-être, socio-culturels et socio-politiques (FONTALLIET 1985).

Comme toute technologie de pointe, généralement à grande intensité de capital et d'expertise, l'informatique représente ainsi pour toutes les nations, et singulièrement pour celles du Tiers Monde, tout à la fois un atout et un défi. Les pays du Tiers Monde sont-ils à même d'utiliser les atouts et de relever le défi de l'informatique de façon à devenir des partenaires indispensables dans l'interdépendance générale qui caractérise de plus en plus les relations internationales ? C'est à cette interrogation que le présent propos s'adresse.

2. Les enjeux en informatique

Par ses avantages et ses contraintes, l'informatique est pour les pays du Tiers Monde à la fois un atout et un défi. Les enjeux s'apprécient sur quatre fronts : le front de la recherche, celui du développement des produits, celui des applications, et finalement celui de l'adaptation du milieu social aux contraintes imposées par l'informatisation du lieu de travail, et plus généralement de la société.

1. LES ENJEUX SUR LE PLAN DE LA RECHERCHE EN INFORMATIQUE

La recherche en informatique est aujourd'hui particulièrement dynamique. Les micro-processeurs semblent jouer, en effet, dans les économies post-industrielles, un rôle comparable à celui que l'acier et la machine à vapeur ont joué lors du démarrage et du déploiement de l'industrialisation des pays européens aux ^{xix}^e et ^{xx}^e siècles.

En principe, le secteur de l'informatique est suffisamment diversifié, les changements technologiques y ont suffisamment d'impacts économiques, pour ouvrir aux pays du Tiers Monde novateurs de larges champs d'intervention profitables. Deux créneaux paraissent actuellement particulièrement porteurs. Le premier est celui des processeurs parallèles. Le second concerne les recherches en Intelligence Artificielle (AI).

Le créneau des processeurs parallèles profite des recherches de pointe en micro-électronique. Les avancées spectaculaires récentes dans la technologie des VLSI (Very Large Scale Integrated circuits) ont permis l'étude et la construction d'ordinateurs fonctionnant en mode parallèle hautement performants (REIJNS & BARTON 1987). Depuis le premier microprocesseur 8008 lancé par INTEL en 1975, le secteur de la micro-électronique, qui sous-tend la composante *hardware* de la révolution informatique en cours, est devenu cependant à très grande intensité de capital. Les grandes firmes de composants électroniques sont de plus en plus forcées de s'associer pour faire face aux contraintes financières imposées par la recherche de pointe dans ce secteur. Le créneau des processeurs parallèles, quoique porteur, suppose ainsi des moyens financiers et en expertise qui paraissent peu compatibles avec les possibilités de la plupart des pays du Tiers Monde.

Si les ordinateurs fonctionnant en mode parallèle représentent la méthode la plus prometteuse pour solutionner des problèmes complexes, tels par exemple ceux rencontrés en robotique, leur utilisation pose cependant encore beaucoup de problèmes au niveau des langages et des compilateurs capables d'exprimer et d'exploiter de façon efficiente le «parallélisme» (TRAPPL 1987). Les recherches au niveau des architectures et des algorithmes parallèles et en intelligence artificielle contribuent à la solution de ces problèmes. Ces recherches sont principalement à grande intensité de main-d'œuvre experte. Elles autorisent par conséquent une présence active et rémunératrice pour les pays du Tiers Monde.

2. LES ENJEUX SUR LE PLAN DU DÉVELOPPEMENT DES PRODUITS

Pour les pays du Tiers Monde les enjeux en informatique s'apprécient sur un deuxième front, celui du développement des produits informatiques.

L'augmentation continue des densités d'intégration des circuits intégrés, couplée aux performances en matière d'architecture et d'algorithme, autorisent aujourd'hui la mise sur le marché de produits informatiques dont les performances augmentent sans cesse.

Les micro-ordinateurs deviennent ainsi de jour en jour plus puissants, plus versatiles, plus conviviaux, plus robustes, et de moins en moins encombrants et coûteux. Ils disposent aujourd'hui d'une mémoire centrale dont la capacité est plus importante que celle dont disposait hier un mini-ordinateur. La puissance de calcul et de traitement de données des micro-ordinateurs les plus récents est telle qu'elle bouleverse la façon de concevoir l'organisation du milieu de travail, aussi bien dans l'usine que dans le laboratoire (LASFARGNE 1988). L'environnement très convivial des nouveaux micro-processeurs, conjugué à de nouvelles interfaces «machines-utilisateurs», et à de nouveaux programmes d'exploitation, tels qu'UNIX ou XENIS, transforment les micro-ordinateurs en des systèmes non seulement multi-tâches et multi-utilisateurs, mais également capables de gérer des programmes de modélisation et de simulation, hier disponibles uniquement sur des gros ordinateurs, communément appelés *main-frame*. Le style nouveau de production et de gestion décentralisées dans l'interdépendance qu'imposent les réseaux locaux d'ordinateurs avec serveur, s'accroît avec l'archivage optique basé sur les disques optiques effaçables. Ceux-ci autorisent d'intégrer des systèmes d'archivage au sein d'un ensemble cohérent de gestion interactive des documents et des informations (*Business Week* 1988).

La question qui se pose ici est de savoir si les pays du Tiers Monde sont à même de participer à ce développement spectaculaire des produits, qui concerne aussi bien le *hardware* que le *software*, de façon à réduire une dépendance technologique générale, qui s'accroît au fil des ans pour un nombre de plus en plus grand de pays, même fort développés.

Au niveau du *hardware*, les contraintes recoupent ici celles qui caractérisent la recherche en micro-électronique. Sans nul doute, la construction de micro-ordinateurs bas de gamme, utilisant des composants disponibles sur le marché international, est facilement abordable

pour un nombre croissant de pays du Tiers Monde comme le démontre à suffisance la prolifération de divers compatibles PC d'IBM produits en Asie. Mais l'investissement financier et humain pour dépasser ce stade devient rapidement important comme le prouve la mise au point du micro-ordinateur NEXT (*Business Week* 1988). Malgré cette contrainte et malgré le fait que l'évolution technologique en micro-informatique soit particulièrement rapide, on peut estimer que ce créneau n'est pas pour autant verrouillé. Des pays du Tiers Monde peuvent raisonnablement prétendre à une présence active dans ce créneau s'ils consentent à y mettre le prix.

Le marché des gros ordinateurs par contre, dont celui des super-ordinateurs, paraît totalement fermé. Il est dominé par quelques grandes compagnies et singulièrement par IBM. Cette dernière compagnie impose en fait sa loi et ses spécifications. Celles-ci deviennent *de facto* des normes reconnues par toute l'industrie informatique. L'avance prise par les grandes firmes dans l'informatique haut de gamme est difficilement rattrapable. Cette domination résulte des moyens financiers énormes requis et mis en jeu pour percer. Le chiffre d'affaire d'IBM dépasse par exemple la somme de ses deux plus proches concurrents. Son budget de recherche est supérieur à ceux de tous ses concurrents additionnés.

Le marché des ordinateurs moyens, communément appelés *mid-frame* (voir note 1), paraît moins fermé mais d'accès fort difficile dès lors que les grandes firmes informatiques y sont également fortement implantées.

Toutes ces considérations montrent à suffisance que dans le secteur du *hardware*, la dépendance des pays du Tiers Monde est et restera vraisemblablement, quasi totale dans les gammes des *main-frame* et *mid-frame*. L'avance technologique prise par les grandes entreprises informatiques, les sommes importantes que requièrent le lancement de nouveaux produits, le verrouillage du marché des *main-frame* et même des *mid-frame* rendent particulièrement difficile, voire impossible, toute tentative pour s'implanter de façon significative dans ce secteur de l'industrie informatique.

La situation paraît moins bloquée dans le secteur des logiciels. On assiste en effet, sous la pression des utilisateurs, à une convergence vers certains standards pour les systèmes d'exploitation. C'est en particulier le cas pour le système d'exploitation UNIX, même si plusieurs convergences co-existent (*Business Week* 1988). Ce mouvement ouvre

la possibilité aux développeurs de logiciels dans les pays du Tiers Monde de créer des programmes universels à des coûts accessibles.

Le secteur des logiciels est important pour l'avenir de l'industrie informatique dans le Tiers Monde, et pour son informatisation plus ou moins indépendante. Il faut reconnaître en effet que malgré des chiffres de vente des micro-ordinateurs assez impressionnants, l'utilisation effective des ordinateurs par le grand public et beaucoup de petites et moyennes entreprises, reste en deçà des prévisions et des attentes (LYRETTE 1986, *Business Week* 1988). La raison fondamentale est le manque de souplesse des programmes informatiques. À part certains programmes universels standard bon marché, comme par exemple les tableurs et autres traitements de texte, les programmes informatiques sont en général peu adaptés aux besoins changeants des utilisateurs. Par ailleurs, des programmes taillés exactement sur mesure coûtent excessivement cher. Les coûts de plus en plus dégressifs du *hardware* mettent aujourd'hui plus fortement en relief ces insuffisances en matière de souplesse et de convivialité des logiciels. On prend conscience, en effet, que la productivité réelle des systèmes informatiques dépend de plus en plus de l'efficacité de l'interaction entre l'utilisateur et la machine. L'avenir de la révolution informatique devient ainsi fortement tributaire des améliorations de l'interface «utilisateur-logiciel». Ces améliorations peuvent être obtenues par l'application de techniques de programmation dérivées des recherches en «Intelligence Artificielle» (AI) (WALDROP 1987).

En effet les programmes en AI sont écrits pour s'adapter à un environnement incertain, à des situations qui ne peuvent pas être prédites avant coup. Les programmes en AI s'attachent ainsi à préciser ce que l'ordinateur a besoin de connaître pour exécuter sa tâche plutôt que ce qu'il doit faire. L'ordinateur ainsi programmé est capable de s'adapter à des situations changeantes. Les systèmes experts et la programmation «orientée vers les objets» (*object-oriented programming*) (v. note 2) mis en œuvre récemment dans le micro-ordinateur NEXT, sont deux exemples de cette approche (WALDROP 1987).

En fait le potentiel d'élargissement des perspectives informatiques grâce à l'amélioration des logiciels est si grand que toute une nouvelle science se construit autour de ce qu'on appelle l'«ergonomie cognitive» (GIROUX 1986).

L'effervescence du marché des logiciels ouvre des perspectives intéressantes aux pays du Tiers Monde disposant d'une main-d'œuvre

qualifiée. Le niveau technique requis n'est certainement pas au-dessus des possibilités de la plupart des pays disposant d'une élite universitaire de bon niveau. L'exemple de l'Inde est instructif. Ce pays vient de lancer un programme ambitieux de production de logiciels pour l'exportation par satellite. À cet effet, quatre parcs technologiques, respectivement à Pune, Bubneswar, Bangalore et Chandigard sont installés ou en voie de l'être. Dans cinq ans, l'Inde espère exporter des logiciels pour un montant de US \$ 300 millions (*Nature* 1988). Des pays comme l'Argentine, le Brésil, la Malaisie, le Sri Lanka, Taiwan s'orientent vers la même voie, généralement en association avec des firmes étrangères, dans le cadre d'un regroupement qui fait intervenir le secteur public et le secteur privé national et international.

3. LES ENJEUX SUR LE PLAN DES APPLICATIONS INFORMATIQUES

Les enjeux en informatique pour les pays du Tiers Monde s'apprécient sur un troisième front, celui des applications.

D'un outil essentiellement de traitement de données, l'ordinateur devient, grâce aux développements des produits informatiques et aux recherches en intelligence artificielle, un outil de traitement de connaissances. Cette mutation a pour effet d'élargir considérablement l'éventail des services et donc des applications possibles de l'informatique.

Au bas de l'échelle des services que l'ordinateur facilite se trouvent toutes ces fonctions courantes propres à l'entreprise, qui sont faites d'opérations routinières, d'autant plus répétitives que l'entreprise intéresse un nombre important d'unités : approvisionnement, production, vente, gestion de stock, gestion du personnel, comptabilité, contrôle de qualité des produits.

Au milieu de l'échelle se trouvent les travaux de modélisation et de simulation de phénomènes complexes qui intéressent de nombreuses applications scientifiques. La capacité de mémorisation et la vitesse de calcul des ordinateurs les rendent particulièrement utiles aux travaux scientifiques requérant la manipulation d'une masse importante de données, la prise en compte d'un grand nombre de paramètres, et/ou l'exécution de calculs répétitifs. L'application de l'ordinateur au travail scientifique permet de s'affranchir de l'exigence de laboratoires coûteux pour l'étude de phénomènes complexes dans un nombre croissant de disciplines. L'ordinateur a donné en fait naissance à une approche mathématique nouvelle, fondée sur un recours intensif au calcul plutôt qu'à l'analyse. Les algorithmes et les structures de bases de données

prennent dans la nouvelle approche la place qu'occupaient traditionnellement les fonctions et les matrices.

Au haut de l'échelle des applications de l'ordinateur se trouvent les systèmes experts directement issus des recherches en intelligence artificielle (WALDROP 1987). Des programmes informatiques intelligents, qui utilisent des connaissances et des règles d'inférence pour résoudre des problèmes d'un niveau de difficulté qui exige une expertise humaine considérable, deviennent disponibles en nombre croissant. Ces systèmes experts, qui entrent dans la catégorie des systèmes basés sur les traitements de la connaissance (*knowledge based system*), font que l'accroissement de productivité et le contrôle de qualité à 100% des produits ne sont plus des concepts du futur. L'identification, le repérage et le classement des formes sont déjà une réalité. En associant la technique audio-visuelle à l'informatique, on obtient des systèmes qui permettent aux industriels de réduire de façon considérable les pertes de matières, d'augmenter la qualité des produits fabriqués, de réduire les erreurs de manipulation, et donc finalement de réduire les coûts de production, ce qui améliore sensiblement leur compétitivité.

Un ouvrier disposant d'une installation adéquate associant le bon *hardware* et le bon système expert est ainsi capable de reproduire la démarche intellectuelle d'un expert de très haut niveau dont la mobilisation aurait coûté une fortune à l'entreprise. Ainsi donc, en extrapolant, on est fondé de croire que, grâce à l'informatique, on peut assister demain à l'apparition d'un «... monde où les niveaux de vie deviendraient progressivement comparables» (SERVAN-SCHREIBER 1980, p. 373) dès lors que «... les micro-processeurs au travail réclameront un apport humain si différent, comparé à ce que nous avons connu jusqu'à présent, que tous les êtres humains qu'ils soient originaires du nord ou du sud seront progressivement appelés à des tâches de même nature pour lesquelles ils seront entraînés et équipés de la même manière» (SERVAN-SCHREIBER 1980, p. 371).

L'informatique apparaît ainsi, de prime abord, comme un moyen puissant pour assurer, si pas l'autonomie des pays du Tiers Monde, du moins une égalisation des niveaux de vie dans l'interdépendance générale des nations qui caractérise de plus en plus les relations internationales.

4. LE DÉFI DE L'ADAPTATION DU MILIEU SOCIAL

Pour les pays du Tiers Monde, les enjeux en informatique s'apprécient sur un quatrième et dernier front, celui de l'adaptation du

milieu social aux contraintes imposées par l'informatisation croissante des sociétés modernes. Les contraintes ici sont de portée générale et de portée spécifique.

Elles sont de portée générale dès lors qu'une technologie, quelle qu'elle soit, produite par une société, n'est parfaitement adaptée qu'à son contexte d'origine. Son transfert dans un autre contexte se traduit toujours, en principe, par une perte d'efficacité, à moins de modifier soit la technologie, soit le contexte d'insertion, soit les deux.

Tout transfert de technologie comporte ainsi un coût dont la composante économique n'est pas nécessairement la plus importante. Les composantes socio-culturelle et socio-politique de ce coût peuvent être de bien plus grande incidence. Il importe de cerner de très près toutes ces composantes car chacune d'elles porte en germe les fruits de la dépendance.

Par exemple, en créant des besoins nouveaux, une technologie peut induire des modes de vie incompatibles avec la base de ressources disponibles localement. Par les importations massives de biens et de services qu'elle rend alors nécessaires, une technologie accentue la vulnérabilité économique de la société d'accueil, notamment par le biais d'un endettement exagéré. Un service de la dette trop lourd peut devenir un facteur important de déstabilisation politique.

Par contre, par ses apports, notamment par les gains de productivité qu'elle rend possibles, une nouvelle technologie peut être le point de départ d'un décollage économique réussi, source de progrès en tout genre.

Ainsi donc, au-delà de sa fonction d'outil de développement, utile et puissant, une technologie constitue toujours un défi, voire une menace pour la société d'accueil.

Voyons maintenant comment ces considérations plutôt générales se particularisent au cas de l'informatique.

Si l'ère de l'informatisation du lieu de travail a commencé en 1945 (MACKINTOSH 1987), elle n'est devenue un fait de société qu'à partir de 1975 par la convergence de deux développements technologiques majeurs. C'est d'une part le développement du premier micro-processeur par la firme INTEL, et d'autre part l'apparition des commutateurs digitaux en téléphonie (TAYLOR 1985). Les micro-processeurs rendaient possible l'informatisation à grande échelle de la société moderne par le biais de micro-ordinateurs bon marché. Le commutateur numérique autorisait le transfert massif, rapide, fiable et à faible coût, des données,

jetant les bases de la télématique. Une nouvelle révolution industrielle, fondée sur le traitement rapide, massif et fiable de l'information, était lancée (OSBORNE 1979).

Elle est faite tout à la fois d'une plus grande décentralisation de l'acte productif, par le biais de ces terminaux intelligents que représentent les micro-ordinateurs, et d'une plus grande intégration des moyens qu'autorisent les réseaux d'ordinateurs. Elle est faite aussi d'une plus grande décentralisation de l'acte décisionnel, dès lors que le chef d'entreprise n'est plus à même d'intégrer seul la masse énorme d'informations traitées. Elle est faite, en somme, d'une plus grande autonomie de travail et de décision dans le cadre d'une inter-dépendance généralisée.

Ces changements dans le mode de travail sont de grande conséquence pour tout le système productif des nations modernes. Ils entraînent par exemple la transformation de l'organisation hiérarchique traditionnelle de l'entreprise en une organisation plus centrée sur le «travailleur informé» (*knowledge worker*), qui joue à la fois le rôle d'expert et de relais de l'information (DRUCKER 1988).

Cette nouvelle organisation du lieu du travail s'impose d'autant plus que l'on passe d'un système de production basé essentiellement sur la manipulation des données (*database system*) à un système de production basé sur la manipulation des connaissances (*expert system and knowledge-based system*) (ZUBOFF 1988). La division traditionnelle de travail dans l'entreprise entre ceux qui conçoivent et ceux qui exécutent est fortement tempérée. L'augmentation de la productivité ne résulte plus simplement d'une stratégie où la technologie est mise à contribution essentiellement pour le besoin d'économiser en main-d'œuvre de haut niveau technique toujours coûteux ou de bas niveau technique peu sûr ; elle est plus fondamentalement tributaire d'une stratégie qui s'attache à fournir le maximum d'informations utiles au niveau même de l'acte productif, qui est celui du travailleur de niveau technique adéquat, et non plus uniquement au niveau de l'acte décisionnel qui est celui du gestionnaire.

L'informatisation du lieu de travail correspond à un besoin objectif des pays industrialisés où elle apparaît. L'économie y est, en effet, à grande intensité de capital. Le coût économique et social de la main-d'œuvre, par ailleurs de haute qualification et numériquement en régression constante, est fort élevé. Dans un tel contexte, il s'impose dans un premier temps d'automatiser les opérations à grande intensité de main-d'œuvre, surtout si elles sont simples, répétitives et nécessitent

le traitement d'une masse importante de données. Ce faisant on réduit le temps et donc le coût de traitement, on limite les erreurs, on réduit le temps consacré aux fonctions de coordination et de vérification, et donc on augmente la productivité de l'entreprise dès lors que l'on peut produire plus, de façon plus fiable, en mettant à contribution un personnel plus réduit.

Au fur et à mesure que la société se fait plus experte, il devient utile dans un deuxième temps de compléter l'automatisation de la gestion de données par l'automatisation de la gestion des connaissances. Un nouveau gain de productivité est rendu possible par un personnel plus compétent, certes, mais surtout plus motivé parce que plus responsable et travaillant de façon interactive dans le cadre de réseaux de plus en plus élaborés de partage de l'information (ZUBOFF 1988).

Bien entendu, entre les potentialités de productivité de la révolution informatique et les réalisations concrètes, la marge reste encore grande dans les pays développés. Des lacunes multiples dans les logiciels d'exploitation et d'application, les incompatibilités de matériel et de système d'exploitation, les difficultés dans les communications font que la productivité attendue ne s'est pas matérialisée dans les proportions anticipées (TAYLOR 1985, LYRETTE 1986, *Business Week* 1988).

En fait la société réellement informatisée a du mal à s'épanouir. Les adaptations organisationnelles dans l'entreprise tardent à se matérialiser. Les entreprises assurant des services informatiques éprouvent des difficultés à adapter leurs projets aux besoins réels des utilisateurs. Les entreprises qui utilisent des services informatiques ont du mal à effectuer les changements requis dans les qualifications et la composition de la main-d'œuvre. L'utilisation de l'informatique n'est pas liée aux objectifs et à la structure d'organisation de l'entreprise. Plus grave encore, il n'y a souvent aucun lien entre les plans d'équipements technologiques et les plans commerciaux (LYRETTE 1986).

Malgré des avantages potentiels incontestables, l'informatisation des sociétés avancées pose ainsi de nombreux problèmes. Elle s'y heurte à divers blocages de nature socio-culturelle, socio-économique, socio-professionnelle : résistance des gestionnaires à partager le pouvoir de décision et à faciliter la circulation de l'information, résistance des employés aux nouvelles exigences de qualification, difficulté de recyclage du personnel, sous-estimation des ressources nécessaires pour assurer le succès de l'informatisation adéquate du lieu du travail (LYRETTE 1986, *Business Week* 1988, ZUBOFF 1988).

Si déjà l'informatisation massive des sociétés développées fait problème, on subodore que la situation dans les pays du Tiers Monde pourrait bien être encore plus difficile. Outre les difficultés qui viennent d'être recensées dans les pays industrialisés, on peut identifier, en effet, au moins trois difficultés majeures dans l'informatisation massive des pays du Tiers Monde.

La première difficulté résulte de la constatation que la révolution informatique s'inscrit, et ne peut vraiment se développer, que dans le cadre d'une société ouverte, pour ne pas dire dans le cadre d'une conception démocratique de la société. L'informatisation de la société n'est vraiment utile, en effet, que si une grande liberté de circulation et de traitement de l'information est assurée, particulièrement lorsqu'on travaille en réseaux et en temps réel. La libéralisation de l'accès et du traitement de l'information fiable a de toute évidence des répercussions non seulement socio-professionnelles mais aussi socio-politiques. En fait, par ses extensions, ses perfectionnements et ses applications économiquement les plus productives, l'ordinateur vient en renfort de la conception démocratique de la société.

A contrario on peut noter que le traitement automatique de l'information par ordinateur suppose un niveau de technicité et des facilités matérielles (électricité, téléphone ...) qui ne vont pas de soi dans beaucoup de pays du Tiers Monde. Ces limitations font que le phénomène informatique tend à s'y inscrire comme un phénomène urbain intéressant essentiellement l'élite gouvernementale, celle des affaires et des grandes entreprises. Ce faisant, l'informatique, loin de renforcer le processus de démocratisation de la société, vient au contraire s'inscrire dans le sens d'une concentration des pouvoirs. L'ordinateur, par la grande maîtrise d'une information par ailleurs captive qu'il rend possible, peut devenir ainsi un des supports les plus efficaces du pouvoir pour la manipulation de la société.

Une troisième difficulté concerne l'incidence culturelle de la référence aux bases de données. Celles-ci sont, en effet, les gisements culturels de demain. Les faits, les chiffres dans les bases de données constituent le fondement de l'enseignement de demain. C'est sur ces données que se construit une vision critique et raisonnée du monde. L'incidence culturelle d'une base de données est ainsi considérable. L'ordinateur peut être ainsi à la fois un vecteur de communication créative et une source d'aliénation, dès lors qu'il intervient non seulement pour supprimer les aspects «tâcheron» de l'activité créatrice mais aussi pour faire prévaloir des schémas culturels étrangers.

L'influence potentiellement négative de l'informatisation des pays du Tiers Monde ne doit pas faire oublier ses effets positifs possibles, notamment sur les attitudes et les habitudes sur le lieu de travail, et sur les structures organisationnelles des systèmes productifs de ces pays. Pour être réellement utile, l'informatisation de la société impose, en effet, l'amélioration sensible de la fiabilité et de la structuration des bases de données, l'élévation conséquente du niveau technique du personnel, la libre circulation de l'information dans la société comme dans l'entreprise. Par ces exigences, l'ordinateur peut intervenir ainsi pour améliorer sensiblement la «culture du travail», dans cette partie du monde où la rapidité d'exécution, la précision, la fiabilité, l'intégration, la fonctionnalité des actes productifs ne vont pas toujours de soi.

3. Conclusion

L'informatique joue aujourd'hui dans nombre de pays avancés le rôle de moteur de la croissance économique qu'ont joué par le passé la machine à vapeur, l'acier et le charbon.

L'expertise dans les systèmes informatiques de pointe tend à se concentrer aujourd'hui dans quelques centres situés dans un nombre restreint de pays développés. La technologie de pointe, aussi bien en matière de *hardware* qu'en matière de *software*, s'y développe de façon presque exclusive.

Les enjeux économiques, industriels, sociaux, culturels, liés à l'informatisation de la société, prennent de jour en jour des proportions imposantes. Grâce aux recherches en Intelligence Artificielle, l'ordinateur se transforme d'une simple machine de traitement de données en une machine de traitement de connaissances. Par ailleurs, le mouvement est pris dans les pays développés pour éliminer divers blocages, dont celui de l'incompatibilité des matériels et des systèmes d'exploitation, qui freinent l'informatisation à grande échelle de leur société.

Malgré le fait que les réalisations sur le terrain soient en retard par rapport aux attentes, il ne reste pas moins que le danger de marginalisation des pays du Tiers Monde augmente sensiblement. Ce danger est d'autant plus grand que les gains de productivité rendus possibles par l'informatisation du lieu de travail sont potentiellement importants.

La situation est en fait à ce point préoccupante que certains envisagent même que le fossé entre «ceux qui ont» et «ceux qui n'ont

pas» ira en s'élargissant toujours davantage dès lors que la division devient celle entre «ceux qui savent» et «ceux qui ne savent pas».

Pour les pays du Tiers Monde, le défi à relever est colossal. Il leur faut en effet s'adapter à la société post-industrielle alors même qu'ils n'ont pas, pour la plupart, achevé la phase industrielle proprement dite. Ce défi ne peut être relevé par de simples mesures techniques, financières ou institutionnelles. Les pays du Tiers Monde doivent plus fondamentalement parier sur l'homme et sur son génie inventif dès lors que la révolution de l'informatique est centrée sur une utilisation plus rationnelle de l'intelligence créatrice de l'homme. Faute de le faire adéquatement, l'informatique contribuera, plus que d'autres acquis scientifiques et techniques du passé peut-être, à accentuer la dépendance scientifique, technique, économique, socio-culturelle des pays du Tiers Monde.

NOTES

[1] Pour les besoins du présent propos, on classe les ordinateurs en quatre catégories suivant le nombre de postes qu'ils peuvent accommoder et suivant leur prix. Au bas de l'échelle se trouvent les micro-ordinateurs, appelés communément PC (Personal Computer), mono-utilisateur et d'un prix inférieur à 10 000 US \$. Dans le haut du classement se trouvent les gros ordinateurs, appelés couramment *mainframe*, capables d'accueillir 128 utilisateurs et dont le prix dépasse le million de dollars US. Dans la frange intermédiaire se trouvent les mini-ordinateurs et les *mid-frame* capables d'accueillir respectivement de 2 à 16 terminaux et de 17 à 128 terminaux. Le prix des mini-ordinateurs varie entre 10 000 US \$ et 100 000 US \$ et ceux des *mid-frame* entre 100 000 US \$ et 1 million de US \$.

Cette classification est arbitraire dès lors qu'elle dépend en fait de la stratégie informatique adoptée, c.-à-d. de l'option choisie dans la confrontation entre les concepts de «l'informatique répartie» et de «l'informatique décentralisée». Les stratégies s'affrontent en terme de système d'exploitation et d'architecture. On assiste cependant à des débuts de convergence qui permettrait de rationaliser le secteur informatique.

[2] La «programmation orientée objets» est plus un style de programmation qu'un ensemble de langages parmi d'autres. L'idée de base consiste à remplacer les notions usuelles de «donnée», «procédure», «sub-routine» par des programmes qui fonctionnent en communautés d'individus virtuellement autonomes, les «objets». Chaque «objet» est une partie de logiciel qui fonctionne comme un expert dans son domaine propre. Les «objets» peuvent emmagasiner et traiter des informations. Ils peuvent aussi en créer de nouvelles et envoyer des messages entre eux (BAILLY & CHALLINE 1987).

BIBLIOGRAPHIE

- BAILLY, C. & CHALLINE, J. F. 1987. Les langages orientés objets. – Documentation française, Paris, 224 pp.
- BERNOLD, T. (ed.). 1986. Expert systems and knowledge Engineering. – North-Holland, 344 pp.
- Business Week*, 1988. Steve Jobs : can he do it again ? – *Business Week*, 24 October 1988 : 52-59.
- DRUCKER, F. January-February 1988. The coming of the new organisation. – *Harvard Business Review* : 4-9.
- FONTALLIET, P. G. (ed.). 1985. Pour une informatique consciente. – Presses polytechniques romandes, Lausanne, 216 pp.
- GIROUX, L. 1986. L'ergonomie cognitive des systèmes informatiques. – *In* : L'intelligence artificielle et l'informatisation du travail. Gouvernement du Canada, Montréal, document MCC-CCRIT-86-COO, pp. 10-21.
- LASFARGNE, Y. 1988. Vivre l'informatique. – Documentation française, Paris, 192 pp.
- LYRETTE, J. 1986. Informatisation : le début d'une nouvelle ère dans le lieu de travail. – Centre canadien de Recherche sur l'Informatisation du Travail, Montréal, document MCC-CCRIT-87-F-COI, 17 pp.
- MACKINTOSH, A. R. 1987. The first electronic computer. – *Physic Today* (London), March 1987 : 25-32.
- Nature*, 1988. Computer software in India. – *Nature*, 335 (No. 6187, 15 September 1988) : 198.
- OSBORNE, A. 1979. Running wild : the next industrial revolution. – Osborne/McGraw-Hill, Berkeley, California, 250 pp.
- REIJNS, G. L. & BARTON, M. H. 1987. Highly parallel computers. – North Holland, 272 pp.
- SERVAN-SCHREIBER, J. J. 1980. Le Défi mondial. – Édition Select, 477 pp.
- TAYLOR, J. R. 1985. La crise informatique : fin d'un rêve ou aube d'une ère nouvelle ? – *In* : Actes du Symposium international sur les Répercussions de l'Informatisation en Milieu de Travail, Institut de Recherche politique, Montréal, pp. 29-55.
- TRAPPL, R. 1986. Impacts of artificial intelligence. – North-Holland, 280 pp.
- WALDROP, M. M. 1987. Artificial intelligence moves into mainstream. – *Sciences*, 237 : 484-485.
- WATT, S. 29 September 1988. Expert systems with flaws in their logic. – *New Scientist* (London) : 32.
- ZUBOFF SHOSHANA. 1988. In the age of the smart machine : the future of work and power. – Basic, Boston, 468 pp.

Symposium
*«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»*
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 51-65 (1990)

Symposium
*«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»*
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 51-65 (1990)

IMPLICATIONS OF COMPUTER TECHNOLOGY FOR EDUCATION AND EMPLOYMENT

BY

G. LEWIS *

SUMMARY. — The advent of the so-called information age has brought with it challenges as well as additional frustrations for the developing nations. Although computer technology has been known in most of the Western countries for several decades, it has been the recent growth of the microcomputer industry that has created an awareness of information technology in the Third World countries. There has been much concern expressed that the newly created demand to develop computer based skills will further separate the 'haves' and the 'have nots' depending on the funds available for equipment and training within the national educational systems. Indeed, some measures of the level of country development have been correlated to their extent of computerization. This paper undertakes to present trends and conclusions as they relate to the implications of computer technology for education and employment in developing nations. It is based on a twelve year history of classroom involvement with more than 800 professionals from 25 Asian countries who have completed a unique 12 to 15 week residency program in the Programs in Computer Application Development certificate program at the Asian Institute of Technology (AIT). These professionals generally do not come from a background in computing, but have perceived well focused computing needs within their fields of expertise and have, frequently at great personal sacrifice, sought the specialized training required to enhance their career development. Conclusions are drawn based on the historical evolution of computer accessibility from mainframes through microcomputers and on the technological development of countries ranging from least developed nation status to newly industrialized countries.

RÉSUMÉ. — *Implications de l'informatique dans le domaine de l'éducation et de l'emploi.*
— L'avènement de ce qu'on appelle aujourd'hui l'information a apporté, en même temps que des défis, de nouvelles frustrations pour les pays en voie de développement. Bien que l'informatique soit connue dans la plupart des pays occidentaux depuis plusieurs décennies, c'est le récent développement de l'industrie de la micro-informatique qui a éveillé la conscience des pays du Tiers Monde au domaine de la technologie de l'information. On a, de façon répétée, exprimé l'inquiétude que la demande nouvellement créée en vue de

* Director of the Regional Computer Center, Asian Institute of Technology, GPO Box 2754, Bangkok 10501 (Thailand).

développer les capacités basées sur l'emploi des ordinateurs sépareront davantage «ceux qui ont» et «ceux qui n'ont pas» selon les moyens financiers disponibles pour l'équipement et la formation dans les systèmes nationaux d'éducation. En effet, on a établi une corrélation entre certains paramètres du niveau de développement du pays et le degré de son informatisation. La présente communication vise à présenter les tendances actuelles et des conclusions sur les implications de l'informatique pour l'éducation et l'emploi dans les pays en voie de développement. Elle est basée sur une expérience de 12 années d'enseignement impliquant plus de 800 professionnels de 25 pays d'Asie qui ont suivi un programme résidentiel unique de 12 à 15 semaines du certificat des «Programs in Computer Application Development» à l'«Asian Institute of Technology» (AIT). Ces professionnels n'avaient généralement pas de formation antérieure en informatique, mais ils avaient perçu des besoins d'informatisation bien précis dans le domaine de leur spécialité et ils avaient, souvent au prix de lourds sacrifices personnels, cherché la formation spécialisée requise pour promouvoir le développement de leur carrière. Des conclusions sont tirées, basées sur l'évolution historique de l'accès aux ordinateurs depuis les grands systèmes jusqu'aux micro-ordinateurs et sur le développement technologique d'une gamme de pays allant du degré des nations les moins développées aux pays récemment industrialisés.

SAMENVATTING. — *Implicaties van de informatica op het gebied van onderwijs en tewerkstelling.* — De opkomst van wat men vandaag de informatie noemt bracht voor de ontwikkelingslanden niet alleen uitdagingen maar ook bijkomende frustraties met zich. Hoewel de informatica reeds sinds meerdere decennia gekend was door het merendeel van de Westerse landen, is het de recente groei van de industrie van de micro-informatica die aanleiding gaf tot de bewustwording van de Derde-Wereldlanden op het gebied van de technologische informatie. Er heerst grote ongerustheid dat de nieuw opkomende vraag met het oog op de ontwikkeling van de kennis die steunt op het gebruik van de computer «diegenen die hebben» en «diegenen die niet hebben» nog meer zal scheiden naargelang de beschikbare financiële middelen voor de uitrusting en de vorming in de nationale opvoedingssystemen. Men heeft inderdaad een correlatie ingesteld tussen zekere maatstaven van het niveau van ontwikkeling van het land en de graad van zijn informatisering. Deze mededeling heeft tot doel de actuele tendensen en besluiten uiteen te zetten over de implicaties van de informatica voor het onderwijs en de tewerkstelling in de ontwikkelingslanden. Zij steunt op een ondervinding van 12 jaar onderwijs met meer dan 800 professionelen van 25 Aziatische landen die een programma volgden van 12 tot 15 weken voor het getuigschrift «Programs in Computer Application Development» aan het «Asian Institute of Technology» (AIT). Deze professionelen hebben over het algemeen geen background in informatica maar zij begrepen de nood aan welbepaalde informatisering op het gebied van hun specialiteit en ze hadden, vaak ten koste van enorme persoonlijke opofferingen, gezocht naar de gespecialiseerde opleiding noodzakelijk om het welslagen van hun loopbaan te bevorderen. Besluiten worden getrokken, steunend op de geschiedkundige evolutie van de toegankelijkheid tot de computer, gaande van de grote systemen tot de micro-computers, en de technologische ontwikkeling van een reeks landen, gaande van de minst ontwikkelde tot de nieuwe geïndustrialiseerde landen.

1. Introduction

What futurists had predicted to be the nuclear age has turned out to be the age of information technology. While it is true that nuclear technology

has played a significant role in the last few decades, no one in the first half of this century could have predicted the explosive growth in the use of information technology which has grown to affect virtually every aspect of our lives today. Today's adult need only look back a few years to recall the way things were before the advent of automatic teller machines in banks or of computerized airline reservation systems.

Several terms which describe these rapidly expanding information and computer communications phenomena have now gained widespread acceptance. The French commonly refer to it as "informatique" and "télématique". Latin America has adopted the term, "informatica". English-speaking countries generally refer to it as IT, or "information technology". Whatever the term used, there is no denying that computers and computer-based technology are having an irrefutable global impact. This impact is being felt to varying degrees by virtually every country in at least six broad-based categories : economic development, balance of trade, national security, international competitiveness, national prestige, and economic potential within the world marketplace.

COMPUTER TECHNOLOGY AND EDUCATION

Computer technology is helping people to become more productive in the office and in the workplace. It has the potential to make dramatic changes in the structure of our organizations, the way we make decisions, the ways we use our leisure time, and even in the way we take care of our bodies. It has also created new problems and economic concerns for the countries of the Third World who do not have the money or training to assimilate the rapidly expanding applications. Indeed, some have expressed the concern that the gap between the developed and less developed countries will widen unless external resources are applied to help the latter group keep pace. CHANDRA (1964) has observed that 'Anybody who grows up in the world of tomorrow, not knowing computers, not understanding computers, not being able to use them, will be lost, and that country which does not prepare its citizens to be fully familiar and conversant with computers, their technologies and their applications would not be able to keep its place in the industrial hierarchy in the community of nations'.

ANDERSON (1986) has focused at great length on the various challenges in the integration of computer technology and the educational process. He discusses the dual meaning of computer education, one of teaching and learning about computers and the other of teaching and learning with, from or through computers. In addition, as in previous evolutionary milestones of

human communications, the new computer-based technologies will bring about changed definitions of literacy. Indeed, ADAMS (1985) is quoted as saying : 'The evidence is very clear that the impact of microelectronics and computing generally will make more rather than fewer demands on literacy, and that the definition of literacy will have to be extended to include screen reading and writing if it is to be adequate to the needs of those growing up in present day society'.

COMPUTER TECHNOLOGY AND EMPLOYMENT

Computer technology has implications not only in the educational process but also in the area of employment ; both for people seeking training which would equip them to apply computer based skills in their professions and for instructors who will be prepared to provide such training. Most of the literature on the subject of computer technology and employment focuses on the challenges of introducing computer training in the educational process at the secondary and tertiary levels. The assumption is that by developing a generation of students who have accepted computers as part of their daily activities, tomorrow's professionals will spearhead the implementation of computer technology when they enter the job market. What is ignored in these studies, however, is the fact that the explosion of microcomputers and their application in less than a decade has created an urgent demand for training within the existing professional community which will not wait for this pace of evolution.

In addition, the Fourth Asian Seminar on Educational Technology held in Tokyo, October 1985, concluded that the critical shortage of qualified instructors who are needed to provide training for today's educators will inhibit the utilization of computer technology in formal education.

It is with this focus that we will pursue the implications of computer technology on education and employment within the Third World countries. The backdrop for this discussion will be from the perspective of first hand experience in training adult professionals from the countries of Asia and the Sub-Continent who have sought out a unique residency program in the Programs in Computer Application Development (PCAD) offered by the Regional Computer Center at the Asian Institute of Technology (AIT) in Bangkok, Thailand. These professionals have been confronted by the challenge of the information technology explosion early through mid-career and have taken the opportunity to return to school to learn those computing applications which did not exist when they completed their formal education. In most cases, participants enroll in the PCAD program in order to keep

pace with the rapidly developing impact of computer technology in their professions.

At this 1988 Symposium on the Impact of Computer Technology in the Third World, the focus is most appropriately on conclusions applicable to all Third World nations. The 29 nation region served by the Asian Institute of Technology follows the ESCAP definition of SE Asian Countries which includes India and Pakistan. It does not include other developing areas of the world such as Africa and Latin America. The general experiences and conclusions derived from this region, however, should have broad applicability to other Third World nations depending, of course, on their stages of relative development.

2. The global information revolution

Computer technology has dawned upon the world of nations as an important economic tool, a national security asset, and a gating factor to almost all future technological developments. Europe, through its "national champions", Japan, the newly industrialized countries (NIC's) and the least developed countries (LDC's), the Eastern bloc countries, and others, have all been confronted by the implications of the computer revolution. In many ways, the computer embodies people's vision of the future and therefore no status-conscious country can afford to be left out. That the computer appears to hold center stage today, is publicly attested to by today's world leaders.

At the 1982 opening of the U.K. Information Technology conference, Prime Minister Margaret Thatcher was quoted as explaining the rush toward the computer by saying :

It can help manufacturers to produce, suppliers to sell, authors to write, and teachers to teach. It will not replace their human skills ; it will enhance them.

It can speed up our communications ; improve the quality of our products ; and make available to a much wider public at home what has hitherto only been available to a few.

And, Mr. Chairman, it will create jobs. I have no doubt whatsoever that, in the cut-throat competition of the modern world, information technology will mean new wealth and new jobs. I know that there will be difficult changes and some problems of adaptation. I fully recognize the very undesirable fears that people have about the impact of new technology on their lives and jobs.

But unless we successfully develop and harness the new technology in our factories and in our offices, we shall simply not be able to compete with those countries which do. And if we lose this race, we shall be priced out of not just particular products or processes, but out of whole industries. Then, jobs really would be lost (BARQUIN 1985).

INFORMATION TECHNOLOGY AND NATIONAL POLICY

National policy on information technology is varied and widespread. Japan, of course, has had a strong central policy for the past 25 years which has been guided by MITI. It has been characterized by a combination of low cost financing, joint research projects, official guidance, preferential procurement and a portfolio of corporations, associations, centers, and institutes working together to implement the policy.

The NIC's and LDC's have taken several different approaches. Brazil has chosen to implement a market reservation policy by which it has promoted activity through a protected micro- and minicomputer industry. This policy is strongly driven by the armed forces and has wide support in nationalist circles. Acceptance, however, has varied. Users have been critical since imported goods would have lower costs and better quality. Local entrepreneurs and the scientific and academic communities, however, are satisfied with the perceived accomplishments from a national point of view.

Korea has utilized restrictions to protect its blossoming industry. As it gains in momentum, it is following the model of Japan very closely. India and Mexico have put in place national majority ownership rules to insure control. Singapore has made great strides through its National Computer Board in establishing a regional center for information processing and software development. Hong Kong, on the other hand, has no policy and yet is doing very well by harnessing the enterprise of its citizens through a *laissez faire*-system.

From the point of view of policy and the computer industry in the less developed countries, the trend is toward no definitive policy, but a stifling of initiatives through high import duties and strict currency exchange controls. As such, much of the installed computer base (where it exists) has only been possible through the cooperation of international donor organizations. These same restrictions limit the supply of spare parts and prohibit the implementation of adequate systems for equipment maintenance.

COMPUTERS IN EDUCATION

A useful series of papers describing the challenges of implementing computers in the educational process were presented at the Third Asian Seminar on Educational Technology (Tokyo, 26 September-2 October 1984). Detailed experiences for Australia, China, India, Japan, the Philippines, Sri Lanka, Thailand and Singapore were given and are referenced here in the context of this paper. It is interesting to note that examples of computer assisted instruction (CAI) are rare ; however, there appears to be

a growing level of governmental support for the implementation of computer technology. Countries which previously had limited access to computers prior to the introduction of microcomputers, having only a few mainframes nationally, have now adopted a broad perception that microcomputers will solve the needs for business and government applications. In parallel, the acceptance of computer education within these countries is slow in coming due to financial constraints as well as to the innate conservatism of many educators. For perspective on this conservative view, it is pointed out that the ball point pen and the pocket calculator took a long time to gain acceptance in education. Rural schools also have physical constraints which inhibit the implementation of computer-based training. For example, only ten per cent of schools in Sri Lanka have electrical power.

Other constraints on the implementation of computer technology in education include the lack of support services and supplies and most importantly, suitable software. Due to the lack of standardization, the quantity of available software which will operate on a particular machine is reduced. Education within the countries is normally provided in the local language which further restricts the software selection from limited to nothing available. ANDERSON (1986) observes that the software barrier is considered by many educators to be the Achilles heel of national computer education programs.

3. The AIT experience

The Asian Institute of Technology (AIT) located north of Bangkok in Thailand was established in 1959 to help meet the growing need for graduate level engineering education in Asia. The AIT charter, granted by the Royal Thai Government, accords the Institute the status of an autonomous, international institution and empowers it to award degrees of Diploma, Master's and Doctorate. All powers of AIT are vested in the Board of Trustees, which is international by its membership composition. The AIT student body consists of around 700 graduate students from 28 different countries, with the majority from the Asia-Pacific region. In addition, the international community of teaching faculty and research staff represent some 25 nationalities.

THE REGIONAL COMPUTER CENTER (RCC)

In addition to the nine academic divisions at AIT which offer graduate degree programs, there are five academic centers whose charge is to support regional needs in their functional areas of expertise. One of these centers, the

Regional Computer Center (RCC), houses the major computing facilities of AIT and is responsible for the computing services for both the academic and administrative communities in the Institute. The facilities are provided and administered through a partnership agreement between IBM and AIT and through the support of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the UN as well as the Belgian, Japanese, Austrian, and French Governments. RCC is operated and directed by a staff from more than eleven different nations.

PROGRAMS IN COMPUTER APPLICATION DEVELOPMENT (PCAD)

In addition to the range of computing services provided to the region, the RCC maintains an ongoing certificate program under the banner of its Programs in Computer Application Development (PCAD) training center which is dedicated to helping meet the needs for practical computer training in the Asia-Pacific region. These programs, oriented towards the adult professional, are structured to address a wide spectrum of target groups, from would-be users who have no previous experience with computers, to individuals experienced in information processing. The training which has a duration of 12 to 15 weeks emphasizes current hardware and software technologies and introduces participants to the latest trends in computer-based technology development. The primary goal of PCAD is to provide maximum hands-on experience in various participant-oriented computing applications and environments.

The PCAD program was organized shortly after the Regional Computer Center was established in 1976 through a joint partnership agreement between USAID and IBM. In its 12-year history, the program has provided resident computer-based training to more than eight hundred professionals from 27 different nations (see fig. 1). The majority of these students are from the developing countries in Asia and a number are from countries having least developed nation status. Most of the participants are pursuing professional careers and have been out of school between four to twenty years. The majority have specific applications of computing in mind which relate to their career specialty and have made the decision to come to AIT to acquire those computing skills and perspectives which were not available during their formal education. In the course of their residence at AIT, each participant is required to complete a mini-project which relates to the application of computing to their job-related needs. Many bring a specific application and pertinent data with them from their home countries and take the solutions with them on their return for implementation. Others, who arrive with less

defined computing needs, use the first few weeks of the program to consult with the PCAD staff in defining a pertinent topic for their project.

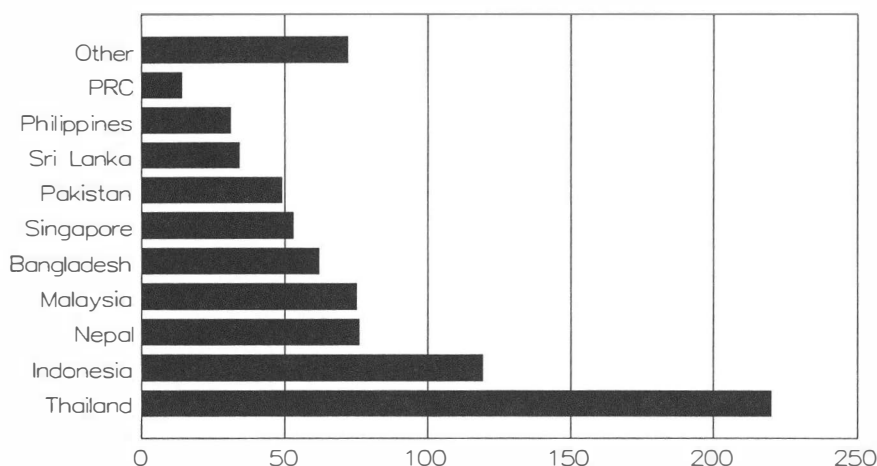


Fig. 1. — PCAD participants by country. — 1977 through 1988. — Total enrollment : 805.

In order to draw conclusions from the experiences of the PCAD program which are pertinent to the topic of this paper, two factors must be considered ; first, the state of computer technology development for the referenced timeframe, and second, the level of technological development within the countries of interest. Obviously, countries which have developed into the so-called NIC status within the past 12 years, such as the so-called 'four tigers', will present a totally different perspective from those who are still coping with their basic approaches for development such as Bangladesh, Burma, Nepal and Bhutan. In addition, our view has to take into consideration the fact that before the introduction of microcomputers in the early 1980s, older mainframes, mostly in government or university settings, were the only available facilities for computing. Some countries have literally gone from punch cards to lap-tops within the present decade.

A 12-year snapshot of the 800 plus PCAD students produces some immediate observations. Early in the program, for example, Singapore and Taiwan sent students to Bangkok for training. As their national computer industries blossomed in concert with the introduction of the microcomputer, educational requirements in computer technology developed in parallel, and are now being handled locally within these countries. On the other hand,

whether for reasons of national policy, national development, or incentives generated by donor organizations, countries such as Sri Lanka, Nepal, PRC, and Pakistan have all initiated a substantial level of participation in PCAD within the recent three to four years. Malaysia, Indonesia and Thailand, on the other hand, have maintained a fairly constant level of participation throughout its twelve-year history (see Fig. 2).

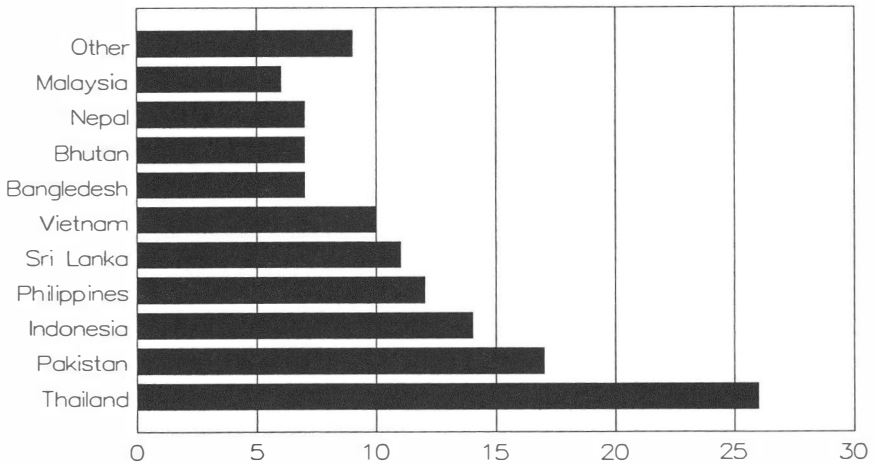


Fig. 2. — 1988 PCAD participants by country. — Total enrollment : 126.

The next observation will involve the characterization of the typical PCAD participant. In general, participants come from government agencies, government projects and from the private sector. The majority are sponsored by aid agencies and donor government support through funds made available to their parent organizations (see Fig. 3). Motivations are varied by country and are influenced by the emphasis of their sponsors. Here, generalizations are a bit more difficult, but still meaningful. Pakistan, for example, which has strengthened its PCAD participation in the past 3 to 4 years, has been sending mostly experienced people from middle management who are faced with the decisions involved in developing computerization strategies within their government agencies. Malaysia and Indonesia have typically sent computer personnel who will be responsible for the actual implementation of their computerization projects. Bhutan has begun to send computer personnel who have specific applications in mind for implementation. In general, the more senior people from most of the participating countries are managers in their fields who are faced with the task of establishing policy and

setting direction for computerizing their operations. The more junior participants, however, mostly have a programming background (either microcomputer or mainframe), and have been identified as high potential contributors within their organizations and are sent to PCAD for further career development.

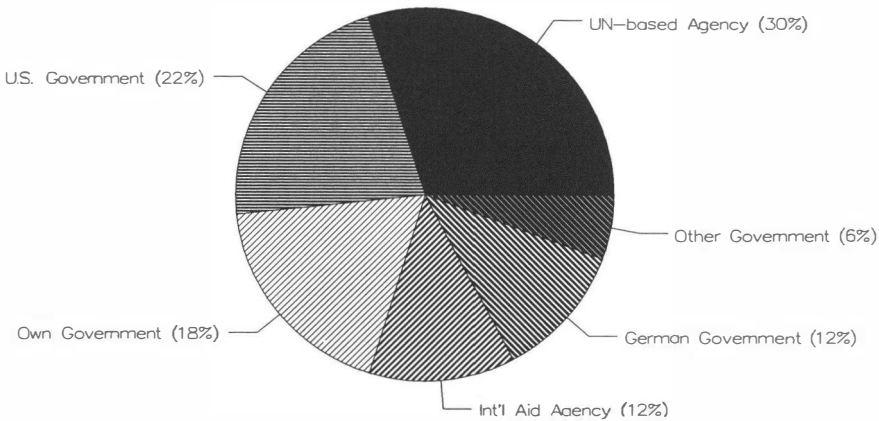


Fig. 3. — Source of support for PCAD participants. — 1985 through 1988.

FUTURE IMPLICATIONS

In the middle to late 1970's, as we have already stated, the mainframe system was the only environment available to people and most had to work through or in systems centers. The PCAD demand at that time focused primarily on the development of programming skills and the use of the mainframe computing environment for problem solving. Accompanying this was a demand to understand statistical processes and how to perform statistical analysis using the mainframe. Since the early 1980's, the shift in emphasis has changed from programming to the application of data bases ; both in the mainframe and microcomputer environments.

Projects brought in by PCAD students since the early 1980's have been primarily addressing the best solutions for collecting and organizing department and project data with the goal of utilizing this data for project reporting and management. Interest has also grown in optimal accessing and sharing of data bases, distributed data base architecture and inter-department networking. In addition to the development and understanding of applications for job-related activities, most participants have shown an increasing interest

to pursue the improvement of their personal computing skills in areas such as word processing, spreadsheet, and graphics.

The curriculum for the rest of this decade and into the 1990's will reflect an increased demand for data communications technology, the use of application packages for specific solutions such as in the field of geoprocessing, and an increasing emphasis on the networked engineering workstation. In parallel, new incentives by AIT in the area of telecommunications, manufacturing systems technology, and distance learning will certainly have a profound impact on the pedagogic aspects of the PCAD offerings. As microcomputer-based training has shifted from learning to program to the use of application software packages, there is a general view that the computer will not only improve job productivity, but will also become an essential part of our daily lives.

Within the less developed countries, the recent emphasis on computing has only been made possible through the availability of the microcomputer. Whereas western countries viewed the personal computer as a tool for individual office or home use, the developing countries have viewed it as a mainframe substitute for business applications. This has largely been due to cost since most westerners view the PC as a discretionary purchase but its cost in a less developed country nominally exceeds the typical gross annual salary of a professional employee. After acceptance in the business computing environment, additional difficulties arise since the limited number of computer professionals within these countries are mainframe oriented and have little appreciation for microcomputer applications to business needs. The frustrations are also compounded by the fact that professional computer societies, where they exist, tend to be academic and mainframe oriented and offer little support to the microcomputer user. An equally great danger facing most users in the Third World is the acceptance of new technologies, products and software, based on positive reviews in the western computer publications, without appreciating the fact that local suppliers will be of little or no use in terms of support, service, or assistance with application oriented problems. The Enterprise 'Hot Line' is just not available to people in the less developed countries simply by dialing a toll-free telephone number.

A result of the above frustrations which occur when microcomputers are applied to business solutions is the perception that the professional must now develop his personal skills in microcomputing since computer professionals can not help him do his job. This is another and very significant demand that has forced participants to seek training through the PCAD program at AIT. This same demand is in turn putting urgent pressure on the education

systems within the Third World countries in helping professionals to acquire the necessary skills to keep pace with rapidly expanding advances in computer technology.

4. Conclusions

ANDERSON (1985) has adapted the following rather idealistic criteria for the assessment of the applicability of computer-based technology to the educational needs of developing countries :

1. The technology must be intelligible to the community as a whole ;
2. It must be readily available at a price within the range of most individuals ;
3. It must fulfil a socially useful purpose ;
4. The tools and processes utilized must be under the maintenance and operational control of the local work force ;
5. It should use indigenous resources and skills ;
6. It should create employment ;
7. The production and use of the technology should present no health hazard to personnel concerned ;
8. It should be non-pollutant, ecologically sound and where applicable it should recycle materials ;
9. It must prevent external cultural domination ;
10. It should where possible allow fulfilling, flexible, creative and innovative use ;
11. It should fit into the existing social infrastructure. In short, an appropriate technology is one that is understood by the bulk of the population, uses skills which are readily available, does not adversely affect the environment or community, and which achieves a social objective.

Be that as it may, it is quite apparent that the age of information technology has been felt and will continue to pervade the Third World. Each country, independent of its stage of development, will be forced to come to terms with computer technology and its implications. The incentives will vary by country and the motives will differ, with economic concerns and self image at the forefront. Some, such as the 'four tigers', will champion the information age as a coat tail to ride for rapid national development. Others will be faced with the real problem of economic separation between the 'haves' and 'have nots' if they are not able to accomodate the challenge of information technology within their country infrastructures and national education systems.

Countries who have chosen to establish a computer industry as part of their national economic development, have done so primarily to create jobs and to commit their country image to the future of high technology. Other countries, in struggling to keep pace with their basic educational needs, are attempting to reach pragmatic decisions which deal with the fundamentals of literacy. How this relates to the use of computers in education, and how to develop a posture on computer literacy, confounds the challenge.

Professionals in countries at all stages of development have recognized the need to acquire a knowledge of the new computer technology which has suddenly become an implicit part of their professions. Many, such as those professionals who have perceived well focused computing needs within their fields of expertise, have, frequently at great personal sacrifice, sought the specialized training required to enhance their career development through participation in the PCAD program at AIT. Others have established self-help groups and user forums within their own countries. Still others have either put off purchasing a computer or given up due to the absence of service and applications assistance which are part of a support system taken for granted in the west.

The implications of computer technology for education and employment in the Third World are broad and far-reaching. If we take a positive view of the global technological developments which will occur as we approach the 21st century, we can only be optimistic that progress through expanding telecommunications technology and the impact of computer technology in our daily lives, can lead to a better quality of life world-wide with a resulting beneficial impact on world cooperation and international understanding.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to acknowledge the participation and assistance of Mr John Brubaker, AIT Industrial Development Officer, in the researching and editing of this paper. His constructive critiques and abstracting of key references have been invaluable throughout all phases of preparation.

REFERENCES

- ADAMS, A. 1985. General editor's introduction. — *In*: CHANDLER, D. & MARCUS, S. (Eds.), *Computers and Literacy*. Open University Press, Milton Keynes.
- ANDERSON, J. 1986. Introduction. — *In*: *Developing Computer Use in Education ; Guidelines, trends, and issues*. UNESCO Regional Office for Education in Asia and the Pacific, Bangkok.

- APEID (Asia and the Pacific Programme of Educational Innovation for Development), 1985. Common Issues and Discussions. — Final Report of the Fourth Asian Seminar on Educational Technology (Tokyo, 10-19 October 1985), pp. 61-65.
- BARQUIN, R. C. 1985. Computer and International Relations, Initial Lecture of Advanced Technology and International Public Policy Series. — Karl F. Landegger Program in International Business Diplomacy, School of Foreign Service, Georgetown University, Washington DC (September 26, 1985).
- CHANDRA, A. 1984. Introduction, CLASS; Computer Literacy and Studies in Schools. — National Council of Educational Research and Training, New Delhi, p. vi.
- Third Asian Seminar on Educational Technology (Tokyo, 26 September-2 October 1984). Computers in education — an outline of country experiences. — APEID, UNESCO, Bangkok (1985).

Symposium
*«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»*
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 67-72 (1990)

Symposium
*«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»*
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 67-72 (1990)

L'ESSOR DE LA MICRO-INFORMATIQUE ET LE PROBLÈME DE LA COMPATIBILITÉ DES SYSTÈMES

PAR

M. DE GRATIE *

RÉSUMÉ. — Si les mini-ordinateurs ont permis la décentralisation vers les départements, les micro-ordinateurs ont doté de façon autonome chaque employé du traitement des données. Les progrès techniques ont miniaturisé les composants électroniques qui permettent aux microprocesseurs de fonctionner à des fréquences très élevées. La puissance des micro-ordinateurs augmente sans cesse grâce à de nouveaux procédés qui sont en outre moins coûteux. Il est important d'avoir des protocoles d'échange de données de sorte à rendre les ordinateurs compatibles. À cet effet, plusieurs sociétés se sont mises d'accord et ont créé un nouveau système qui permet des applications multi-tâches et multi-utilisateurs, dont une des réalisations est le modèle OSI.

SAMENVATTING. — *De snelle ontwikkeling van de micro-informatica en het probleem van de compatibiliteit van de systemen.* — Zo de mini-computers het mogelijk hebben gemaakt te decentraliseren naar de departementen, hebben de micro-computers elke bediende op een autonome wijze voorzien van de dataverwerking. De technische vooruitgang heeft de elektronische componenten geminiaturiseerd, wat de micro-processoren toelaat op zeer hoge frekwenties te functioneren. Het vermogen van de micro-computers stijgt onophoudelijk dank zij nieuwe methoden die trouwens goedkoper zijn. Het is belangrijk protocollen voor de uitwisseling van gegevens te hebben zodat de computers compatibel worden. Met dit doel zijn verschillende maatschappijen tot een akkoord geraakt en hebben een nieuw systeem opgericht dat toepassingen toelaat voor multi-taken en multi-gebruikers, waarvan één van de uitvoeringen het OSI-model is.

SUMMARY. — *The rise of micro-informatics.* — If mini-computers made possible decentralization towards a departmental level, micro-computers give each employee autonomous data processing. Technical progress has miniaturised electronic components ; this allows micro-processors to function at very high frequencies. The power of micro-computers

* Commission des Communautés européennes, DG XII, rue de la Loi 200, B-1049 Bruxelles (Belgique).

continuously increases thanks to new and cheaper manufacturing processes. It is important to have standards for the exchange of data so as to make computers compatible. For this purpose, several companies have come to an agreement and created a new system allowing multi-task and multi-user applications, one of these being the OSI model.

* * *

Les mini-ordinateurs, apparus il y a une vingtaine d'années, permettaient grâce à leur puissance de traitement localisée au sein des départements d'entreprise, de prendre en charge les données qui devaient auparavant obligatoirement passer par l'unité centrale de la société. Ces ordinateurs permettaient :

- Une décentralisation par rapport au centre informatique ;
- Une indépendance dans les départements.

Les premiers micro-ordinateurs sont apparus il y a une dizaine d'années. Ils permettent de ramener le traitement des données sur le bureau de chaque employé.

Durant les dernières années, les progrès scientifiques et techniques ont permis de miniaturiser les composants électroniques d'une manière difficile à imaginer quelques années plus tôt. En effet, actuellement un ordinateur de bureau peut avoir la puissance de calcul ou de traitement d'informations qui était réservée il y a seulement trois ou quatre ans aux mini-ordinateurs.

Cette miniaturisation a été rendue possible notamment par l'accroissement de la précision que les fabricants de puces ont acquis pour dessiner les circuits.

Actuellement, sur les cristaux de silicium, l'épaisseur des traits formant le circuit est couramment de 1 micron ($1\ \mu\text{m}$). Il est envisagé à court terme de réaliser des puces avec des traits dont l'épaisseur ne dépasserait pas 0,25 micron. Ces traits sont réalisés à l'aide d'un processus fort semblable à la photographie. Comme la précision du trait dépend de la longueur d'onde de la lumière (environ 0,7 micron pour le rouge), il faut faire appel à d'autres types de lumières dont la longueur d'onde est encore plus courte pour reculer la frontière et réaliser des traits encore plus fins (par exemple les ultra-violets ou les rayons X).

Grâce à ces procédés, une puce pouvant mémoriser un million d'informations binaires (1 mégabit) coûte moins de 35 dollars.

Les processeurs qui traitent l'information voient leur puissance augmenter avec les progrès technologiques.

Effectivement, l'épaisseur des traits est proportionnelle au nombre d'atomes que les électrons vont rencontrer entre deux puces (1 micron

correspond à l'alignement de mille atomes). Il en résulte donc que plus le chemin est court, plus vite l'information est transmise. Un laboratoire américain est même parvenu à réaliser un transistor à 1 électron.

La succession des opérations effectuées par un microprocesseur est cadencée au rythme d'une horloge. Il est clair qu'une manière simple d'augmenter la vitesse de traitement des données est d'augmenter la fréquence de l'horloge du microprocesseur.

Avec les technologies actuelles (utilisation d'un masque sub-micronique pour le tracé des circuits), les processeurs peuvent fonctionner à des fréquences de 20 à 30 mégahertz (à comparer aux 4,77 mégahertz pour les premiers PC il y a seulement dix ans).

La plupart des constructeurs font des recherches pour obtenir la plus grande vitesse de fonctionnement possible.

La puissance des micros peut également être augmentée en implantant dans l'ordinateur un coprocesseur arithmétique rapide pour les calculs en virgule flottante.

Il s'agit d'un autre processeur spécialisé qui va être utilisé chaque fois qu'une opération arithmétique se présentera (permet de calculer en quelques impulsions d'horloge par exemple un sinus et un cosinus).

Il existe encore une solution plus performante qui consiste à utiliser des transputers (seuls ou en cascade). Ceux-ci sont des ordinateurs utilisant l'architecture parallèle et le jeu d'instructions réduits RISC (Reduced Instruction Set Computer).

L'évolution actuelle de l'architecture des micros témoigne des recherches effectuées dans le but de diminuer l'influence des éléments qui, par leur présence, limitent les quantités des informations échangées.

Lorsque les premiers ordinateurs personnels sont apparus, ils fonctionnaient avec des processeurs 8 bits.

Actuellement, pour les situations nécessitant une puissance de traitement importante, les constructeurs proposent des processeurs 16 ou 32 bits. Ces derniers, à même fréquence de fonctionnement, peuvent donc échanger 2 à 4 fois plus d'informations parce que le nombre de bits représente la largeur des voies sur lesquelles circule d'information.

Ce procédé est beaucoup plus puissant et beaucoup moins coûteux que de doubler ou quadrupler la vitesse de l'horloge.

Toutes les données ainsi que les commandes du microprocesseur circulent sur des ensembles de fils appelés «bus».

Il est donc important de définir les protocoles d'échange de données ainsi que les normes constitutives du bus afin de servir de point de départ à

la construction d'ordinateurs compatibles entre eux parce qu'ils fonctionneront exactement de la même manière.

À cette fin, en septembre dernier, COMPAQ, OLIVETTI, TANDY, ZENITH, NEC, EPSON, HEWLETT-PACKARD, WYEE, AST, rejoints par d'autres depuis (plus de 70 actuellement), se sont mis d'accord pour définir une nouvelle norme de bus 32 bits qui constituera une alternative à l'architecture MCA des PS/2 et qui sera, elle, compatible avec les 25 millions de PC IBM et compatibles existants dans le monde.

Les sociétés qui ont rejoint le mouvement sont principalement des constructeurs, des éditeurs de logiciels, des fabricants de cartes d'extension.

Les nouveaux systèmes seront compatibles avec les anciens, mais beaucoup plus puissants que ceux-ci car le nouveau standard (EISA : Extended Industry Standard Architecture) est conçu pour exploiter les possibilités des processus 32 bits mais, à l'opposé de MCA, il autorise les connexions des cartes 8 et 16 bits destinées aux PC IBM et compatibles actuels.

Cette puissance est suffisante pour tenter de mettre en œuvre des applications multitâches et multi-utilisateurs sur des micros.

Cette possibilité est très attirante pour deux raisons :

- Les utilisateurs familiers à l'utilisation de micro-ordinateurs ne doivent pas migrer vers un nouveau système opératoire ;
- Le prix de la solution micro est beaucoup plus faible que celui de la solution mini.

Il existe une réalisation (DIGITAL RESEARCH) multitâche-multiprocesseur et totalement compatible MS-DOS (il est très important de ne pas avoir à transférer les fichiers déjà existants).

Ce système permet le raccordement simultané de 10 utilisateurs, ainsi que l'utilisation de 2 à 4 sessions par console.

Afin de faciliter les échanges entre ordinateurs dans les systèmes de télécommunications, l'ISO (International Standard Organization) et le CCITT (Comité consultatif des Téléphones et Télégraphes) ont développé conjointement le modèle OSI (Open System Interconnection) afin de définir une architecture découpée en couches de traitements séparées.

Ce découpage a pour but :

- De séparer les fonctions de transmissions de données des fonctions de traitement (routage ou multiplexage/gestion des dialogues ou affichage des données) ;
- De séparer les fonctions de contrôle du réseau des fonctions de contrôle de transmissions.

Il y a trois avantages principaux à cette découpe :

- Elle permet d'isoler les fonctions dans chacune des couches afin de les normaliser et de les implanter dans une partie du système indépendamment de l'ensemble du système ou d'économie) ;
- Dichotomie des systèmes les plus complexes grâce à cette standardisation ;
- Elle favorise l'hétérogénéité des composants du système de communication (donc cheminement transparent de l'information).

Le modèle OSI comprend sept couches (fig. 1) :

1. La couche physique : elle a pour fonction de prendre en charge la transmission de séries de bits au travers du moyen physique d'interconnexion. Elle fournit les caractéristiques électriques, mécaniques, fonctionnelles et procédurales de la connexion physique.

OSI REFERENCE MODEL

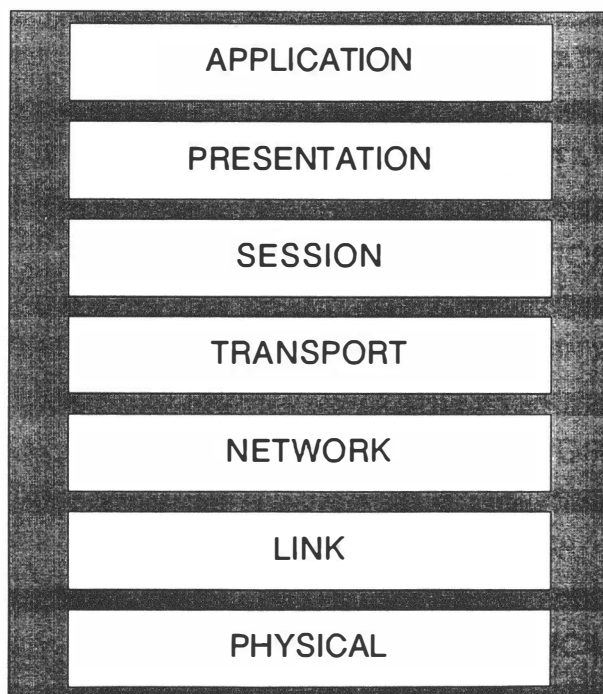


Fig. 1. – Les sept couches du modèle OSI.

2. La couche de liaison : elle a pour fonction de transmettre des données sans erreurs, sans perte ni duplication entre les systèmes.
3. La couche de réseau : elle n'est pas applicable dans les liaisons point à point entre ordinateurs.
4. La couche de transport : elle assure la jonction entre les couches orientées transmission (1, 2, 3) et celles qui sont étiquetées traitement (5, 6, 7). Elle assure un service constant aux entités de sessions, quelle que soit la qualité du service (du réseau). Cette couche peut également endosser la responsabilité du multiplexage, du contrôle de flux et de la détection d'erreurs et de reprises.
5. La couche de session : elle établit une relation (connexion de session) entre deux applications que l'on souhaite voir coopérer. Elle organise le dialogue et le synchronise, gère les modalités de reprise en cas d'accident. Le modem et son langage définissent cette couche pour les micros.
6. La couche de présentation : elle résout pour les applications les différences syntaxiques relevées dans les données échangées (il s'agit par exemple de la conversion de code ou de format de donnée).
7. La couche d'application : elle fournit les services de communication aux utilisateurs.

RÉFÉRENCES

DATA-decision 81, avril 1988, p. 66.

DATA-news 26, 2 septembre 1988, pp. 28-29.

MARIATTE, A. Septembre 1988. Ordinateur Individuel, pp. 35-36, 101-106.

Science & Vie Micro 54, octobre 1988.

Symposium
«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 73-93 (1990)

Symposium
«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 73-93 (1990)

INFORMATIQUE ET HYDROLOGIE

PAR

F. BULTOT *

RÉSUMÉ. — En recourant aux techniques de l'informatique, les méthodes de l'hydrologie opérationnelle sont rendues plus performantes et plus fiables. Les moyens d'investigation sont renforcés ; l'information hydrologique peut être amplifiée, plus attractive et disponible très rapidement. Sans base de données sur support informatique, certaines activités essentielles, telle la prévision hydrologique en temps réel, sont impossibles. Grâce au Système Hydrologique Opérationnel à Fins Multiples (SHOFM), en anglais HOMS, lancé par la Commission d'Hydrologie de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), et qui organise le transfert de technologie, et grâce aussi à l'avènement du micro-ordinateur, les pays du Tiers Monde sont en mesure d'accélérer l'informatisation de leurs Services d'hydrologie opérationnelle et, par delà, d'assurer eux-mêmes leur développement dans le domaine capital de la conservation et de l'exploitation de leurs ressources en eau. La Section hydrologie de l'Institut Royal Météorologique (IRM) participe activement au SHOFM. Son système de gestion de base de données est adopté par de nombreuses institutions sur tous les continents. Les versions MICRO des progiciels développés par l'IRM dans le cadre du projet SHOFM-MICRO patronné par l'OMM et financé par l'Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD) sont également utilisées dans les services hydrologiques de nombreux pays. En outre, des stages destinés à se familiariser avec les composantes belges du SHOFM sont organisés par le Centre de formation *ad hoc* créé par l'IRM.

SAMENVATTING. — *Informatica en hydrologie.* — Door beroep te doen op de informatica zijn de methoden van de operationele hydrologie krachtiger en betrouwbaarder geworden. De middelen ter beschikking van het onderzoek worden versterkt ; de hydrologische informatie kan vervelvdigd en attractiever voorgesteld en zeer snel beschikbaar gesteld worden. Zonder de geïnformatiseerde gegevensbank zouden bepaalde essentiële activiteiten, zoals de *real-time* hydrologische voorspellingen, onmogelijk zijn. Dank zij SHOFM, waarvan het Engelse acroniem HOMS luidt, het hydrologisch operationeel multi-purpose systeem, dat op touw gezet werd door de Commissie voor

* Membre titulaire de l'Académie ; Institut royal météorologique de Belgique, avenue Circulaire 3, B-1180 Bruxelles (Belgique).

Hydrologie van de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) en die de transfer van technologie organiseert en dank zij de opkomst van de microcomputer zijn de Derde-Wereldlanden in staat de informatisie van hun operationele diensten te versnellen en, mede daardoor, hun ontwikkeling in het belangrijke domein van het water-beheer en waterbeleid zelf te verzekeren. De Afdeling Hydrologie van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) neemt actief deel aan SHOFM. Zijn databankbeheersysteem werd aangenomen door talrijke instellingen over alle continenten. De micro-versies van de programmatuur ontwikkeld door de Afdeling Hydrologie van het KMI in het kader van het SHOFM-MICRO project, dat door de WMO gepatroneerd en door het Algemeen Bestuur van de Ontwikkelingssamenwerking (ABOS) gefinancierd wordt, worden eveneens in de hydrologische diensten van talrijke landen gebruikt. Daarenboven worden stages die bestemd zijn om zich met de Belgische SHOFM componenten vertrouwd te maken door het *ad hoc* aan het KMI opgerichte Vormingscentrum georganiseerd.

SUMMARY. — *Informatics and hydrology.* — By using informatics, methods of operational hydrology perform better and more reliably. Investigative means are strengthened ; hydrological information can be amplified and made more attractive and available without delay. Without a database on computerized media, certain essential activities, such as real time hydrological forecasting, cannot be carried out. The Hydrological Operational Multipurpose System (HOMS), a technology transfer system launched by the Commission of Hydrology of the World Meteorological Organization (WMO), together with the advent of the microcomputer, enable developing countries to use more rapidly informatics techniques in their operational hydrological services and, furthermore, to take charge themselves of their development in both water resources management and protection. The Hydrology Section of the Royal Meteorological Institute (IRM) actively contributes to HOMS. Its database management system has been adopted by many institutions in all the continents. The MICRO versions of the IRM components developed in the framework of the HOMS-MICRO project, supported by WMO and sponsored by the Administration Générale de la Coopération au Développement, are also implemented in the hydrological services of many countries. In addition, practical demonstrations of the Belgian HOMS components are organized by the *ad hoc* Training Centre created by the IRM.

1. De l'utilité de l'informatique en hydrologie

1.1. L'EAU, MATIÈRE VITALE

L'inventaire, la préservation et la mise en valeur des ressources en eau, la lutte contre les inondations et les sécheresses sont autant de questions d'importance vitale. Dans la plupart des pays du Tiers Monde, l'eau est le facteur qui conditionne au premier chef le développement. L'importance de l'eau est particulièrement soulignée par la récente sécheresse très étendue et persistante qui a touché un grand nombre de pays d'Afrique causant la famine, décimant le cheptel,

entraînant maladies et mortalité élevée. Pauvreté croissante, dégradation de l'environnement dans son ensemble, annihilation des progrès du développement par la dislocation de l'économie agricole, telles sont les graves conséquences de la sécheresse. Des études scientifiques tendent à montrer que la sécheresse est un phénomène récurrent et que d'autres sécheresses frapperont encore dans l'avenir les pays qui en sont présentement victimes.

1.2. L'HYDROLOGIE OPÉRATIONNELLE

Pour garantir une approche rationnelle des problèmes organisationnels et opérationnels que posent la conservation et l'exploitation des ressources en eau, il faut disposer d'informations quantitatives sur les termes du bilan hydrique de chaque bassin hydrographique et sur leur évolution dans le temps, et notamment sur le régime des cours d'eau, sur leur navigabilité, sur leur capacité à répondre aux besoins en eau de distribution et d'irrigation, sur les risques d'inondation des régions qu'ils traversent et sur leur vulnérabilité au plan de la qualité.

Cela nécessite d'abord l'installation de réseaux d'observations hydrométéorologiques de densités suffisantes. Cela implique ensuite la création de Services spécialisés dotés d'équipements adéquats pour le rassemblement, le contrôle et l'archivage des données de base, le traitement des données, la prévision hydrologique et la diffusion de l'information. Ces diverses activités sont celles que l'on regroupe sous le vocable d'hydrologie opérationnelle telle qu'elle est définie dans le Règlement général de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

1.3. L'INFORMATIQUE, INDISPENSABLE OUTIL DE L'HYDROLOGIE

Les méthodes de l'hydrologie opérationnelle, même les plus élémentaires, peuvent être facilitées et rendues plus performantes et plus fiables au niveau des résultats en recourant aux techniques de l'informatique.

C'est le cas par exemple pour la détermination de l'équation de tarage. On sait en effet que le débit Q d'une rivière en un point peut être calculé en fonction de la hauteur H du plan d'eau en ce point à l'aide d'une relation «hauteur-débit» dite équation de tarage. Les paramètres de cette relation sont déterminés par un ajustement analytique des points représentatifs des jaugeages disponibles, c'est-à-dire de mesures simultanées de la hauteur et du débit en basses, moyennes

et hautes eaux. Parmi les modèles de relations analytiques généralement utilisés, on citera :

— Système de fonctions potentielles

$$Q = c_1 (H + a_1)^{b_1} \quad \text{pour } H_0 \leq H < H_2$$

où $\begin{cases} Q = c_1 (H + a_1)^{b_1} & \text{pour } H_0 \leq H < H_1 \\ Q = c_2 (H + a_2)^{b_2} & \text{pour } H_1 \leq H < H_2 \end{cases}$

avec un point commun ou une tangente commune

— Système de fonctions quadratiques

$$Q = a_1 H^2 + b_1 H + c_1 \quad \text{pour } H_0 \leq H < H_2$$

où $\begin{cases} Q = a_1 H^2 + b_1 H + c_1 & \text{pour } H_0 \leq H < H_1 \\ Q = a_2 H^2 + b_2 H + c_2 & \text{pour } H_1 \leq H < H_2 \end{cases}$

avec un point commun ou une tangente commune.

Dans chacun de ces cas, la détermination des paramètres est une opération faisable sans ordinateur. Toutefois, les sections de mesure sont souvent instables ; par ailleurs, les conditions d'écoulement peuvent changer par suite de la prolifération de plantes aquatiques à l'une ou l'autre époque ou par suite d'un curage naturel consécutif à une forte crue, ou pour d'autres raisons naturelles ou artificielles. De nouveaux jaugeages sont donc constamment nécessaires pour réajuster en permanence la courbe de tarage. Sur la figure 1 (DUPRIEZ 1988) par exemple, on voit que les points représentatifs des derniers jaugeages effectués à Jemelle sur la Lomme s'écartent sensiblement de la courbe de tarage utilisée en 1986 (sur la base de jaugeages de 1985 et 1986) et qu'il y a lieu dès lors de modifier la courbe de tarage. Une telle représentation graphique, utile comme première approche du problème, et les divers essais subséquents d'ajustement analytique (par inclusion des nouveaux jaugeages et élimination de jaugeages anciens devenus inadéquats) représentent une somme de travail pouvant s'avérer excessive pour un Service d'hydrologie opérationnelle gérant un vaste réseau à moins qu'il ne puisse disposer de fichiers de jaugeages informatisés et d'un progiciel permettant de rechercher systématiquement la meilleure expression de la courbe de tarage. Comme on le voit, le recours à l'informatique, en rendant possible ce travail systématique, permet dans ce cas précis de mieux garantir la qualité des résultats. Mais, de surcroît, grâce à

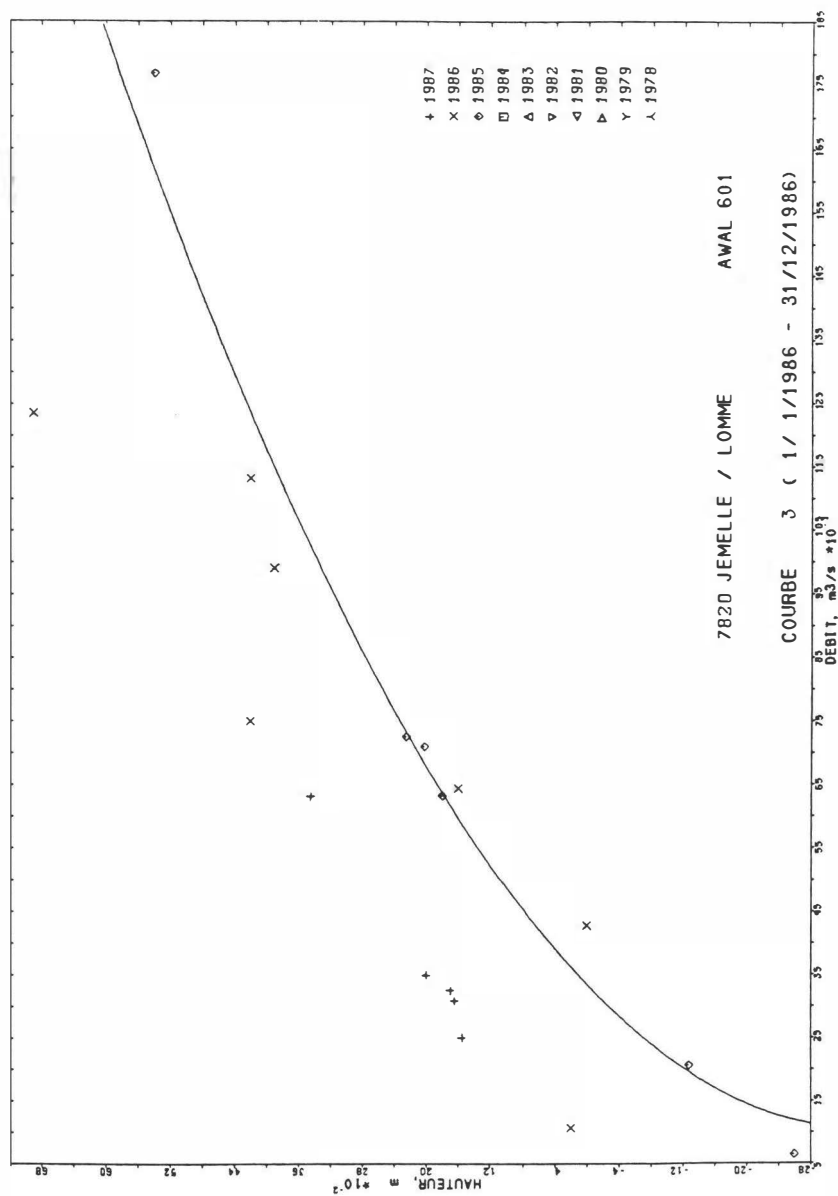


Fig. 1. — Préparation d'une courbe de tarage pour la Lomme à Jemelle. Graphique situant les jaugeages (anciens et nouveaux) vis-à-vis de la dernière courbe de tarage.

l'informatique, un raffinement supplémentaire peut être apporté, à savoir l'erreur d'estimation du débit calculé. On sait en effet que la variance estimée s_Q^2 est donnée par l'expression (WOLBERG 1967) :

$$s_Q^2 = \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p \frac{\partial \hat{Q}}{\partial a_j} \frac{\partial \hat{Q}}{\partial a_k} r_{jk} s_{a_j} s_{a_k}$$

ou encore, compte tenu de la formule d'estimation de la covariance s_{jk} , à savoir

$$s_{jk} = r_{jk} s_{a_j} s_{a_k} = \frac{J_2}{n-p} C_{jk}^{-1}, \quad \text{avec } J_2 \hat{=} \sum_{i=1}^n [Q_i - \hat{Q}(H_i, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_p)]^2,$$

par l'expression :

$$s_Q^2 = \frac{J_2}{n-p} \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p \frac{\partial \hat{Q}}{\partial a_j} \frac{\partial \hat{Q}}{\partial a_k} C_{jk}^{-1}$$

où C_{jk}^{-1} sont les éléments de la matrice inverse de $C = x^T x$ construite à partir de la matrice

$$X = \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{Q}_1}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial \hat{Q}_1}{\partial a_p} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \hat{Q}_n}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial \hat{Q}_n}{\partial a_p} \end{bmatrix} \quad \text{avec} \quad \frac{\partial \hat{Q}_i}{\partial a_j} \hat{=} \left(\frac{\partial \hat{Q}}{\partial a_j} \right)_{H=H_i}$$

dans laquelle $\hat{Q}_1, \dots, \hat{Q}_n$ sont les valeurs estimées de Q pour les valeurs H_1, \dots, H_n des n jaugeages. En procédant de la sorte on a pu montrer que le débit du fleuve Zaïre à Kinshasa (BULTOT & DUPRIEZ 1987), calculé par les équations

$$\begin{cases} \hat{Q} = 0,377 H^2 + 5,898 H + 24,181 & \text{pour } H \leq 3,35 \text{ m} \\ \hat{Q} = 1,224 H^2 + 0,224 H + 33,683 & \text{pour } H > 3,35 \text{ m} \end{cases}$$

était affecté d'une erreur maximale possible, au niveau de probabilité 0,95, de l'ordre de 2 à 3% du débit pour $H \leq 0,3$ m et pour $H > 6,1$ m, de moins de 2% aux niveaux intermédiaires. La courbe de tarage et son intervalle de confiance sont représentés à la figure 2. Bien sûr, l'exécution en routine d'opérations de calcul de ce genre ne pourrait être envisagée dans un Service non informatisé.

Un autre exemple est l'estimation de la lame d'eau précipitée \bar{P} sur un bassin versant d'aire S . Une méthode très répandue, la méthode de Thiessen, consiste à utiliser une moyenne pondérée

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n a_i P_i \text{ (avec } a_i = S_i/S \text{)}$$

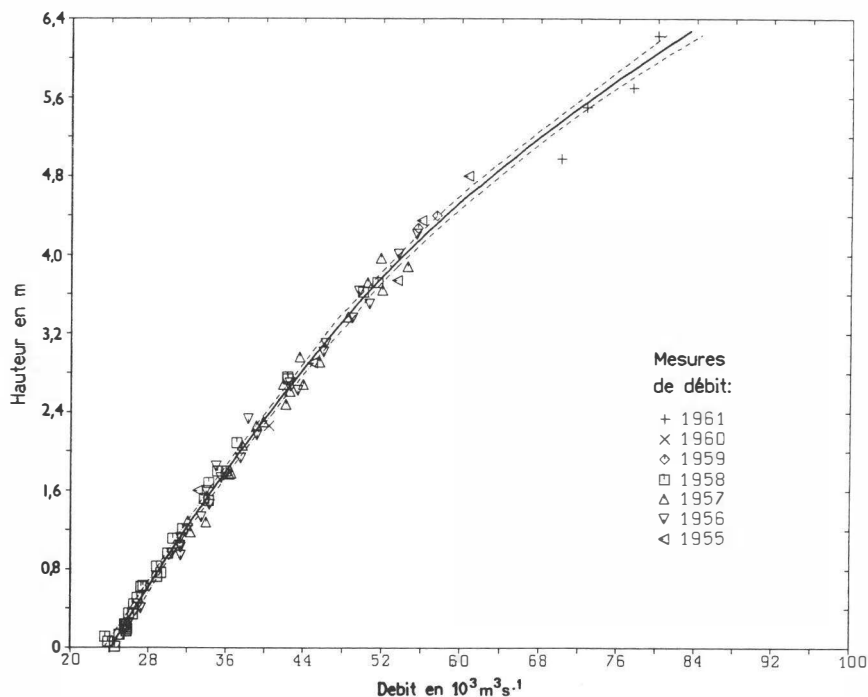
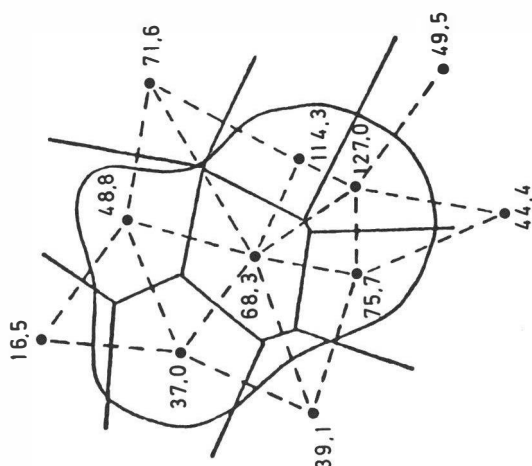


Fig. 2. — Relation hauteur-débit du fleuve Zaïre à Kinshasa-Kalina (1955-1961), avec indication des points de jaugeage et de l'intervalle de confiance des estimations au niveau de probabilité 0,95.

où P_i est la cote pluviométrique relevée au i^{e} pluviomètre et où S_i est l'aire du polygone, lieu des points dont la distance au i^{e} pluviomètre est plus petite que la distance à tout autre des n pluviomètres situés à l'intérieur ou à proximité du bassin. Ce polygone est délimité par les médiatrices des segments joignant le i^{e} pluviomètre aux autres pluviomètres situés aux alentours. Un exemple est donné à la figure 3. La méthode est simple mais son application risque d'être longue et



Precipitations observées (mm)	Aire* (km²)	% de l'aire totale	Precipitations pondérées col. 1 x col. 3 (mm)
16,5	18	1	0,2
37,0	311	19	7,1
48,8	282	18	8,9
68,3	311	19	13,0
39,1	52	3	1,3
75,7	238	15	11,4
127,0	212	13	16,5
114,3	197	12	13,7
Moyenne : 72,1 mm	1621	100	72,1

* Aire du polygone correspondant comprise dans les limites du bassin.

Fig. 3. — Évaluation de la lame d'eau précipitée sur un bassin hydrographique par la méthode de Thiessen.

fastidieuse en cas de données manquantes au cours de certaines périodes dans l'un ou l'autre poste d'observation. Chaque fois, il faut redessiner les polygones, les planimétrer et déterminer les coefficients de pondération a_i . Toutefois, la méthode qui vient d'être décrite conduit aux mêmes résultats que celle qui consiste à construire une grille englobant le bassin, à évaluer pour chaque nœud la distance à chacun des pluviomètres, à repérer la distance minimale et à attribuer au nœud visé la cote du pluviomètre le plus proche. Avec un ordinateur, c'est un jeu d'enfant même si l'on doit calculer les lames d'eau journalières sur une longue période et pour un bassin doté d'un réseau d'observation très dense et très fluctuant. Avant l'introduction des méthodes de l'informatique, on devait souvent se limiter à considérer des valeurs mensuelles ou bien, pour la recherche des relations «pluie-débit», démarche première pour la prévision hydrologique, on devait s'en tenir à quelques épisodes singuliers se rapportant à des averses isolées. Mais pour déterminer l'hydrogramme de ruissellement dans des climats à pluies faibles et fréquentes, comme en Belgique, il est indispensable d'analyser des épisodes pluvieux longs et nombreux. Ainsi donc, l'introduction de l'informatique renforce considérablement les moyens d'investigation.

Passons maintenant à un troisième exemple en rappelant que la mission de l'hydrologue est de fournir aux spécialistes du génie civil, rural et sanitaire les données nécessaires pour la conception de projets de mise en valeur des ressources en eau, ou pour la protection des populations et des biens contre les phénomènes de surabondance ou de pénurie. En ce qui concerne les risques d'inondation, il est intéressant d'analyser les épisodes de crue du passé les plus remarquables par leur hauteur, leur volume et leur durée. Ce type d'information pour le Niger à Koulikoro et pour la période 1907-1986 est reproduit au tableau I (DIALLO & FOFANA 1987). Un jour de crue est un jour où le débit moyen dépasse un seuil fixé, $6000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ dans notre exemple se rapportant au Niger. Cela signifie donc que l'information en question implique le repérage de tous les jours de crue, le recensement des séries continues, ainsi que divers classements portant sur des échantillons de grande taille. Ce n'est pourtant qu'une information facile à produire si l'on dispose d'un équipement informatique même modeste. Bien d'autres exemples pourraient être cités qui montrent que l'informatique donne à l'hydrologue le moyen d'amplifier considérablement l'information hydrologique, de la présenter de manière plus attractive et dans des délais nettement plus courts.

Tableau 1
Crues du Niger à Koulikoro (1907-1986)
Classement en fonction de la hauteur, du volume et de la durée.
Seuil de crue : 6000 m³ s⁻¹

<i>Les plus hautes pointes atteintes en cours de crue</i>	
Hauteurs maximales (m ³ s ⁻¹)	Date de la crue (du au)
9389,9	11/ 9/25- 3/11/25
9154,8	21/ 8/24-20/10/24
9096,3	14/ 9/67-28/10/67
8425,3	21/ 8/28-14/10/28
7811,0	2/ 9/62-19/10/62
7737,7	3/ 9/69-29/ 9/69
7501,5	8/ 9/32- 3/10/32
7339,7	7/ 9/29-20/10/29
7286,0	13/ 9/57-28/10/57
7268,2	18/10/63-29/10/63
7268,2	21/ 9/36-16/10/36
7196,9	8/ 9/33-23/ 9/33
7161,4	18/ 9/55-16/10/55
7002,4	18/ 9/59- 6/10/59
6862,3	16/ 9/26- 1/10/26
<i>Les plus gros volumes de crue</i>	
Volume (10 ⁶ m ³)	Date de la crue (du au)
8351,0	11/ 9/25- 3/11/25
6847,3	21/ 8/24-20/10/24
5772,8	21/ 8/28-14/10/28
5730,6	14/ 9/67-28/10/67
3566,0	13/ 9/57-28/10/57
3460,5	2/ 9/62-19/10/62
2315,2	7/ 9/29-20/10/29
2231,4	3/ 9/69-29/ 9/69
1902,8	18/ 9/55-16/10/55
1847,0	8/ 9/32- 3/10/32
1612,5	21/ 9/36-16/10/36
1318,0	12/ 9/30-17/10/30
1270,0	1/ 9/53- 3/10/53
1070,0	18/ 9/59- 6/10/59
1033,1	24/ 8/09-22/09/09
<i>Les plus longues durées de crue</i>	
Durée (jours)	Date de la crue (du au)
61	21/ 8/24-20/10/24
55	21/ 8/28-14/10/28
54	11/ 9/25- 3/11/25
48	2/ 9/62-19/10/62
46	13/ 9/57-28/10/57
45	14/ 9/67-28/10/67
44	7/ 9/29-20/10/29
36	12/ 9/30-17/10/30
33	1/ 9/53- 3/10/53
30	24/ 8/09-22/ 9/09
29	18/ 9/55-16/10/55
28	24/ 9/27-21/10/27
27	3/ 9/69-29/ 9/69
26	21/ 9/36-16/10/36
26	8/ 9/32- 3/10/32

L'hydrologie opérationnelle, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, comporte également la prévision hydrologique. Pour ce faire, on peut tenter de modéliser le cycle de l'eau. Ce dernier, dans sa représentation analytique, est un système à variables et paramètres multiples. La détermination des paramètres d'un modèle conceptuel de ce type implique le recours à des méthodes d'optimisation faisant intervenir un grand nombre de données. Pour être introduites à l'ordinateur, celles-ci doivent être encodées. Cette contrainte est automatiquement satisfaite si l'on dispose d'une base de données sur support informatique. Des modèles de prévision d'une autre nature, les modèles stochastiques, s'appuient généralement sur la relation entre la valeur de la variable à un instant donné, le débit de la rivière par exemple, et ses valeurs dans les heures ou jours qui précèdent, ainsi que sur les valeurs récentes et plus lointaines d'une ou plusieurs variables exogènes, la pluie et l'humidité du sol par exemple. Ces processus autorégressifs et le réajustement systématique des paramètres au fur et à mesure que les valeurs prévues deviennent observations, s'appuient presque toujours sur des algorithmes très lourds. Dans ce cas-ci aussi, il faut disposer d'une base de données informatisée, d'autant plus que les observations utilisées sont déjà encodées, telles les données synoptiques ou les données acquises par des dispositifs de télédétection. On peut en conclure que sans base de données sur support informatique, un Service d'hydrologie opérationnelle ne pourrait assumer la totalité des tâches qui lui incombent.

Les exemples qui précèdent se rapportent à des opérations de routine d'un Service d'hydrologie opérationnelle. Il y en a bien d'autres qui pourraient illustrer très judicieusement notre propos mais que nous ne pouvons évoquer ici sous peine d'être long.

2. Le Système Hydrologique Opérationnel à Fins Multiples (SHOFM) * de l'OMM — Son rôle déterminant dans l'introduction généralisée de l'informatique en hydrologie

2.1. CONCEPT ET OBJECTIFS DU SHOFM

À l'heure actuelle, même dans les pays technologiquement avancés, le nombre d'informaticiens arrivant chaque année sur le marché de l'emploi est insuffisant pour répondre à la demande. Dans les pays

* HOMS en anglais.

en développement, la carence en informaticiens est particulièrement aiguë. On sait par ailleurs que les Services hydrologiques en tant que services publics sont déforçés par rapport au secteur privé au niveau du recrutement.

Il est pourtant de la plus haute importance que les pays en développement soient capables d'assumer pleinement et dans les meilleurs délais les tâches opérationnelles de maintenance et de traitement des informations hydrologiques dont ils ont la responsabilité tant sur le plan international que national.

En 1980, l'OMM a lancé le SHOFM en vue de permettre aux pays en développement d'atteindre dans les meilleures conditions les objectifs précités. En effet, le SHOFM organise le transfert de la technologie utilisée par les hydrologues. Il s'agit essentiellement de techniques faisant appel à l'informatique. Le matériel disponible par le truchement du SHOFM est fourni par les Services hydrologiques des États Membres de l'OMM et s'inspire des techniques que ces États utilisent eux-mêmes pour leurs opérations courantes. Ceci garantit que la technologie transférée est directement utilisable et fonctionne de façon fiable.

La technologie hydrologique est présentée et transférée sous forme de «composantes SHOFM» distinctes. Comme exemples typiques de composantes, citons un ensemble de logiciels pour la gestion d'une banque informatisée de données hydrologiques (G06.3.01), pour l'ajustement analytique des relations hauteur-débit (H76.3.02) ou pour le calcul du débit à partir de ces relations (H76.2.04). Les composantes disponibles (à présent plus de 380) font l'objet chacune d'une «description sommaire» de deux pages, rédigée selon un format standard dont un exemple (I50.2.03) est donné en annexe. Ces descriptions sommaires sont publiées dans le Manuel de Référence du SHOFM (OMM 1981), document de base du SHOFM. Afin de faciliter leur identification, les composantes se sont vues attribuer un numéro de classification que l'on retrouve dans les exemples donnés ci-dessus. Ainsi qu'on le voit, ce numéro comporte trois groupes. Le premier groupe (dans le premier exemple G06) indique le domaine auquel se rapporte la composante. Le deuxième groupe indique le degré de complexité de la composante sur une échelle allant de 1 à 3, tandis que le dernier groupe est un numéro d'ordre permettant de distinguer entre elles des composantes de même complexité se rapportant au même domaine. Le tableau 2 qui donne la liste des différentes sections du SHOFM, permet de se rendre compte de l'étendue des domaines couverts par le SHOFM.

Tableau 2
Les sections du SHOFM. Classement par matière

A.	Élaboration des principes et organisation.
B.	Conception des réseaux.
C.	Instruments et équipements.
D.	Téledétection.
E.	Méthodes d'observation.
F.	Transmission des données.
G.	Stockage, restitution et diffusion des données.
H.	Traitement primaire des données.
I.	Traitement secondaire des données.
J.	Modèles de prévision hydrologique.
K.	Analyse hydrologique pour la planification et la conception des ouvrages et des systèmes de mise en valeur des ressources en eau.
L.	Eaux souterraines.
X.	Calculs mathématiques et statistiques.
Y.	Moyens de formation en hydrologie opérationnelle.

Afin de fournir des directives quant à l'utilisation des composantes, le Manuel de Référence du SHOFM présente également des séquences et un répertoire orientatif «Besoins des usagers». Une séquence est un groupement cohérent de composantes compatibles entre elles et pouvant donc être utilisé pour une tâche globale déterminée.

2.2. ORGANISATION DU SHOFM

Le SHOFM est organisé sous la forme d'un effort coopératif des Membres de l'OMM. Les Membres qui désirent participer au SHOFM le font en instituant un Centre National de Référence du SHOFM (CNRS). Les fonctions du CNRS sont :

- Soumettre des composantes et séquences nationales en vue de leur utilisation dans le cadre du SHOFM ;
- Informer les usagers éventuels du pays sur les facilités offertes par le SHOFM et leur fournir une assistance pour le choix et l'application de composantes adéquates.

Les activités des CNRS sont coordonnées par le Comité Directeur du SHOFM qui travaille dans le cadre de la Commission d'hydrologie de l'OMM. Un appui sécrétarial est fourni par le Bureau du SHOFM installé au Département de l'hydrologie et des ressources en eau du Secrétariat de l'OMM.

Le transfert de technologie qu'organise le SHOFM est pratiquement gratuit. La contrepartie des pays aidés par les opérations du

SHOFM ne représente qu'une part infime du coût élevé de la technologie mise à leur disposition.

Le SHOFM est une œuvre de solidarité mondiale ; il a su recueillir l'adhésion des instances responsables de presque toutes les nations.

3. Contribution de la Belgique au SHOFM

3.1. PARTICIPATION DE L'INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE — AM- PLEUR ET SUCCÈS

Dès le lancement du système, un Centre National de Référence du SHOFM pour la Belgique a été créé à l'IRM. L'Institut a fourni une vingtaine de composantes. L'une d'elles a trait au système de gestion d'une base de données développé par la Section hydrologie de l'IRM. Les autres composantes ainsi que quelques séquences concernent pour la plupart les traitements primaire et secondaire des données. Pour chaque composante sont fournis le programme source en FORTRAN, un manuel d'utilisation et, dans certains cas, un manuel d'apprentissage. Les programmes sont fournis sur listings ou sur bandes magnétiques. Les manuels et programmes existent en versions française et anglaise.

Les composantes belges sont très appréciées, notamment la composante G06.3.01, c'est-à-dire le système de gestion d'une base de données, qui est la plus demandée de toutes les composantes du SHOFM. Notons d'ailleurs que le manuel d'utilisation de cette composante a été traduit en chinois !

3.2. LE MICRO-ORDINATEUR, INSTRUMENT DE CHOIX POUR LA VULGA- RISATION DE L'INFORMATIQUE EN HYDROLOGIE

Jusqu'à quelques années d'ici, les usagers du SHOFM ne pouvaient malheureusement profiter au maximum des possibilités que leur offrait le système. Le coût de l'équipement informatique, les difficultés de maintenance et la nécessité de disposer quand même du minimum de personnel informaticien indispensable pour adapter les programmes source reçus aux besoins spécifiques du pays constituaient autant d'entraves. Et même là où existait un ordinateur, on pouvait être freiné par des problèmes de compatibilité ou de langue lorsqu'on voulait appliquer des progiciels acquis par le truchement du SHOFM.

Mais, depuis l'avènement du micro-ordinateur, l'introduction de l'informatique en hydrologie est devenue chose aisée partout dans le monde. En effet, le micro-ordinateur est bon marché, très performant

et robuste. Il peut fonctionner dans des conditions climatiques sévères. Les problèmes de compatibilité entre équipements de marques différentes, très contraignants au début, sont en passe de disparaître si l'entente voulue entre grands constructeurs se poursuit.

Il faut ajouter aussi que le micro-ordinateur a fait son entrée dans tous les Services hydrologiques. Même de grands pays, avec un Service hydrologique central doté d'un équipement informatique puissant, ont estimé profitable de décentraliser le traitement primaire des données, à savoir : l'encodage et le contrôle des données, le calcul de divers paramètres (moyennes, totaux, fréquences), l'application de certaines relations et le calcul de valeurs dérivées (par exemple la séquence opératoire «jaugeages, courbes de tarage, débits»), la mise à jour des fichiers et la production des résultats (édition de tableaux et graphiques, télétransmission de données séquentielles et d'avertissements, etc.). Cette décentralisation est bénéfique pour plusieurs raisons. La qualité des données est améliorée lorsque le contrôle est effectué par le personnel de terrain qui, ce faisant, trouve davantage de satisfaction dans sa mission. Les données contrôlées sont plus rapidement disponibles au niveau de l'institution centrale. Celle-ci ne doit plus faire appel aussi fréquemment à la compétence du personnel de terrain pour confirmer ou rectifier l'une ou l'autre valeur apparemment aberrante. Il est possible par ailleurs de réagir plus rapidement au niveau local, soit pour dépanner les instruments d'observation, soit pour lancer des messages d'alerte.

Avec l'arrivée massive du micro-ordinateur, il s'est avéré indispensable de disposer rapidement de logiciels conçus pour ce type d'équipement, et fonctionnant sur le mode conversationnel de telle sorte qu'ils puissent être utilisés par du personnel non spécialisé en informatique. C'est pourquoi, il y a trois ans, la Section hydrologie de l'IRM a entrepris l'adaptation systématique au micro-ordinateur des composantes qu'elle avait fournies au SHOFM et qui ont trait aux tâches classiques de l'hydrologie opérationnelle.

3.3. LE PROJET SHOFM-MICRO — APPUIS DE L'ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE ET DE L'ADMINISTRATION GÉNÉRALE DE LA COOPÉRATION AU DÉVELOPPEMENT

Vu son intérêt et sa portée, l'OMM et l'AGCD ont décidé immédiatement de promouvoir cette action qui est menée depuis dans le cadre d'un projet OMM-IRM soutenu financièrement par l'AGCD.

À l'heure actuelle existent dans leurs versions «MICRO» le système de gestion d'une base de données ainsi que plusieurs composantes formant la séquence fondamentale : mesure du débit (jaugeage), établissement de la courbe de tarage, calcul du débit.

Ces versions MICRO sont exécutables sur des équipements IBM compatibles, du type XT, AT ou S/O2 fonctionnant en MS-DOS ; elles sont compatibles avec les versions MAINFRAME de sorte que, par exemple, les fichiers de données en provenance de Centres locaux peuvent être traités directement sur l'équipement d'un Service central et vice-versa. Il s'agit de programmes sur disques souples directement utilisables par du personnel non informaticien. Les tableaux 3, 4 et 5 montrent le cadre de présentation de la composante G06.3.01 et quelques menus tels qu'ils apparaissent à l'écran.

Les composantes MICRO comme les composantes MAINFRAME existent en versions française et anglaise.

Tableau 3
Composante SHOFM G06.3.01, version pour micro-ordinateur
Panneau de présentation de la composante

<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"><tr><td style="padding: 5px;">SHOFM</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">G06.3.01</td></tr></table>	SHOFM	G06.3.01
SHOFM		
G06.3.01		
<p>Logiciel de gestion d'une base de données hydrologiques</p> <p>mis au point par le</p> <p>Centre National de Référence de Belgique.</p> <p>Section hydrologie</p> <p>de l'Institut Royal Météorologique de Belgique.</p> <p>(C) 1988, IRMB, Bruxelles. Tous droits de traduction, reproduction et adaptation, même partielles, réservés pour tous pays.</p>		

Tableau 4

Composante SHOFM G06.3.01, version pour micro-ordinateur
Menu principal permettant l'accès aux programmes
de gestion des différents fichiers

MENU PRINCIPAL
* Arrêt.
Fichiers-maîtres.
* Codes des stations : "STALIS".
* Codes des types de données : "DATLIS".
Fichiers de données :
* Données journalières : "DATDJ".
* Données bi-journalières : "DATDJ2".
* Données tri-journalières : "DATDJ3".
* Données horaires : "DATHH".
* Données toutes les deux heures : "DATH2".
* Données toutes les trois heures : "DATH3".
* Séries chronologiques : "DATVV".
Autres fichiers :
* Fichiers d'archives.
Placez le curseur devant l'option choisie et <RETOUR>.

Les versions MICRO des composantes belges, plus encore que les versions MAINFRAME, sont très demandées (43 transferts de la seule composante G06.3.01 et 56 transferts pour l'ensemble des autres composantes, ce qui représente au total la fourniture de 345 disquettes et de 236 manuels d'utilisation). Le système de gestion d'une base de données hydrologiques (SGBD) sur micro-ordinateur développé à l'IRM a été adopté ou est en cours d'installation dans de nombreux Services hydrologiques en Asie (Birmanie, Indonésie, etc.), en Amérique latine (Bahamas, Belize, République Dominicaine, etc.) et en Afrique (Burkina Faso, Cap Vert, Ghana, Niger, Sénégal, etc.). Le Venezuela a adopté le système belge et ses Services compétents se sont chargés de traduire en espagnol les manuels d'utilisation et les programmes. Il existe ainsi depuis peu une version espagnole du SGBD, qui est de nature à en augmenter l'attrait en Amérique latine.

Tableau 5
Composante SHOFM G06.3.01, version pour micro-ordinateur
Menu du programme de gestion d'un fichier
de travail de données journalières

Manipulations du fichier de données journalières
<ul style="list-style-type: none">* Sortie.* Création du fichier.* Suppression du fichier.* Consultation et mise à jour du fichier.* Inventaires du fichier.* Transfert de/vers un fichier de transfert.* Edition de tableaux de données du fichier.* Suppression de tableaux de données dans le fichier.* Encodage.
Placez le curseur sur l'option choisie et <RETOUR>.

Dans le cadre du projet SHOFM-MICRO, l'IRM a créé un Centre de formation. Celui-ci a déjà accueilli de nombreux stagiaires désireux de se familiariser avec les composantes belges du SHOFM. Ce Centre de formation organise aussi des séminaires à la demande de l'OMM (ce fut le cas en 1987 pour des hydrologues de Pologne, Hongrie, Tchécoslovaquie, Yougoslavie et Grèce), ainsi qu'à l'intention des étudiants du IUPHY (Interuniversity Postgraduate Programme in Hydrology) patronné par le Vlaamse Interuniversitaire Raad. Des démonstrations des composantes belges ont eu lieu à Damas, Genève, Kadoma et Nairobi. Elles ont également été présentées par des experts œuvrant dans des projets patronnés par des organisations internationales, au Niger, aux Barbades, en République Dominicaine, ...

4. Conclusions

En recourant aux techniques de l'informatique, les méthodes de l'hydrologie opérationnelle sont rendues plus performantes et plus fiables. Les moyens d'investigation sont renforcés ; l'information hydrologique peut être amplifiée, plus attractive et disponible très rapidement. Sans base de données sur support informatique, certaines activités essentielles, telle la prévision hydrologique en temps réel, sont impossibles.

Dans les Services d'hydrologie opérationnelle du monde entier, l'informatisation des activités est chose courante ou en voie de l'être.

Grâce au SHOFM, système hydrologique opérationnel à fins multiples lancé par la Commission d'hydrologie de l'OMM, et qui organise le transfert de technologie, et grâce aussi à l'avènement du micro-ordinateur, les pays du Tiers Monde sont en mesure d'assurer eux-mêmes leur développement dans le domaine capital de la conservation et de l'exploitation de leurs ressources en eau.

La Section hydrologie de l'IRM participe activement au SHOFM et a en charge le Centre National de Référence du SHOFM pour la Belgique. Son système de gestion d'une base de données est adopté par de nombreuses institutions sur tous les continents. Son Centre de formation a une activité de soutien très appréciée. Ses réalisations dans le cadre du projet SHOFM-MICRO patronné par l'OMM et financé par l'AGCD contribuent à diffuser largement l'image d'un pays, le nôtre, tourné vers l'Outre-Mer, et animé depuis toujours par la volonté d'offrir à tous son aide fraternelle et désintéressée.

C'est en particulier aussi la vocation de notre Académie.

BIBLIOGRAPHIE

- BULTOT, F. & DUPRIEZ, G. L. 1987. Niveaux et débits du fleuve Zaïre à Kinshasa (Régime — Variabilité — Prévision). — *Mém. Acad. r. Sci. Outre-Mer*, Cl. Sci. Techn., nouv. sér. in-4°, 6 (2), 49 pp.
- DIALLO, A. & FOFANA, A. 1987. Niveaux et débits du fleuve Niger à Koulikoro (Régime — Analyse statistique). Étude réalisée durant un stage à la Section Hydrologie de l'Institut Royal Météorologique. iv + 172 pp. — Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Énergie, République du Mali.
- DUPRIEZ, G. L. 1988. Traitement primaire des données hydrologiques. — *In* : Journée de formation en Hydrologie (Uccle, 26 janvier 1988), 2, pp. 1-44.

- Section Hydrologie de l'Institut Royal Météorologique et Inspection Générale de l'Eau du Ministère de la Région Wallonne.
- Organisation Météorologique Mondiale (OMM). 1981. Sous-programme hydrologique opérationnel à fins multiples (SHOFM). Manuel de référence. – Secrétariat de l'Organisation Météorologique Mondiale, Genève.
- WOLBERG, J. R. 1967. Prediction analysis. – D. Van Nostrand Co., Princeton, New Jersey.

ANNEXE

Description sommaire d'une composante du SHOFM

Organisation Météorologique Mondiale	Composante SHOFM
	I50.2.03
	(Fév. 81)

CALCUL DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE SUR UN BASSIN PAR LA MÉTHODE DU BILAN D'ÉNERGIE

1. *But et objectifs*

Calculer les valeurs journalières moyennes de l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur un bassin par la méthode du bilan d'énergie à partir de l'ETP des diverses couvertures végétales (calculées par I50.2.02).

2. *Description*

Le programme extrait les valeurs journalières de l'ETP pour les divers types de couverture végétale (calculées à partir des données météorologiques usuelles relevées aux stations de référence) et calcule les moyennes pondérées sur le bassin en fonction de la fraction de surface couverte par chaque type de végétation et en tenant compte des facteurs de pondération et de site attribués à chaque station.

3. *Entrées*

- Période à traiter et caractéristiques du bassin (répartition des types de végétation, liste des stations de référence, facteurs de pondération et facteurs de site).
- Valeurs journalières de l'ETP pour les divers types de végétation aux différentes stations de référence ; ces valeurs, calculées par I50.2.02, sont conservées sous forme de tableaux annuels sur le fichier de travail DATDD, voir G06.3.01.

4. *Sorties*

- a) Impression de tableaux annuels de valeurs journalières de l'ETP sur le bassin.
- b) Transfert de ces données sur le fichier de travail DATDD.

5. *Besoins opérationnels et restrictions*

Compilateur FORTRAN de niveau IV permettant l'utilisation de fichiers en accès direct, unité de disques, et composante G06.3.01 pour la gestion du fichier DATDD.

6. *Forme de présentation*

Programme FORTRAN (ETPBAS), jeu d'essai et manuel d'utilisation.

7. *Expérience pratique*

Programme utilisé depuis 1970 par l'auteur et généralisé pour couvrir les besoins du SHOFM.

8. *Auteur et soutien technique*

Section hydrologie de l'Institut Royal Météorologique de Belgique.

9. *Comment l'obtenir ?*

Au Centre national de référence du SHOFM pour la Belgique.

10. *Conditions d'utilisation*

Coût de la reproduction et frais d'envoi.

RÉFÉRENCES

- BULTOT, F. & DUPRIEZ, G. L. 1974. Estimation des valeurs journalières de l'évapotranspiration potentielle d'un bassin hydrographique. – *J. of Hydrol.*, **21** : 321-328.
- BULTOT, F. & DUPRIEZ, G. L. 1974. L'évapotranspiration potentielle des bassins hydrographiques en Belgique. – Institut Royal Météorologique (Bruxelles), Pub. Série A, **85**.

(Première entrée : 11 FEV. 81

Dernière mise à jour : 15 JUIL. 81)

Symposium
*«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»*
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 95-103 (1990)

Symposium
*«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»*
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 95-103 (1990)

MODÉLISATION DES BASSINS FLUVIAUX

PAR

R. BERTHELOT *

RÉSUMÉ. — Après avoir brièvement exposé ce qu'est la modélisation mathématique des bassins fluviaux, l'auteur en rappelle l'importance pour les pays du Tiers Monde. Les modèles statiques peuvent être utilisés dans les pays en voie de développement, mais d'une manière limitée. En revanche, les modèles hydrologiques et hydrogéologiques de simulation mathématique sont très fiables à condition de tenir compte des restrictions d'utilisation (ex. bassins du Mekong inférieur et du Niger, sud-est du Bangladesh). Grâce à ces modèles, on peut également prévoir les crues. La schématisation de scénarios de développement permet de comparer différentes stratégies de développement suivant différentes options (ex. fleuve Gambie). La micro-informatique entraînera une large diffusion de ces pratiques de modélisation.

SAMENVATTING. — *De modellering van de rivierbekkens.* — Na kort uitgelegd te hebben wat de mathematische modellering van de rivierbekkens inhoudt, herinnert de auteur aan het belang ervan voor de landen van de Derde Wereld. De statische modellen kunnen in ontwikkelingslanden gebruikt worden, weliswaar in een beperkte mate. Daarentegen zijn de hydrologische en hydrogeologische modellen van mathematische simulatie zeer betrouwbaar, mits rekening te houden met de gebruiksbeperkingen (bv. bekkens van de beneden-Mekong en de Niger, zuidoosten van Bangladesh). Dank zij deze modellen kan men eveneens de hoge waterstanden voorspellen. De schematisering van ontwikkelingsscenario's laat toe verschillende ontwikkelingsstrategieën te vergelijken volgens verschillende opties (bv. Gambiastroom). De micro-informatica zal een brede verspreiding van deze modelleringspraktijken met zich brengen.

SUMMARY. — *Modelization of fluvial basins.* — After briefly explaining what the mathematical modelization of rivers is, the author draws attention to its importance for Third World countries. Static models can be used in developing countries, but only to a limited extent. Mathematical simulation of hydrological and hydrogeological models is extremely reliable, provided that restrictions in its use are taken into account (e.g. the basins of the lower Mekong and the Niger, south-east Bangladesh). Thanks

* Conseiller technique principal ; Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), Room 2038, 1 UN Plaza, New York, NY 10017 (USA).

to these models, river risings can be forecast. The schematization of development scenarios makes it possible to compare different development strategies with different options (e.g. the Gambia River). Micro-informations will lead to wide diffusion of the use of modelization.

Que faut-il entendre par modélisation mathématique des bassins fluviaux ?

Dans l'étude de la mise en valeur des ressources naturelles d'un bassin fluvial, on est amené à imaginer différents scénarios ou modèles d'utilisation de ces ressources avec des apports variables de ressources humaines (en termes de nombre et d'expertise), éventuellement d'autres catégories de ressources naturelles et de ressources financières. Le scénario de mise en valeur choisit le sens, en principe, en fonction de sa factibilité suivant plusieurs points de vue différents : physique, économique, financier, social, écologique et autres.

En d'autres termes, on est amené à simuler des processus de développement de façon à pouvoir quantifier le mieux possible d'une part les processus eux-mêmes — par exemple les nouveaux débits ou hauteurs d'eau instantanés ou moyens résultant d'un aménagement — mais également les apports d'autres ressources (les inputs suivant le jargon) suivant un calendrier optimal pour mener à bien l'aménagement considéré, et d'autre part les résultats attendus (ou outputs, toujours suivant le jargon).

Par ailleurs, prenant avantage de la souplesse d'utilisation de l'ordinateur et de sa capacité de mémoire, on peut présenter différents aspects thématiques de la même région — dans la mesure où les données ont été stockées et un système de gestion de ces données a été mis au point — suivant les besoins. Par exemple, la présentation sur l'écran d'une carte thématique des régions inondées ou des régions forestières d'un bassin donné, une fois que les données représentatives ont été stockées en quantité suffisante, que l'identification des composantes thématiques a été faite et qu'un programme (ou logiciel) répondant aux nécessités a été mis au point. Dans ces conditions, il s'agit plus précisément de la présentation d'un «modèle statique» par opposition aux «modèles dynamiques» suggérés ci-dessus. Il faut noter que le vocabulaire de la modélisation mathématique est extrêmement libre et qu'il importe tout particulièrement de définir de quoi on parle.

On entend par modélisation mathématique ces formes de représentations ou de simulations effectuées au moyen d'un ordinateur

digital, qu'il s'agisse de simples algorithmes de calculs, de schématisation d'un processus quelconque ou de véritables modèles mathématiques basés sur un système d'équations aux dérivées partielles concrétisant une théorie physique acceptée ou acceptable, ou encore de la représentation graphique ou tabulaire d'un aspect thématique particulier.

La modélisation mathématique prend une importance fondamentale dans l'évaluation des potentialités de développement, des bassins fluviaux dans le Tiers Monde, et dans la formulation de plans de développement et leur justification auprès des institutions de financement. Toutefois, c'est une technologie qui doit s'utiliser à bon escient. En effet, mis à part les modèles de simulation mathématique définis par «leurs conditions aux limites» — au sens mathématique du terme —, correctement calibrés et utilisés dans les limites correspondantes, les nombreux autres modèles de nature empirique peuvent mener à des conclusions erronées et contre-productives, en d'autres termes soutenir une viabilité douteuse ou au contraire mettre en doute une viabilité latente.

Le but de cette communication est de présenter quelques aspects de la modélisation mathématique des bassins fluviaux dans le développement du Tiers Monde, pour souligner la puissance de l'outil et en même temps pour avertir que son application doit être contrôlée comme la prescription d'un remède à contre-effets qu'il importe de connaître.

Représentations thématiques ou modèles statiques

Nous laisserons de côté la présentation de données sous forme tabulaire ou graphique qui constitue un moyen puissant pour l'analyse statistique. La représentation thématique consiste à associer à chacun des points d'un réseau de points identifiables sur l'écran, un ensemble de variables qui définissent une caractéristique donnée, par exemple sous forme de couleur. On obtient ainsi une représentation thématique dont on peut faire varier l'intensité et la nature des couleurs pour obtenir le meilleur relief de la caractéristique choisie, par exemple, les peuplements de graminées, des zones latéritiques, inondées, et autres. À titre d'exemple, le programme Hacienda étudié au Centre de recherche IBM à Rome, divise une image satellite en 1 million de points (suivant 1000 lignes et 1000 colonnes) et attribue à chaque point les caractéristiques enregistrées par le satellite (longueurs d'ondes), mais ce n'est

pas une méthodologie à la portée des pays en voie de développement. Par contre, le Geographic Information System (GIS) qui se présente sous trois options est susceptible d'utilisation pratique dans les pays en voie de développement. La version la plus simple et la meilleure marché peut fonctionner avec un système informatique comprenant un IBM/PC-AT, des communications supplémentaires, une carte graphique, un écran couleur à haute résolution, un digitaliseur, une imprimante graphique et une unité de bande magnétique, soit un investissement de l'ordre d'une vingtaine de milliers de dollars.

Cependant, il faut bien concevoir les limites de cette option de bas de gamme. Elle convient à l'analyse de zones de quelques kilomètres carrés seulement, au-delà la résolution est insuffisante à cause de la capacité limitée du système. Par exemple, dans le cas de l'étude d'aménagement de Kula Ganga, au Sri Lanka — où les zones à analyser, bien que de superficie réduite, sont tout de même de l'ordre d'une centaine de kilomètres carrés au minimum —, on s'est rendu compte qu'au-delà d'une présentation qualitative utile (mais, prise isolément, trop coûteuse), les représentations thématiques obtenues se prêtent difficilement à l'analyse quantitative. Les mêmes remarques peuvent s'appliquer aux problèmes de contrôle de l'environnement qui accompagnent la mise en valeur des bassins fluviaux : à moins d'utiliser les versions GIS haut de gamme (ce qui est généralement impraticable à cause des coûts) les produits GIS sont d'intérêt essentiellement illustratif ; c'est le cas de la représentation de la désertification au Sahel généralement donnée à l'échelle 1/5 000 000, par exemple.

Modèles de simulation mathématique

Prenant avantage de la puissance de calcul offerte par les systèmes d'ordinateurs, en particulier les micro-systèmes, on a tendance à modéliser n'importe quoi, sans se soucier de savoir dans quelles limites et avec quelle fiabilité un phénomène est «modélisable». Ici, il est indispensable de rappeler quelques notions mathématiques, pour préciser les «règles du jeu» en quelque sorte. On ne peut prétendre modéliser un phénomène que si ce phénomène se développe suivant un mécanisme qui permet de passer des causes aux effets, sans ambiguïté. Dans le cas contraire, tout ce que l'on peut proposer c'est un schéma de calcul, c'est-à-dire un algorithme qui «a l'air» de passer de causes observées à des conséquences aussi observées, mais sans garantie de représenter

tous les cas possibles de passage de cause à effet. Mathématiquement, cela signifie suivant le théorème de Dirichlet que la valeur de la fonction étudiée à un point du domaine considéré est définie par une intégrale prise suivant son contour, autrement dit que le phénomène est défini par ses conditions limites. Par ailleurs le phénomène doit être entièrement décrit par un système d'équations aux dérivées partielles susceptibles de linéarisation. Ce n'est pas toujours le cas. En hydrologie de surface, les modèles basés sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant convenablement linéarisées avec un réseau de points de calcul de résolution suffisante répondent à ces conditions. De même, les modèles d'écoulement souterrains basés sur les équations aux dérivées partielles de Theiss traduisant l'équation de continuité, l'incompressibilité du fluide et l'équation de transfert des débits (dans le même sens que Barré de Saint-Venant en hydraulique) répondent à ces conditions. Par contre, ce n'est pas le cas des phénomènes de sédimentation ou de diffusion d'un corps quelconque dans la masse liquide (salinité par exemple) ; dans ce cas, la plupart du temps on ajoute en fait une équation de continuité du matériau transporté par le fluide et une formule empirique pour traduire son transfert. Cette «cuisine mathématique» est très utile, mais il faut bien entendre qu'elle ne traduit pas une théorie prouvée par la concordance de ses causes et de ses effets, ou encore plus simplement que le modèle peut reproduire dans une certaine mesure le phénomène considéré mais ne peut garantir les résultats que dans les limites où il a été observé. Par exemple, alors qu'un modèle de simulation d'écoulement transitoire (basé sur les équations de Barré de Saint-Venant) avec une résolution suffisante peut simuler effectivement ce qui se passerait avec des modifications morphologiques fondamentales du système hydraulique (par exemple, la suppression de larges zones d'inondations par endiguement) et donner les nouvelles valeurs de hauteur et de débit instantanés vérifiant le nouveau système, on ne peut pas simuler avec la même garantie l'accumulation du sédiment dans une nouvelle retenue ; toutefois, on peut donner un ordre de grandeur quand les équations de transfert proposées «serrent suffisamment le phénomène» (ce qui est précisément impossible à garantir).

Avec les restrictions ci-dessus, les modèles hydrologiques et hydrogéologiques de simulation mathématique sont des outils extrêmement utiles pour étudier la planification et la gestion des ressources en eau, pour préciser les études de factibilité et les détails des aménagements

nécessaires pour une utilisation rationnelle de ces ressources. En matière de modèles hydrologiques fiables capables de simuler les écoulements sous des conditions morphologiques différentes, on peut citer le modèle mathématique du Mékong Inférieur, le modèle de simulation de la région sud-est du Bangladesh, le modèle hydrologique du Niger. Par contre, un grand nombre de modèles non basés sur les équations de Barre de Saint Venant ont été proposés et utilisés avec un degré variable de fiabilité dans d'autres cas. Dans ce dernier cas, il est déconseillé d'accepter, sans analyse critique, les résultats de tels modèles sous des conditions morphologiques différentes ; en d'autres termes, l'utilité de ces modèles pour la planification est limitée. Les modèles hydrogéologiques répondent à des exigences similaires avec toutefois une simplification importante quant aux conditions morphologiques, qu'on ne peut faire varier, le cas échéant, que dans une mesure modeste comparé avec les écoulements de surface, où les conditions morphologiques peuvent varier à grande échelle.

Le modèle de simulation du régime hydrologique du Mékong dans sa partie soumise à l'effet de la marée est un bon exemple de l'éventail de possibilités offertes par un véritable modèle de simulation. Le Delta du Mékong présente une grande complexité hydrographique et hydrologique, à tel point qu'une modification même modeste des conditions morphologiques ou hydrologiques en un point du système peut avoir des conséquences étendues (et difficilement quantifiables en l'absence de modèle de simulation), de plus il s'agit d'une zone très peuplée de grande importance socio-économique pour le développement du Viet-Nam. Bref, la planification de l'utilisation des ressources en eau et leur gestion est extrêmement délicate — il faut pouvoir justifier des investissements importants de façon irréfutable — et est encore compliquée par le fait que la maîtrise des eaux se trouve à l'amont du Viet-Nam dans les trois autres pays riverains. Le modèle mathématique mis au point à cet effet sous l'égide des Nations Unies vers les années 1963 est en fait une sorte de « première mondiale ». Il a été — et continue d'être — utilisé pour tester des solutions d'aménagements (par exemple quelques centaines de kilomètres d'endiguement avec ou sans contrôle de crue à l'amont), et évaluer les caractéristiques et les dimensions (et donc le coût) des ouvrages pour lesquels des investissements doivent être recherchés. À titre indicatif, ce modèle est couplé avec un modèle amont, une version du « Streamflow Simulation and Reservoir Regulation model » mis au point par le US Army Engineers, Portland,

Oregon, pour contrôler le développement de la rivière Columbia. Ce modèle amont du type empirique (comprenant en fait trois modules : un opérateur de transformation pluies-débits, un programme classique de propagation des débits à travers un réservoir et un programme de propagation des débits dans le cours d'eau basé sur une version simplifiée d'écoulement suivant une chaîne de petits réservoirs à surface horizontale) convient parfaitement comme «modèle d'entrée» au modèle du delta, mais n'a pas grande possibilité de variation morphologique, à part l'amortissement des crues dans les réservoirs. L'ensemble est un bel exemple d'architecture de modélisation répondant au mieux aux problèmes posés pour le meilleur coût.

On pourrait dire des choses analogues à propos des autres modèles cités ci-dessus. Le cas du Bangladesh est encore plus critique ; sans modèle, quelquefois, on ne sait même pas dans quelle direction drainer et encore moins contrôler l'inondation des rizières et dimensionner les canaux de drainage.

Il convient, par ailleurs, d'illustrer le danger de conclusions basées sur un modèle insuffisamment fiable, soit à cause de sa nature, des données insuffisantes, des hypothèses discutables suppléant aux données manquantes ou de son champ d'application en dehors du justifiable. Le Bangladesh pourrait présenter un bon exemple quant à la méthode des bilans hydrologiques (*water balances*) lesquels sont tout au plus un outil représentatif mais ne peuvent suffire pour décider de l'allocation des ressources en eaux et leur contrôle. Dans le cas de la mise en valeur du Bassin de la Gambie, des hypothèses largement gratuites basées sur une simulation empirique ont contribué à faire admettre comme établi qu'avec un débit de 50 m^3 à l'entrée de la zone soumise aux effets de la marée, on pouvait maintenir le front salé dans des limites acceptables. En fait, c'est rigoureusement faux comme démontré entre temps sur la base de données indiscutables et au moyen d'une simulation acceptable, mais peut-être trop tard pour assurer le développement rationnel du bassin du Fleuve. Le même cas s'était présenté sur le Sénégal.

Un autre aspect de l'utilisation des modèles hydrologiques (avec une extension hydro-météorologique sous forme de relations pluies-débits à définir au moyen d'études appropriées) est la prévision des crues, qui a été tentée avec plus ou moins de bonheur sur nombre de rivières. On peut dire que la précision des prévisions dépend de la résolution du système hydro-météorologique et de la fiabilité du

modèle de simulation servant de véhicule. On a vu que la fiabilité du modèle hydrologique peut être portée à un degré considérable au prix d'une résolution plus fine du système et l'emploi d'un modèle de nature convenable ; par contre, la partie hydro-météorologique (le transfert pluies-débits) suit forcément des formules empiriques et ne peut avoir la même rigueur mathématique.

Algorithmes de calcul

On peut ranger sous cette catégorie tous les modèles dits linéaires ou dynamiques et d'une façon générale tous les schémas ou les artifices de calcul employés abondamment dans l'analyse des systèmes. Il s'agit d'une «trousse d'outils de modélisation élémentaire ou préparatoire» dont la maîtrise accroît considérablement la capacité d'intervention des services techniques dans les pays en voie de développement, mais qu'il faut utiliser en connaissance de cause.

Schématisation de scénarios de développement

Là encore, le vocabulaire est très riche et imaginatif : certains disent «modèles de planification». D'une façon générale, ces modèles permettent de comparer dans une certaine mesure différentes stratégies de développement (c'est-à-dire différentes utilisations des ressources de la nation appliquées à la mise en valeur des ressources en eau d'un bassin fluvial donné), suivant différentes options qui peuvent se présenter quant aux modalités d'application de ces mêmes ressources (par exemple une option d'utilisation intensive de main-d'œuvre dans le creusement d'un canal par rapport à divers degrés de mécanisation). Ce genre de modèle, quand il est correctement développé, se comporte comme un modèle comptable permettant de sélectionner les intrants spécifiques à la production d'extrants désirés (outputs). L'élaboration de ces modèles sous un éventail d'hypothèses possibles est d'un grand secours d'une part pour identifier les données fondamentales nécessaires, leur nature, leur densité et la précision requise, et d'autre part pour évaluer et comparer la performance des différents scénarios suivant les points de vue appropriés : degré d'assouplissement des contraintes diverses (politiques, sociales, économiques et autres), performance économique, performance sociale et même performance écologique si nécessaire. Il s'agit alors d'un processus itératif entre les hypothèses et les résultats

qui permet la conception d'une formule de planification répondant au mieux aux désirs spécifiques des autorités nationales, et qui permet en même temps de préciser, de quantifier et d'organiser les intrants nécessaires à cet effet.

Un exemple pertinent de ce type de modèle est le modèle «socio-économique de l'Office de Mise en Valeur du Fleuve Gambie. Le modèle se concentre sur l'utilisation de l'eau pour trois secteurs clés de développement : l'agriculture pluviale, l'agriculture irriguée, l'élevage et la foresterie, avec ou sans maîtrise de l'irrigation au moyen d'aménagements sur le fleuve, et suivant une stratégie visant à réduire un ensemble de contraintes comprenant par exemple la diminution des importations de riz, le ralentissement de l'exode rural vers les villes, l'élévation du revenu de la population rurale et autres. Les options consistent pour chaque secteur en un taux et des modalités différentes d'assistance conduisant à une production agricole accrue en conséquence, pour un coût d'investissements spécifiques déterminés. Le modèle a notamment permis d'établir de manière irréfutable que l'auto-suffisance céréalière ne pouvait se concevoir sans le développement de l'agriculture irriguée à une échelle suffisante.

Conclusions

Bien qu'il soit illusoire de conclure sur un sujet aussi mouvant, dynamique et vaste, on peut s'aventurer à quelques traits de conclusions qui ressortent de l'expérience offerte ci-dessus.

La modélisation des bassins fluviaux (et d'une façon générale des bassins hydrologiques) constitue une puissante technologie qui, utilisée à bon escient, peut aider de manière décisive à déclencher le développement socio-économique attendu par les pays en voie de développement.

Il existe à l'heure actuelle une vaste panoplie de modèles divers dont il importe de connaître la structure, le domaine d'application, les conditions de bonne performance et les limites des performances attendues, avant de passer à l'emploi.

Une mauvaise application de la modélisation, souvent un manque de conseil technique éclairé dans le choix et l'application du modèle requis, peut être contre-productif.

Il faut s'attendre à une large diffusion des pratiques de modélisation des caractéristiques diverses des bassins hydrologiques, dans la mesure où la micro-informatique accroît ses performances et son audience.

Symposium
«Impact van de informatica
in de Derde Wereld»
(Brussel, 9 december 1988)
Koninklijke Academie voor Overzeese
Wetenschappen
pp. 105-111 (1990)

Symposium
«Impact de l'informatique
dans le Tiers Monde»
(Bruxelles, 9 décembre 1988)
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
pp. 105-111 (1990)

ELECTRONIC DATA INTERCHANGE (EDI) AND DEVELOPING COUNTRIES

BY

J. RAVEN *

SUMMARY. — Direct linkage of separate computer systems by exchange of data on the basis of agreed message standards is attracting intense commercial and growing government attention. It is the basis of 'just in time' supply, production and distributive systems, provides a technological cornerstone for the projected EEC Single Market and is transforming the traditional paper-based system of international trade procedures. EDI standards, promotion and applications have been limited, so far, almost entirely to the more opulent economies. If this continues existing north-south differentials in trade performance and prosperity could be dangerously widened. How can the Third World be brought into appropriate practical contact with EDI techniques and practices ? What is the role of existing international institutions ? What are the priorities in the necessary 'transfer of technology' ? Where and by what means should the developing countries be brought into the now intensifying international activities of EDI consultation and decision making ? This paper enlarges on these and other policy issues and suggests some possible, initial answers.

RÉSUMÉ. — *«Electronic Data Interchange (EDI) et les pays en développement.* — Un lien direct de systèmes informatiques séparés par l'échange de données sur la base d'information standard agréée exerce une attraction commerciale intense et croissante sur le gouvernement. C'est le point de départ des systèmes d'approvisionnement, de production et de distribution *just in time* qui sont la pierre angulaire technologique pour le futur marché CEE et qui modifient le système traditionnel de procédures commerciales internationales. Les standards EDI, la promotion et les applications ont été limités presque entièrement aux économies les plus opulentes. Si cela persiste, les différences existant entre le nord et le sud sur le plan des performances commerciales et de la prospérité pourraient dangereusement s'intensifier. Comment le Tiers Monde pourrait-il, d'une façon concrète, être mis en contact avec les techniques et pratiques de l'EDI ? Quel est le rôle des institutions internationales existantes ? Quelles sont

* Trade Facilitation Consultant to the World Bank, Technical Adviser to the International Association of Ports and Harbours (IAPH) ; avenue de Messidor 203, B-1180 Bruxelles (Belgique).

les priorités à donner dans le «transfert de technologie» nécessaire ? Où et par quels moyens les pays en développement pourraient-ils s'intégrer aux activités internationales des consultations et prises de décisions de l'EDI qui vont en s'intensifiant ? Cette communication s'attarde sur plusieurs possibilités de gestion à suivre et suggère quelques réponses de bases possibles.

SAMENVATTING. — «*Electronic Data Interchange (EDI)*» en ontwikkelingslanden. — Een directe band van afzonderlijke computer-systemen door uitwisseling van gegevens op basis van overeengekomen standaardinformatie oefent een intense commerciële en groeiende aantrekkingskracht uit op de regering. Het is de basis van *just in time* leverings-, productie- en distributiesystemen die een technologische hoeksteen zijn voor de geplande EEG-Markt en die het traditionele op papier gebaseerde systeem van internationale handelsprocedures wijzigt. De EDI standaards, de promotie en de toepassingen werden tot dusver bijna volledig beperkt tot de meest opulente economieën. Indien dit zo blijft zouden de bestaande verschillen tussen noord en zuid, op gebied van handelsprestatie en voorspoed, vervaarlijk toenemen. Hoe kan de Derde Wereld op een aangepast praktische wijze in contact gebracht worden met EDI technieken en praktijken ? Wat is de rol van de bestaande internationale instellingen ? Welke zijn de prioriteiten in de noodzakelijke «overdracht van technologie» ? Waar en door welke middelen zullen de ontwikkelingslanden opgenomen worden in de nu sterker wordende internationale activiteiten van de EDI-consultatie en besluitneming ? Deze tekst weidt uit over deze en andere beleidsmogelijkheden en suggereert enkele mogelijke basisantwoorden.

*
* * *

This paper describes the nature and significance of Electronic Data Interchange (EDI), indicates its importance for development policy, identifies priorities, suggests possible allies and considers how they may be motivated and mobilised.

Electronic data interchange (EDI) is the automatic exchange of agreed standard messages between separate computer systems, regardless of differences of equipment and systems objectives. The data transferred are essentially file information and the messages correspond to such traditional documents as cheques, Customs entries, invoices, bills of lading, and air waybills.

This may seem a fairly unexciting, even pedestrian activity. But even though the associated pooling and sharing of the contents of individual computer systems have as yet reached only a small part of the world's commercial and administrative systems the results are already seen to be revolutionary.

The first impression is one of liberation and fertilisation. Equipment and information attain new uses and efficiencies.

EDI based integration of supply, production and distribution slashes inventory costs and is the secret behind the astonishing success of Japanese "just in time" business systems.

Exporters in Western Europe already have a choice of software enabling them to comply with all essential commercial, transport and Customs procedures by paperless EDI techniques.

EDI also enables the optimal use of transport, port and airport infrastructures.

On the other hand, commercial advantage may be clamped restrictively to EDI connections. Certain US multinational companies are limiting their buying to those concerns which can exchange trade data automatically. Acceptance of agreed message standards thus becomes a sort of new commercial feudalism.

Many sectorial groups have already been formed in Europe and North America to establish and maintain EDI systems between, for example, chemical manufacturers, retail chains or automobile assemblers. Such groups might easily develop into the equivalent of closed buying and selling cooperatives, to the detriment of any business outside the charmed communication circle.

All these factors have real significance for the economic, political and commercial relationships between developing and developed economies.

If EDI, with all its advantages, is largely confined to developed countries, the existing performance and prosperity gap is bound to widen.

Without EDI techniques and capabilities, the relatively scarce Third World resources in computer and telecommunication equipment are bound to yield unsatisfactory returns, in comparison with their European or North American counterparts.

Third World owners and users of substantial computer systems, and the daily increasing population of small office machines will be sadly handicapped if they cannot exploit the gearing effects of EDI in combining equipment, systems and information resources.

If developing countries cannot connect with EDI applications in richer economies they could find that their traders and carriers shift rapidly to the wrong side of a communications demarcation line, losing even existing business opportunities because they are unable to participate in or even access customers' commercial or administrative EDI networks.

In addition, developing countries are largely absent from the current intensive activity of EDI standards negotiation.

It may well be that the data elements, syntax rules and standard messages settled within the Economic Commission for Europe and confirmed by the necessarily superficial 'fast track' consultative procedures of the International Standards Organisation, will meet all Third World needs, but it is difficult to see how this process can continue without at least some risk of electronic imperialism.

The developed economies have almost equal cause for concern. It cannot be sensible for their manufacturers and service industries to spend very large amounts on highly disciplined and efficient EDI systems, only to find that these cannot interface with or operate in a great many countries which are often substantial customers as well as vital supply sources.

There is little point in cutting hours from transit times within developed economies if the same consignments then spend unpredictable days waiting for clearance at Third World frontiers or ports and airports.

Nor can governments in the world's richer capitals be happy at any new addition to the already glaring and frictional north-south economic and social differences.

The immediate need for action to avert EDI related differences and potential tensions arises in a fairly narrow development sector.

The very poorest countries are often too hard-pressed by famine or disaster to invest in any but the simplest computer systems. The most advanced are already fairly familiar with EDI techniques.

But in between these extremes there are far too many economies which are adding daily to an already substantial telematic investment without any real appreciation of the advantages and requirements of electronic data interchange.

What are the main elements of remedial action ?

They probably include a drive to alert potential beneficiaries to the nature and importance of EDI, and to provide essential information and technical assistance in support of resulting business and official interest. This should be followed, quite naturally, by a growing Third World influence on decision making in major issues of EDI policy.

Where would we find the necessary support and resources ?

International trade provides a particularly favourable environment within which to develop the necessary co-operation.

International traders, carriers and banks are in the forefront of EDI applications in developed economies, and, given the slightest lead and encouragement, should take every opportunity of extending these systems within host developing countries.

Any systematic, ordered effort to effect the necessary transfers of EDI technology will probably require both co-operation between relevant international organisations and competition between interested business sectors.

Some of the main organisational actors are already moving into position. The Customs Co-operation Council, grouping over 100 national Customs administrations, with headquarters in Brussels, can do much to sponsor EDI through appropriate formal Resolutions, backed by the influence and expertise of its Permanent Technical Committee.

Powerful leadership can be exerted by national Customs and Exchange control authorities. In developing countries these administrations are invariably among the first and largest users of in-house computer systems, because their principal concern — export and import trading — is usually the greatest single source of national revenue and external currency. This ensures a prior call on scarce resources to buy computer equipment and engage scarce expertise.

If these authoritative administrations use EDI to link their systems and then, as would be quite natural in most circumstances, extend this linkage to computer systems installed in ports and airports, they can form a solid and influential block of standard practice at the very heart of every international trade transaction.

Commercial users — traders, agents, inland carriers and banks — will be quick to take such authoritative hints and bring their own computer systems into line with the same EDI standards.

The International Data Exchange Association (IDEA), also centred on Brussels, is arranging to sponsor the formation of informal EDI Liaison groups in developing countries so that administrators and managers interested in computer applications may make and maintain contact with world-wide EDI developments.

A third, even more influential, Brussels based EDI ally could be the EEC Commission, which has already given strong public support to EDI techniques and standards and sees these as a heaven sent shortcut to the internal cohesion which must underlie the 1993 Single Market and a potent ingredient in the Community's external competitive ability thereafter.

Forthcoming discussions on the next Lome Convention could propose practical agreements to strengthen trading links by helping to extend EDI in interested ACP economies.

Aid and loan agencies and development banks — including the World Bank, the International Monetary Fund and United Nations Development Programme (UNDP) — can make an invaluable contribution to EDI take-up by sensitising client countries to likely benefits of EDI in maximising returns from a range of investments, including particularly port and airport improvements, export promotion and industrial restructuring, as well as telecommunications and computer projects.

A number of other major EDI influences can be brought into a broad current of North-South co-operation through a range of non-governmental international sectoral organisations, representing the world's airlines, shipowners, banks, forwarders, business leaders and other international trade participants.

My own organisation, the International Association of Ports and Harbors, is happy to be able to call on Mr. Suykens, Port Director, Antwerp, as Chairman of its Facilitation Committee, overlooking EDI port policy, and is fully committed to co-operation with other international bodies to bring maximum benefits to Third World ports and their trading communities.

Purely business initiatives are, by their very nature, more resistant to formal organisation or central stimulus. The main incentive must be competitive advantage.

Multinational companies are already alert to the central value of EDI techniques in every aspect of their operations. They are the storm troops of EDI standardisation and promotion campaigns in Europe and North America.

The recent move of the headquarters of the Roundtable of European Industrialists from Paris to Brussels may well offer an opportunity for them to consider, either internally, or in one of their frequent high-level consultations with the EEC Commission, how their world-wide investments, purchasing power and manufacturing capacity can be brought into play to support the extension of EDI techniques into relevant administrative and commercial activities in developing economies.

Banks could also be a potent commercial influence. The Society for Worldwide Interbank Financial Transactions (SWIFT), operating

from headquarters in Brussels, has already established a comprehensive inter-bank EDI payment system, which includes members in many developing countries.

While this is a neutral fund-transfer activity it would be appropriate for existing SWIFT members to support constructive EDI policies in the Third World and for the Society, as a whole, to pay particular attention to the desirability of promoting EDI standards and techniques at the banking-business interface.

Then there is the information industry itself — computer manufacturers, software houses, telecommunication services and value added network suppliers.

The past policy of certain market leaders has been to accentuate and preserve equipment incompatibilities.

But the name of the information game is now so obviously inter-communication and compatibility that policy makers in this enormously influential sector should be prepared to use all their global marketing and public relations resources to spread the key elements of EDI philosophy and practice as part and parcel of the attractions of their particular product or service.

Finally, it will be seen that many of the principal potential allies for extending EDI knowledge to the Third World have their headquarters or major outposts here in Belgium. The internationally strategic position of our European capital means that a relatively small circle of people, many of whom know each other personally, may often produce ideas and influences which can spread with great rapidity to every corner of our constantly shrinking globe.

Any effort to promote EDI in the Third World could gain much from understanding and support from such learned institutions as the Royal Academy of Overseas Sciences.

**Gedrukt op 31 augustus 1990
door drukkerij
Universa B.V.B.A., Wetteren**

**Achevé d'imprimer le 31 août 1990
par l'imprimerie
Universa B.V.B.A., Wetteren**