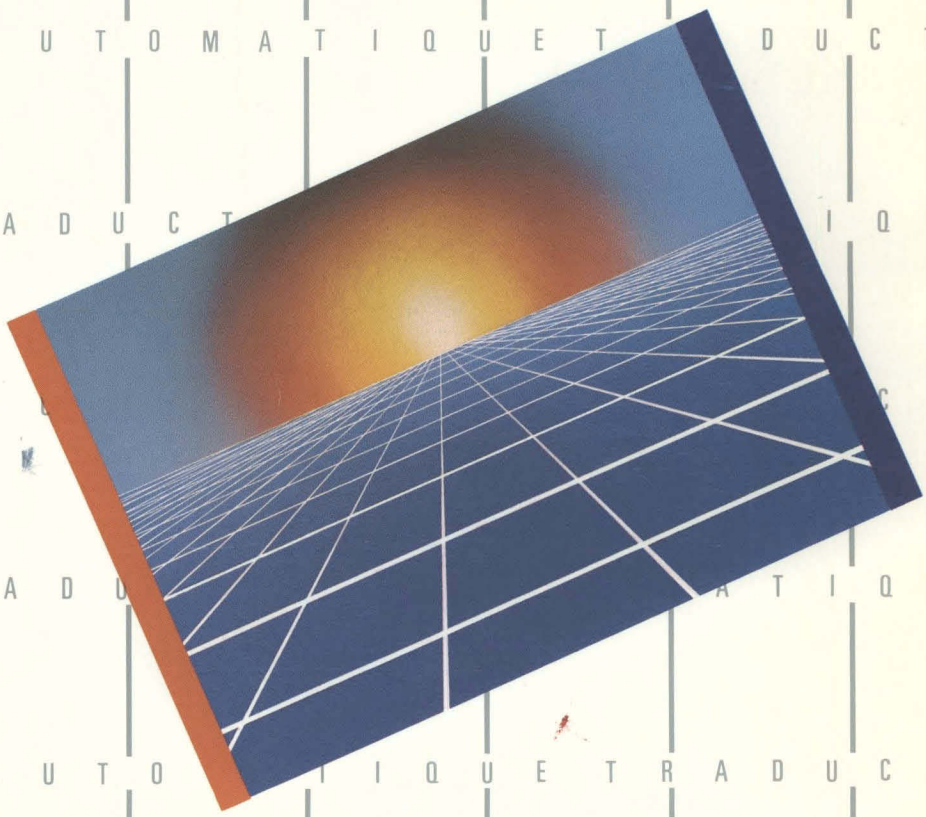
DOC-CR-TPA-85-003

La traduction automatique et le traitement des langues naturelles

Créneaux pour l'intelligence artificielle au Canada



QUEEN
P
91
.C655
N38514
1985

COGNOS

DOC-CR-TPA-85-003

P
91
C655
N385
1985

LA TRADUCTION AUTOMATIQUE ET LE TRAITEMENT DES LANGUES NATURELLES :

CRÉNEAUX POUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU CANADA

Industry Canada
LIBRARY
JUIL JUL 2 0 1998
BIBLIOTHEQUE
Industrie Canada

COMMUNICATIONS CANADA
JAN 2 1986
LIBRARY – BIBLIOTHÈQUE

RAPPORT COGNOS
February 1985

P91
C655
N385f
1985

DD 6010517
D2 6010526

RAPPORT D'UN CONTRAT D'ÉTUDE
OCTROYÉ PAR LE MDC

RÉF: ~~DOC-CR-84-048~~

MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS — OTTAWA — CANADA
DIVISION DE L'ÉVALUATION DE LA TECHNOLOGIE
ET DE LA PLANIFICATION DES APPLICATIONS

TITRE : LA TRADUCTION AUTOMATIQUE ET LE TRAITEMENT DES LANGUES NATURELLES : CRÉNEAUX POUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU CANADA

ENTREPRENEUR : COGNOS INCORPORATED
(et Canadian Artificial Intelligence Products Corp. comme sous-entrepreneur)

N° DE CONTRAT D'APPROVISONNEMENTS ET SERVICES :
12ST.36100-4-4098

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU MDC : DAVID WAUNG
Gestionnaire, Évaluation des systèmes de l'informatique, Division de l'évaluation de la technologie et de la planification des applications

CLASSIFICATION : NON CLASSIFIÉ

Le présent rapport expose les points de vue de ses auteurs. Sa publication ne constitue pas une sanction des résultats ni des conclusions. On peut se le procurer auprès du ministère des Communications et du Secrétariat d'Etat qui, conjointement, l'ont commandé ainsi que l'étude antérieure du traitement des langues naturelles et de l'intelligence artificielle dont il s'inspire.

Note : This report is also available in English under the title: "Machine Translation and Natural Language Processing: Opportunities for Artificial Intelligence in Canada".

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été rédigé par la société Cognos à partir de la documentation présentée par le sous-traitant, Canadian Artificial Intelligence Products Corporation.

Nous sommes particulièrement reconnaissants à M. Zenon Pylyshyn et M. John Shepherd pour leur synthèse de l'abondante matière contenue dans les six volumes originaux du rapport COGNOS.

RÉSUMÉ À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Un titre du Financial Post affirmait récemment que l'ordinateur pouvait désormais penser. Concrètement, cette assertion est à peine exagérée. Même si la science de la cognition ou de l'intelligence en est encore à ses débuts, les travaux réalisés au cours des vingt dernières années dans des laboratoires peu connus ont un effet concret énorme depuis six ans. On n'a qu'à penser aux sommes colossales que consacrent à la recherche et au développement en matière d'intelligence artificielle (IA), non seulement les pays de pointe au plan technologique comme les États-Unis, le Japon, le Royaume-Uni et la CEE, mais également ces entreprises perspicaces que sont la DEC, IBM, AT&T, Schlumberger, Siemens et leurs semblables. On peut également mentionner la vaste gamme d'applications commerciales actuellement rentables, même au niveau relativement élémentaire des outils d'usage courant. La plupart des produits commerciaux éprouvés sont le fruit d'une technologie mise au point il y a 10 ou 15 ans déjà. Ils ont pourtant un effet très marqué sur la productivité dans les secteurs allant des outils de conception d'ordinateurs à l'exploration minière. Lorsque les idées et la recherche des années 1980 se traduiront en systèmes commerciaux, l'effet sera encore plus spectaculaire.

En regard des autres pays industrialisés, le Canada a peu fait pour alimenter la recherche et le dévelopement à long terme ou pour se placer de façon à pouvoir tirer profit des débouchés commerciaux de l'avenir. Néanmoins, un rapport intitulé «Traitement automatisé des langues naturelles et intelligence artificielle» (le rapport Cognos) a été présenté au Secrétariat d'Etat et au ministère des Communications au début de 1984. On y évaluait la place du Canada par rapport aux pays industrialisés de pointe et on y faisait des recommandations au sujet des possibilités dont notre pays pourrait tirer parti à l'avenir dans le domaine des technologies de l'information de pointe. Le présent document résume les principales constatations et recommandations de ce premier rapport.

Le lecteur doit comprendre que ni le présent document ni le rapport original ne doivent être considérés comme une étude globale de l'intelligence artificielle (IA) ou comme une recommandation concernant la réaction du Canada aux diverses initiatives des autres pays en matière d'IA. Le mandat des rédacteurs du rapport précisait que ceux-ci devaient d'abord s'intéresser à la traduction automatique (TA) et, en second lieu, aux autres formes de traitement automatisé des langages naturels (TALAN). Malgré tout, les auteurs ont cru devoir mentionner, même brièvement, certains autres secteurs de l'intelligence artificielle. Et cela pour la simple raison que plusieurs de ces secteurs, comme la reconnaissance et la synthèse de la parole, la reconnaissance optique des caractères, certains systèmes d'analyse et de synthèse des textes, etc., sont à l'origine d'importants produits qui peuvent directement contribuer à rendre plus adaptables et plus largement utilisables les systèmes de TA et de TALAN.

L'immense impact social de la science et de la technologie naissantes tend à susciter une demande sans cesse accrue d'outils plus puissants et plus polyvalents qui puissent faciliter la gestion du flot d'information. On voit déjà clairement les formes que prendra cette demande et d'où viendra vraisemblablement la réponse : elle viendra des systèmes automatisés permettant non seulement de stocker et de consulter les informations, mais aussi de les comprendre et de les utiliser pour prendre des décisions. Certains parlent déjà de la «deuxième révolution informatique», plus importante que la première, elle-même à l'origine de l'automatisation des tâches simples et répétitives. En effet, cette deuxième révolution s'intéresse plus directement à cet important avoir humain qu'est la connaissance, fondement de toute prise de décision, planification ou productivité et, de ce fait, elle rapproche les aptitudes intellectuelles de l'homme de celles de l'ordinateur.

Du point de vue économique, il est évident que les technologies reliées à l'IA sont des moteurs-clés de l'ère de l'information, et un récent sondage révélait que le marché américain des produits et services d'IA passerait de 66 $ millions en 1983 à environ 8 500 $ millions en 1993. D'ici là, on prévoit que le principal groupe d'utilisateurs (45 %) se composera des «bureaux», tandis que les foyers compteront pour 30 %. L'effet économique global de ces développements devrait, au cours des 7 prochaines années, dépasser les 6 $ milliards en R&D seulement, dont une part très importante sera consacrée à la mise au point de logiciels.

À mesure que l'économie industrielle moderne se muera en «société d'information», la période de transition nécessaire à chaque pays décidera de sa compétitivité sur le plan de la performance économique. C'est la reconnaissance de l'importance critique de ce processus qui est à l'origine de la multiplicité des programmes nationaux d'envergure en matière d'IA, et qui rend indispensables, dans le cas du Canada, une accélération des efforts et la recherche d'applications pertinentes. Ce sont en réalité les conséquences économiques positives ou négatives des technologies de l'information qui suscitent une concurrence internationale serrée dans le domaine de l'IA. Le Japon, le Royaume-Uni, les États-Unis et d'autres pays ont tous pris d'importants engagements budgétaires à long terme dans le but de s'assurer une place sur le marché à l'ère de l'information. Dans chaque cas, l'impulsion donnée à l'IA par les programmes des divers pays est essentielle au développement de technologies de l'information de pointe et permet à ces pays de profiter de l'élan créé par des initiatives d'une telle ampleur. De plus, ces programmes présentent certaines caractéristiques communes dont le Canada pourrait s'inspirer :

- La durée et la portée de ces programmes sont invariablement étendues. Néanmoins, vu qu'ils visent une certaine exploitation commerciale, ils comportent des objectifs secondaires à court terme.
- Tous ces programmes nationaux exigent ou supposent une grande coopération entre le gouvernement, les universités et le monde industriel.
- Les programmes nationaux sont entièrement dirigés par les gouvernements, sauf aux États-Unis où l'on a adopté une démarche quelque peu différente.
- Tous ces programmes nationaux exigent une mise en oeuvre et une exécution rapides. Au Canada, nous devrions donc envisager de nous fixer rapidement des objectifs expérimentaux et de procéder à des achats stratégiques dans le but de créer la dynamique nécessaire.
- Les programmes de chaque pays tendent à s'inspirer de la façon de faire de chacun.

Au Canada, il n'y a actuellement ni plan national ni incitation orientée dans ce domaine. Néanmoins, notre pays possède une somme considérable de compétences, d'intérêts, d'activités et de réalisations ponctuelles d'importance mondiale. Le présent rapport précise les critères d'évaluation des débouchés. Si nous examinons à leur lumière les ressources actuellement disponibles au Canada, tant du point de vue de la compétence que de l'intérêt, et si nous les répartissons entre les secteurs universitaire, industriel et gouvernemental, nous constatons :

- qu'il existe une somme considérable de compétences universitaires;
- que l'intérêt des organismes gouvernementaux est considérable;
- que l'industrie canadienne du logiciel peut tirer profit de ces deux secteurs.

Cependant, l'absence d'une impulsion suffisante dans un avenir très rapproché poussera probablement les compétences existantes à s'expatrier, en raison des perspectives plus attrayantes offertes par ailleurs dans le monde. Le Canada doit éviter une «fuite des cerveaux» semblable à celle qui s'est produite entre le Royaume-Uni et les États-Unis dans les années 1950.

L'impact social de la technologie de l'intelligence artificielle est difficile à distinguer des changements plus généraux qui sont implicites à l'ère de l'information. Au cours des dix prochaines années, et à mesure que les diverses technologies de l'information seront généralement intégrées, la structure sociale de chaque facette de notre économie industrielle et une grande partie de notre style de vie personnel et privé seront fortement modifiées par la diffusion généralisée de la puissance informatique.

Il faut voir l'intelligence artificielle dans ce contexte général. Dans le cadre des répercussions sociales, le principal aspect de l'intelligence artificielle est peut-être relié au traitement automatisé des langages naturels (TALAN). Plutôt que de supporter les limites imposées par l'interface de programmation classique, le TALAN permettra une auto-adaptation complète et directe de l'ordinateur à la communication humaine, et toute la société pourra alors profiter de la puissance informatique.

Dans notre rapport, nous avons traité de certains changements qui ne peuvent manquer de survenir. De fait, nombre d'entre eux ont déjà commencé à se manifester. Au cours des années 1990, à mesure que le TALAN et d'autres événements reliés à l'IA auront mûri, l'évolution ira en s'accélérant. Dans ce contexte, la société voudra mieux contrôler les processus évolutifs et en attendra des avantages plus visibles. Le défi de la prochaine décennie consistera à provoquer des réactions institutionnelles face aux exigences de la société. Il faudra des mécanismes politiques et sociaux appropriés pour assurer le renforcement du tissu social plutôt que son affaiblissement par le caractère transformateur des technologies de l'IA.

Notre étude de la traduction automatique, du traitement automatisé des langages naturels et de l'intelligence artificielle repose sur notre perception d'une technologie transformatrice rendue à un stade de développement explosif. La combinaison du progrès scientifique, du financement accéléré et des possibilités énormes quant à l'augmentation de la productivité dans de si nombreux secteurs de l'activité économique a donné lieu à des efforts soutenus dans le monde entier en vue d'atteindre le leadership technique et de s'assurer une place de choix au plan de la concurrence. Nous constatons aussi que les principaux pays industrialisés adoptent actuellement de vastes programmes de recherche et de développement à long terme.

Sur le plan des technologies de pointe, le Canada possède une abondance de talents en recherche scientifique et d'aptitudes reconnues en TA, ainsi que les prémices d'une industrie du logiciel. De plus, du côté de la demande, il y a manifestement au Canada de grands besoins qui pourraient servir de stimulants commerciaux à des programmes de développement en traduction automatique et en traitement automatisé des langages naturels. Pour

ces raisons, et nonobstant l'âpreté de la concurrence, le Canada est stratégiquement bien placé pour s'assurer des créneaux commerciaux et techniques de premier ordre à l'ère de l'information.

Pour mieux saisir ces occasions, il faut concentrer les objectifs de la TA et du TALAN, s'efforcer sans relâche d'atteindre le leadership technologique et accaparer une place sur le marché, puis regrouper les talents canadiens en recherche, développement et commercialisation autour d'objectifs déterminés reliés à des produits précis. Cette impulsion est bien trop cruciale pour être laissée au gré du secteur privé et au penchant des universités pour la recherche. Le gouvernement doit fixer des objectifs nationaux valables, fournir des crédits d'incitation et offrir des mécanismes d'acquisition afin d'encourager l'action collective de l'industrie et des universités. En appuyant des Canadiens qui ont fait leurs preuves et en soutenant des entreprises technologiques en herbe, notre gouvernement peut créer un climat propice au succès futur du Canada sur le marché mondial.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé à l'intention de la direction

Chapitre		Page
1.	INTRODUCTION ET ÉLÉMENTS DE BASE	1
1.1	Objectifs du rapport	1
1.2	Structure du rapport	2
2.	NOUVELLES ORIENTATIONS EN MATIÈRE D'IA	5
2.1	Historique	5
2.2	Progrès scientifiques et techniques	5
2.2.1	Résumé des orientations actuelles et futures	5
2.2.2	Facteurs qui façonnent le domaine	7
2.2.3	La barrière de complexité	9
2.2.4	Stratégies pour surmonter la barrière de complexité	12
3.	ASPECTS ÉCONOMIQUES DE L'IA	15
3.1	Historique	15
3.2	Aspects économiques généraux de l'IA	15
3.3	Programmes IA des autres pays	20
3.3.1	Japon	21
3.3.2	États-Unis	22
3.3.3	Royaume-Uni	24
3.3.4	Autres pays européens	25
3.3.5	Commission économique européenne	26
3.3.6	Récapitulation	27
3.4	Programmes IA au Canada	28
3.5	Récapitulation	30
4.	POSSIBILITÉS QUI S'OFFRENT AU CANADA	31
4.1	Historique	31
4.2	Définition des possibilités	31
4.3	Compétences et intérêts existants	32
4.3.1	Compétences universitaires en matière d'IA	32
4.3.2	Activités en IA dans la fonction publique fédérale	34
4.3.3	Initiatives dans le domaine de l'IA au sein de l'industrie informatique canadienne	35
4.4	Principaux domaines d'application	36
4.4.1	Traduction automatique	36
4.4.2	Traitement automatisé des langages naturels	38
4.4.3	Systèmes experts	39
4.4.4	Vision automatique	40
4.4.5	Interface homme-machine	41
4.5	Récapitulation	42

Chapitre		Page
5.	ASPECTS SOCIAUX DE L'IA	45
5.1	Historique	45
5.2	L'IA, technologie transformatrice	45
5.3	Dynamique de l'intelligence humaine et de l'intelligence artificielle	46
5.4	Répercussions sociales de l'IA	47
6.	RECOMMANDATIONS	51
6.1	Principales recommandations	51
6.2	Situation avantageuse du Canada	52
6.3	Perspectives de succès	54
6.4	Conclusions	55

ANNEXES

ANNEXE A : Aperçu scientifique et technique
ANNEXE B : Tableaux de référence
ANNEXE C : Glossaire
ANNEXE D : Liste sélective de rapports représentatifs

FIGURES ET TABLEAUX

Figure

1	Structure du rapport	3
2	Techniques et applications communes de l'IA	6
3	Facteurs qui façonnent le domaine de l'IA	8
4	Interaction des forces à l'oeuvre dans le domaine de l'IA	9
5	La barrière de complexité	11
6	Comment surmonter la barrière de complexité	13
7	Eléments du marché de l'IA	16
8	Prévisions au sujet des produits et services IA, 1983-1993	17
9	Prévisions au sujet des ventes de logiciel IA, 1983-1993	18
10	Produits et services IA par segment du marché, 1983-1993	19
11	Crédits prévus et affectés à la recherche permanente en matière d'IA	21
12	Caractéristiques des autres programmes nationaux	28
13	Définition des possibilités	32
14	Dynamique de l'intelligence humaine et de l'intelligence artificielle	47
15	Bilan des répercussions sociales	49
16	Possibilités qui s'offrent au Canada dans les principaux secteurs de l'IA	53
17	Catégories générales de systèmes experts	A-2
18	Eléments d'un système expert	A-3

Tableaux

B-1	Principaux outils et systèmes experts	B-1
B-2	Capacité de recherche des universités canadiennes en TA, TALAN et en IA	B-3
B-3	Répertoire des systèmes de TA opérationnels	B-6
B-4	Systèmes prototypes de TA de nouvelle génération	B-8

Chapitre 1

Introduction et éléments de base

1.1 Objectifs du rapport

Dans le présent rapport sont résumées, mises à jour et précisées certaines des constatations du rapport sur le traitement automatisé des langues naturelles et l'intelligence artificielle, présenté au Secrétariat d'Etat et au ministère des Communications en février 1984. Ce rapport initial est l'oeuvre de la société Cognos qui s'était prévalue des services de sous-traitance de Nordicity Group, Socioscope, Continuum et d'un groupe de professeurs de quatre universités canadiennes. Etant donné que la version originale comportait 6 volumes et 580 pages, la présente synthèse a été faite en vue d'une diffusion plus générale. Une bibliographie est présentée à la fin du texte, à l'intention de ceux qui souhaiteraient approfondir les sujets traités dans le rapport ou qui s'intéresseraient aux faits et statistiques présentés à l'appui de certains arguments.

Il importe de préciser que ni le présent document ni le rapport original ne doivent être considérés comme une étude globale de l'intelligence artificielle (IA) ou comme une recommandation concernant la réaction du Canada aux diverses initiatives des autres pays en matière d'IA. Le mandat des rédacteurs du rapport précisait que ceux-ci devaient d'abord s'intéresser à la traduction automatique (TA) et, en second lieu, aux autres formes de traitement automatisé des langages naturels (TALAN). Malgré tout, les auteurs ont cru devoir mentionner, même brièvement, certains autres secteurs de l'intelligence artificielle. **Et cela pour diverses raisons; en premier lieu plusieurs de ces secteurs, comme la reconnaissance et la synthèse de la parole, la reconnaissance optique des caractères, certains systèmes d'analyse et de synthèse des textes, etc., sont à l'origine d'importants produits qui peuvent directement contribuer à rendre plus adaptables et plus largement utilisables les systèmes de TA et de TALAN.**

En deuxième lieu, les auteurs du rapport se sont intéressés aux progrès en matière d'IA parce qu'ils estimaient que pour faire avancer la TA et le TALAN, il faudrait recourir à de nombreuses techniques mises au point dans d'autres secteurs de l'IA. En effet, il faudra faire appel à des méthodes d'IA à base de connaissances, comme celles qui ont été mises au point à l'occasion de la conception des systèmes experts, de même qu'aux interfaces intelligentes et peut-être même à certaines nouvelles architectures de matériel comme celles qui sont à l'étude dans divers laboratoires d'intelligence artificielle.

En troisième lieu, nous considérons que l'on ne peut réaliser des progrès significatifs et durables dans les domaines de la TA et du TALAN, sans percées parallèles dans le domaine de l'IA lui-même. Par conséquent, toute initiative nationale en vue de mettre au point la TA doit s'inscrire dans le cadre d'un effort national de stimulation de la recherche en IA.

Enfin, si les auteurs du présent rapport ont relié la TA et le TALAN à l'IA, c'est qu'il y a d'importantes leçons à tirer de l'expérience acquise dans les divers secteurs de l'intelligence artificielle. Ainsi, il y a beaucoup à apprendre au sujet des facteurs qui déterminent comment et où la faisabilité technique et la demande du marché se rencontrent, de la nature des facteurs qui contribuent au succès des entreprises à la fine pointe de la production de logiciels et de l'importance de l'aide que l'on peut attendre des innovations en matière de technologies du matériel et du logiciel ou de la recherche fondamentale consacrée à des questions reliées aux tâches qu'exécutent les traducteurs humains.

Il faut absolument reconnaître que l'IA est un secteur technologique en pleine croissance et que le succès dans ce domaine pourrait bien être la clé de l'indépendance nationale sur le plan technologique. **Pour y parvenir, il faut s'engager sans tarder en faveur de la recherche et du développement, et tous les efforts en ce sens doivent être coordonnés en vue de tirer parti des points forts actuels du Canada eu égard aux initiatives déjà prévues ou mises en oeuvre dans les autres pays.**

1.2 Structure du rapport

Le reste du rapport se divise en cinq chapitres qui peuvent être lus séparément mais qui, pris l'un à la suite de l'autre, constituent un aperçu global des principaux secteurs de l'IA et de leurs répercussions au Canada.

Les chapitres deux et trois traitent des nouvelles orientations en IA, surtout par rapport à la TA et au TALAN. Ces deux chapitres s'intéressent principalement aux :

- progrès scientifiques et techniques,
- aspects économiques.

Le chapitre quatre porte sur les principales possibilités dont le Canada a déjà tiré parti ou qui restent encore à exploiter. Ces débouchés sont mentionnés dans le cadre des disciplines de l'IA, énoncées au chapitre deux, et ils sont présentés dans le même ordre que celles-ci.

Le chapitre cinq, quant à lui, traite de certains aspects sociaux des développements de l'IA, en s'attardant particulièrement sur son effet possible sur la main-d'oeuvre. Bien que les connaissances dans ce domaine soient encore minces, on constate de plus en plus que les nouvelles technologies révolutionnaires doivent être adoptées avec prudence et, sous ce rapport, l'IA ne constitue pas une exception.

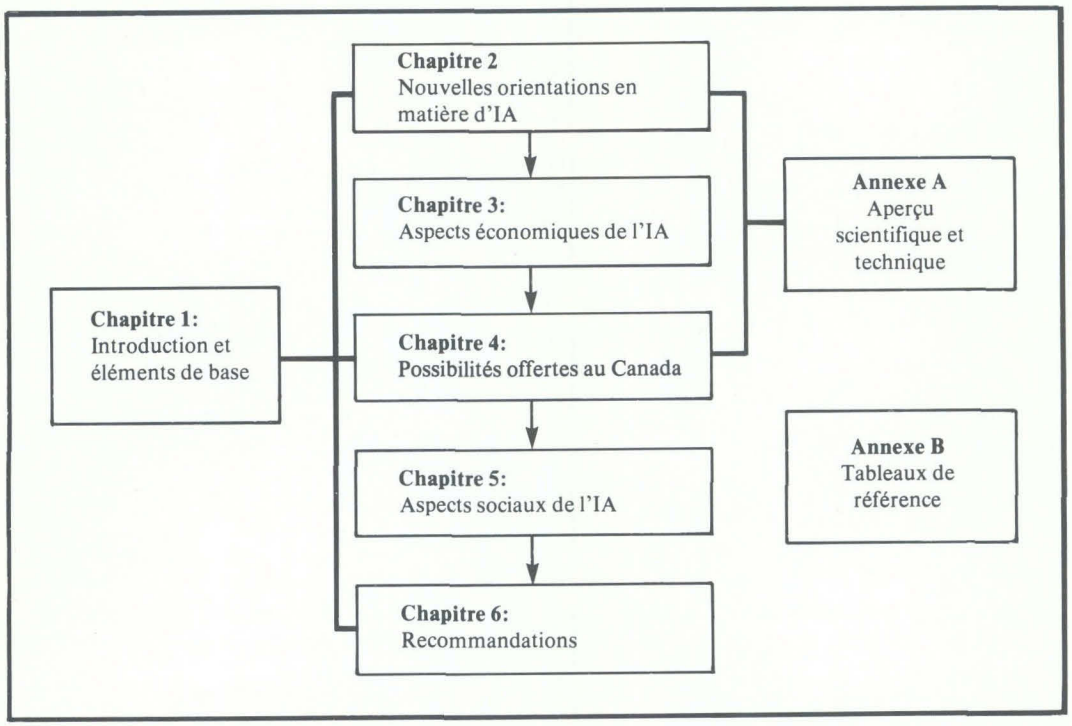
Le sixième et dernier chapitre énonce des recommandations précises à l'intention du Secrétariat d'Etat (SE) et du ministère des Communications (MDC). Ces recommandations visent à favoriser la meilleure utilisation possible des ressources canadiennes dans les domaines de la TA et du TALAN dans le but de tirer profit des points forts du Canada et des débouchés pressentis.

De plus, l'annexe A renferme un aperçu général de secteurs choisis de l'IA, vus sous l'angle du progrès scientifique et technique. Les auteurs du rapport y citent des faits réels pour illustrer l'état des connaissances actuelles et, après avoir présenté des solutions concrètes déjà mises au point, ils s'attardent en particulier sur quatre disciplines principales reliées à l'IA :

- La traduction automatique,
- Le traitement automatisé des langages naturels,
- La perception automatique,
- Les systèmes experts et le génie de la connaissance.

Les annexes B et C, quant à elles, renferment les tableaux de référence et le glossaire des acronymes reliés à l'IA. Enfin, le rapport se termine par une bibliographie de référence choisie.

Figure 1: Structure du rapport



Chapitre 2

Nouvelles orientations en matière d'IA

2.1 Historique

Le présent chapitre vise à préciser les orientations que l'IA devrait prendre à court et à moyen termes. L'accent est mis sur les éléments de ce secteur qui intéressent à la fois la traduction automatique et le traitement automatisé des langages naturels. Ce chapitre comprend trois parties, à savoir :

- **Regard sur certains aspects scientifiques et techniques de l'IA, sur ce qui se passe dans ce secteur et sur l'intérêt considérable qu'il semble susciter.**
- **Examen des facteurs qui façonnent actuellement ce domaine, où l'on distingue de façon aussi précise que possible entre la cause et l'effet.**
- **Analyse de quelques difficultés très réelles que pose l'application de la théorie et, pour conclure, aperçu de quelques-unes parmi les meilleures méthodes utilisées à ce jour pour résoudre ces difficultés.**

Après avoir terminé la lecture de cette partie, on devrait mieux comprendre pourquoi la technologie de l'information de pointe, et surtout l'IA, suscitent tant d'intérêt à l'heure actuelle. On devrait également être sensibilisé à certaines difficultés technologiques et avoir bien saisi comment elles sont abordées à l'heure actuelle.

2.2 Progrès scientifiques et techniques

Cette partie présente, en premier lieu, les orientations actuelles de l'IA et celles que l'on envisage déjà. Puis, les auteurs du rapport s'arrêtent aux divers facteurs qui façonnent ce domaine et qui influent sensiblement sur les orientations qu'il pourrait prendre. Enfin, il y est question des difficultés techniques susceptibles d'affecter le rythme de croissance et de compromettre le succès dans le domaine de l'IA.

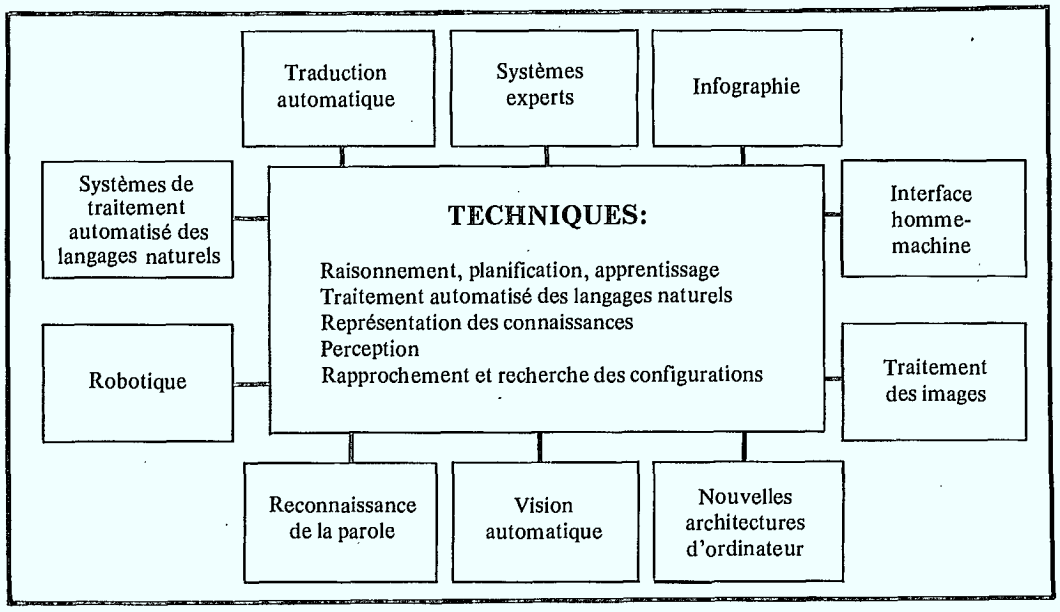
Nombre de tendances nouvelles et de corrélations entre la théorie et la pratique, étudiées dans le présent rapport, sont illustrées à la Figure 2.

2.2.1 Résumé des orientations actuelles et futures

Un titre du Financial Post affirmait récemment que l'ordinateur pouvait désormais penser. Concrètement, cette assertion est à peine exagérée. Même si la science de la cognition ou de l'intelligence en est encore à ses débuts, les travaux réalisés au cours des vingt dernières années dans des laboratoires peu connus ont un effet concret énorme depuis six ans. On n'a qu'à penser aux sommes colossales que consacrent à la recherche et au développement en matière d'IA, non seulement les pays de pointe au plan technologique comme les États-Unis, le Japon, le Royaume-Uni et la CEE, mais également ces entreprises perspicaces que sont la DEC, IBM, AT&T, Schlumberger, Siemens et leurs emblables. On peut également mentionner la vaste gamme d'applications commerciales actuellement rentables, même au niveau relativement élémentaire des outils d'usage courant. **La plupart des produits commerciaux éprouvés sont le fruit d'une technologie mise au point il y a 10 ou 15 ans déjà. Ils ont pourtant un effet très marqué sur la productivité dans les secteurs allant des**

outils de conception d'ordinateurs à l'exploration minière. Lorsque les idées et la recherche des années 1980 se traduiront en systèmes commerciaux, l'effet sera encore plus spectaculaire.

Figure 2: Techniques et applications communes de l'IA



À mesure que la société fait de plus en plus appel à la technologie, elle suscite une demande sans cesse accrue d'outils plus puissants et plus polyvalents qui puissent faciliter la gestion de sa propre explosion au chapitre de l'information et de la complexité. Ce faisant, elle contribue à répandre chez ses citoyens les fruits de la technologie. **On voit déjà clairement les formes que prendra cette demande et d'où viendra vraisemblablement la réponse: elle viendra des systèmes automatisés permettant non seulement de stocker et de consulter les informations, mais aussi de les comprendre et de les utiliser pour prendre des décisions.** Certains parlent déjà de la «deuxième révolution informatique», plus importante que la première, elle-même à l'origine de l'automatisation des tâches simples et répétitives. En effet, cette deuxième révolution s'intéresse plus directement à cet important avoir human qu'est la connaissance, fondement de toute prise de décision, planification ou productivité et, de ce fait, elle rapproche les aptitudes intellectuelles de l'homme de celles de l'ordinateur.

Comme on peut le constater à la lecture des journaux et des revues, ce genre d'évolution se généralise rapidement. Les entreprises en sont conscientes, et elles tentent désespérément de renforcer leurs compétences en IA; les investisseurs flairent l'occasion, et ils misent sur des entreprises de démarrage en IA à un rythme sans précédent; les étudiants ont compris la situation, et ils sont toujours plus nombreux à vouloir obtenir une formation très recherchée, malgré la pénurie aiguë de professeurs qualifiés. **Vu les succès enregistrés**

jusqu'ici, dont beaucoup sont mentionnés dans le présent rapport, et les pressions qui s'accentuent rapidement, comme celles que l'on vient d'énumérer, il n'y a aucun doute que l'IA demeurera une technologie dominante pendant des décennies.

Bien entendu, la publicité et l'enthousiasme ont également attiré leur part de charlatans, et de nombreux produits actuellement commercialisés comme relevant de l'IA n'ont en commun avec celle-ci que leur aspect publicitaire. Il en va de même de ces investisseurs qui risquent d'être victimes de rêves et de représentations qui ne seront pas suivis de réalisations concrètes. Néanmoins, les sérieux besoins quant à la gestion de volumes sans cesse accrus d'information dans un monde automatisé garantissent la réalisation de progrès, de plus en plus vite et avec de plus en plus de succès. À l'heure actuelle, c'est l'IA qui passe pour la clé de voûte de la technologie de l'information de pointe.

Pour répondre à la demande de systèmes plus perfectionnés de stockage et de traitement de l'information, les universitaires et les entreprises ont lancé une vaste gamme d'initiatives commerciales et de recherche. **Bien qu'elles soient de nature bien précise, ces initiatives comportent des classifications ou thèmes communs qui leur permettent de se soutenir mutuellement.**

2.2.2 Facteurs qui façonnent le domaine

À ce stade, il est utile d'énumérer brièvement certains des facteurs mentionnés en rapport avec les progrès de l'IA et du TALAN et qui ont contribué aux succès récemment enregistrés. Il convient de se poser la question suivante : que s'est-il passé au cours des dernières années pour permettre une évolution aussi positive après tant d'années de performance médiocre dans le meilleur des cas? (Voir exemples à l'annexe A.)

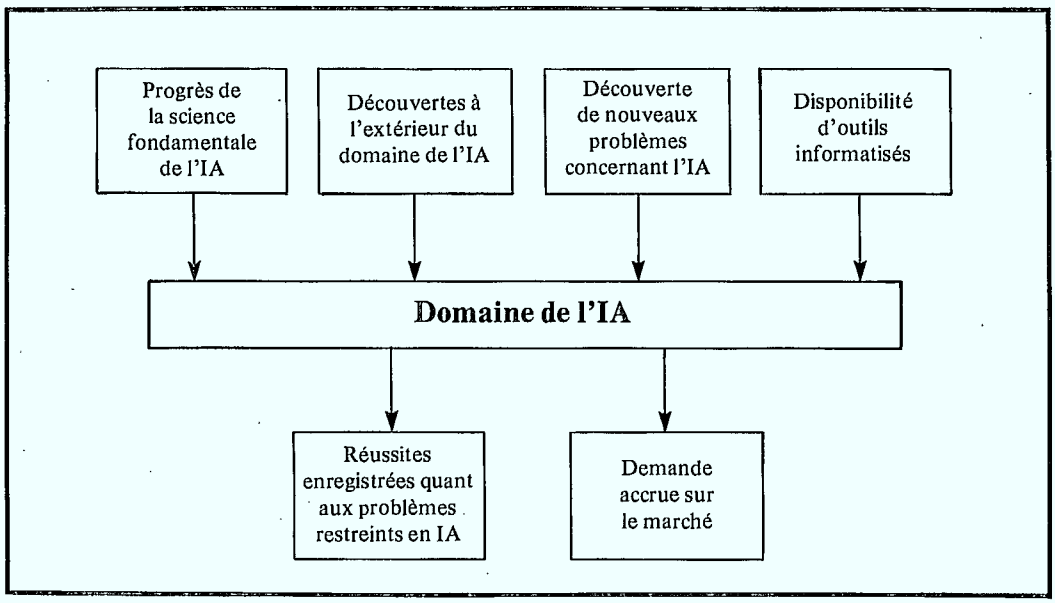
La réponse réside sans doute en partie dans le financement considérable assuré à la recherche en IA aux États-Unis au cours des dix dernières années par l'intermédiaire de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Mais il existe un autre élément de réponse : les ressources informatiques, qui étaient jusqu'ici beaucoup trop coûteuses pour servir à la recherche en IA, sont maintenant de plus en plus accessibles par suite de la chute spectaculaire des coûts de traitement. Enfin, plusieurs autres facteurs ont déterminé le moment auquel les réalisations sont intervenues. En voici quelques-uns dont l'effet a été ressenti dans certains, sinon dans la totalité des cas :

- **Le progrès de la science fondamentale de l'intelligence artificielle, qui a abouti à la découverte de nouveaux principes et de nouvelles techniques permettant de faire fonctionner les machines de façon intelligente.**
- **La découverte de principes fondamentaux dans d'autres domaines que l'IA, tels que la linguistique formelle et la logique mathématique,** qui ont permis la mécanisation des problèmes dans ces divers champs d'application.
- **La découverte d'une série de problèmes qui semblent relever du domaine de l'IA, mais qui sont absorbés par de nouvelles analyses et méthodologies techniques** (p. ex., l'infographie).
- **La disponibilité de certains outils de calcul qui favorisent l'élaboration de systèmes informatiques plus complexes.** Il s'agit autant de mécanismes

très généraux tels que les langages évolués (comme LISP et PROLOG) que de systèmes d'élaboration plus spécifiquement axés sur l'IA comme ceux que renferme le tableau B-1 (annexe B).

- **La détermination de certains problèmes de nature suffisamment restreinte mais concrète où les limites des approches existantes n'ont aucune incidence** (p. ex., l'interrogation des bases de données en langages naturels).
- **Une demande accrue sur le marché : la multiplication rapide des technologies à base de connaissances a suscité une grande demande quant au traitement intelligent de ces connaissances et à la diffusion plus générale de celles-ci parmi les utilisateurs non spécialisés.**

Figure 3: Facteurs qui façonnent le domaine de l'IA



Ces facteurs ont donné lieu à une application plus étendue de principes jusqu'ici demeurés largement théoriques. La puissance brute des systèmes informatiques a déjà produit une explosion au niveau de l'information susceptible d'offrir à toute personne plus de faits qu'il ne serait possible de prendre en considération au sujet d'une même question. La seule solution à cette difficulté consiste à accroître la capacité des systèmes informatiques au point qu'ils puissent réduire les données au minimum pertinent ou simplement les résumer avec exactitude.

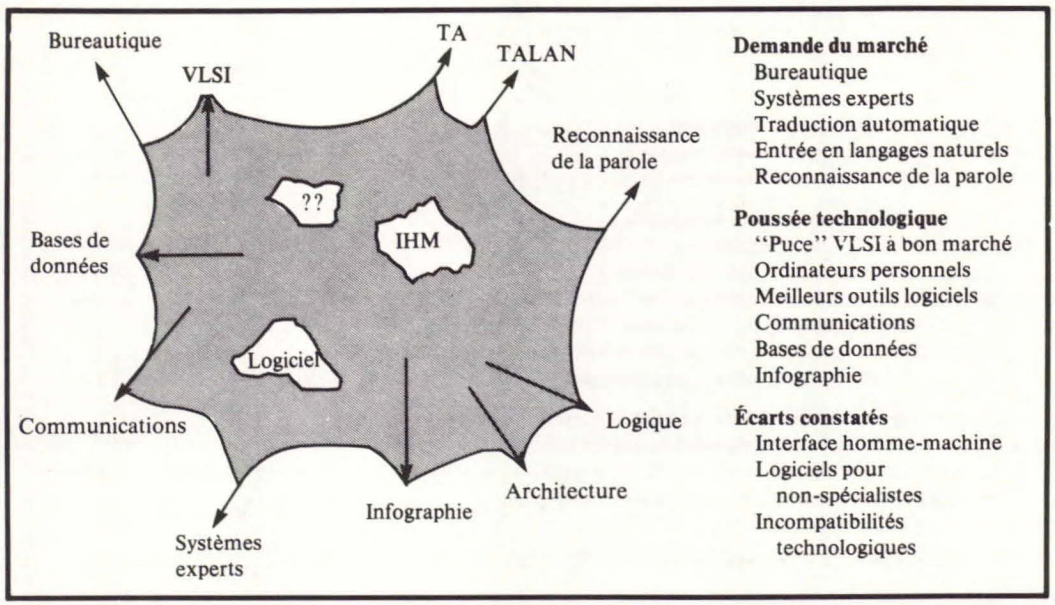
Simultanément, l'utilisation généralisée de matériel informatique, qui a pris des proportions sans précédent depuis l'avènement de la «puce» au milieu des années 1970, a éliminé le besoin d'une formation poussée dans le cas des utilisateurs. **Il faut à présent fournir des**

interfaces homme-machine simples qui, selon toute vraisemblance, pourront instruire les utilisateurs.

En outre, l'augmentation ininterrompue du nombre d'utilisateurs crée une demande de nature à stimuler le secteur privé. À son tour, ce secteur a bénéficié du coût sensiblement réduit et de la maniabilité de systèmes informatiques puissants qui permettent de mettre au point des produits destinés aux utilisateurs effectifs. Cette évolution a par ailleurs eu pour effet de favoriser un retour au principe du petit entrepreneur «de sous-sol» puisqu'un nombre croissant d'individus peuvent à présent mettre en pratique leurs théories sans soutien extérieur. Par conséquent, de nouvelles idées peuvent ainsi surgir spontanément dans ce domaine. Après tout, l'une des deux applications les plus courantes dans le domaine des systèmes micro-informatiques n'est qu'une sorte de chiffrier. C'est un étudiant en administration qui en a décelé le besoin et a découvert la solution.

En résumé, des forces prodigieuses et significatives sont à l'oeuvre dans le domaine de l'IA. La Figure 4 en illustre quelques-unes et signale certaines des lacunes qui surviennent lorsque la demande du marché devance la poussée technologique.

Figure 4: Interaction des forces à l'oeuvre dans le domaine de l'IA



2.2.3 La barrière de complexité

L'un des principaux obstacles à n'importe quel progrès est précisément l'objet auquel doivent répondre les techniques IA, à savoir la complexité du problème. À l'heure actuelle, les systèmes informatiques exécutent des opérations relativement simples à grande vitesse, mais ils sont devenus si complexes qu'il est difficile de les maîtriser et de les

comprendre. L'exécution de tâches de plus en plus sophistiquées va exiger des systèmes éminemment complexes; d'où l'apparition d'une barrière de complexité au regard de l'approche classique adoptée pour résoudre les problèmes.

Jusqu'ici, il a été possible de répartir les tâches entre les ingénieurs électroniciens, chargés de concevoir et de fabriquer le matériel informatique, et les ingénieurs en logiciel, chargés de concevoir et d'élaborer les programmes de commande. L'avantage à cela, c'est qu'une fois le problème clairement défini, on était en présence d'une tâche technique contrôlable qui visait à créer un outil informatique adapté à l'exécution du travail. À l'heure actuelle, l'extrême complexité des dispositifs microélectroniques a pour résultat de placer les ingénieurs face à des problèmes qu'ils ne peuvent régler sans le secours de systèmes informatiques complexes. Le fardeau tombe alors sur les épaules des concepteurs de systèmes.

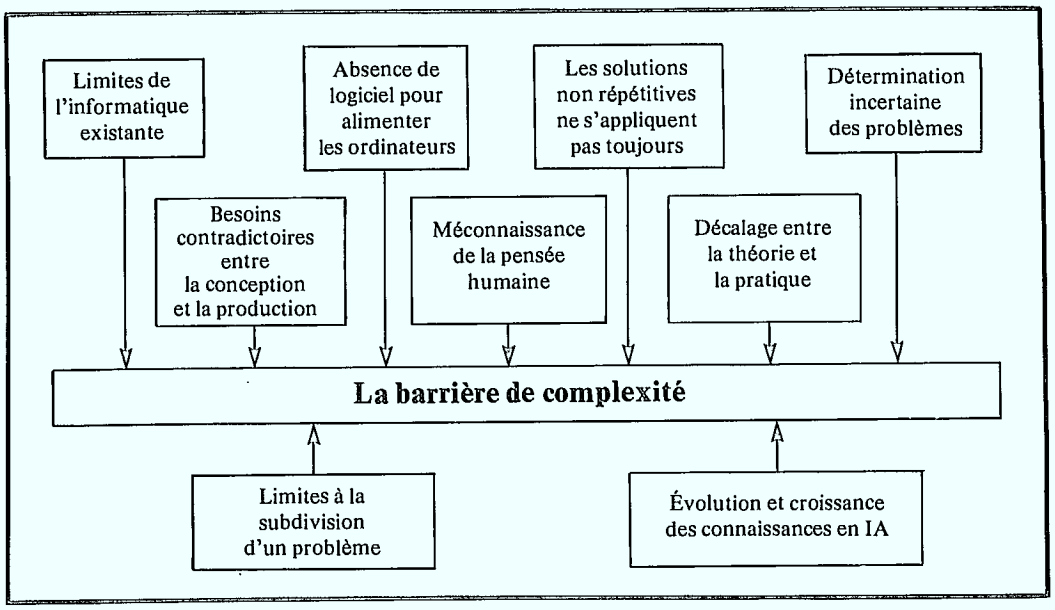
Ces difficultés sont désignées globalement par l'expression 'barrière de complexité', mais elles peuvent être énumérées individuellement.

- **Les problèmes étudiés peuvent être simples au plan de la pensée, mais ils sont invariablement très vastes si on les considère à la lumière des capacités et des techniques informatiques existantes.**
- **Lorsqu'on passe de mécanismes simples à des processus complexes, analogues à ceux de la pensée humaine, on constate qu'on ne sait ni comment les gens se représentent la connaissance ni comment ils pensent.** Par conséquent, toutes les approches comportent un élément expérimental de taille qui, à son tour, accroît le fardeau du concepteur de systèmes.
- **Parce qu'il est encore impossible de définir les mécanismes requis avec un certain degré de certitude, il est également impossible de se décharger de ces problèmes sur les ingénieurs électroniciens.** Par ailleurs, si l'on consacre tous les efforts au logiciel, on augmente la taille et la complexité des programmes et on accroît sensiblement la puissance brute des ordinateurs pour les exploiter.
- En présence d'une demande de puissance informatique mal précisée mais très largement accrue, **les ingénieurs électroniciens ont dû mettre au point de nouvelles architectures d'ordinateur. Ils y ont réussi en reliant parallèlement un certain nombre de dispositifs informatiques bien connus pour former un ensemble composite dont la puissance est sensiblement accrue.** Néanmoins, pour exploiter réellement cette puissance qui se présente sous une forme si nouvelle, il faut mettre au point des outils logiciels complexes et une série de principes mathématiques sûrs qui permettent de décrire le processus.
- **Etant donné que la pratique et la théorie se développent en parallèle, on constate souvent des manques de concordance inévitables.** Voilà une autre dimension au problème de la création de systèmes valables.
- **La décomposition de problèmes en éléments plus facilement contrôlables présente une autre difficulté si les connaissances doivent être partagées par différentes composantes du système.** Plus il y a de petits éléments,

plus il est difficile de les faire fonctionner de concert. Il y a une limite concrète très réelle quant au nombre d'éléments découlant de la subdivision d'un problème.

- **La connaissance humaine et les schémas de pensée ne sont jamais statiques, mais toujours en croissance et en mouvement. Les systèmes d'intelligence artificielle suivent la même tendance.** Les concepteurs sont donc confrontés à des objectifs contradictoires puisqu'ils doivent maximaliser les techniques de traitement dans les cas connus tout en laissant la porte ouverte aux modifications ou à une expansion des capacités en fonction des cas nouveaux.
- **De plus, comme dans le cas des humains, ce qui fonctionne bien pour un petit nombre n'est pas nécessairement la meilleure solution pour un grand nombre.** Après tout, c'est la découverte de ce fait qui a donné lieu à l'invention de la ligne d'assemblage et à tout le concept de la production de masse. La transformation d'un prototype de travail en un système concret peut présenter des difficultés insurmontables qui nécessitent souvent la mise au point de techniques entièrement nouvelles. Il suffit, par exemple, de comparer l'établi d'un ébéniste avec une usine de meubles.
- **Enfin, les concepteurs de systèmes informatiques poursuivent des objectifs contradictoires lorsqu'ils tentent de parvenir à un système viable au plan de la production.** La recherche de systèmes à la fois rapides et économiques se heurte toujours à la nécessité d'opter pour un système dont la mise au point soit peu coûteuse et l'entretien simple.

Figure 5: La barrière de complexité



Dans la partie suivante, nous passerons en revue certaines des méthodes utilisées par les concepteurs de systèmes afin de surmonter ces difficultés.

2.2.4 Stratégies pour surmonter la barrière de complexité

Dans la partie précédente, nous avons examiné certains des obstacles que connaît l'élaboration de systèmes intelligents fonctionnels. Il en va de même pour les systèmes de TALAN et de TA. Néanmoins, l'être humain n'a jamais manqué d'ingéniosité et, même si aucune de ces difficultés n'a encore été vraiment résolue, toutes sortes de méthodes ont été proposées pour les contourner. Si l'existence actuelle de systèmes fonctionnels démontre bien que certaines techniques sont valables, les limites de ces systèmes traduisent bien l'ampleur des difficultés qu'il reste à surmonter. Dans la présente partie, nous nous attarderons à certaines stratégies déjà adoptées et à d'autres qui pourraient finalement donner lieu à des systèmes mieux réussis.

La première de ces stratégies consiste à tirer parti des outils et des techniques informatiques existants, qui peuvent être empruntés ou adaptés au cadre de l'IA. Ces outils et techniques sont de deux ordres : ceux qui se rapportent au génie logiciel en général et ceux qui sont plus spécifiquement orientés vers l'IA.

Les outils et méthodes que le génie logiciel s'est donné au cours de la dernière décennie, ont permis de faire de l'élaboration de logiciels une discipline bien plus progressive que jamais auparavant. C'est l'effet progressif ou cumulatif de cette discipline qui a permis de canaliser le travail d'un grand nombre de personnes dans des systèmes on ne peut plus complexes. Citons, à titre d'exemple, les méthodes de génie logiciel, les langages de programmation évolués tels que LISP et PROLOG, et les bancs d'essai de logiciel qui permettent aux concepteurs de créer et de tester des logiciels et d'en suivre les modifications.

La plupart de ces outils et méthodes ont été affectés aux systèmes experts, qui sont considérés comme un élément indispensable à presque toutes les applications de l'intelligence artificielle. Ces outils comportent des mécanismes déductifs avec ou sans contexte ainsi qu'une grande variété d'instruments permettant d'acquérir, de formaliser, de codifier et de vérifier les bases de connaissance.

La deuxième stratégie comporte la mise sur pied d'équipes interdisciplinaires. Presque tous les projets d'IA et de TALAN font appel à des connaissances qui relèvent d'un grand nombre de disciplines; les systèmes supposent donc une étroite coopération entre spécialistes des divers domaines. Etant donné que les grands systèmes d'IA sont souvent mis au point par des équipes géographiquement éparpillées, les réseaux informatiques tels que ARPANET ou le Medical Experiment Facility (SUMEX-AIM) de l'Université Stanford présentent la plus haute importance. L'expérience acquise aux États-Unis grâce à ARPANET révèle que cet outil est indispensable à la constitution d'un ensemble de chercheurs dans ce nouveau secteur. On peut affirmer que les principaux travaux dans le domaine de l'intelligence artificielle aux États-Unis sont l'oeuvre de personnes qui ont utilisé de façon intensive le réseau de communication et de partage des ressources ARPANET. Nous reviendrons à ce genre de concept lorsque nous examinerons les besoins du Canada.

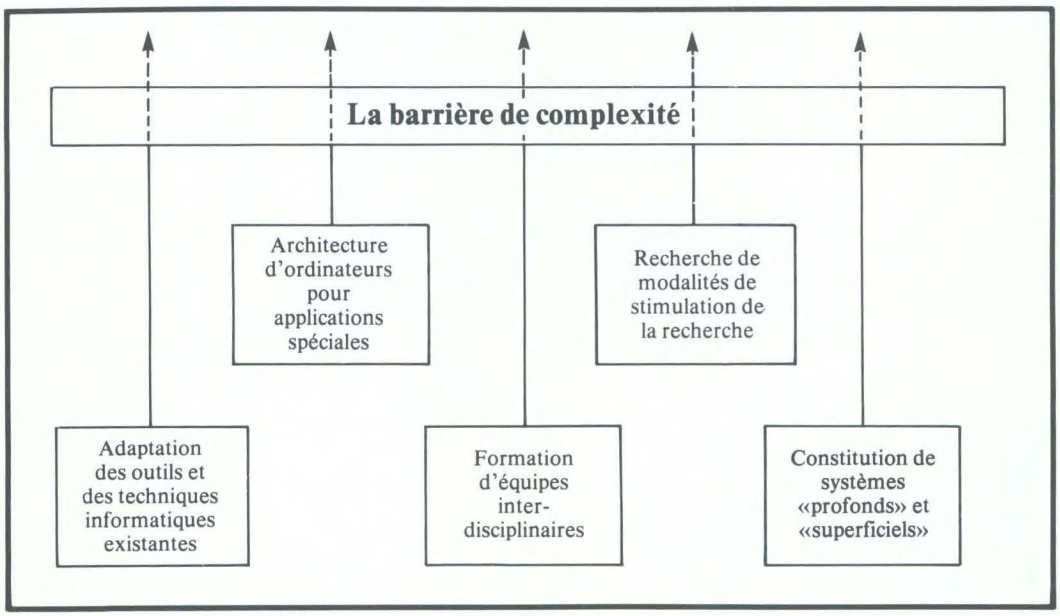
La troisième stratégie consiste à créer des systèmes «profonds» et des systèmes «superficiels». Le système superficiel est celui qui peut atteindre un certain degré de rendement dans un domaine limité au moyen de «trucs» pratiques, tandis que le système

«profond» est fondé sur un modèle causal plus complet du processus dont il est expert. D'après ce principe, plus la tâche devient difficile, plus la complexité du système «superficiel» augmentera de façon exponentielle tandis que celle du système «profond» le fera progressivement. **On reconnaît à présent que la généralisation de la TA ne peut se faire qu'au moyen de systèmes «profonds». À ce jour, la plupart des expériences réussies sont dues à des systèmes «superficiels».**

La quatrième stratégie porte sur la complexité de la phase de réalisation plutôt que sur la phase de conception. La réalisation d'un système IA complexe de façon économique peut exiger la mise au point d'un matériel puissant et spécialisé. Les systèmes de reconnaissance de la parole et les systèmes experts qui comportent un grand nombre de règles se prêtent tout à fait à l'exploitation sur ce matériel spécialisé (par exemple, les architectures de flux des données et les machines de réduction qui conviennent aux inférences rapides).

La cinquième et dernière stratégie est très générale et à long terme et elle vise la promotion de la recherche. Elle s'adresse à deux grands domaines : la théorie de calcul et la représentation des connaissances, d'une part, et la psychologie humaine, en vue de déterminer et de préciser les mécanismes utilisés par l'être humain pour représenter et manier ses connaissances, d'autre part.

Figure 6: Comment surmonter la barrière de complexité



En conclusion, de grands progrès ont été réalisés au cours des dernières décennies, après l'avènement de l'informatique. Il n'y a aucun doute que les barrières de complexité sont constamment mises à l'épreuve, à mesure que la recherche et le développement prennent de l'ampleur. **Néanmoins, ces barrières sont aussi réelles que le besoin de les surmonter et de les contourner. Toute impulsion en technologie de l'information qui ne prendra pas au sérieux ces barrières deviendra victime de sa propre imprévoyance.**

Chapitre 3

Aspects économiques de l'intelligence artificielle

3.1 Historique

Le présent chapitre porte sur les aspects que l'on pourrait dire non scientifiques de l'IA, c'est-à-dire les «causes et effets» sur le plan économique et politique. Nous commencerons par un aperçu général des divers facteurs, puis nous examinerons les principaux plans des pays qui ont déjà commencé à exploiter le secteur de la technologie de l'information de pointe et, plus particulièrement, l'intelligence artificielle. En guise de conclusion, nous considérerons la situation au Canada, à la lumière des éléments déjà présentés.

À la fin du présent chapitre, le lecteur devrait avoir une meilleure idée de la situation des autres pays dans le domaine qui nous intéresse et de la situation actuelle au Canada.

3.2 Aspects économiques généraux de l'IA

L'intelligence artificielle est l'un des principaux agents de l'ère de l'information. Elle contribuera, et de fait elle a déjà commencé à le faire, à façonner notre économie, à restructurer nos institutions, à refondre nos systèmes de gestion et d'éducation, à redéfinir le «travail» et les «communications» à des niveaux personnels et sociaux très fondamentaux.

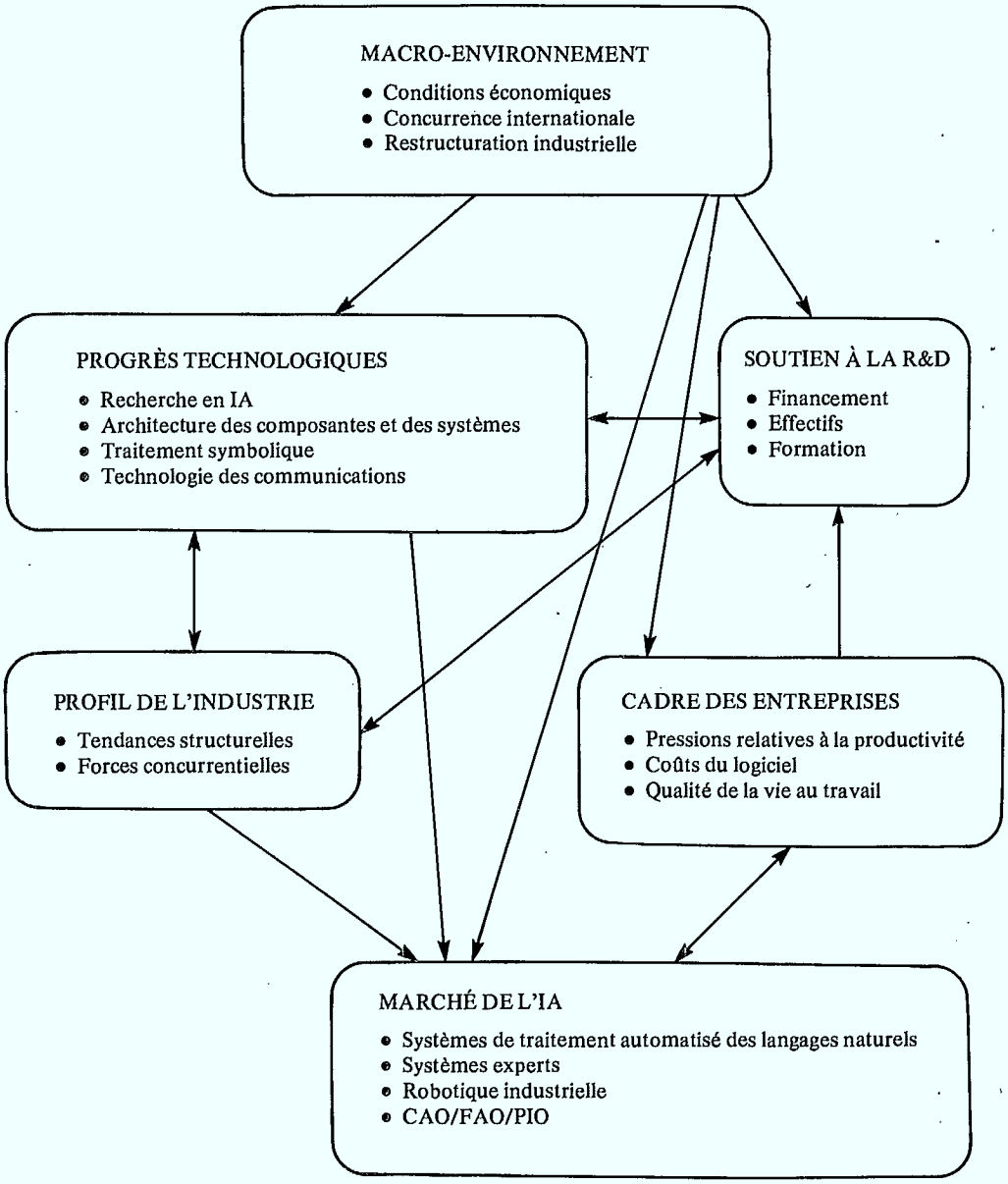
On peut dire que l'IA est en vérité une technologie transformatrice qui entraîne des répercussions révolutionnaires dans tous les secteurs de l'activité humaine.

Les facteurs qui déterminent l'adoption et l'utilisation de cette technologie transformatrice sont mieux décrits par les divers éléments qui constituent globalement le marché de l'IA. Les cinq éléments de base sont les suivants :

- **Le macro-environnement :** l'influence économique aux paliers national et international, le degré de concurrence internationale et la restructuration du monde industrialisé en vue de s'adapter à l'ère de l'information;
- **Les progrès technologiques :** y compris l'application des principes scientifiques de base de l'IA, ainsi que la mise au point et l'intégration des technologies de soutien;
- **Soutien à la R&D :** notamment le financement, les effectifs et la formation, vue sous l'angle de son rapport avec l'enseignement des techniques nécessaires dans le réseau scolaire;
- **Profil de l'industrie :** la structure évolutive de l'industrie, l'insistance sur les forces de coopération et de concurrence;
- **Cadre des entreprises :** doit justifier la restructuration interne, l'amélioration du rendement, la qualité de la vie au travail et le prix des nouveaux systèmes comme le logiciel;
- **Le marché de l'IA :** les produits et services existants et qui influent collectivement sur le développement des autres éléments.

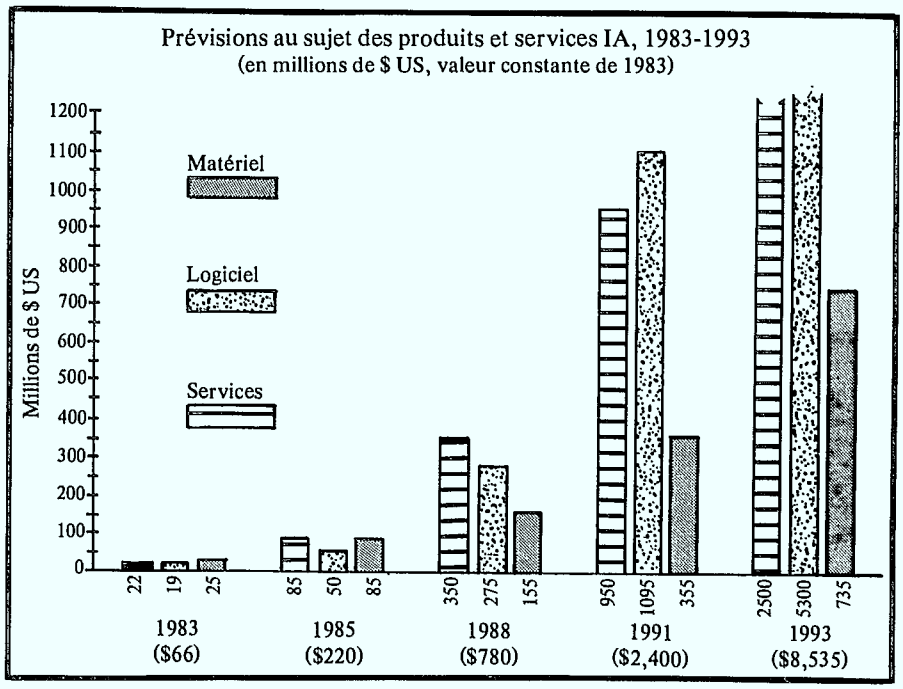
La Figure 7 illustre schématiquement ces facteurs et le réseau complexe de leurs corrélations.

Figure 7: Éléments du marché de l'IA



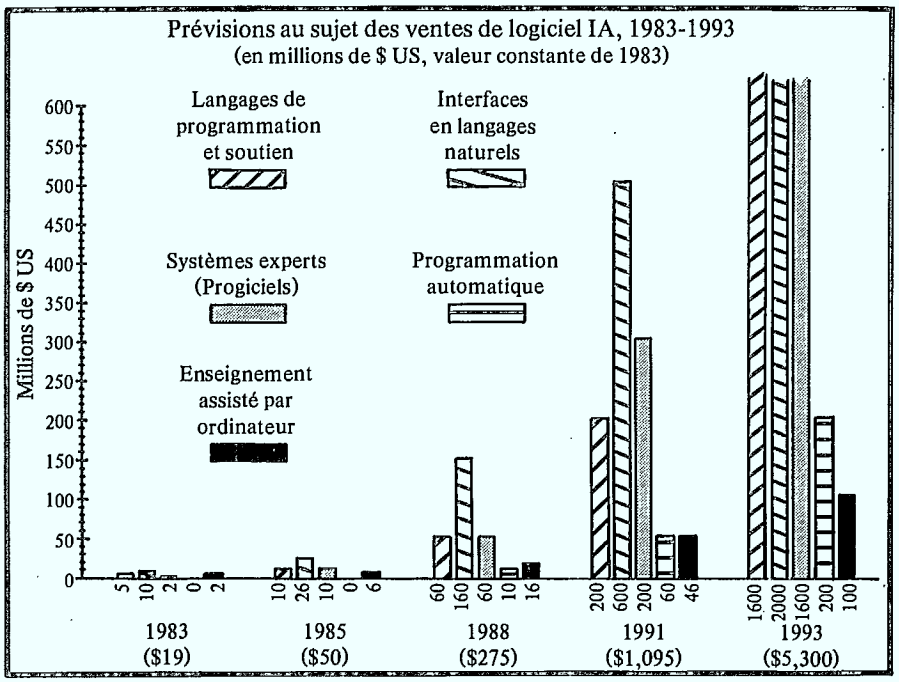
Pour obtenir une idée de l'importance du marché de l'IA au cours des prochaines années (1983-1993), on trouvera les résultats d'un sondage industriel aux Figures 8, 9 et 10. **Les chiffres présentés ne concernent que le marché américain; le marché global pourrait représenter le double au cours de la même période.**

Figure 8: Prévisions au sujet des produits et services IA, 1983-1993



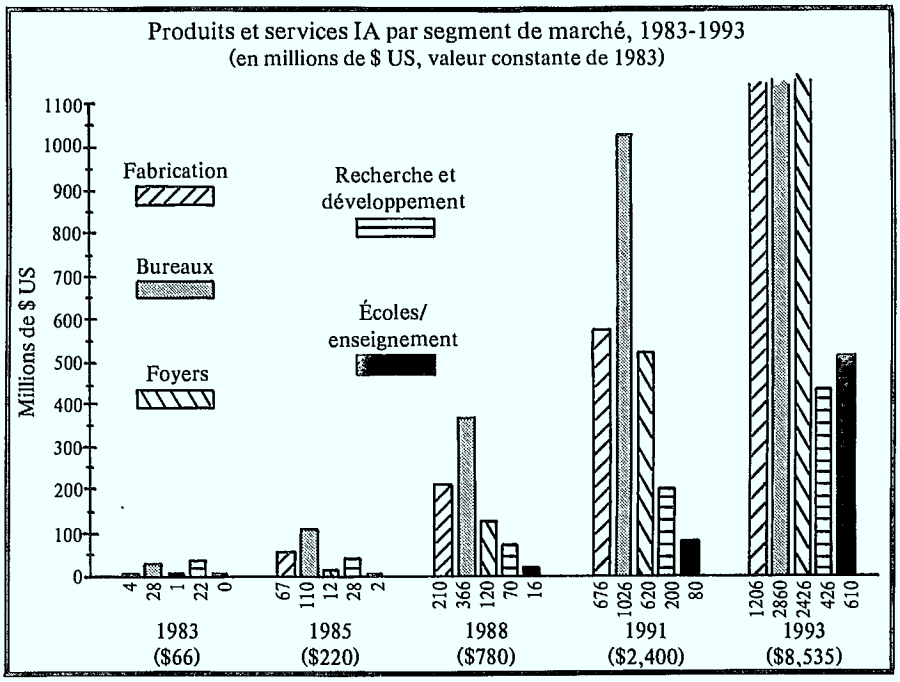
La Figure 8 renferme les prévisions décennales au sujet des produits et services IA. Ces prévisions varient de 66 millions de dollars en 1983 à une projection de 8 535 millions de dollars en 1993. **C'est le logiciel qui prend la part du lion, avec 60 %. Ces prévisions sont étudiées de façon plus détaillée à la Figure 9.**

Figure 9: Prévisions au sujet des ventes de logiciel IA, 1983-1993



À ce chapitre, le principal segment correspond aux systèmes TALAN, soit environ 40 % des ventes estimées par projection à 5 300 millions de dollars en 1993. La Figure 10 donne un aperçu du domaine par segment du marché.

Figure 10: Produits et services IA par segment de marché 1983-1993



On s'attend que les «bureaux» constituent le plus grand utilisateur de systèmes IA (45 %) d'ici 1993. Il est intéressant de noter que les «foyers» viendraient se classer au deuxième rang (environ 30 %).

Il faut absolument reconnaître que l'intelligence artificielle englobe plus que les progrès en informatique. Il existe un ensemble de réalisations connexes qui comprend, par exemple, la traduction automatique, le traitement automatisé des langages naturels et la vision automatique, et qui crée un impact allant de la télédétection en vue de l'analyse des ressources jusqu'aux périphériques et la synthèse de la parole dans le cadre de la bureautique, en passant par la robotique dans la fabrication flexible. **L'effet économique global de ces trois genres de réalisations en R&D seulement devrait dépasser 4 milliards de dollars au cours des 7 prochaines années.**

Les ramifications économiques des progrès réalisés en matière d'intelligence artificielle sont considérables, vu le nombre de secteurs industriels qu'elles atteignent et la gamme d'applications dont elles accroissent la valeur. De plus, ce genre de technologie non seulement donne-t-elle lieu à une prolifération de produits et services nouveaux, qui ont leur propre importance, mais encore promet-elle des améliorations importantes au plan de la productivité.

À mesure que l'économie industrielle moderne se muera en «société d'information», la période de transition nécessaire à chaque pays décidera de sa compétitivité sur le plan

de la performance économique. C'est la reconnaissance de l'importance critique de ce processus qui est à l'origine de la multiplicité des programmes nationaux d'envergure en matière d'IA, et qui rend indispensables, dans le cas du Canada, une accélération des efforts et la recherche d'applications pertinentes.

Aux États-Unis comme ailleurs, une somme considérable d'efforts scientifiques est consacrée à la mise au point de systèmes informatiques pouvant servir à des applications précises, par l'acquisition de «règles» reliées à l'utilisation des connaissances et par la possibilité de manipuler ces connaissances pour aboutir à une forme de raisonnement rudimentaire analogue au jugement humain. C'est ainsi que de nombreux systèmes de diagnostic ont été créés et mis en exploitation d'après les principes du EMYCIN, instrument servant à la création de systèmes experts. Ces systèmes comprennent, par exemple, un système d'analyse de carottes de sondage, mis au point pour servir en prospection géophysique (DIPMETER ADVISOR) et un système d'analyse de configuration (XCON) servant à la configuration de systèmes informatiques. **Dans tous les cas, la principale caractéristique du système expert réside dans la faculté de fournir un jugement averti, rôle réservé jusqu'ici aux êtres humains.**

Il est évident que les possibilités d'application et le potentiel économique des systèmes experts sont immenses. La comparaison intelligente des formes, le diagnostic d'erreurs, l'entretien et la réparation automatisés dans les usines ne sont que quelques-unes parmi les principales applications de ces systèmes. Il en va de même de la consultation et l'enseignement dans des domaines professionnels comme la médecine, le droit et les finances. **Bien que le potentiel économique des systèmes experts soit immense, il est conditionné par le rythme de développement des possibilités au niveau du génie de la connaissance.**

3.3 Programmes IA des autres pays

La présente partie est consacrée aux divers programmes de technologie de l'information de pointe déjà mis en oeuvre, et situe les aspects connexes de l'IA dans le cadre général de chaque programme. Deux questions y sont abordées :

- le genre, l'importance et l'envergure des programmes,
- les modalités générales de leur institutionalisation.

Les programmes nationaux passés en revue sont ceux du Japon, des États-Unis, du Royaume-Uni, d'autres pays européens et de la CEE. **Dans chaque cas, l'impulsion donnée à l'IA est à la fois essentielle au développement général de la technologie de l'information et bien orientée pour permettre de tirer parti de la demande créée par des efforts d'une telle ampleur.**

Ce sont en réalité les conséquences économiques positives ou négatives des technologies de l'information qui suscitent une concurrence internationale serrée dans le domaine de l'IA. Le Japon, le Royaume-Uni, les États-Unis et d'autres pays ont tous pris d'importants engagements budgétaires à long terme, vis-à-vis de la R&D, dans le but de s'assurer une place sur le marché à l'ère de l'information.

La Figure 11 est un résumé des sommes consacrées au financement des programmes dans ces pays.

Figure 11: Crédits prévus et affectés à la recherche permanente en matière d'IA

		MILLIONS $ (US)
Japon		
Projet d'ordinateur de cinquième génération	1981-83	$54,6
(Gouvernement et industrie) (PRÉV.)	1984-91	1 000,0
États-Unis		
DARPA	1984-88	$600,0
MCC	1983-86	150,0
Centre des systèmes intégrés	1983- ?	19,0
Centre d'étude des langues	1983-87	15,0
Sociétés d'IA (DM Data)	1983-84	210,0
NSF (PRÉV.)	1983-84	25,0
NIH (PRÉV.)	1983-84	25,0
Royaume-Uni		
Comité Alvey et divers	1983-88	$340,0
(PRÉV.)	1988-92	300,0
Pay-Bas		
Programme national d'IA	1985-90	$680,0
Allemagne de l'Ouest		
Technologie de l'information de pointe	1984-88	$1 400,0
Communauté économique européenne		
ESPRIT	1983-88	$1 300,0
EUROTRA	1983-88	28,0
	TOTAL	$6 146,6

3.3.1 Japon

Après avoir été une figure dominante de l'innovation industrielle pendant de nombreuses années, le Japon a décidé de jouer un rôle capital dans la recherche, la mise au point et la commercialisation de produits de la technologie de l'information de pointe. Par cette décision, le Japon affirme qu'il répond à une vaste gamme de besoins sociaux internes tout en créant une infrastructure entièrement nouvelle pour les fins de la recherche fondamentale et appliquée. Cette initiative gravite autour du projet d'ordinateur de cinquième génération (G5). L'initiative, la planification, la gestion générale et les principales sources de financement de cette entreprise d'envergure est l'oeuvre du gouvernement nippon. Les principaux objectifs du projet G5 sont les suivants :

- **appliquer la technologie de l'information de pointe aux secteurs de la société qui pourraient le plus bénéficier d'un accroissement de l'efficacité et de la productivité;**
- **utiliser la technologie pour le traitement des connaissances plutôt que pour le traitement des données et le calcul;**
- **rendre plus facile l'utilisation de la technologie;**
- **rendre la technologie plus accessible et plus abordable.**

L'élaboration de cette nouvelle infrastructure s'est partiellement traduite par la mise au point thématique du Projet d'ordinateur de cinquième génération. À la suite d'un exercice de planification d'une importance exceptionnelle, dont l'exécution a exigé plus de 100 années-personnes, on annonçait à l'automne 1981 un programme décennal à phases multiples, comprenant 27 thèmes de recherche et de développement. Au printemps 1982, date de lancement du projet, le nombre de thèmes de R&D était réduit à 11. On abandonnait, par exemple, l'informatisation du jeu «Go» (très populaire en Orient) et la machine de calcul numérique à grande vitesse, qui laissait la place au projet national de super-ordinateur. En 1983, les thèmes R&D du projet G5 ont été réexaminés et regroupés, enfin, autour de quatre fonctions principales :

- **résolution de problèmes et inférence,**
- **base de connaissances,**
- **interface intelligente,**
- **programmation intelligente.**

On a, par ailleurs, intégré à ces fonctions un important programme de traduction automatique et de traitement automatisé des langages naturels.

De plus, un nouvel élan est donné à l'élaboration de matériel tant sur le plan de la microélectronique que sur celui de la conception des nouvelles architectures d'ordinateur.

Pour appuyer cet effort national, le gouvernement nippon a créé un institut spécial chargé de diriger le programme. Cet institut compte des chercheurs provenant de la fonction publique, des universités et du monde industriel. Il opère dans un climat de franche coopération à tous les stades de la R&D qui précèdent la commercialisation. C'est le ministère du Commerce international et de l'Industrie (MITI) qui, en dernier ressort, répond de ce programme.

Il est difficile de déterminer l'ampleur du financement de ce programme. On estime généralement qu'au cours des dix prochaines années on y consacrera un milliard de dollars que le gouvernement et l'industrie fourniront à parts égales. À ce jour, les crédits attribués et prévus dans le cas de certaines composantes du projet G5 atteignent près de 600 millions de dollars.

3.3.2 États-Unis

Les États-Unis sont à l'origine de nombreuses réalisations dans le domaine de l'intelligence artificielle. Au fil des années, le gouvernement de ce pays a donné son appui à une vaste gamme de projets de recherche fondamentale et appliquée dans ce domaine. D'une

manière générale, le financement provenait surtout de l'appareil militaire par l'entremise d'organismes comme la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA).

Face au regain d'intérêt récemment enregistré dans le domaine de l'IA, le gouvernement des États-Unis décidait de ne pas intervenir par le biais d'un programme national, mais d'élever plutôt les niveaux de financement par le truchement des mécanismes d'approvisionnement en R&D, notamment dans le secteur militaire. Le gouvernement des États-Unis considère que l'application de l'IA à la sécurité nationale et aux systèmes de défense relève d'une technologie d'importance cruciale. Par exemple, la complexité des systèmes d'armement actuels et à venir exige des systèmes de commande et de contrôle «intelligents». De plus, le gouvernement des États-Unis sent le besoin de prévenir la menace économique que pourrait poser à long terme la concurrence étrangère. **L'application de l'IA aux systèmes militaires de pointe et l'attribution de contrats pour la plupart des travaux de développement de technologies et d'applications favorisent le maintien et la promotion d'un fort potentiel national en R&D.** Cependant, les possibilités de commercialisation dépendront surtout des industries du secteur militaire.

Pour mieux soutenir l'élan, la DARPA a lancé un programme décennal d'application de l'IA et des technologies connexes. Désigné sous le nom de Strategic Computing Project, ce plan vise l'élaboration des éléments suivants :

- **des véhicules autonomes;**
- **des associés experts pour venir en aide aux opérateurs humains;**
- **des systèmes de gestion des batailles de grande envergure.**

Les thèmes du projet sont semblables aux plans technologiques japonais. Les principales initiatives du programme sont les suivantes :

- **interfaces en langages naturels,**
- **systèmes de vision,**
- **synthèse et reconnaissance de la parole,**
- **systèmes experts,**
- **problèmes généraux d'IA (par exemple, la planification et le raisonnement),**
- **nouvelle architecture d'ordinateur,**
- **micro-électronique.**

Au cours de ses cinq premières années, ce projet disposera d'un budget de l'ordre de 600 millions de dollars.

Sur le plan industriel, on note trois principales répercussions. En premier lieu, le rôle des grandes sociétés technologiques américaines face au savoir-faire universitaire et aux initiatives conjointes en R&D. Dans le cas des universités, de nombreuses sociétés, parmi les plus importantes, investissent des dizaines de millions de dollars dans leurs programmes de recherche. **Les sociétés ont de nombreuses raisons d'agir ainsi : elles veulent avoir accès aux principaux chercheurs (la plupart des travaux de recherche en IA se déroulant en milieu universitaire), elles favorisent ainsi l'éclosion de nouveaux talents et elles se réservent un accès possible à des découvertes exceptionnelles qui pourraient être commercialisées.** Citons parmi les projets de cette catégorie :

- **le Centre des systèmes intégrés,**
- **le projet Athena,**
- **le Centre d'étude des langues.**

Le soutien financier de ces trois types de projets se chiffre déjà au-delà de 100 millions de dollars.

En deuxième lieu, les effets de la concurrence internationale en matière de technologie de l'information ont donné lieu à une situation quelque peu inattendue aux États-Unis. **Un certain nombre de sociétés informatiques d'envergure et d'entreprises technologiques connexes ont procédé à un regroupement de leurs ressources en R&D.** Ces entreprises ont déjà eu un effet considérable sur la loi antitrust aux États-Unis.

L'initiative la mieux connue dans ce domaine est celle de la Microelectronics and Computer Technology Corporation, également connue sous le sigle MCC. Plus d'une douzaine de grandes entreprises en font actuellement partie. Le programme de MCC se répartit selon les quatre thèmes suivants :

- **conception d'ordinateurs de pointe,**
- **technologie logicielle,**
- **CAO/FAO,**
- **circuits intégrés à très grande échelle (VLSI).**

Le calendrier des thèmes de ce programme varie de sept à dix ans. **On s'attend à ce que le financement du programme dépasse 150 millions de dollars au cours des cinq premières années.**

En troisième lieu, une autre initiative industrielle remarquable aux États-Unis se traduit par une croissance rapide du nombre de petites entreprises d'IA dont beaucoup sont financées par de gros capitaux de risque. La plupart de ces entreprises offrent des services spéciaux ou des produits IA qui vont des systèmes experts à la technologie de la vision et à la reconnaissance de la parole. Nombre de ces entreprises ont été créées par des universitaires qui souhaitaient tirer parti de leur savoir-faire.

C'est ce groupe d'entreprises qui a fourni jusqu'à présent, et qui continuera probablement à fournir, la première gamme importante de produits commerciaux. Les grandes entreprises investissent dans la recherche à long terme et, le cas échéant, appliquent l'IA à leurs systèmes internes dans le but d'améliorer leur propre productivité.

3.3.3 Royaume-Uni

Peu après la publication par le Japon du plan national de développement de systèmes informatiques de cinquième génération, le Royaume-Uni lançait sa propre enquête nationale pour déterminer son potentiel en tant que concurrent sur le marché réservé à cette nouvelle technologie. Cette enquête a eu pour résultat l'établissement d'un plan quinquennal national consacré à la technologie de l'information de pointe. Comme celui du Japon, le programme du Royaume-Uni relèverait du gouvernement central par le biais d'une nouvelle structure institutionnnelle qui serait mise sur pied au ministère de l'Industrie et qui compterait largement sur l'apport de l'industrie, des universités et des autres centres de recherche du pays. **Cependant, la participation à ce programme comporte certaines limites,**

afin d'empêcher la divulgation à l'étranger de renseignements techniques de valeur par suite de la participation d'organismes étrangers.

Les principaux objectifs du programme britannique sont analogues à ceux du Japon, sauf que le Royaume-Uni déclare sans ambages que l'initiative japonaise constitue une menace économique majeure et que la Grande-Bretagne doit donc mobiliser ses énergies techniques dans ce secteur de façon à améliorer sa situation concurrentielle sur le marché mondial.

Au plan thématique, le programme vise à développer les éléments de la technologie de l'information de pointe intéressant le traitement des connaissances, par opposition au secteur actuel du traitement des données et du calcul. On voudrait appliquer cette technologie dans les domaines où les systèmes d'information sont inadéquats et pour améliorer de façon sensible l'efficacité et la productivité des industries tributaires de l'information.

Ce programme comporte quatre thèmes connexes :

- **génie logiciel,**
- **systèmes intelligents fondés sur les connaissances,**
- **interfaces homme-machine,**
- **intégration à très grande échelle.**

Dans ce projet global, le traitement automatisé des langages naturels occupe une place importante, contrairement à la traduction automatique.

Le financement de ce programme devrait atteindre 340 millions de dollars sur une période de 5 ans. La contribution gouvernementale devrait représenter environ les deux tiers de ce montant, le reste provenant du secteur industriel. **Comme au Japon, il incombera au secteur industriel de supporter les coûts plus élevés de la commercialisation.**

3.3.4 Autres pays européens

Il existe de nombreux programmes nationaux, dont certains sont déjà mis en oeuvre et d'autres en sont encore au stade préliminaire. **Les Pays-Bas ont établi un comité consultatif sur l'intelligence artificielle en 1982.** Celui-ci a lancé un programme national de R&D en matière d'intelligence artificielle qui met l'accent sur les éléments suivants :

- **systèmes de TALAN et de traitement de la parole,**
- **résolution des problèmes/systèmes experts,**
- **modélisation cognitive et instructions homme-machine,**
- **outils de soutien de la recherche en IA.**

L'Allemagne, la France, la Norvège et l'Italie ont également lancé leurs propres programmes nationaux. **L'Allemagne a affecté un milliard de dollars aux différentes étapes d'un programme de technologie de l'information de pointe, en appuyant de façon particulière les projets-pilotes et l'acquisition de technologies innovatrices.**

En 1982, la France adoptait un Plan d'action dans le domaine de l'électronique, qui prévoyait une augmentation de 7,8 % par année des crédits gouvernementaux pour la technologie de l'information de pointe de 1983 à 1987. Ce plan prévoit la coopération en

matière de recherche entre les universités, les laboratoires gouvernementaux et le monde industriel. Voici les principaux éléments du programme français :

- **conception assistée par ordinateur (CAO),**
- **enseignement assisté par ordinateur,**
- **logiciel,**
- **intégration à très grande échelle (VLSI),**
- **ordinateurs scientifiques de grande capacité.**

3.3.5 Commission économique européenne (CEE)

Le Programme stratégique européen pour la recherche et le développement dans le domaine des technologies de l'information (ESPRIT) a été adopté par la Commission européenne comme élément principal d'une nouvelle stratégie industrielle pour l'Europe. Les Européens perçoivent l'avancement technologique des États-Unis et du Japon et les économies dynamiques du Sud-est asiatique comme autant de menaces sur le plan économique, qui posent un sérieux défi au rendement technologique européen, surtout dans les divers secteurs de la technologie de l'information de pointe. Dans ce contexte, si l'Europe ne réussit pas à approvisionner son propre marché, sans parler des autres, elle pourrait rapidement se trouver à la merci des technologies étrangères.

Le programme ESPRIT comporte plusieurs étapes et s'étend sur une période de dix ans. Il a pour but d'augmenter, dans le domaine de la technologie de l'information de pointe, les capacités reliées aux aspects pré-concurrentiels de la R&D parmi les membres de la CEE. Ce programme est réalisé en grande partie grâce au financement accordé par la Commission à des consortiums industriels qui doivent compter au moins deux membres, chacun appartenant à un pays différent de la CEE.

Les principaux objectifs du programme s'établissent comme suit :

- **garantir une forte capacité européenne en matière de recherche, de développement et de commercialisation de la technologie de l'information de pointe,**
- **intégrer les éléments du potentiel scientifique de l'Europe à sa base manufacturière de façon à mettre au point des produits de classe internationale dans les domaines de la bureautique et de la fabrication assistée par ordinateur,**
- **établir la normalisation des solutions les plus répandues à l'intérieur de l'Europe.**

Les thèmes du programme ESPRIT sont les suivants :

- **micro-électronique de pointe,**
- **technologie du logiciel,**
- **traitement avancé de l'information,**
- **bureautique,**
- **production intégrée par ordinateur.**

Le programme ESPRIT comprend deux principales étapes de financement. La période actuelle qui s'étend de 1984 à 1988 bénéficie d'un budget d'environ 1,5 milliard de dollars. Ce montant doit être réparti également entre la Commission européenne et les entreprises participantes. **Au plan des ressources, on prévoit que la masse critique nécessaire pour le programme dépassera les 2000 années-personnes par année.**

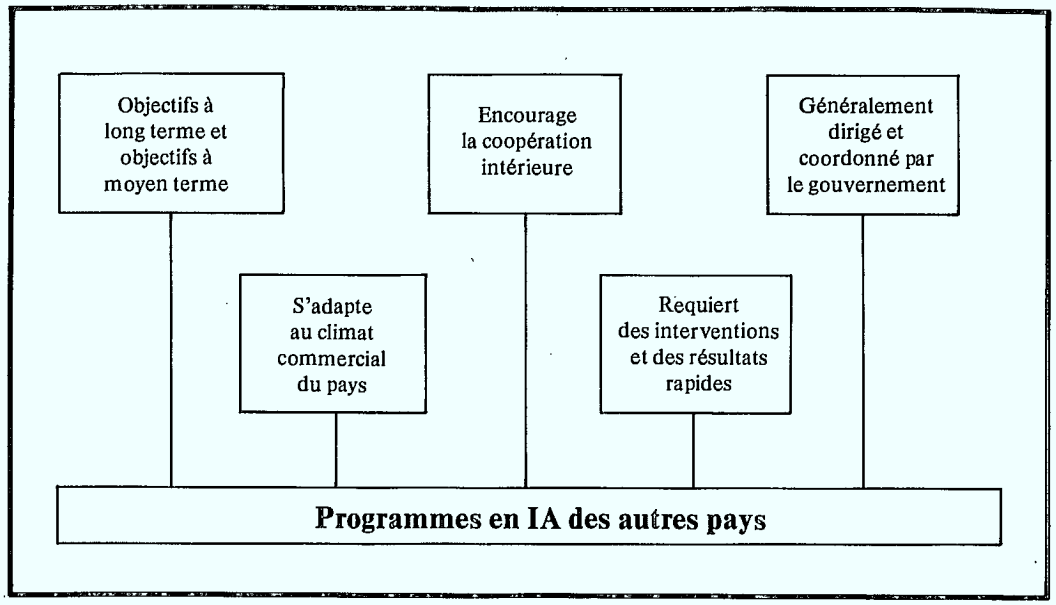
3.3.6 Récapitulation

Il est évident que les programmes nationaux comportent certaines caractéristiques communes qui peuvent intéresser le Canada :

- **La durée et la portée de ces programmes sont invariablement étendues. Cependant, comme ils visent une certaine exploitation commerciale, ils comportent des objectifs secondaires à court terme.** Etant donné que le Canada doit absolument occuper une place précise sur le plan commercial et technique, malgré les modestes ressources dont il dispose, il faut que notre pays atteigne des objectifs techniques à court terme, par la voie d'acquisitions par le gouvernement, le cas échéant.
- **Tous les programmes nationaux supposent une coopération étroite entre le gouvernement, les universités et le monde industriel. Bien que cet exemple puisse revêtir un intérêt particulier dans le cas du Canada, il arrive que les tensions concurrentielles reliées à la survie économique et au leadership dans certains secteurs spécialisés du marché puissent mieux être exploitées grâce à des solutions moins compliquées. Une vive impulsion donnée par le gouvernement à des Canadiens ayant fait leurs preuves pourrait constituer le meilleur moyen de tirer parti des possibilités à court terme.**
- **Les programmes nationaux sont entièrement dirigés par les gouvernements. Au Canada, où la base industrielle n'est pas forte, il faut créer et maintenir la dynamique nécessaire; pour ce faire, le gouvernement doit prendre sur lui d'articuler les priorités technologiques en sa qualité d'acheteur stratégique de nouveaux produits.**
- **Les programmes de chaque pays tendent à s'inspirer de la façon de faire de chacun.** Ainsi au Japon, dès le début du programme d'ordinateur de cinquième génération, on a mis sur pied une coopérative centrale de recherche et un plan global bien structuré. Dans le contexte canadien, il serait très long et complexe, et peut-être bien inutile, de vouloir reproduire ce modèle. **Nous devrions plutôt tenter d'adopter des mécanismes de coordination souples et laisser aux institutions et organismes existants, surtout les entreprises canadiennes ayant fait leurs preuves, le soin d'assurer la mise en oeuvre.**
- **Tous ces programmes nationaux exigent une mise en oeuvre et une exécution rapides. Nous devrions donc envisager de nous fixer rapidement des objectifs expérimentaux et de procéder à des achats stratégiques dans le but de créer la dynamique nécessaire.** Comme on l'a remarqué ailleurs,

cela s'impose d'autant plus que la main-d'oeuvre constitue une ressource vitale et que les professionnels canadiens risquent d'être attirés par les programmes d'envergure financés aux États-Unis et au Royaume-Uni.

Figure 12: Caractéristiques des autres programmes nationaux



3.4 Programmes IA au Canada

Au Canada, les enjeux de la survie économique sont aussi élevés, et la question non moins cruciale, que dans les autres pays industrialisés. La promotion de la productivité dans tous les secteurs — transformation des ressources, fabrication et services — est la priorité économique dominante. Bien que le Canada n'ait pas encore articulé un plan national consacré à la technologie de l'information de pointe ou à l'intelligence articielle, on constate un réel intérêt vis-à-vis de cette question dans les universités, dans le secteur industriel et au sein du gouvernement. En effet, on s'efforce à présent d'établir un plan fondé sur les acquis et le potentiel actuels du Canada.

Au prochain chapitre, nous examinerons plus en détail les activités spécifiques de chaque groupe ainsi que les ressources disponibles dans les différents secteurs de l'économie canadienne. Jusqu'à la fin de la présente partie, nous traiterons succinctement des secteurs où l'on constate de l'intérêt ou des initiatives vis-à-vis de ce domaine au Canada.

Dans les universités, l'intérêt est considérable et le nombre d'initiatives remarquable, mais la presque totalité des efforts est orientée vers des objectifs à court terme, qui sont déterminés à l'intérieur de chaque établissement. Comme dans le cas du domaine plus traditionnel du génie logiciel, auquel les universités canadiennes se sont depuis longtemps consacrées, de nombreux établissements ont mis sur pied des groupes de recherche en IA

au cours des dernières années. À l'annexe B, le tableau B-2 donne une idée quant à l'étendue de l'effort actuel et révèle que les principales recherches se déroulent actuellement dans un nombre restreint d'universités canadiennes. Néanmoins, l'intérêt pour ce domaine augmente, aussi bien chez les professeurs que chez les étudiants. Cela s'est traduit aussi par la création du comité sur la technologie informatique de la cinquième génération, sous les auspices du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Ce comité sollicite actuellement des projets de recherche auprès du monde universitaire.

Dans le secteur privé, là où la concurrence impose habituellement le secret en ce qui a trait à la R&D, on ne peut déterminer de façon précise la somme des efforts consacrés à ce domaine. Les principales sociétés fabriquant des ordinateurs sont la propriété d'intérêts américains, et la recherche se déroule généralement aux États-Unis. **Néanmoins, un certain nombre de fabricants de logiciels appartenant à des intérêts canadiens, comme la société Cognos, commencent à incorporer des éléments de la technologie de l'IA dans leurs propres produits.** De plus, on relève un nombre croissant de petites entreprises de démarrage et d'applications secondaires qui espèrent exploiter certains aspects de la technologie de l'IA pour répondre aux marchés verticaux (par exemple, la bureautique, les systèmes médicaux et l'exploration minière). Les produits réellement disponibles sont peu nombreux, mais certains indices permettent de croire que quelques-uns seraient en voie de développement.

Indépendamment du secteur des produits, celui des services offre de plus en plus de consultations et de renseignements quant aux applications de l'IA. Les études de faisabilité des produits de technologie de pointe portent souvent sur les possibilités d'intégration des techniques de l'IA. **Les sociétés canadiennes qui commercialisent des produits logiciels et des services de consultation d'avant-garde réussissent à bien mettre au point des produits qui répondent à la demande du marché.**

Les secteurs manufacturiers et industriels sont également sensibilisés à la question de l'IA, bien qu'ils s'intéressent surtout aux divers aspects de la robotique. Cependant, l'intérêt manifesté ne se traduit pas par des expériences concrètes de mise au point et d'utilisation de systèmes CAO/FAO plus évolués, susceptibles d'aider les concepteurs dans certaines disciplines spécialisées. Quelques techniques débordent dans le secteur des services où l'on commence à les utiliser pour fournir des services d'avant-garde. Enfin, comme dans le cas des États-Unis, un certain nombre d'universités canadiennes sont à l'origine d'entreprises de démarrage qui se consacrent à la création d'outils de l'IA et qui sont prêtes à offrir des services qui ressortissent aux techniques et aux applications de l'IA.

Le secteur public a déjà connu, pour sa part, un certain nombre d'initiatives allant du système très évolué de traduction automatique MÉTÉO (Taum) du Secrétariat d'Etat au comité interministériel du MEST sur l'intelligence artificielle et le calcul de nouvelle génération. Ces initiatives ont éveillé un vif intérêt de la part de nombreux ministères où l'on se préoccupe des problèmes spécifiquement canadiens de même que des secteurs d'application les mieux connus comme la TA, le TALAN et les communications. À titre d'exemple, le Service de l'environnement atmosphérique s'intéresse à la fois aux systèmes experts et aux techniques de traitement des images qui pourraient l'aider dans le domaine du contrôle des glaces. Revenu Canada s'intéresse également aux systèmes experts; Energie, Mines et Ressources a besoin du traitement des images et des systèmes experts, tandis

que la Défense nationale s'intéresse aux systèmes de contrôle intelligents. **À l'heure actuelle, l'activité dans le secteur public se limite aux études de faisabilité et à l'élaboration de prototypes réduits, mais il suffirait d'un minimum d'encouragement pour qu'on passe à la mise au point d'applications-pilotes de grande envergure.**

Même si le Canada ne s'est pas encore doté d'un plan national officiel dans le domaine de l'IA, on y remarque un certain nombre d'activités dans ce domaine. **L'intérêt et la sensibilisation vis-à-vis de celui-ci permettent de croire qu'un grand nombre d'organismes pourraient rapidement y prendre une part plus active avec un minimum d'encouragement.**

Certains organismes ont compris que la R&D en intelligence artificielle est un moyen de devenir concurrentiel à l'ère de l'information. **Ils ont conclu, à l'instar d'autres pays, que l'absence d'une intervention décisive de notre part nous écarterait définitivement de ce domaine.**

3.5 Récapitulation

Le domaine de l'IA est une technologie en pleine croissance sur laquelle se fonderont la plupart des systèmes futurs ressortissant à la technologie de l'information. **Après avoir démontré qu'il s'agit là de la technologie de l'heure, nous avons constaté qu'elle est devenue viable et qu'elle est par conséquent assurée d'une croissance rapide dans un avenir prévisible.** Nous avons aussi passé en revue quelques-unes des difficultés rencontrées par les promoteurs de systèmes de l'IA et nous avons indiqué certaines des stratégies adoptées pour les résoudre.

Nous avons ensuite considéré les facteurs économiques reliés aux technologies de l'IA, avant de décrire les activités qui se déroulent de façon planifiée dans ce domaine, au niveau national, dans d'autres pays. Nous avons conclu par un aperçu de la situation au Canada, où il n'existe ni plan national ni impulsion orientée dans ce domaine, mais où l'on trouve cependant une somme considérable de compétences, d'intérêts, d'activités et de réalisations ponctuelles.

Dans le prochain chapitre, nous tenterons de cerner les possibilités qui s'offrent au Canada dans le domaine des technologies de l'IA. Nous définirons d'abord les possibilités elles-mêmes, pour faire ensuite une évaluation du potentiel actuel du Canada et terminer par l'examen des principaux secteurs d'application dans le domaine de l'IA.

Chapitre 4

Possibilités qui s'offrent au Canada

4.1 Historique

Après avoir examiné les divers facteurs économiques et techniques qui caractérisent l'IA, voyons dans quelle mesure ils s'appliquent au Canada et comment nous pourrions mieux tirer parti de notre acquis dans ce domaine. Le présent chapitre définit les possibilités selon une série de critères qui permettent d'évaluer des initiatives éventuelles. Il présente ensuite un répertoire des ressources et des programmes canadiens existants. Ce répertoire comporte trois catégories principales :

- les universités,
- le gouvernement fédéral,
- l'industrie informatique.

Dans la mesure du possible, ces catégories sont rapprochées des divers critères qui permettent de définir les possibilités. Le chapitre se termine par une étude des secteurs qui se rattachent à l'IA et qui correspondent clairement à un nombre suffisant des critères en question pour constituer autant de possibilités offertes au Canada. **On remarque parmi ces secteurs la traduction automatique, le traitement automatisé des langages naturels, les systèmes experts, la vision par ordinateur et les interfaces homme-machine.**

L'évaluation des possibilités qui s'offrent au Canada doit se faire dans la perspective d'une vive concurrence internationale dans les domaines de l'IA, du TALAN et de la TA. Cette concurrence internationale a été déclenchée à la suite de l'annonce par le Japon de son programme consacré à l'ordinateur de cinquième génération, mais cet élément a été partiellement éclipsé par des initiatives plus récentes lancées dans un certain nombre de pays, dont le Japon.

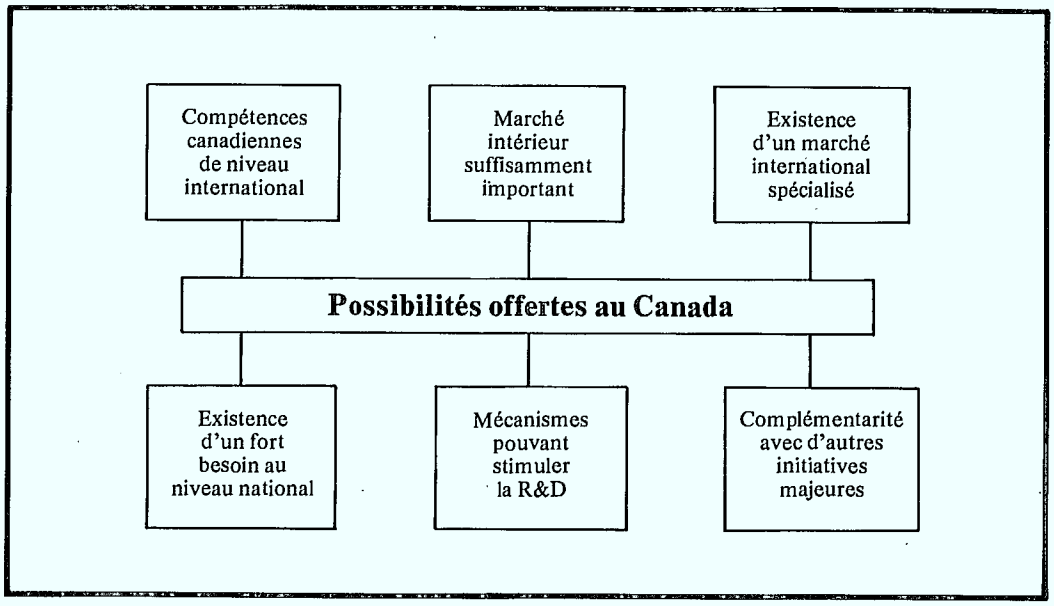
4.2 Définition des possibilités

Dans le contexte canadien, on peut dire qu'il existe des possibilités là où il y a :

- **une base de compétences qui peut être considérée de niveau international** (notamment en recherche fondamentale, en techniques industrielles, en commercialisation et en gestion);
- **un marché intérieur susceptible d'absorber les coûts de la R&D;**
- **un marché spécialisé au niveau international** (p. ex., là où pour une quelconque raison, la communauté internationale a négligé certains secteurs pour des motifs autres que l'absence de potentiel sur le plan technique);
- **un fort besoin au niveau national qui pourrait servir de stimulant à la technologie;**
- **un cadre institutionnel approprié qui pourrait faciliter l'activité indispensable en R&D;**
- **complémentarité avec d'autres initiatives majeures** (p. ex., la bureautique et l'automatisation industrielle, les diverses formes d'amélioration de la productivité, la traduction de volumes considérables de textes, les pro-

grammes de défense, la micro-électronique, la gestion et le contrôle des ressources, la modernisation et l'amélioration de la sécurité dans l'air, sur terre et sur mer, et l'enseignement assisté par ordinateur, y compris les programmes provinciaux de modernisation de l'enseignement).

Figure 13: Définition des possibilités



4.3 Compétences et intérêts existants

On peut affirmer qu'au Canada les compétences et les intérêts s'articulent autour de trois principaux secteurs : les universités, les ministères et les organismes du gouvernement ainsi que l'industrie informatique. Nous allons examiner, tour à tour, chacun de ces secteurs.

4.3.1 Compétences universitaires en matière d'IA

Un nombre considérable de recherches valables se déroulent actuellement au Canada dans les domaines de l'IA et du TALAN, bien qu'elles aient lieu presque exclusivement en milieu universitaire et qu'elles soient financées par le biais des mécanismes habituels de financement scientifique, mais à un degré bien inférieur à celui dont bénéficient les établissements analogues aux États-Unis, au Royaume-Uni et en France. À titre d'exemple, des recherches innovatrices en vision automatique se poursuivent à l'Université McGill et à l'Université de la Colombie-Britannique, tandis que d'autres travaux sur les schèmes de représentation des connaissances ont lieu aux universités de Toronto, de la Colombie-Britannique et Simon Fraser, pour ne nommer que deux des principaux secteurs.

Au cours des dix dernières années, les chercheurs canadiens ont atteint des niveaux d'excellence incontestable dans certains domaines. **Citons notamment l'analyse des images, appliquée surtout à la télédétection (images par satellite), à la médecine (radiographie, microphotographie) et à l'industrie (contrôle de la qualité des pièces métalliques), les problèmes fondamentaux de la représentation des connaissances et la recherche fondamentale portant sur les facteurs humains de l'interface homme-machine.** On remarque aussi dans notre pays une forte concentration de compétences dans un domaine perçu comme une spécialité cruciale pour le développement de systèmes intelligents, c'est-à-dire la programmation logique. **Ces compétences de niveau international répondent au premier des critères utilisés pour définir les possibilités.**

Certaines des recherches poursuivies actuellement dans le domaine de l'IA ont été appliquées à des problèmes spécifiquement canadiens. Ainsi, la gestion de l'industrie forestière a bénéficié de l'analyse informatique des images par satellite et la recherche médicale, de l'analyse assistée par ordinateur des radiographies et d'autres types de données sous forme d'images. Par ailleurs, il faudrait citer le système MÉTÉO, bien connu pour son rôle dans la traduction des bulletins météorologiques. Mis au point par l'ancien groupe TAUM, ce système est utilisé tous les jours par le Bureau des traductions du Secrétariat d'Etat pour traduire les prévisions au Centre météorologique canadien (CMC) de Dorval (Québec). **Le groupe TAUM est reconnu mondialement pour ses travaux d'avant-garde en matière de systèmes de traduction de deuxième génération (p. ex. le projet TAUM-AVIATION). Ce genre de recherche et de développement répond aux trois critères suivants utilisés pour définir les possibilités (p. ex. le marché intérieur, le marché spécialisé et le besoin au niveau national).**

D'autres secteurs d'application susceptibles d'intéresser le Canada n'ont pas fait l'objet de recherches. Par exemple, l'une des meilleures applications des systèmes experts a été la mécanisation des compétences dans le domaine de la prospection minière et pétrolière. Les travaux ont été effectués avec la collaboration d'un expert en prospection de la Colombie-Britannique, mais le développement et les applications ont eu lieu aux États-Unis. Parmi les autres secteurs qui intéressent manifestement le Canada, on remarque ceux qui ont trait aux communications et aux langues. **Dans le cas des communications, les techniques de l'IA n'ont connu presque aucune application jusqu'ici, et ce malgré les recommandations contenues dans une récente étude à l'intention du MDC au sujet du développement de bases de données intelligentes destinées au Telidon et aux services connexes d'information des consommateurs.**

Il est donc manifeste que le domaine de l'IA suscite intérêt et action dans les universités canadiennes. Cela s'est traduit par des recherches originales d'envergure dans certains domaines de l'IA, et ces recherches ont donné lieu à la constitution d'un bassin de compétences de niveau international, malgré son caractère réduit. **On risque sérieusement d'assister au départ rapide d'une bonne partie de ces compétences vers l'étranger si les possibilités offertes par ailleurs semblent plus attrayantes. Parallèlement, nous avons là une occasion rêvée de susciter une initiative d'envergure au niveau national par l'adoption d'une série soigneusement choisie d'objectifs nationaux.** La concentration claire de notre intérêt dans un nombre restreint de domaines bien précis, outre l'adoption d'objectifs réalistes, stimulerait considérablement le milieu universitaire qui, à son tour, offrirait une large gamme d'avantages sur le plan éducatif et industriel. **En l'absence d'une impulsion de ce genre dans un avenir très rapproché, il est presque certain que nous assisterons à un épuisement rapide des compétences existantes.**

4.3.2 Activités en IA dans la fonction publique fédérale

Un certain nombre de ministères et d'organismes gouvernementaux s'intéressent à l'IA ou travaillent dans ce domaine, et ce nombre connaît une croissance rapide. Citons notamment le Secrétariat d'Etat (SE), le ministère des Communications (MDC), le ministère de la Défense nationale (MDN), Energie, Mines et Ressources (EMR), surtout à son Centre canadien de télédétection (CCT), le ministère des Transports (MT), et le Conseil national de recherches (CNR). **De plus, le ministère d'Etat à la science et à la technologie (MEST) a récemment constitué un comité interministériel chargé d'étudier le potentiel de la technologie informatique de cinquième génération dans divers ministères et organismes gouvernementaux.**

De 1973 à 1981, le Secrétariat d'Etat a financé des recherches consacrées aux systèmes de traduction automatique de seconde génération. Ce ministère est le principal responsable de la traduction au sein du gouvernement fédéral et, son budget de traduction atteignant près de 75 millions de dollars par année, il a manifestement besoin de l'aide que pourraient lui offrir les technologies de l'IA, du TALAN et de la TA. **Bien que le financement par le SE du projet de traduction automatique TAUM ait pris fin en 1981, lorsqu'on a constaté qu'aucun autre avantage ne pouvait être réalisé au plan des coûts sans l'adoption d'un sérieux programme de recherches, ce ministère continue d'évaluer la viabilité des projets éventuels.**

Le ministère des Communications, dont le mandat comporte une fonction de recherche, évalue périodiquement l'opportunité d'entamer des recherches dans des disciplines spécialisées. **Etant donné que le stockage, l'extraction, la transmission et la manipulation des informations, de même que la technologie Telidon et la bureautique, ont été fortement influencés par la recherche en IA ces dernières années, le MDC s'efforce de trouver le meilleur moyen de stimuler, afin d'en tirer parti, les travaux de R&D en IA au Canada.**

Le ministère des Transports a examiné dernièrement divers domaines du secteur des transports où les techniques d'IA pourraient peut-être jouer un rôle important. **Ce ministère parraine déjà des projets de grande envergure dans les domaines du contrôle du trafic, du contrôle des glaces et de la promotion de la sécurité, ainsi qu'une grande base de données pour les applications telles que les enquêtes à la suite d'écrasements d'avions.** Un grand nombre de ces projets à caractère permanent comporteront sans doute un élément d'IA.

Le principal intérêt d'Energie, Mines et Ressources vis-à-vis de l'IA est concentré à la Division des méthodes numériques du Centre canadien de télédétection (CCT) qui s'efforce d'acquérir rapidement des compétences et des outils en IA. **Le CCT est déjà l'un des principaux promoteurs de la recherche en traitement des images IA à l'Université de la Colombie-Britannique, à l'Université McGill et à l'Université de l'Alberta.**

Le Conseil national de recherche accordera toute son attention à l'IA dans son nouveau laboratoire de recherche, c'est-à-dire à l'Institut de fabrication qui sera situé à Winnipeg. Ce laboratoire devrait ouvrir ces portes au printemps 1986, et les activités de recherche seront consacrées à la conception assistée par ordinateur, aux robots et aux mécanismes, aux détecteurs, à la fabrication intégrée et à l'intelligence artificielle; c'est ce dernier élément qui devrait se trouver au centre des recherches dans ce nouveau laboratoire.

Notre exposé ne constitue en aucune façon un répertoire exhaustif des initiatives lancées ou financées par le gouvernement, mais il est clair que l'intérêt poussé dans ce domaine et l'ensemble des initiatives révèlent une sérieuse fragmentation ainsi que l'absence d'un objectif coordonné. Cependant, les initiatives du gouvernement, lorsqu'elles sont placées dans le contexte des critères qui permettent de définir les possibilités dans le cas du Canada, semblent répondre à tous ces critères sauf le premier, soit la compétence au niveau international. Elles répondent aux cinq autres critères de différentes façons. **Cela signifie que des objectifs réalistes dans un certain nombre de secteurs soigneusement choisis permettraient au gouvernement de stimuler, de diriger et de coordonner des initiatives de niveau élevé dans le domaine de l'IA au Canada, et d'en tirer parti, le cas échéant.**

4.3.3 Initiatives dans le domaine de l'IA au sein de l'industrie informatique canadienne

Au Canada, l'industrie informatique a enregistré un chiffre d'affaires de l'ordre de 7,9 milliards de dollars en 1983, soit environ 2 % du PNB. Le taux de croissance a été d'environ 19 % par rapport à 1982 et la plupart des recettes ont été réalisées par des fabricants de matériel conventionnel. À noter que les principaux fabricants de matériel au Canada sont des entreprises américaines qui disposent d'importantes ressources en R&D aux États-Unis.

Etant donné que les grandes entreprises américaines ont décidé d'exécuter leurs travaux de recherche et de développement aux États-Unis, il a été suggéré que le rôle du Canada dans le domaine de l'IA soit confiné au logiciel. Bien que les travaux de R&D reliés à l'IA dans le secteur industriel soient assez restreints dans notre pays à l'heure actuelle, on constate un intérêt croissant vis-à-vis de ce domaine. Des entreprises comme la Bell Northern Research ont manifesté un vif intérêt à l'endroit de l'IA; d'autres entreprises, comme Cognos, Control Data du Canada, Spar Aerospace et MacDonald, Dettwiler & Associates, envisagent déjà des possibilités d'application de l'IA au niveau des prototypes dans le cadre de leurs travaux de recherche. Ces dernières années, on a également assisté à la naissance de nouvelles entreprises canadiennes se spécialisant dans les produits et services reliés à l'IA.

Dans l'étude des critères servant à définir les possibilités qui s'offrent au Canada, on décèle davantage l'existence de nouvelles compétences que l'indice manifeste d'une véritable impulsion. Le secteur privé possède des compétences de niveau international, mais cela se limite à quelques entreprises et à un petit nombre d'experts oeuvrant dans des domaines hautement spécialisés. Il n'existe aucun marché intérieur assez important pour absorber les coûts nécessaires de la R&D, ou plutôt, aucun produit ressortissant à l'IA ne semble jusqu'à présent répondre à la demande d'un marché intérieur assez important ou sur le point de créer un tel marché. **Cependant, il a été démontré que ce genre de produit pourrait bien répondre à la demande de marchés internationaux spécialisés et que plusieurs entreprises canadiennes de logiciel, dont Cognos, fabriquent déjà des produits logiciels de niveau international.**

Pour ce qui est des trois derniers critères de la liste, l'industrie informatique canadienne n'a pas encore reconnu qu'elle percevait des besoins réels au niveau national, même si l'on constate une certaine prise de conscience. Cependant, il n'existe aucun cadre institutionnel pouvant servir de mécanisme de soutien, de financement ou d'orientation des projets de développement.

Etant donné que le secteur privé désire être à la fois compétitif et rentable, il ne présente pas toujours un élément de complémentarité avec les initiatives ou les orientations nationales. **Néanmoins, l'approche réaliste adoptée jusqu'ici s'est traduite par des réalisations concrètes au Canada (par exemple, Northern Telecom, Develcom et Cognos) et elle permet d'entrevoir comment notre pays pourrait accaparer certains marchés internationaux spécialisés.**

L'industrie informatique canadienne, avec quelques exceptions notables, est actuellement le moins bien placé des trois secteurs source pour exploiter le domaine de l'IA, même si elle a démontré sa capacité de soutenir la concurrence dans certains secteurs du marché international. **Par conséquent, il ne devrait y avoir aucune difficulté à stimuler cette industrie, afin de mieux orienter son action. L'adoption de nouveaux projets parrainés et dirigés par le gouvernement pourrait aboutir à la mise au point de produits concurrentiels sur le marché international, et une telle possibilité pourrait bien être saisie par les entreprises qui ont su s'affirmer sur les marchés internationaux spécialisés.**

4.4 Principaux domaines d'application

On entend par domaine d'application principal un domaine qui permettrait au Canada de tirer directement parti d'une participation constructive et d'inscrire à son actif certaines réalisations, grâce à ses propres ressources. **Dans ce cas, on ne peut parler de réalisations que si notre pays atteint des résultats au moins comparables à ceux de programmes analogues lancés ailleurs dans le monde.**

On peut donc affirmer que les principaux domaines d'application de l'IA au Canada désignent la traduction automatique, le traitement automatisé des langages naturels, les systèmes experts, la vision automatique et les problèmes généraux d'interface avec l'utilisateur, notamment la reconnaissance de la parole et la recherche consacrée aux facteurs humains.

4.4.1 Traduction automatique

L'interdépendance croissante des économies nationales rend nécessaire une diffusion toujours plus large de l'information. Les langages naturels sont, et demeureront, le plus puissant outil de communication. Même si l'anglais est utilisé dans une certaine mesure par 30 % de la population mondiale, on remarque la tendance des divers pays, grands ou petits, à affirmer leurs droits linguistiques. Ainsi, à l'intérieur d'un nombre croissant d'entités politiques (par exemple, la CEE et le Canada), il est devenu primordial de placer sur un pied d'égalité les langues des divers participants. Dans le domaine du commerce international, il importe de servir les clients dans leur propre langue si l'on veut continuer à vendre.

Au Canada, depuis l'adoption de la Loi sur les langues officielles en 1968-1969, la charge de travail du Bureau des traductions du gouvernement fédéral est passée de 78 millions de mots par an à 276 millions en 1981-1982, et la demande ne cesse d'augmenter. **L'ensemble du marché canadien pourrait représenter, au bas mot, quelque trois quarts de milliard de mots par an.** En réalité, la documentation traduite ne constitue qu'une très faible partie du volume à traduire pour rendre les deux langues égales à tous les égards.

Dans le monde industriel, les principales sociétés d'exportation ont été obligées de se doter d'importants services de traduction pour répondre aux exigences linguistiques de la clientèle. Dans le cas des entreprises de haute technologie, cette tâche n'est pas facile. À titre d'exemple, la documentation d'une seule pièce de matériel perfectionné (par exemple, un système informatique ou un aéronef) peut représenter des millions ou même des dizaines de millions de mots. **De fait, la documentation compte déjà pour une grande partie du prix de revient de ces produits (jusqu'à 50 % dans certains cas).**

Le coût de la traduction dépend d'un certain nombre de facteurs. En voici quelques-uns : le genre de texte à traduire, le degré de qualité nécessaire, le taux de roulement et l'emplacement géographique. Au Canada, le coût moyen de la traduction est d'environ 20 cents le mot. **Ainsi, le marché canadien de la traduction représenterait au moins 150 millions de dollars par an, et il s'agit là d'une estimation plutôt modeste.**

Au cours des trente dernières années, on a tenté à maintes reprises d'utiliser l'ordinateur en traduction, parfois avec quelque degré de succès. Jusqu'à tout récemment, le Canada a sans conteste figuré parmi les chefs de file dans ce domaine. **À l'heure actuelle, plusieurs pays poursuivent d'importantes recherches dans le domaine de la traduction automatique, tandis que le Canada n'a pas encore un programme d'action dans ce domaine.**

Nous prévoyons une croissance très rapide du volume de la recherche en TA au cours des cinq ou dix prochaines années. L'une des raisons de cette croissance est la très forte demande de services de traduction non seulement au Canada mais dans le monde entier. Une autre raison réside dans les sommes énormes investies par le Japon et la CEE dans le développement de la TA. Dans le cadre des critères que nous avons présentés, la traduction automatique se voit manifestement accorder une très haute priorité. En résumé :

- **On ressent un énorme besoin d'aide sur le plan technologique pour traduire la masse considérable de textes dans notre propre pays.**
- **Notre pays dispose de compétences manifestes en matière de conception de systèmes de traduction automatique de pointe et de grande envergure, comme en témoigne le projet TAUM.** De plus, les Canadiens ont accumulé une grande expérience générale dans le domaine de la traduction et du soutien mécanique (par exemple, la banque de terminologie), aussi bien au Bureau des traductions du SE que dans un certain nombre de services de traduction du secteur privé. Enfin, notre expérience générale en matière de systèmes experts et de TALAN contribue à consolider ce bassin de compétences.
- **Sur le marché mondial, la TA constitue un marché spécialisé de premier plan, qui offre d'excellentes possibilités au Canada.** La traduction automatique se trouve dans une situation unique à l'heure actuelle, car elle a été relativement négligée aux États-Unis et partout ailleurs jusqu'à tout récemment. Cette négligence n'est pas le résultat d'une quelconque incompétence sur le plan technologique, mais plutôt un accident dû aux politiques de financement de la recherche aux États-Unis.

Même s'il est clair que la TA doit devenir un secteur de recherche prioritaire au Canada, nous souhaitons souligner la nécessité de voir les recherches se poursuivre sur un grand nombre de fronts, pour couvrir aussi bien la conception axée sur le marché à court terme que la recherche fondamentale à long terme. Si ce genre de recherche n'est pas entrepris avec enthousiasme, il y a tout lieu de craindre que l'expérience et les compétences acquises jusqu'ici seront perdues sur le plan économique, tout comme nous perdrons notre situation concurrentielle privilégiée. **À notre avis, il faut absolument que l'économie canadienne consacre de sérieux efforts à la TA dans le contexte plus large des initiatives dans les domaines de l'IA et du TALAN.**

Il convient de souligner que pour parvenir à des résultats positifs dans le domaine visé il faudra sérieusement faire appel à la recherche dans un certain nombre de domaines connexes à l'IA, notamment les systèmes experts. **On pourrait en retirer des avantages bien précis dans la mesure où la recherche pourrait par la suite être exploitée dans d'autres domaines n'ayant aucun lien direct avec la traduction automatique.**

4.4.2 Traitement automatisé des langages naturels

Le traitement automatisé des langages naturels est l'un des principaux domaines de l'IA auxquels des efforts ont été récemment consacrés. Bien que les systèmes d'interrogation en langages naturels des bases des données et des systèmes d'information de gestion, continuent de figurer parmi les principaux domaines d'application du TALAN, il y a lieu de s'attendre à une croissance rapide dans d'autres secteurs reliés au TALAN comme la correction des textes, l'enseignement des langues assisté par ordinateur et la synthèse des rapports, notamment la synthèse multilingue (voir l'annexe A pour plus de détails). On manifeste également un intérêt accru vis-à-vis de la recherche fondamentale à long terme dans le domaine de l'informatique linguistique.

Il y a tout lieu de croire que les débouchés pour les produits de traitement des langages naturels augmenteront de façon spectaculaire au cours des dix prochaines années. L'industrie du logiciel réagit déjà à cette situation. Parmi les produits typiques, citons le système INTELLECT de l'entreprise américaine «Artificial Intelligence Corporation» et, plus récemment, le système EXPERT de la société canadienne «COGNOS Incorporated». On estime que le chiffre d'affaires dans le cas du système INTELLECT a été de l'ordre de 9,8 millions de dollars en 1983. La DM Data Inc., une société de prévisions oeuvrant dans le secteur industriel, estime à 32 millions de dollars le chiffre d'affaires qui sera réalisé en 1984 par les cinq principales entreprises spécialisées dans les produits TALAN. On prévoit aussi que la croissance de ces entreprises dans le domaine des logiciels TALAN pourrait dépasser le seuil des 900 millions de dollars d'ici 1990. Les travaux prévus au Japon, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas, pour ne nommer que ces quelques pays, donneront une forte impulsion aux nouveaux produits TALAN.

Pour ce qui est des critères de définition des possibilités, il faut noter les éléments suivants :

- **Il existe un bassin de compétences dans le domaine du TALAN au Canada.** Il suffit de penser aux sérieux travaux de recherche consacrés à l'informatique linguistique par l'Université de Montréal, l'Université de

Toronto, l'Université Western Ontario, l'Université de l'Alberta et l'Université Simon Fraser. La plupart de ces travaux portent sur la recherche à long terme consacrée aux questions fondamentales du dialogue homme-machine et de la représentation des connaissances, de même qu'aux questions plus fondamentales de nature linguistique.

- **Par le biais des entreprises commerciales, l'industrie informatique canadienne se dote également d'une base de compétences plus pratique, même si elle demeure réduite.**
- **Pour ce qui est de l'existence d'un marché intérieur, on pourrait signaler les besoins et les intérêts spécifiques du Canada au sujet du TALAN comme outil d'accès aux grandes bases de données** (p. ex., les bases de données Telidon et les systèmes d'information de gestion). Il n'y a aucun doute que le Canada a des besoins spécifiques dans le domaine de la synthèse de textes multilingues et de l'enseignement des langues assisté par ordinateur.
- **On ne saurait trop insister sur le fait que le TALAN offre des possibilités réelles; l'importance de la recherche en ce domaine a pour but de fournir une base technique et théorique au développement de produits servant à la traduction automatique.** Par conséquent, la recherche dans le domaine du TALAN devrait être considérée comme hautement prioritaire, parce qu'elle constitue une ressource indispensable à la traduction automatique de haute qualité en plus d'offrir des avantages allant de l'enseignement des langues jusqu'aux outils de traduction automatique, en passant par les mécanismes d'accès aux bases de données publiques.

Là encore, il convient de remarquer, à notre avis, que des recherches valables dans le domaine du TALAN ne manqueront pas de créer des compétences utiles à de nombreux autres secteurs. La technologie relative aux systèmes experts n'est qu'un exemple manifeste parmi tant d'autres.

4.4.3 Systèmes experts

La mise au point de systèmes experts permettant d'aboutir à une vaste gamme d'applications figure parmi les domaines les plus actifs de l'intelligence artificielle sur le plan commercial. **Tout indique que cette tendance se maintiendra et qu'elle ira même en s'accélérant.** Cela est dû en partie aux avantages économiques indiscutables qui peuvent découler de l'utilisation de systèmes experts, de même qu'à l'amélioration des outils et des méthodologies servant à la conception des systèmes experts, notamment l'amélioration des outils logiciels, du matériel avec une baisse concomitante des prix, des interfaces humaines et l'augmentation des compétences dans l'art de concevoir des systèmes experts.

Si l'on se réfère aux critères de définition des possibilités, mentionnés plus haut, les systèmes experts offrent des possibilités incontestables :

- **Il existe un bassin de compétences réel au Canada.** L'Université de Toronto a développé un certain nombre de systèmes experts expérimentaux,

et elle vient d'obtenir un important contrat en vue de la mise au point et du perfectionnement de son propre système expert, connu sous le sigle de PSN. De plus, les systèmes experts constituent l'un des rares secteurs de l'intelligence artificielle qui suscitent des initiatives commerciales au Canada. À titre d'exemple, la société Alan Campbell Associates met actuellement au point le PROSPECTOR 2, une nouvelle version du système PROSPECTOR de SRI dont la conception s'était faite avec la participation d'A. Campbell lui-même. La Northwest Artificial Intelligence développe en ce moment un système de prévisions des avalanches. La société Cognos, quant à elle, collabore avec l'Université d'Ottawa au développement d'un prototype de système expert permettant de diagnostiquer et de corriger les défaillances des logiciels, cependant que MacDonald, Dettwiler & Associates met au point un système de prévisions météorologiques. Enfin, le Centre de recherches pour la Défense de la Région atlantique a mis au point des systèmes experts pour l'analyse sonar tandis que le Centre canadien de télédétection s'intéresse à l'élaboration de systèmes experts en vue de la télédétection.

- **Le marché intérieur pourrait absorber les coûts de la R&D reliés au domaine de l'IA.** Au cours de notre étude succincte des entreprises canadiennes, nous avons constaté un vif intérêt vis-à-vis des systèmes experts dans les sociétés et organismes suivants : Banque de Montréal, Crack Resources, Imperial Oil, Hydro-Ontario, Novatech, MDC, ministère des Forêts de la Colombie-Britannique et Conseil de recherche de l'Alberta.

- **Pour ce qui est du critère de complémentarité par rapport aux initiatives et aux besoins nationaux majeurs, il faut signaler que les systèmes experts constituent un domaine de développement très général et global à l'intérieur du secteur de l'intelligence artificielle.** La technologie mise au point dans le cadre des systèmes experts peut être appliquée à une vaste gamme de problèmes allant des systèmes experts de consultation à la gestion des ressources, de la planification d'urgence et des applications médicales à la recherche spécialisée en matière de traitement automatisé des langages naturels, de traduction et de vision automatiques et de reconnaissance de la parole. **Aussi la technologie fondamentale qui sous-tend la conception de systèmes experts doit-elle recevoir les appuis nécessaires, si l'on veut que le Canada se dote d'une industrie viable dans le domaine de l'intelligence artificielle.**

4.4.4 Vision automatique

Le secteur de l'intelligence artificielle qui s'intéresse à la vision automatique a trouvé sa voie au cours des dernières années, en raison de son potentiel considérable dans le domaine de la robotique et de l'analyse des images.

- Si l'on se réfère aux critères de définition des possibilités, il est clair que la vision automatique se classe très favorablement **sous l'angle des compétences canadiennes.** C'est un secteur de l'intelligence artificielle qui se

développe actuellement au Canada. Les programmes de recherche de l'Université McGill, de l'Université de Toronto et de l'Université de la Colombie-Britannique ont eu un effet déterminant quant à l'application de la technologie de la vision automatique à l'analyse des images médicales et des images obtenues par télédétection (par satellite ou radar). Les travaux entrepris jusqu'ici, ainsi que l'analyse des images au Centre canadien de télédétection, chez MacDonald, Dettwiler & Associates et dans d'autres centres, sont internationalement reconnus.

- **Pour ce qui est de l'existence d'un marché intérieur et des initiatives nationales prioritaires, la vision automatique se classe aussi très favorablement.** Par exemple, la recherche fondamentale poursuivie dans plusieurs universités canadiennes sur le traitement des images commandé par les connaissances comporte des applications hautement prioritaires dans les domaines suivants :

  — l'analyse des photographies et des radiographies médicales,
  — l'industrie (p. ex., le contrôle de la qualité),
  — la robotique (le contrôle des robots industriels et des véhicules et manipulateurs spaciaux et sous-marins),
  — le transport (p. ex., la surveillance des icebergs et des autres formations glaciaires, de même que des phénomènes météorologiques sérieux),
  — la gestion des ressources (p. ex., la gestion de l'abattage forestier et des autres récoltes),
  — la cartographie automatisée (y compris la mise à jour de la croissance des municipalités à partir d'images prises par satellite).

4.4.5 Interface homme-machine

On remarque dans notre pays une grande activité dans le domaine de la science cognitive, une branche de la psychologie étroitement reliée à l'intelligence artificielle. L'interface des systèmes d'IA avec des utilisateurs non spécialisés risque de poser de sérieux problèmes, en raison de l'utilisation généralisée de ces systèmes à l'avenir, et donne par conséquent toute son importance à la recherche dans ce secteur. Au cours de la conférence nationale sur l'intelligence artificielle qui s'est tenue récemment à Washington (D.C.), des experts signalaient le problème de l'interface humaine, notamment la question des méthodologies utilisées pour exploiter les connaissances dont se servent les experts et qui constituent l'un des principaux obstacles au développement des systèmes IA. La recherche doit être consacrée non seulement à la mise au point de la reconnaissance et de la synthèse de la parole, mais aussi à l'élaboration de grands systèmes de menus, systèmes experts pour le balayage des grandes bases de données et interfaces intelligentes en général. À titre d'exemple, la société Cognos a beaucoup utilisé les systèmes de menus étendus pour mettre au point son système d'interrogation en langages naturels, appelé «EXPERT».

Les possibilités sur le plan de l'interface homme-machine répondent aux critères mentionnés plus haut; en effet :

- **Il s'agit d'un domaine où le Canada compte de nombreuses compétences.** La plupart de ces compétences sont concentrées dans les universités (par exemple, le Centre de la science cognitive de l'Université de Western Ontario, la recherche sur les facteurs humains à l'Université Carleton, et les universités de Guelph, de Toronto et de Calgary). Des travaux pratiques sur les facteurs humains se déroulent également dans divers laboratoires gouvernementaux et industriels, notamment ceux du MDC, de l'INRS, du CNR et de la BNR.
- **Sur le plan pratique, la concurrence sur le marché des logiciels continue de reposer essentiellement sur la «facilité d'utilisation».** Tout facteur susceptible d'améliorer les rapports entre le logiciel et l'utilisateur contribuera au renforcement de l'industrie canadienne du logiciel sur le plan de la concurrence.
- **Pour ce qui est des autres programmes nationaux, il est clair que le succès des travaux consacrés au Telidon, à la bureautique et aux programmes mis en oeuvre par le MDC dépend dans une large mesure de la mise au point d'interfaces avec les utilisateurs.** L'expérience récente a démontré que de nombreux utilisateurs demeurent très réticents face aux claviers. Par conséquent, tout progrès dans le développement des systèmes de reconnaissance et de synthèse de la parole améliorera incontestablement par rapport aux systèmes classiques, les produits destinés aux consommateurs et aux bureaux.
- **Pour ce qui est du marché intérieur, nous avons déjà mentionné à quel point il faudrait alléger l'énorme tâche des traducteurs canadiens. Par conséquent, il importe de bien comprendre les diverses formes d'aide que l'on pourrait fournir aux traducteurs humains.** Celles-ci pourraient varier de l'aide à la formation des traducteurs dans des domaines spécialisés comme la traduction technique, juridique ou diplomatique à l'étude du meilleur moyen d'établir un «poste de travail pour le traducteur» de façon à mieux intégrer les aptitudes humaines et les capacités de la machine.

Toute interface homme-machine ne créant aucune entrave à la communication devra sans doute faire appel à une variété de technologies. Citons en particulier la synthèse et la reconnaissance de la parole, la reconnaissance optique des caractères, la reconnaissance des formes et les autres aspects de la vision automatique. Pour être viable, l'interface homme-machine devra certainement découler de recherches directement applicables à de nombreux secteurs de l'informatique, de même qu'à d'autres domaines. **Ce domaine de recherche offre donc d'intéressantes perspectives pour ce qui est de la canalisation des efforts reliés à l'IA.**

4.5 Récapitulation

Dans le présent chapitre, nous avons d'abord énuméré six critères d'évaluation des possibilités qui s'offrent au Canada dans le domaine de l'IA. Nous avons ensuite examiné les ressources dont notre pays dispose à l'heure actuelle, tant du point de vue des compétences

que de l'intérêt, et nous les avons groupées à l'intérieur de trois secteurs : universitaire, gouvernemental et industriel. **Il ne fait aucun doute qu'il existe un large bassin de compétences universitaires, un intérêt gouvernemental marqué et une industrie du logiciel en mesure d'en assurer l'exploitation.**

Cependant, l'absence d'une impulsion suffisante dans un avenir très rapproché poussera probablement les compétences existantes à s'expatrier, en raison des perspectives plus attrayantes offertes ailleurs dans le monde. Le Canada doit éviter une «fuite des cerveaux» semblable à celle qui s'est produite entre le Royaume-Uni et les États-Unis dans les années 1950.

Enfin, le présent chapitre a permis d'examiner certains des secteurs clés de l'IA susceptibles d'offrir des possibilités réelles au Canada, notamment la traduction automatique et le traitement automatisé des langages naturels.

Dans le prochain chapitre, nous nous attacherons à étudier certaines des répercussions sociales dont pourrait s'accompagner la mise en oeuvre des technologies de l'information de pointe, puis nous aborderons le chapitre final qui renferme nos recommandations.

Chapitre 5

Aspects sociaux de l'intelligence artificielle

5.1 Historique

Le gouvernement, l'industrie et le public en général sont de plus en plus conscients du fait que l'adoption de nouvelles technologies peut avoir de sérieuses répercussions sur la société. Cela est particulièrement vrai dans le contexte d'une technologie transformatrice comme l'électricité, l'automobile ou l'intelligence artificielle. Bien que les nouvelles technologies visent à offrir de plus grands avantages à la société, les changements dont elles s'accompagnent peuvent revêtir un caractère négatif. Il serait difficile de déterminer avec précision la nature des répercussions. Cependant, nous nous devons de considérer l'avantage qu'il y aurait à éliminer les emplois dangereux et fastidieux, d'une part, et la vague montante du chômage ainsi que la sensibilisation et la préoccupation accrues de la société face aux nombreuses initiatives technologiques, d'autre part.

Jusqu'à présent, on n'a pas trouvé de réponses faciles ni de règles simples, mais il faut reconnaître qu'il y aura des répercussions, que nous le voulions ou non. Par conséquent, il va falloir prévoir toute éventualité dès le départ, puisqu'il est peu probable que l'on assiste à des changements soudains soit dans le rythme, soit dans l'orientation des initiatives technologiques actuelles. En raison de son rôle primordial dans le domaine des technologies de l'information, l'IA aura une incidence déterminante sur la société. Seule une perception claire des diverses possibilités nous permettra de déceler et d'éviter rapidement toute situation défavorable et de retirer le plus grand nombre d'avantages possible.

Le présent chapitre examine la nature des répercussions sociales pouvant découler de l'application des technologies fondées sur l'IA.

5.2 L'IA, technologie transformatrice

L'IA est une technologie transformatrice dans la mesure où :

- **elle peut augmenter le degré d'intelligence avec lequel de nombreuses activités traditionnelles sont exécutées,**
- **elle peut substituer l'intelligence automatique au savoir-faire humain dans un grand nombre d'activités humaines reposant essentiellement sur les connaissances,**
- **elle permet l'exécution de tâches jusque là irréalisables au moyen de la technologie classique,**
- **le caractère généralisé de ses applications est tel qu'elle aura une incidence déterminante sur tous les aspects de l'activité sociale :** enseignement et formation, santé et bien-être, production et distribution, gestion et travail, et même les loisirs. Par exemple, les répercussions sociales de la machine à écrire activée par la voix et du répondeur téléphonique intelligent peuvent être rapidement perçues, surtout lorsqu'on pense à leur incidence sur les emplois féminins.

Dans le cadre du projet G5, les Japonais ont examiné l'intelligence artificielle sous l'aspect de ses utilisations éventuelles au cours des années 1980, plutôt qu'en fonction des risques qu'elle pourrait représenter.

D'une manière générale, les objectifs fixés se résument comme suit :

- **augmenter la productivité,**
- **répondre à la concurrence internationale et contribuer à la coopération mondiale,**
- **aider à économiser de l'énergie et autres ressources,**
- **faire face à une société plus âgée** (en 1990, 12 % des Japonais auront plus de 60 ans).

Sur un plan plus pratique, ces objectifs se traduisent ainsi :

- **meilleure accessibilité du Japon au reste du monde** (p. ex., traduction automatique),
- **suppression de l'élément humain dans les emplois «salissants»** (épandage, soudage, etc.),
- **réduction de la bureaucratie gouvernementale,**
- **meilleure répartition et accessibilité pour ce qui est des services** (p. ex., dans le cas des personnes âgées).

L'aspect positif de cette approche témoigne d'une société habituée à des changements technologiques rapides, qui met en oeuvre des stratégies visant à optimaliser les innovations plutôt qu'à y réagir craintivement. De toute évidence, la gestion des changements généralisés découlant de l'intelligence artificielle fera appel à de nombreux intervenants. Au Canada et dans d'autres pays, cela entraînera probablement des changements au niveau des institutions pour parvenir au consensus social le plus large et à une meilleure orchestration du développement et de l'application des politiques.

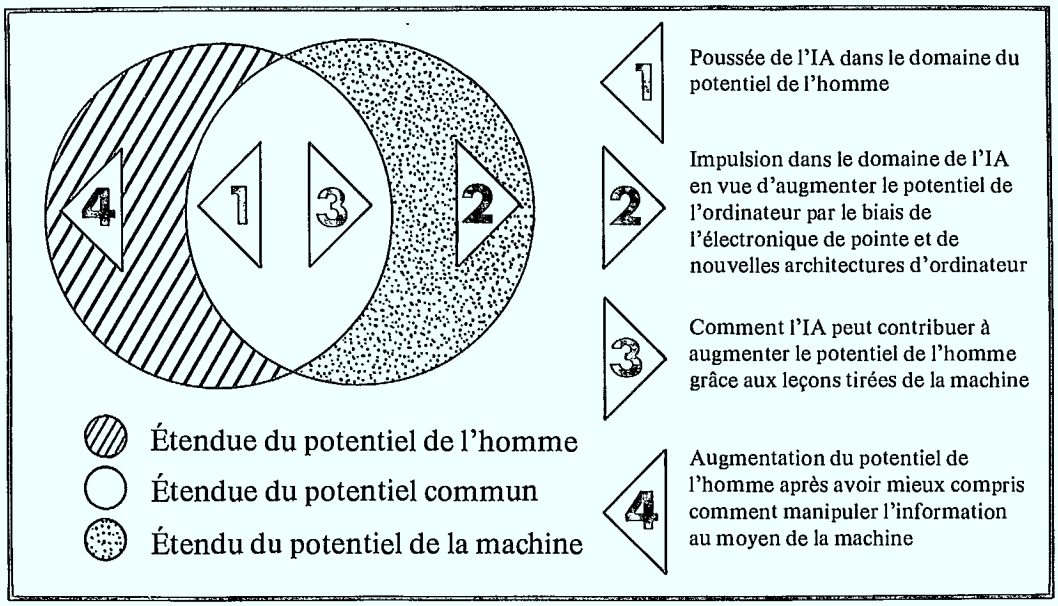
5.3 Dynamique de l'intelligence humaine et de l'intelligence artificielle

La nature transformatrice de la technologie de l'IA découle largement de la dynamique qui entre en jeu lorsque l'intelligence humaine et l'intelligence artificielle se rencontrent.

La corrélation entre l'homme et la technologie qu'il a créée constitue à la fois le facteur clé et le moteur de l'évolution constante de la civilisation au cours des siècles. L'invention et la mise au point des machines se sont développées et ont modifié les aptitudes humaines qui, à leur tour, se sont appliquées à l'amélioration constante des machines.

Le chevauchement des activités humaines et des opérations mécaniques génère des forces complémentaires qui contribuent à accroître les capacités de l'être humain et de la machine. Cette synergie est particulièrement puissante lorsque la corrélation passe d'un niveau matériel à un palier plus mental ou intellectuel. La Figure 14 illustre le chevauchement entre l'intelligence humaine et l'intelligence artificielle et la nature des forces issues de cette corrélation.

Figure 14: Dynamique de l'intelligence humaine et de l'intelligence artificielle



5.4 Répercussions sociales de l'intelligence artificielle

L'impact social de la technologie de l'intelligence artificielle est difficile à distinguer des changements plus généraux qui sont implicites à l'ère de l'information. Au cours des dix prochaines années, et à mesure que les diverses technologies de l'information seront généralement intégrées, la structure sociale de chaque facette de notre économie industrielle et une grande partie de notre style de vie personnel et privé seront fortement modifiées par la diffusion généralisée de la puissance informatique. À titre d'exemple, on pense que la structure pyramidale traditionnelle des entreprises changera rapidement, dès que les principales fonctions intermédiaires de gestion reliées à la collecte, à l'analyse et à la présentation des données seront remplacées par une puissance informatique accrue aux divers niveaux de la hiérarchie de l'entreprise.

Il faut voir l'intelligence artificielle dans ce contexte général. Dans le cadre des répercussions sociales, le principal aspect de l'intelligence artificielle est peut-être relié au traitement automatisé des langages naturels (TALAN). Plutôt que de supporter les limites imposées par l'interface de programmation classique, le TALAN permettra une auto-adaptation complète et directe de l'ordinateur à la communication humaine. Les répercussions dues à l'optimalisation de l'interface homme-machine comportent tellement de facettes qu'elles défient toute catégorisation. L'exemple de la machine à écrire activée par la voix, avec ses effets sur l'organisation du travail de bureau, est déjà connu. Ses effets éventuels sur le foyer et sur le comportement du consommateur sont également faciles à concevoir et perceptibles d'ores et déjà.

Les systèmes de contrôle activés par la voix apporteront des avantages appréciables, en particulier, aux personnes âgées et aux infirmes. Ils auront également un effet déterminant sur les techniques d'enseignement et de formation. Reliés aux capacités des systèmes experts dans des domaines comme le diagnostic, ils permettront d'améliorer sensiblement les soins de santé.

Par conséquent, on peut considérer que le traitement automatisé des langages naturels est un outil clé dans le domaine de l'IA, en ce sens qu'il peut mettre la puissance informatique à la portée de l'ensemble de la société. Au plan du rendement, par suite de l'intégration à la vision automatique et à d'autres moyens de détection, les commandes et le contrôle réellement automatisés, du champ de bataille à l'usine et au foyer, par le biais de robots qui «produisent sur commande», peuvent devenir la règle plutôt que l'exception.

Le changement atteindra un tel rythme que certains parmi les principaux intervenants de notre société seront soumis à des tensions considérables pendant la période de transition. **Comme nous l'avons déjà souligné, les cadres intermédiaires et les cols blancs seront peut-être victimes de bouleversements sans précédent. Le recyclage de la main-d'oeuvre deviendra une priorité politique majeure et la formation une activité permanente et intégrée plutôt que provisoire ou unique au cours d'une vie. Avec l'augmentation de la productivité, le partage de l'emploi devrait devenir de plus en plus courant. On assistera, dans les secteurs d'emploi traditionnels, comme la fabrication et l'agriculture, à une compression des effectifs, cependant que l'IA accélérera l'expansion compensatrice du secteur des services.**

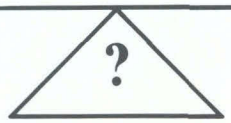
Un bon nombre des changements mentionnés ont déjà commencé à se manifester. Au cours des années 1990, et à mesure que le TALAN et d'autres événements reliés à l'IA auront mûri, l'évolution ira en s'accélérant. Dans ce contexte, la société voudra mieux contrôler les processus évolutifs et en attendra des avantages plus visibles.

Le défi de la prochaine décennie consistera à provoquer des réactions institutionnelles face aux exigences de la société. Il faudra des mécanismes politiques et sociaux appropriés pour assurer le renforcement du tissu social plutôt que son affaiblissement par le caractère transformateur des technologies de l'IA.

Voici un tableau des principaux avantages et inconvénients généralement reliés aux nouvelles technologies de l'IA.

Figure 15: Bilan des répercussions sociales

Aspects positifs	Aspects négatifs
Meilleure qualité de vie au travail	Bouleversements dans le milieu de travail
Diminution des situations dangereuses	Chute d'intérêt dans de nombreux emplois
Augmentation de la productivité	Diminution du volume de travail
Élargissement du champ d'activité des emplois	Besoins sur le plan du recyclage



Chapitre 6

Recommandations

6.1 Principales recommandations

Le présent rapport a un double objectif :

- **En premier lieu, cerner les principales possibilités qui s'offrent au Canada, en fonction de ses compétences, dans le domaine de la technologie de l'information, là où la première place mondiale demeure encore inoccupée.**
- **En second lieu, attirer l'attention sur l'extrême urgence qu'il y a pour le Canada d'améliorer, par rapport au reste du monde industrialisé, sa position à l'égard des nouvelles initiatives dans le domaine de la technologie de l'information.**

À notre avis, la traduction automatique et le traitement automatisé des langages naturels représentent les deux principales possibilités qui permettront au Canada d'occuper une place de premier rang à l'échelle mondiale et, ce faisant, de se classer parmi les pays qui organisent déjà leur propre survie économique à l'ère de l'information.

C'est *maintenant* qu'il faut agir. Aux chapitres de la TA et du TALAN, des possibilités concrètes s'offrent au Canada. Ces mêmes possibilités risquent de disparaître à mesure que d'autres pays les percevront et qu'ils tenteront de les accaparer.

L'existence de possibilités concrètes, les compétences canadiennes et l'avenir économique mondial suscitent les trois recommandations suivantes :

- **Nous recommandons que l'on envisage immédiatement la mise en oeuvre d'un programme de traduction automatique qui aurait pour objet de développer une nouvelle génération de systèmes intelligents de traduction automatique. Ces systèmes pourraient répondre à une partie appréciable de nos besoins nationaux en traduction et améliorer les chances du Canada d'accéder au premier rang dans le domaine de la TA.**
- **Le programme de TA devrait être le début d'une initiative nationale dans les domaines connexes de l'IA, notamment en ce qui concerne les secteurs complémentaires du traitement automatisé des langages naturels. À cet effet, notre deuxième recommandation principale a trait à l'objectif que notre pays devrait donner à l'impulsion collective du Canada en matière de TALAN. Cet objectif viserait à déterminer, planifier, stimuler et diriger les initiatives en matière de TALAN, qui peuvent être considérées comme stratégiquement cruciales dans un domaine en pleine expansion comme celui des interfaces homme-machine.**
- **Notre troisième et dernière recommandation est peut-être la plus évidente, mais probablement la plus difficile à réaliser. Des mesures doivent être prises sans tarder afin de tirer parti des possibilités qui s'offrent à nous et de porter la situation à la connaissance du public. Une prise de position claire à ces deux niveaux donnerait le ton et indiquerait la voie à suivre à tous les secteurs intéressés du gouvernement, de l'industrie et du monde universitaire.**

6.2 Situation avantageuse du Canada

Le Canada est dans une situation privilégiée pour appuyer toute intervention dans les domaines de la TA et du TALAN. Pour ce qui est de la TA, considérons les éléments suivants :

- **Le Canada possède déjà des compétences de niveau international en TA, dont** le système de traduction automatique apparemment le plus efficace du monde, TAUM-Météo, créé sous l'égide du Secrétariat d'Etat;
- **les prévisions les plus prudentes au sujet du marché de la traduction au Canada atteignent un chiffre de 750 millions de mots par an.** L'automatisation d'au moins 10 % de ce volume pourrait se traduire par des économies considérables;
- **la TA est sans conteste un marché spécialisé au plan international,** auquel on ne s'est pas encore intéressé;
- **il existe également un important besoin en TA à l'échelle nationale.** Ce besoin recouvre l'ensemble de notre société bilingue et touche à tous les aspects de notre économie.

Si nous considérons la TA comme une «semence» à partir de laquelle peuvent pousser des initiatives parallèles et complémentaires, examinons dès lors les éléments suivants :

- **La TA est une discipline qui offre un excellent noyau autour duquel on pourrait faire graviter les travaux de recherche et de développement dans les domaines du TALAN, de la vision automatique et des systèmes experts;**
- **le regroupement de la TA et de l'IA présente des avantages certains pour ce qui est de l'étude de l'interface homme-machine. Des percées dans ce domaine placeraient le Canada dans une situation privilégiée d'où il pourrait exercer son influence sur toute la gamme des applications de l'IA. Cette influence pourrait revêtir un caractère à la fois technique et économique;**
- **même si le leadership mondial en TA devait échapper au Canada, des initiatives secondaires bien planifiées pourraient survivre et conduire notre pays vers des domaines susceptibles de dépasser en importance la TA à l'avenir,**
- **la création d'une nouvelle génération de programmes de TA au Canada deviendrait vite l'objet et la raison d'être du talent collectif de notre population dans ce domaine.**

Il est évident que le Canada occupe une place de choix pour ce qui est de la TA et du TALAN. Nos principales recommandations portent sur ces deux derniers domaines parce qu'ils sont l'objet du présent rapport. Nous tenons cependant à rappeler ce que nous faisions valoir dans les premières pages, notamment que la TA et le TALAN doivent être situés dans le cadre d'une politique nationale en matière d'IA. Bien que la TA et le

TALAN soient des priorités nationales, la recherche dans ces domaines ne peut être fructueuse si elle est faite isolément de la recherche en intelligence artificielle. Les avantages de cette vision élargie est mise en évidence par la figure 16 qui fait ressortir le niveau des compétences canadiennes, les possibilités de marché et les principaux champs d'application de l'IA.

Figure 16: Possibilités qui s'offrent au Canada dans les principaux secteurs de l'IA

	Principaux champs d'application				
Critères	**Traduction automatique**	**Traitement automatisé des langages naturels**	**Systèmes experts**	**Vision automatique**	**Interface homme-machine**
Niveau des compétences canadiennes	Élevé	Moyen	Moyen	Élevé	Moyen
Possibilités du marché canadien	Élevées	Moyennes	Élevées	Élevées	Élevées
Possibilités d'un marché international spécialisé	Élevées	Moyennes	Élevées	Moyennes	Élevées
Importance des besoins au Canada	Élevée	Élevée	Moyenne	Élevée	Élevée
Présence des mécanismes institutionnels	Élevée	Moyenne	Faible	Moyenne	Faible
Rapports avec les principales impulsions officielles	Élevés	Moyens	Moyens	Moyens	Faibles

(Remarque : Ce classement est fait en fonction des initiatives connues et pertinentes dans le domaine de l'IA à l'étranger.)

La situation du Canada par rapport à celle des autres pays industrialisés, et surtout par rapport à leurs programmes nationaux d'IA, est en soi un précieux acquis. Notre pays peut avoir une vue objective des succès et des échecs des autres, apprendre de leurs erreurs, déterminer les secteurs jusque là inexplorés et rendre concrètes les initiatives en TA et en TALAN les plus susceptibles de réussir.

Comme nous l'avons indiqué au début du présent chapitre, il faut absolument prendre les mesures nécessaires sans tarder. Les acquis du Canada prendront de l'ampleur s'ils s'accompagnent d'interventions constructives, mais ils seront gravement et peut-être irrémédiablement compromis si l'on tarde trop à préciser l'objectif national.

6.3 Perspectives de succès

Dans le cas du Canada, le plus important facteur de succès en TA et en TALAN est sans doute la découverte du mécanisme qui conviendrait le mieux à l'évolution orientée et mesurée des initiatives en TA et en TALAN. Quel que soit le mécanisme choisi (rapports de recherche, études industrielles, création de prototypes en laboratoire, sondages d'utilisateurs, analyse de marché, etc.), chaque occasion doit être saisie pour exploiter le bassin de compétences canadiennes par le biais des mécanismes gouvernementaux existants.

De plus, il faudra absolument éviter la centralisation des ressources et une gestion excessive des initiatives. **Les initiatives en TA et en TALAN devraient être choisies dans le cadre du mandat et des fonctions des organismes existants et elles devraient favoriser tous les projets axés sur des résultats et entrepris avec enthousiasme, détermination et sens des responsabilités. Dans la mesure du possible, il faudrait faire appel aux compétences techniques et commerciales reconnues susceptibles d'accélérer le lancement d'initiatives précises.**

Au paragraphe 6.1, nous insistions sur le besoin de fixer un objectif à notre effort collectif en TA et en TALAN et nous préconisions des mesures rapides afin de promouvoir des initiatives précises qui constitueraient les premières étapes d'un plan national. Les Canadiens doivent rapidement se mettre au courant des efforts que leur pays déploie pour soutenir la concurrence parmi les pays industrialisés.

Aussi, estimons-nous qu'il incombe au gouvernement fédéral de préciser cet objectif politique et administratif et de sensibiliser la population à un plan d'action national. Nous recommandons, par conséquent, que des démarches soient immédiatement entreprises en vue de choisir le secteur gouvernemental pertinent qui se verra confier ce mandat.

Une fois choisi, le groupe responsable doit se hâter de planifier et de mettre en oeuvre une série d'initiatives intégrées en TA et en TALAN. Ces premières mesures devraient au moins s'articuler autour des quatre principaux aspects énumérés ci-après et considérés comme les seuls garants d'un rendement maximal :

- **ces initiatives devraient être parrainées et choisies par le gouvernement dans le cadre d'une nouvelle politique au sujet des initiatives en technologie de l'information de pointe.** De plus, toutes les activités entreprises devraient contribuer à développer et à confirmer cette nouvelle politique;
- là où il existe une valeur ajoutée, ces initiatives devraient encourager et appuyer l'entreprise privée en vue de la commercialisation des ressources en recherche qui sont du domaine public;
- dans le cas des initiatives visant des marchés précis, on devrait mettre en oeuvre des programmes qui favorisent les entreprises technologiques canadiennes reconnues, surtout celles qui sont axées sur l'exportation;

- **on devrait rechercher une qualité maximale auprès des centres canadiens reconnus pour leur excellence dans les domaines de la TA et du TALAN;**
- **il faudrait stimuler l'intérêt à long terme afin de canaliser le potentiel de l'avenir.** Par exemple, des chaires en TA, en TALAN ou en linguistique dans les universités canadiennes seraient de bon augure pour ce qui est de l'expansion de la recherche dans ces disciplines cruciales.

Vu la coïncidence et l'accélération des programmes nationaux d'IA dans le monde, le personnel hautement qualifié constitue déjà une ressource primordiale. Comme dans le cas de bien d'autres programmes nationaux, les stratégies canadiennes devront encourager la coopération entre les universités et l'industrie. Le gouvernement doit envisager une série de mécanismes destinés à stimuler le développement de la recherche et de l'enseignement universitaire, de façon à attirer et à conserver chez nous les compétences de niveau international.

Tout programme de recherche devrait avoir pour effet de susciter un plus grand intérêt dans le domaine et, par conséquent, d'attirer un nombre accru de compétences, aussi bien d'origine canadienne qu'étrangère. Pour tirer le plus grand parti de l'acquis actuel en IA, **le Canada devrait entreprendre des démarches précises en vue d'accéder au bassin mondial de technologie dans ce domaine. Les échanges scientifiques, les bourses de recherche à l'étranger, les accords technologiques bilatéraux, et les entreprises conjointes devraient constamment figurer à l'ordre du jour.**

Il faudrait aussi faire appel à la prudence. Même si la plupart des programmes en IA des autres pays favorisent une formule tripartite (gouvernement, universités et industrie), **le plan canadien devrait également prévoir des interventions précises de la part d'entreprises privées qui peuvent être tenues responsables de leur rendement. Le tandem survie économique-austérité organisationnelle de l'entreprise pourrait servir de base à certains succès modestes, mais stratégiquement importants.**

6.4 Conclusions

Notre étude de la TA, du TALAN et de l'IA s'articule autour de la vision d'une technologie transformatrice rendue à un stade de développement explosif. La combinaison du progrès scientifique, du financement accéléré et des possibilités énormes quant à l'augmentation de la productivité dans de si nombreux secteurs de l'activité économique a donné lieu à des efforts soutenus dans le monde entier en vue d'atteindre le leadership technique et de s'assurer une place de choix au plan de la concurrence. Comme nous l'avons signalé, les principaux pays industrialisés se sont déjà dotés de vastes programmes de recherche et de développement à long terme.

Sur le plan des technologies de pointe, le Canada possède une abondance de talents en recherche scientifique et d'aptitudes reconnues en TA, ainsi que les prémices d'une industrie du logiciel. De plus, du côté de la demande, il y a manifestement au Canada de grands besoins qui pourraient servir de stimulants commerciaux à des programmes de développement en TA et en TALAN.

Pour ces raisons, et nonobstant l'âpreté de la concurrence, le Canada est stratégiquement bien placé pour s'assurer des créneaux commerciaux et techniques de premier ordre à l'ère de l'information.

Pour mieux saisir ces occasions, il faut concentrer les objectifs de la TA et du TALAN, s'efforcer sans relâche d'atteindre le leadership technologique et accaparer une place sur le marché, puis regrouper les talents canadiens en recherche, développement et commercialisation autour d'objectifs déterminés reliés à des produits précis.

Cette impulsion est bien trop cruciale pour être laissée au gré du secteur privé ou au penchant des universités pour la recherche. Le gouvernement doit fixer des objectifs nationaux valables, fournir des crédits d'incitation et offrir des mécanismes d'acquisition afin d'encourager l'action collective de l'industrie et des universités. En appuyant des Canadiens qui ont fait leurs preuves et en soutenant des entreprises technologiques en herbe, notre gouvernement peut créer un climat propice au succès futur du Canada sur le marché mondial.

Les Canadiens doivent savoir que l'on planifie la survie économique pour les décennies à venir et que la situation est bien en main. Le temps est venu de donner une forme concrète à notre engagement et à notre désir d'atteindre le leadership mondial à l'ère de l'information.

Table des matières

Chapitre		Page
A.1	SYSTÈMES EXPERTS ET GÉNIE DE LA CONNAISSANCE	A-1
A.1.1	Avant-propos	A-1
A.1.2	Réalisation de systèmes experts commercialisables	A-3
A.1.3	Sous-optimisation et performance	A-4
A.2	PERCEPTION AUTOMATIQUE	A-4
A.2.1	Vision automatique	A-4
A.2.2	Reconnaissance optique des caractères (ROC)	A-5
A.2.3	Reconnaissance de la parole	A-6
A.2.4	Résumé	A-6
A.3	TRAITEMENT AUTOMATIQUE DES LANGAGES NATURELS	A-7
A.3.1	Introduction	A-7
A.3.2	Correction de texte	A-7
A.3.3	Systèmes simples d'interrogation de bases de données	A-8
A.3.4	Analyse de textes étendus	A-9
A.3.5	Systèmes de synthèse du langage	A-10
A.3.6	Synthèse de rapports bilingues à partir d'une base commune de données	A-10
A.3.7	Synthèse de textes étendus	A-10
A.3.8	Enseignement des langues assisté par ordinateur	A-11
A.3.9	Résumé	A-11
A.4	TRADUCTION AUTOMATIQUE (TA)	A-11
A.4.1	Historique	A-11
A.4.2	Une nouvelle génération de systèmes	A-12
A.4.3	Orientations actuelles	A-12
A.4.3.1	Traduction humaine assistée par machine (THAM)	A-13
A.4.3.2	Systèmes à entrées restreintes	A-13
A.4.3.3	Traduction automatique assistée (TAA)	A-14
A.4.4	Regain d'enthousiasme à l'égard de la TA	A-14
A.4.5	Résumé	A-15
A.5	BESOINS, POSSIBILITÉS ET ORIENTATIONS DE LA RECHERCHE	A-16

LISTE DES FIGURES

17	Catégories générales de systèmes experts	A-2
18	Éléments d'un système expert	A-3

Annexe A :

Aperçu scientifique et technique

Annexe A

Aperçu scientifique et technique

L'intelligence artificielle (IA), cette branche de l'informatique consacrée à la conception de machines qui fonctionnent d'une façon que l'on peut qualifier d'intelligente est aussi ancienne que l'informatique; en fait, elle a même précédé les ordinateurs. Au cours de la dernière décennie, elle a pris une série de virages dramatiques et est sortie carrément des laboratoires pour entrer avec éclat dans le monde de la science appliquée et du commerce. En moins d'une décennie, elle est devenue le joyau de la haute technologie après avoir été l'objet des recherches des scientifiques et des futurologues.

Dans cette section, nous allons examiner quelques-uns des champs d'application de l'intelligence artificielle qui ont connu un succès indiscutable ces dernières années. Cette analyse permettra de dégager les possibilités de réalisations intéressantes, même dans les domaines où un grand nombre d'importants problèmes de nature théorique n'ont pas encore été résolus. Dans la conclusion, nous allons examiner les leçons à tirer de ces réalisations et d'autres réussites connexes. Nous traiterons des domaines de perfectionnement de l'intelligence artificielle suivants :

- systèmes experts;
- perception automatique;
- reconnaissance et synthèse de la parole;
- traitement des langages naturels;
- traduction automatique.

A.1 Systèmes experts et génie de la connaissance

A.1.1 Avant-propos

Les systèmes experts (SE) représentent un des exemples les mieux connus de l'application de l'intelligence artificielle aux domaines pratiques. La figure 17 indique les catégories générales d'application des systèmes experts, recensées jusqu'à présent. Il y a de nouveaux systèmes experts qui fonctionnent à des niveaux d'expertise humains : ils peuvent diagnostiquer les maladies et recommander les traitements appropriés, établir la structure des molécules chimiques à partir de données de laboratoire, indiquer aux sociétés minières où se trouvent les gisements minéraux et analyser les relevés des installations de forage en vue de déterminer l'emplacement des gisements de pétrole. La société Digital Equipment Corporation exploite quotidiennement le système XCON. À partir des besoins du client, ce système détermine la combinaison des 400 composants fabriqués par Digital Equipment Corporation qui servira à la configuration de chaque ordinateur VAX personnalisé.

Figure 17: Catégories générales de systèmes experts

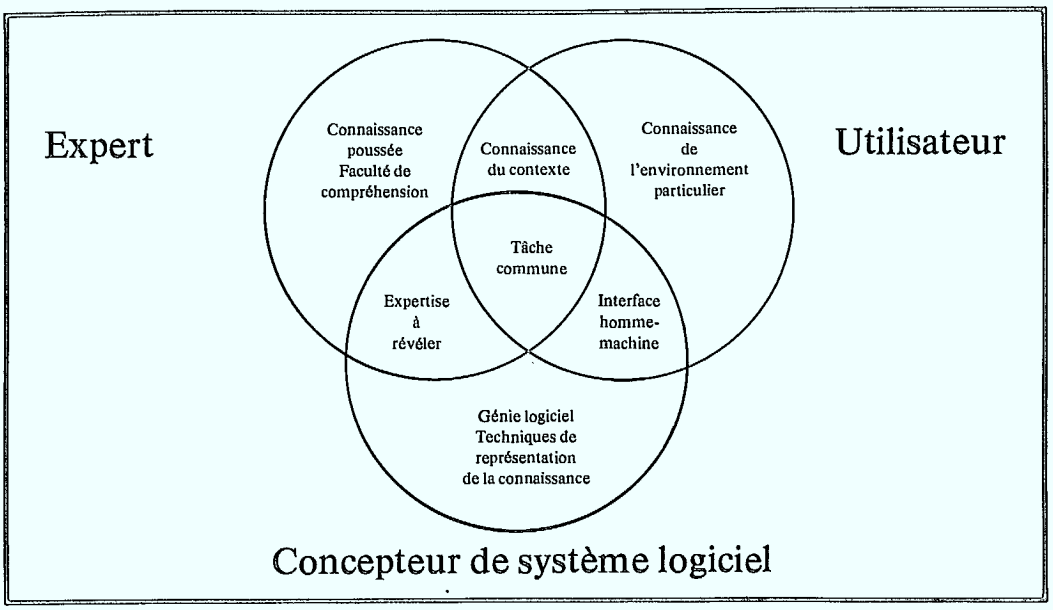
Catégorie	Fonction
Interprétation	fournir des descriptions de situations à partir des données transmises par des capteurs
Prédiction	inférer les répercussions probables de situations données
Diagnostic	déterminer la cause des défaillances d'un système à partir d'observations
Conception	établir la configuration d'objets à l'intérieur de certaines contraintes
Planification	concevoir des plans d'action
Surveillance	comparer des observations pour déterminer les points faibles
Mise au point	indiquer des correctifs dans les cas de défaillances
Réparation	exécuter un plan correctif
Enseignement	diagnostiquer et corriger les erreurs de l'étudiant
Contrôle	interpréter, prédire, corriger et surveiller le comportement du système
Conseils	exprimer des opinions après avoir examiné les faits pertinents
Outils	concevoir, configurer et réaliser d'autres systèmes experts

Les sommes investies dans la recherche et le développement en matière de systèmes experts atteignent maintenant les centaines de millions de dollars. Les sociétés oeuvrant dans des domaines de haute technicité, comme Bell Telephone, Digital Equipment Corporation, IBM, CDC, Xerox, Exxon, Siemens, Schlumberger, Hewlett-Packard, Texas Instruments et GTE, consacrent toutes des efforts considérables à la recherche et au développement axés sur l'intelligence artificielle et, plus particulièrement, sur les systèmes experts.

Le tableau B-1 (à l'annexe B) offre une liste représentative des systèmes experts par types et domaines d'application. Il est évident que les SE ont pénétré profondément le marché de la haute technologie bien que probablement moins de 25 % d'entre eux soient commercialement viables à l'heure actuelle.

La figure 18 donne un aperçu intéressant du chevauchement des rôles dans la réalisation d'un système expert.

Figure 18: Éléments d'un système expert



A.1.2 Réalisation de systèmes experts commercialisables

Aux États-Unis seulement, entre 30 et 50 organismes travaillent avec acharnement à la réalisation de systèmes experts commercialisables. Des efforts aussi soutenus sont déployés par les centres universitaires, généralement en étroite collaboration avec les sociétés commerciales environnantes. Aux États-Unis, il est probable qu'environ 500 personnes travaillent actuellement à l'élaboration de systèmes experts et que peut-être 100 autres personnes se consacrent à la recherche fondamentale associée directement à la réalisation de tels systèmes. Les recherches portent sur les domaines traditionnels suivants : médecine, génie, sciences, enseignement. À ceux-ci s'ajoute maintenant un nouveau domaine, celui des affaires. Plusieurs compagnies ont été mises sur pied aux États-Unis en vue précisément de la mise au point de systèmes experts pour le domaine des affaires.

Le Canada joue actuellement un rôle commercial limité en matière de systèmes experts. Le groupe COGNOS, par exemple, a mis sur le marché un frontal «intelligent», appelé EXPERT, pour son produit POWERHOUSE et travaille actuellement en collaboration avec l'Université d'Ottawa à l'élaboration d'un système expert qui servira à diagnostiquer

et à catégoriser les problèmes de logiciel signalés par les utilisateurs. Un certain nombre de laboratoires du gouvernement (par exemple le Centre de recherche pour la Défense — Atlantique) et plusieurs universités canadiennes mettent actuellement au point des systèmes experts dans le cadre des programmes actuels de recherche sur l'intelligence artificielle.

A.1.3 Sous-optimisation et performance

Ce qui est intéressant à propos de ces nouveaux systèmes experts, c'est que leur haut niveau de performance ne tient pas au fait qu'ils constituent d'importantes innovations informatiques, mais bien au fait que les concepteurs de ces systèmes ont découvert

- un domaine dans lequel il était possible de tirer d'un expert humain un grand nombre de connaissances constituant son domaine précis de compétence, et
- un moyen de formaliser ces connaissances dans un système qui ne se contente pas de les stocker et de les extraire au besoin, mais qui les utilise pour tirer des conclusions logiques ou pour prendre des décisions.

C'est ce secret qui est à la base de presque tous les systèmes experts. Leur performance est celle d'un expert parce qu'ils possèdent le savoir d'un expert humain et utilisent ce savoir en fonction de règles précises. Comme ces règles s'apparentent à celles qu'utilisent les experts humains, il est relativement facile d'améliorer ou de modifier ces systèmes. Les systèmes eux-mêmes peuvent habituellement expliquer d'une façon qu'un expert humain peut comprendre comment et pourquoi ils en sont arrivés à certaines décisions. Ceci contribue à donner aux systèmes la crédibilité voulue et à faciliter leur amélioration, en plus d'aider à la formation d'autres experts.

Au cours des cinq ou six dernières années, l'élaboration de systèmes experts s'est de beaucoup simplifiée grâce à l'utilisation, pour la première fois, de certains outils spécialisés de génération de systèmes (voir le tableau B-1 de l'annexe B).

A.2 Perception automatique

Le domaine de la perception automatique se divise en sous-domaines distincts, qui s'apparentent en gros à ceux des sens humains que l'on a jugé important de reproduire ou, tout au moins, de simuler. Ces principaux sous-domaines sont la vision automatique, la reconnaissance optique des caractères, la reconnaissance et la synthèse de la parole. Chacun de ces sous-domaines sera examiné séparément.

A.2.1 Vision automatique

La dernière décennie a été marquée par d'importantes découvertes dans les domaines de l'analyse théorique du processus de la vision. Les laboratoires du MIT, de Fairchild, de l'Université du Massachussetts, de l'Université de Rochester, de l'Université du Maryland, de l'Université Carnegie-Mellon, de l'Université de Stanford et de l'Electrotechnical

Laboratory of Japan ont poussé ces recherches plus avant et les ont appliquées aux problèmes pratiques de l'analyse des images. Ici même, au Canada, d'importantes recherches ont été effectuées à l'Université McGill, à l'Université de Colombie-Britannique et à l'Université de Toronto sur l'application des idées théoriques fondamentales de la vision automatique aux problèmes que pose l'analyse des images médicales ou des images obtenues par satellite ou par radar à antenne synthétique. Les problèmes d'analyse, de transmission, de stockage et d'extraction des images sont d'importance vitale pour le Canada. La vision automatique est indispensable au développement de la médecine moderne, à la navigation aérienne ou maritime. De plus, en dotant les robots d'organes visuels (robots sensoriels ou dotés de sens), il est possible de les rendre plus souples et d'accroître encore davantage les améliorations de la productivité découlant de la robotisation.

A.2.2 Reconnaissance optique des caractères (ROC)

La reconnaissance des caractères imprimés a déjà été une branche importante d'un domaine appelé «reconnaissance des formes». Sauf pour la reconnaissance de l'écriture cursive ou courante, la conception des systèmes de reconnaissance optique des caractères n'est plus considérée, en général, comme partie intégrante de l'intelligence artificielle, bien que les techniques d'intelligence artificielle élaborées dans le cadre de l'étude de la vision automatique soient fréquemment employées.

Il y a des systèmes de ROC commerciaux qui peuvent reconnaître une grande variété de jeux de caractères, jusqu'à trente parfois; certains d'entre eux peuvent reconnaître les caractères numériques manuscrits. Tous les systèmes japonais peuvent reconnaître les caractères katakana manuscrits, ainsi que les caractères romains écrits avec soin et contenus dans des cases. Dans le cas des caractères non contenus dans des cases, le taux de reconnaissance est inférieur au taux minimal jugé indispensable pour les applications à grande échelle, soit au moins 97 %. Le prix de ces systèmes peut varier de 300 000 $ à plus d'un million de dollars. Une partie importante du prix est due aux mécanismes grande vitesse de chargement, d'entraînement, de tri et de réception du papier. Il y a aussi un certain nombre de systèmes de ROC meilleur marché, dont le prix se situe entre 2 000 $ et 5 000 $. Bien qu'ils soient moins perfectionnés et que le balayage exige l'intervention humaine, ils peuvent être utiles dans certains cas.

En traduction, l'utilité d'un lecteur optique de caractères qui soit fiable est évidente. Un grand nombre de publications ne sont disponibles que sous forme imprimée, et il existe une demande constante de traductions rapides de ces publications. Un système de ROC qui pourrait accepter directement journaux, livres et revues et se passer de l'intervention humaine, même pour tourner les pages, pourrait contribuer à rendre la traduction automatique à grande échelle rentable. À l'heure actuelle, l'utilité économique de la reconnaissance des caractères est entravée par l'absence de mécanismes fiables et commodes de changement de pages, ainsi que de chargement et d'entraînement du papier, surtout dans le cas des documents reliés.

A.2.3 Reconnaissance de la parole

À l'opposé de la recherche sur la reconnaissance optique des caractères, une grande partie de la recherche sur la reconnaissance de la parole relève nettement du domaine de l'intelligence artificielle. Tout comme dans le cas de la vision automatique, une certaine partie du processus de la perception automatique de la parole peut avoir recours à des techniques classiques perfectionnées d'analyse des signaux. Néanmoins, il est généralement admis, tant pour la vision automatique que pour l'analyse automatisée de la parole, que les progrès éventuels dépendent des techniques d'intelligence artificielle qui assujettissent le problème de la reconnaissance à la connaissance du domaine du discours. De telles techniques de traitement des connaissances sont fondamentales dans tous les domaines de l'intelligence artificielle.

La perspective d'une communication verbale homme-machine en langage naturel a stimulé la recherche sur la reconnaissance de la parole pendant les vingt dernières années et continuera probablement de le faire. Bien que bon nombre de systèmes commerciaux aient commencé à faire leur apparition sur le marché, seuls les systèmes les plus rudimentaires de reconnaissance ont été économiquement viables jusqu'ici. Ce sont généralement des systèmes monolocuteurs capables de reconnaître des mots isolés d'un vocabulaire ne dépassant pas cinquante mots; leur coût est inférieur à 1 000 $. La société japonaise NEC a mis sur le marché depuis deux ans un système de reconnaissance de suites de mots d'un vocabulaire restreint; il coûte environ 50 000 $.

Dans divers laboratoires de recherches, on étudie des systèmes plus complexes, capables de reconnaître des mots isolés à l'intérieur d'un vocabulaire étendu ou des suites de mots à l'intérieur de phrases de structure syntaxique très restreinte. Ces recherches se poursuivent à l'heure actuelle au plus haut niveau scientifique tant aux États-Unis qu'au Japon. IBM, Bell Laboratories, Texas Instruments et International Telephone and Telegraph sont les participants les plus prestigieux du monde industriel. Le Massachusetts Institute of Technology et l'Université Carnegie-Mellon offrent des exemples de recherches universitaires bien orientées dans ce domaine. Au Canada, la recherche en reconnaissance de la parole se limite à quelques efforts isolés dans un certain nombre d'universités, à l'exception de l'activité concertée de Recherches Bell-Northern et de la Section des télécommunications de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) à Montréal.

A.2.4 Résumé

Parmi les domaines qui font partie de la perception automatique, le plus avancé est sans contredit celui de la reconnaissance optique des caractères. On prévoit la réalisation, d'ici cinq à dix ans, de systèmes très perfectionnés de reconnaissance de multipolices. Reste à savoir si les mécanismes de changement de pages auront la souplesse et la délicatesse voulues et s'ils seront suffisamment bon marché pour que la ROC devienne une forme d'entrée répandue. Il ne fait aucun doute qu'elle deviendra la forme principale d'entrée pour les bureaux de poste. La reconnaissance de l'écriture cursive exigera un gros effort de recherche fondamentale; elle se rapproche, par son niveau de développement, des systèmes de reconnaissance de la parole. Les systèmes de reconnaissance de la parole (et, incidemment, de synthèse de la parole) ont atteint un stade de développement technologique un peu moins avancé. Bien que l'entière reconnaissance de la parole naturelle ne se réalisera

probablement pas d'ici la fin du siècle, l'entrée structurée de l'information en langage naturel, utilisée, par exemple, pour les formes restreintes de recherche d'information ou pour les commandes déclenchées par la parole, devrait être possible d'ici 1990. Les techniques de reconnaissance de la parole devraient permettre, dans un avenir rapproché, les applications dans lesquelles la conversation est sous le contrôle de la machine de façon à parvenir à une structuration rigoureuse de l'information introduite par la parole, comme dans le cas des menus hiérarchiques contenus dans les logiciels actuels. Dans le domaine de la bureautique, on prévoit d'importantes applications — pour la dictée, par exemple — dont les possibilités d'édition et de révision permettront des taux d'erreur qui dépassent les taux jugés acceptables dans d'autres applications. Ceci est également vrai des systèmes interactifs de traduction assistée par ordinateur.

Comme nous l'avons vu jusqu'ici, le domaine de la vision automatique est probablement l'un des plus prometteurs. En dépit d'importantes réalisations pratiques dans ce domaine, notamment en médecine, en télédétection et en robotique, une grande partie des systèmes en sont encore au stade du prototype de recherche en laboratoire. Nous prévoyons que les systèmes de vision automatique se répandront très rapidement au cours des cinq ou dix prochaines années pour atteindre le niveau actuel de popularité des systèmes experts et des frontaux de traitement des langages naturels (que nous étudierons dans les sections suivantes).

A.3 Traitement automatique des langages naturels (TALAN)

A.3.1 Introduction

Le traitement par ordinateur des énoncés dactylographiés en langage naturel pour en extraire le sens est un des domaines les plus actifs de la recherche en intelligence artificielle. Les initiatives dans ce domaine sont très diversifiées. Dans ce chapitre, nous allons examiner brièvement l'effort de recherche déployé dans chacun des secteurs suivants :

- correction de texte;
- systèmes simples d'interrogation de bases de données;
- analyse sémantique et recherche d'information dans un texte étendu;
- interfaces pour les bases de données et les systèmes experts;
- synthèse du langage;
- enseignement des langues assisté par ordinateur.

La traduction automatique sera traitée dans une section distincte.

A.3.2 Correction de texte

Une des principales fonctions de tout système de compréhension du langage est l'analyse des phrases, leur décomposition en éléments constituants et la recherche du «rôle thématique» de chacun des éléments constituants (c'est-à-dire de la fonction de chacun à l'intérieur de la phrase). Ce processus s'appelle l'analyse syntaxique.

Bien qu'aucun système d'analyse syntaxique ne puisse traiter toutes les structures grammaticales d'un langage naturel, plusieurs systèmes sont assez perfectionnés pour permettre d'envisager certaines applications restreintes. La «correction de texte» ou l'aide à la rédaction constitue une application intéressante, utile notamment pour la traduction assistée par ordinateur. On peut maintenant concevoir des systèmes qui peuvent vérifier non seulement l'orthographe, mais aussi la grammaire et les caractéristiques stylistiques superficielles d'un texte rédigé en prose ordinaire.

Le principal exemple de système de correction de texte est le système EPISTLE conçu par IBM comme aide à la rédaction des lettres d'affaires. Bien que les possibilités d'EPISTLE, sur le plan grammatical, soient plutôt limitées, ce système devrait bientôt connaître une application commerciale en bureautique. Il est capable de reconnaître plusieurs types d'erreurs grammaticales et d'indiquer à l'auteur les corrections nécessaires. Il comporte aussi des sous-programmes qui reconnaissent un certain nombre de tournures maladroites et proposent des expressions plus justes. Des versions de ce système sont actuellement disponibles pour l'enseignement de la grammaire et la correction des dissertations en milieu scolaire.

A.3.3 Systèmes simples d'interrogation de bases de données

Le champ d'application le plus actif du traitement des langages naturels est probablement celui des interfaces des systèmes d'interrogation de bases de données. Au cours de la dernière décennie, l'analyse des interrogations dans le cadre d'un dialogue simple entre l'homme et la machine a fait des progrès constants. Les systèmes actuels peuvent répondre à des questions directes même si ces questions renferment des pronoms faisant référence à des mots contenus dans les interrogations précédentes; ils peuvent accepter les erreurs grammaticales mineures ainsi que les mots mal orthographiés; ils peuvent même accepter certaines formes d'entrées elliptiques (par exemple lorsque la demande «Listez tous les hommes de moins de quarante ans qui travaillent au service d'expédition?» est suivie de la demande elliptique tronquée «Femmes?» ou «De moins de 50 ans?»). Mais de façon générale les systèmes actuels (appelés systèmes de niveau 1) ne traduisent pas les demandes sous une forme logique qui leur permette de faire des inférences (habituellement nécessaires pour déterminer ce que l'utilisateur veut dire lorsqu'il utilise des locutions comme «à ce moment» ou des expressions comme «normalement»). Ils ne comportent pas non plus suffisamment de connaissances pour poursuivre un «dialogue» avec l'utilisateur (ce qui suppose l'anticipation des objectifs et du degré de connaissances de l'utilisateur). Néanmoins, un certain nombre de systèmes de niveau 1 pour la langue anglaise ont été commercialisés avec succès. Le mieux connu est le système INTELLECT qui semble présenter toutes les caractéristiques mentionnées ci-dessus; il est actuellement commercialisé par IBM au prix moyen de 70 000 $ US.

L'aptitude du système INTELLECT à accepter un grand nombre des caractéristiques complexes des interrogations repose en grande partie sur une correspondance assez directe entre le vocabulaire dans lequel les demandes sont formulées et les zones de données de la base de données consultée. Bien qu'il convienne à de nombreuses applications commerciales, ce système est, sur le plan de l'analyse de l'anglais, plus faible que de nombreux autres systèmes de recherche opérationnelle. Un grand nombre de systèmes de niveau 1 ont déjà été mis au point ou en sont au stade du prototype avancé. Parmi ces systèmes,

mentionnons les systèmes TQA (actuellement rodé en clientèle) et USL (comportant aussi une version en allemand) d'IBM, le système ASK du California Institute of Technology (qui permet à l'utilisateur de modifier la base de données) et le système TEAM du SRI (qui tire sa propre information linguistique d'un dialogue avec l'administrateur de la base de données).

A.3.4 Analyse de textes étendus

Plusieurs secteurs de recherche et de développement englobent l'analyse sémantique de textes étendus (à phrases multiples), par opposition aux brefs messages ou demandes reçus par les interfaces de bases de données. Les systèmes d'analyse de textes étendus doivent habituellement être très riches en détails linguistiques puisqu'il n'existe pas de «seconde possibilité» de reformuler l'information introduite.

Un des progrès les plus marquants en matière d'analyse de texte au cours de la dernière décennie est le perfectionnement des techniques de restructuration des textes portant sur des sujets spécialisés en «formats d'information», c'est-à-dire en représentations tabulaires des données contenues dans ces textes. Les techniques de «formatage de l'information» sont nées d'études menées à l'Université de New York (NYU) sur des textes scientifiques et techniques portant sur la médecine et d'autres sujets connexes. Ainsi, un système conçu à cette université peut convertir en une base de données relationnelles les autorisations de sortie rédigées en style télégraphique par le médecin traitant de l'hôpital. Le succès de cette approche exige une étude linguistique détaillée du sous-langage technique que les médecins utilisent, car ce langage possède une grammaire simple qui lui est propre. Bien que les systèmes expérimentaux de conversion en «formats d'information» des «textes rédigés dans un sous-langage» soient très prometteurs, il semble que les applications commerciales à grande échelle devront attendre encore quelques années, du moins en ce qui concerne les textes aussi complexes que ceux du domaine médical. En revanche, l'avenir est peut-être plus prometteur pour les sous-langages très simples (comme ceux qu'utilisent les bulletins météorologiques et les avis pour la navigation). Nous y reviendrons lorsqu'il sera question de la traduction automatique.

Un des objectifs les plus ambitieux de la recherche dans le domaine de l'analyse de texte est l'établissement automatique de résumés. À l'heure actuelle, il n'existe pas de travaux de recherche utilisant des techniques de pointe pour établir effectivement des résumés à partir de textes. Cependant, aux États-Unis, les Naval Research Laboratories (NRL) ont lancé un projet prometteur en vue de l'établissement et de la diffusion automatiques de résumés des messages télégraphiques sur les défaillances du matériel électronique des navires en mer. Après avoir consacré environ quarante mois-personnes à ce projet, l'équipe NRL a mis au point un prototype de système capable de produire des résumés d'une phrase à partir de divers paragraphes simples. Un système fondé sur cette approche pourrait être opérationnel d'ici cinq ans si on accorde une attention suffisante aux problèmes linguistiques que posent les sous-langages télégraphiques. D'autres institutions, telles l'Université Yale et l'Université de Cambridge en Angleterre, ont également lancé des projets à long terme sur l'établissement automatique de résumés. Leurs travaux devraient permettre une analyse plus approfondie des textes tels que les articles de journaux pourvu qu'ils portent sur un éventail restreint de sujets.

A.3.5 Systèmes de synthèse du langage

La synthèse du langage, c'est-à-dire la création d'un texte cohérent à partir de l'information introduite sous une forme non linguistique, est un domaine de la recherche qui a été négligé jusqu'ici. Comme on se penche maintenant sur certains des principes généraux de la cohérence et de l'organisation globale des textes, il semble que la synthèse de texte deviendra un domaine d'application aussi fertile que celui de l'analyse de texte.

Un des champs d'application les plus simples de la synthèse de texte est l'établissement de rapports en langage naturel à partir de données introduites sous forme de chiffres ou de tableaux. À l'heure actuelle, on ne peut produire que des rapports très stéréotypés au moyen de techniques de simplification qui ne témoignent pas encore d'une compréhension approfondie des structures linguistiques. L'approche technique utilisée pour ces applications offre certaines potentialités à la synthèse de texte en sous-langages simples, comme les bulletins météorologiques, les rapports sur le marché des produits de base, les avis pour la navigation et les rapports établis à partir de bases de données diverses.

A.3.6 Synthèse de rapports bilingues à partir d'une base commune de données

La synthèse des rapports en langage naturel offre de grandes possibilités d'application si les textes peuvent être générés dans plus d'une langue au moyen de grammaires linguistiquement correctes sur le plan des unités de phrase et de texte. Des études sont en cours à l'Université de Montréal sur une approche linguistique globale de la synthèse de texte en sous-langage. Elles portent sur la synthèse des informations boursières et de deux catégories de rapports sur le marché agricole en anglais et en français. Ce secteur de recherche est d'importance primordiale puisque la synthèse automatique des rapports bilingues établis à partir d'une base commune de données non linguistiques pourrait remplacer la traduction automatique dans certains domaines utilisant des sous-langages restreints. Cette technique permettrait de supprimer les processus de rédaction et de traduction des rapports.

A.3.7 Synthèse de textes étendus

Aux États-Unis, au moins trois centres de recherche travaillent actuellement à la mise au point de systèmes capables de générer plus d'un paragraphe et d'utiliser un modèle linguistique complexe assorti de techniques perfectionnées d'élaboration du discours. On prévoit cependant que, d'ici 10 à 15 ans, il sera possible de créer des textes (dans une ou plusieurs langues) qui répondront à des exigences techniques complexes. Ainsi, des manuels de fonctionnement et d'entretien du matériel (automobiles ou appareils électroniques par exemple) pourront être produits automatiquement à partir des descriptions non linguistiques utilisées par les ingénieurs aux étapes de la conception et de la fabrication. De plus, il devient maintenant urgent que les systèmes experts puissent effectuer la synthèse de textes composés de plusieurs phrases. Les utilisateurs des systèmes experts sont enclins à mettre en doute la fiabilité du diagnostic généré par un système si le raisonnement du système n'est pas justifié par une explication détaillée. Les travaux portant sur un système appelé XPLAIN visent à modéliser certaines des connaissances et des facultés de raisonnement nécessaires.

A.3.8 Enseignement des langues assisté par ordinateur

Dans le domaine de l'enseignement des langues assisté par ordinateur, la majorité des systèmes élaborés jusqu'ici font très peu appel aux techniques récentes de traitement des langages naturels (TALAN). Les techniques de pointe en ce domaine permettraient l'élaboration de systèmes capables de générer instantanément la documentation spécialisée nécessaire aux exercices; de plus, un système fondé sur les techniques de traitement des langages naturels pourrait analyser les fautes commises par l'étudiant (voir à ce sujet les systèmes de correction de texte) et faire des observations utiles.

Le meilleur exemple d'application de cette technique est le prototype de système ILIAD (Interactive Language Assistance for the Deaf) conçu par Bolt, Beranek and Newman (BBN). Une version du système ILIAD exploitée sur micro-ordinateur est actuellement rodée en clientèle et pourrait devenir opérationnelle d'ici quelques années. De telles techniques sont évidemment applicables à l'enseignement des langues étrangères, et des essais préliminaires ont déjà été faits dans ce sens.

A.3.9 Résumé

Bien que les systèmes d'entrée de l'information en langage naturel pour l'interrogation des bases de données constituent probablement l'application la mieux connue du traitement des langages naturels, d'autres applications importantes ont commencé à faire leur apparition. Parmi les applications mises au point dans divers laboratoires, mentionnons les systèmes d'aide à la rédaction, les systèmes d'analyse de texte et de production de «formats d'information» ou de résumés, les systèmes d'enseignement des langues assisté par ordinateur et divers systèmes capables de générer des textes à partir de données non linguistiques (surtout des rapports bilingues à partir d'une base commune de données). Des progrès considérables seront sans doute accomplis dans tous ces secteurs de recherche, surtout en ce qui concerne l'application des systèmes informatiques à l'enseignement. L'utilisation industrielle des entrées en langage naturel s'accroîtra considérablement avec l'élaboration de l'interface de reconnaissance de la parole qui permettra aux utilisateurs de ne pas avoir à utiliser le clavier.

A.4 Traduction automatique (TA)

A.4.1 Historique

L'historique de la traduction automatique a connu de nombreux rebondissements. Après une première période d'intense optimisme (de 1946 à 1966 environ), il est devenu évident que le problème était beaucoup plus complexe qu'on ne l'avait cru tout d'abord. L'enthousiasme initial a alors fait place à un pessimisme profond. Aux États-Unis, la National Academy of Sciences constituait, en 1966, un comité d'étude dont le rapport (le rapport ALPAC) concluait que les résultats obtenus jusqu'alors en traduction automatique ne justifiaient pas le financement ultérieur dans ce domaine. On y recommandait d'affecter les fonds disponibles à des recherches à plus long terme, visant plus précisément à résoudre des problèmes théoriques de linguistique et de calcul.

Entre 1965 et 1975, il y a eu très peu de recherches universitaires centrées directement sur la traduction automatique. Après la publication du rapport ALPAC, presque tous les laboratoires américains ont orienté leurs recherches vers des domaines beaucoup plus vastes de l'intelligence artificielle et du traitement des langages naturels, et ce virage s'est répercuté à l'étranger (même au Japon). Les critiques contenues dans le rapport ALPAC ne portaient que sur les efforts de développement sans perspectives réelles d'avenir, mais l'idée même de la TA tomba en défaveur auprès d'une grande partie des chercheurs universitaires. D'autres applications (les systèmes de questions-réponses par exemple) devinrent les terrains d'essai favoris des nouvelles théories de traitement des langages naturels.

Par contre, la demande commerciale de systèmes de TA continua d'augmenter de pair avec la demande de traductions. Quelques recherches se poursuivirent, notamment dans le secteur privé aux États-Unis, en vue de l'élaboration de produits commercialisables. L'exemple le mieux connu est le système SYSTRAN réalisé par la Latsec Corp. à partir d'un système conçu par l'Université de Georgetown. L'utilisation de la TA demeure cependant confinée en grande partie aux applications n'exigeant pas une traduction de haute qualité.

A.4.2 Une nouvelle génération de systèmes

Contrairement aux premiers systèmes, les systèmes prototypes de TA conçus à Austin, Grenoble et Montréal sont fondés sur une approche «indirecte» du problème de la traduction. Au lieu de formuler les opérations de traduction directement en termes de suites de mots, l'ordinateur effectue d'abord une analyse grammaticale détaillée du texte à traduire. La synthèse de la langue cible ne commence qu'après cette opération. Les descriptions des deux langues sont donc nettement séparées.

Les systèmes indirects permettent de formuler plus facilement des règles de traduction qui tiennent compte d'un contexte élargi et ils vont, par ce fait même, au-delà du simple mot à mot. De plus, on a franchi un pas important en séparant, dans ces nouveaux systèmes prototypes, les données linguistiques des programmes qui effectuent l'analyse proprement dite. Ceci confère aux systèmes une plus grande extensibilité et permet de les adapter plus facilement à des langues différentes. Les systèmes fondés sur les principes de l'approche indirecte et de la séparation des données linguistiques et des algorithmes constituent ce qu'on appelle les systèmes de «deuxième génération».

A.4.3 Orientations actuelles

Deux éléments caractérisent la recherche actuelle en TA. Le premier est un programme de recherche fondamental visant une meilleure compréhension des possibilités et des limites des technologies actuelles. Il est maintenant admis que la traduction entièrement automatisée de haute qualité d'un texte non restreint (FAHQTUT) exige un système capable d'une compréhension profonde du langage naturel. Une telle faculté ne peut être fondée que sur une approche générale de l'intelligence artificielle, qui elle-même présuppose la possibilité de stocker, d'extraire et d'utiliser de façon appropriée un volume considérable de données linguistiques et de connaissances générales.

Le second élément de la recherche actuelle est l'effort de création de systèmes utiles, mais restreints, de traduction automatique ou de traduction assistée par ordinateur. En d'autres termes, on recherche des solutions sous-optimales au problème de la traduction automatique. Nous allons maintenant examiner quelques méthodes de sous-optimisation dans le domaine de la traduction.

A.4.3.1 Traduction humaine assistée par machine (THAM)

On a parfois soutenu qu'en raison de l'état actuel de la technologie du traitement automatique des langages naturels la meilleure façon de résoudre les problèmes de traduction ne consistait pas à développer des systèmes de TA mais à fournir au traducteur un ensemble d'outils lui permettant d'effectuer un travail plus efficace tout en lui laissant l'initiative du processus de la traduction. Un poste de traduction spécialisé pourrait intégrer les fonctions suivantes : une machine de traitement de texte très puissante, à écran divisé, capable de mettre en regard le texte en langue source et le texte en langue cible, d'établir des concordances, de consulter en direct des dictionnaires et des thésaurus multilingues, des lexiques de syntagmes et des banques de données terminologiques. Ces outils pourraient offrir au traducteur des fonctions de correction de texte (dont il a été question précédemment), ainsi que des programmes spéciaux d'analyse des préfixes et des suffixes de mots. La consultation en direct de bases de données publiques renfermant des documents déjà traduits serait une aide précieuse. On retrouve quelques-unes de ces caractéristiques dans les systèmes actuellement sur le marché. En revanche, certaines compagnies américaines (dont Weidner, Alps) mettent actuellement sur le marché des produits pour poste de travail présentant quelques-unes de ces caractéristiques dans le cadre de leurs systèmes de traduction automatique. Ces produits, utilisables sur des micro-ordinateurs relativement bon marché, seront peut-être bientôt à la portée du traducteur.

A.4.3.2 Systèmes à entrées restreintes

Alors que les systèmes de THAM laissent de côté une des potentialités les plus intéressantes de la TA — soit l'automatisation du processus de la traduction proprement dit — les systèmes à entrées restreintes conservent l'automatisation, mais limitent le système à des types de textes bien définis. Il y a deux façons de restreindre les entrées : en limitant ce que l'auteur peut écrire ou en concevant des systèmes de traduction spécifiquement adaptés à un domaine naturel extrêmement restreint. Dans le premier cas, cela est possible si l'on peut exercer un contrôle à la fois sur la rédaction et sur la traduction, comme cela se produit parfois dans le cas des manuels.

Dans le deuxième cas, les textes à traduire appartiennent à un domaine très restreint et sont rédigés dans un style rigide. C'est habituellement le cas des manuels techniques, des rapports médicaux, des informations boursières, etc. Chaque sous-ensemble du langage (appelé sous-langage) n'utilise qu'une partie de la syntaxe et du vocabulaire de la langue. En outre, la façon dont les mots peuvent être combinés pour former des phrases est limitée par des contraintes qu'on peut décrire dans un lexique et une grammaire propre à chaque sous-langage. La reconnaissance de l'existence de sous-langages naturels n'est pas nouvelle, mais les méthodes de description et d'exploitation des propriétés spéciales des sous-langages pour le TALAN en général et la TA en particulier n'ont commencé à porter fruit que tout récemment.

Le système canadien TAUM-METEO illustre parfaitement l'application de la notion de sous-langage à la TA. Ce système tire parti des très grandes restrictions du sous-langage des prévisions atmosphériques pour traduire chaque jour automatiquement et sans erreur plus de 80 % des bulletins météorologiques qui lui sont présentés. À notre connaissance, ce système est le seul exemple de système de traduction entièrement automatique de haute qualité.

A.4.3.3 Traduction automatique assistée (TAA)

Une autre méthode de sous-optimisation consiste à ne pas exiger que la traduction automatique se fasse de façon exclusivement automatisée. Bien que la machine effectue elle-même la traduction proprement dite, l'intervention humaine est nécessaire pour l'aider à résoudre les problèmes qui dépassent ses capacités. Cette intervention peut se situer avant, pendant ou après le processus automatique.

a) **Intervention humaine avant la traduction : préédition**

Lorsqu'on connaît les faiblesses d'un système, on peut manipuler le texte de façon à éliminer les problèmes éventuels. À cette fin, l'opérateur peut soit réécrire le texte pour le mettre sous une forme plus simple, soit l'annoter au moyen de symboles spéciaux que la machine pourra interpréter comme des indices de la structure du texte. Plusieurs systèmes bien connus exigent une préédition de ce genre.

b) **Intervention humaine pendant la traduction**

Au lieu d'avoir recours à la préédition, le système de traduction peut interrompre le processus d'analyse syntaxique pour demander à l'utilisateur de l'aider à résoudre certains passages cruciaux ou ambigus du texte. Bien que l'idée de l'analyse syntaxique interactive soit intéressante, la mise à l'essai du système ITS conçu à l'Université Brigham Young révèle qu'il faudra perfectionner encore davantage le système de TA pour vraiment équilibrer le processus d'interaction.

c) **Intervention humaine après la traduction : postédition**

Enfin, il se peut qu'un système de traduction automatique assisté (TAA) fonctionne bien mais qu'il produise un texte de sortie dont la qualité laisse à désirer. En revanche, lorsque le niveau de qualité exigé est élevé, tous les systèmes de TA doivent avoir recours à la postédition; seul le système TAUM-MÉTÉO fait exception à cette règle. C'est la qualité du texte traduit automatiquement qui détermine si la postédition est rentable ou non.

A.4.4. Regain d'enthousiasme à l'égard de la TA

Depuis 1975, on a observé une augmentation marquée de la recherche et du développement en TA, tant aux États-Unis et au Canada qu'en Europe et au Japon. Plusieurs facteurs

peuvent expliquer ce regain d'intérêt, notamment l'augmentation croissante de la demande de traductions, la baisse du prix des ordinateurs et l'optimisme engendré par les succès obtenus dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Les récents succès obtenus avec les systèmes de TA ont aussi joué un rôle primordial. La réussite du système TAUM-MÉTÉO retient l'attention du monde depuis 1977. La Communauté économique européenne, qui a investi quatre millions de dollars dans l'élaboration de dictionnaires, affirme que l'exploitation de SYSTRAN est devenue rentable. General Motors du Canada fait état de résultats analogues. Xerox semble avoir obtenu un certain succès avec SYSTRAN et, plus récemment, avec ALPS. Plusieurs multinationales se disent satisfaites du système SMART. Quant au système Weidner, plusieurs clients satisfaits, dont la Mitel Corporation, lui ont donné une excellente publicité. La maison de traduction Omniplex de Palo Alto a récemment annoncé qu'elle envisageait de traduire l'Encyclopedia Britannica en langue arabe en utilisant une version modifiée du système Weidner. Au Japon, l'Electrotechnical Laboratory déclare exploiter avec succès un système de TA conçu à l'université de Kyoto. Le tableau B-3 (annexe B) présente certains des principaux systèmes de traduction automatique actuels.

Aux États-Unis, la reprise de la recherche et du développement en TA est surtout le fait de l'entreprise privée. Au moins trois nouvelles sociétés de recherche et de développement ont été créées depuis 1978, et elles ont mis sur le marché de nouveaux systèmes : Smart Communications, Weidner Communications et Automated Language Processing. En Europe, la CEE a récemment mis en oeuvre un projet de TA à grande échelle auquel participeront les universités des sept pays membres. La France vient de lancer son propre plan national de TA. La multinationale allemande Siemens a entrepris de mettre au point un système multilingue de TA tant pour son usage interne que pour des fins de commercialisation.

Jusqu'en 1975, l'activité de recherche en traduction automatique était presque inexistante au Japon. On y dénombre à présent plus de 15 projets de recherche et de développement dans le pays, y compris celui de l'Electrotechnical Laboratory du ministère japonais du Commerce international et de l'industrie (MITI) et de l'Electrical Communications Laboratory. Au moins cinq équipes universitaires différentes travaillent aussi à l'élaboration de systèmes prototypes de TA. De plus, un certain nombre de travaux à long terme se poursuivent dans les laboratoires de Fujitsu, Hitachi, NEC, Toshiba et d'autres sociétés commerciales. Le tableau B-4 (annexe B) présente certains des systèmes prototypes de TA.

A.4.5 Résumé

Pour des raisons indépendantes de l'état de la technologie, la traduction automatique a été une branche négligée de la recherche en comparaison d'autres domaines du traitement des langages naturels et de l'intelligence artificielle. Cette situation ne peut que surprendre si l'on songe au rôle important que joue la traduction dans notre société moderne. En raison de ce retard de la recherche en TA, les produits actuellement sur le marché sont très peu nombreux et sont conçus en fonction d'une technologie dépassée.

Ces dernières années, on a observé un regain d'intérêt dans le monde à l'égard de la TA, ainsi que la mise en oeuvre de grands projets de recherche en TA au Japon, en France et dans les pays membres de la Communauté économique européenne. Les recherches se

poursuivent actuellement dans plusieurs directions. À court terme, on vise à restreindre sensiblement la complexité des textes à traduire ou à fournir simplement des aides au traducteur; à plus long terme, on vise à réaliser des systèmes de traduction automatique conçus en fonction des dernières innovations en traitement des langages naturels et en intelligence artificielle. Le Canada compte au nombre des pays qui ont acquis une excellente réputation dans les domaines de la traduction automatique et de l'intelligence artificielle en général. Ce fait, combiné à la nécessité urgente d'aider le Canada à répondre à ses besoins en matière de traduction, font de la traduction automatique une orientation toute naturelle pour nous.

A.5 Besoins, possibilités et orientations de la recherche

Devant la réussite de nombreuses applications de l'IA, on peut se demander si l'activité consacrée à l'application des techniques actuelles ne devance pas l'effort de recherche fondamentale nécessaire au développement de la technologie future. Aussi impressionnants que soient les systèmes de démonstration actuels, on sait qu'ils ne représentent qu'une infime partie des potentialités. Les systèmes intelligents actuels, les systèmes de TALAN et de TA notamment, sont plutôt limités aux points de vue portée, efficacité, flexibilité et résistance aux erreurs. Ils ne s'appuient pas souvent sur une compréhension approfondie du domaine d'application. En réalité, c'est à l'ingéniosité des concepteurs que l'on doit le bon fonctionnement des systèmes actuellement sur le marché, surtout si l'on songe que ces systèmes sont généralement fondés sur des théories et des techniques désuètes, ainsi que sur des expédients et des méthodes ad hoc.

Il devient urgent d'assurer un équilibre entre deux tâches d'une importance égale, à savoir l'application des techniques actuelles aux problèmes pratiques et l'approfondissement de nos connaissances de base et de notre compréhension afin d'ouvrir la voie aux futures générations de systèmes intelligents. Comme nous l'avons souligné au chapitre 4, notre pays est particulièrement avancé en recherche fondamentale dans certains domaines de l'intelligence artificielle, et il faudrait soutenir cet effort.

Il faudrait axer la recherche sur les domaines suivants de l'IA :

- Questions fondamentales de représentation des connaissances, notamment les formalismes et les structures de données nécessaires à l'organisation et à la représentation de la connaissance de la réalité de façon que cette connaissance puisse, au besoin, jouer un rôle dans le processus de raisonnement et de compréhension des langages et des images. Elaboration de systèmes mathématiques plus perfectionnés pour les déductions logiques qu'exige le processus normal de raisonnement.
- Questions théoriques fondamentales concernant la perception humaine. En d'autres termes, comment celle-ci fonctionne et comment elle intervient dans le tissu neural. Les systèmes de vision automatique sont encore très rudimentaires quand il s'agit de reconnaître des visages ou de simples scènes naturelles, comme une pièce pleine de monde, toutes tâches apparemment très simples même pour un jeune enfant. La recherche sur la perception de la parole pourrait elle aussi profiter aux systèmes de reconnaissance de la parole.

- Questions fondamentales concernant la structure des langages naturels et comment le sens est codé dans cette structure. Bien que l'on ait beaucoup appris à ce sujet au cours des dix dernières années, de nouvelles percées en TALAN et en TA ne pourront se faire sans un approfondissement des connaissances dans ce domaine. On peut s'étonner de constater que le plan G5 du Japon soit fortement orienté dans cette direction et qu'il vise surtout à améliorer les perspectives de recherche à long terme en TA.

  Aux États-Unis, un projet majeur de recherche fondamentale sur le langage naturel a été lancé par un consortium de groupes de recherche (comprenant le SRI, Xerox et d'autres organismes) concentrés autour de l'Université de Stanford; ce projet est financé par une subvention de 20 millions de dollars accordée par une fondation américaine privée, la System Development Foundation.

- Recherche fondamentale en science des processus cognitifs, notamment sur le savoir des experts et sur leur façon de raisonner; sur les meilleures méthodes permettant de déterminer comment les experts raisonnent, etc. Un champ de recherche important, quoique largement négligé, est celui du comportement des interprètes et des traducteurs et de la façon dont leur rendement est affecté par divers facteurs, notamment la possibilité d'utiliser des aides techniques.

- Recherche fondamentale en informatique, à savoir conception d'algorithmes améliorés, méthodes et outils logiciels généraux plus perfectionnés, matériels spécialement adaptés aux besoins de l'IA (comme de nouvelles architectures d'ordinateurs), meilleures façons de traiter les bases de données très volumineuses, etc.

On admet généralement que la façon de rendre les systèmes intelligents plus polyvalents et moins dépendants des particularités de certains domaines d'application restreints consisterait à faire reposer leur conception sur une compréhension plus approfondie de la tâche intelligente qu'ils doivent exécuter. Ainsi, pour donner aux systèmes experts une extensibilité et une polyvalence plus grandes, il faudrait les concevoir moins en fonction de méthodes ad hoc et davantage d'après des modèles bien conçus de leur domaine d'expertise propre (voir au chapitre 2 les commentaires au sujet de la «barrière de complexité»). Dans cette optique, on pourrait rendre les systèmes de TA et les systèmes de traitement des langages naturels plus polyvalents en les dotant de mécanismes d'IA générale et d'une connaissance plus approfondie du domaine du discours (par exemple, du sujet sur lequel porte le texte à traduire). Pour ce faire, il faudrait cependant disposer de théories et d'outils de représentation des connaissances et du raisonnement qui soient plus perfectionnés. Au stade où nous en sommes à l'heure actuelle, nous avons déjà fait un pas de géant vers la réalisation de machines intelligentes. Néanmoins, d'ici quelques années (ou moins, dans certains domaines), nous ne pourrons plus progresser dans l'application des connaissances et des techniques existantes. À moins de mener des recherches à plus long terme parallèlement au transfert de la technologie et à l'industrialisation des connaissances actuelles, le Canada pourrait très bien se voir dans l'obligation de fonder ses réalisations futures sur une expertise achetée.

Enfin, parmi les raisons qui militent en faveur de la poursuite de la recherche fondamentale dans ce domaine, il y a le fait que la recherche fondamentale a toujours servi à la formation d'excellents chercheurs qui, par la suite, ont contribué au processus de transfert de la technologie. Comme la pénurie de spécialistes demeure l'écueil principal de toute recherche dans les domaines de haute technicité, et que ce problème est encore plus aigu en intelligence artificielle, cette retombée particulière de la recherche fondamentale mérite qu'on y réfléchisse sérieusement.

Annexe B

Tableaux de référence

Annexe B

Tableaux de référence

Tableau B-1 : Principaux systèmes experts et outils

La première partie de ce tableau présente un certain nombre des systèmes experts qui ont fait leur apparition ces dernières années. Très peu d'entre eux ont connu un succès commercial, mais tous ont ouvert de nouvelles voies et un grand nombre accomplissent un travail très utile.

La seconde partie du tableau offre une liste représentative des outils qui peuvent aider à la réalisation de systèmes experts. Certains sont déjà sur le marché, d'autres sont bien connus dans le domaine de l'IA.

Type de système expert	Nom	Champ d'application	Fonction	Organisme
Diagnostic	MICYN	Médecine	Système expert opérationnel pour le diagnostic de la méningite et des infections sanguines	Université de Stanford et TeKnowledge
	DART	Systèmes informatiques	Système expert prototype pour le diagnostic des défaillances d'ordinateur; utilisé pour l'intervention en clientèle	Université de Stanford et IBM
Conception	KBVLSI	Génie	Système prototype pour aider à la réalisation de circuits intégrés à très grande échelle (VLSI) d'après les méthodes de Mead et Conway	Xerox Palo Alto Research Center et Université de Stanford
	R1 ou XCON	Systèmes informatiques	Système opérationnel qui configure les systèmes informatiques VAX-11/780	Université Carnegie-Mellon et DEC
	EURISKO	Génie	Système expert prototype qui apprend en découvrant; appliqué à la conception de nouveaux types de circuits microélectroniques tridimensionnels	Université de Stanford
Conseils	PROSPECTOR	Exploration des ressources	Système expert qui évalue les gisements de minéraux	SRI International
	DIPMETER	Exploration des ressources	Système expert qui analyse l'information que renferment les relevés des puits de pétrole	Schlumberger
	GENESIS	Science	Système commercial à base de connaissances qui aide les chercheurs à simuler presque tous les types d'expériences d'épissage des gènes	Intellicorp

Type de système expert	Nom	Champ d'application	Fonction	Organisme
Conseils (suite)	TAXMAN	Droit	Système expert prototype qui propose, à partir des règles implicites des lois, une suite d'ententes contractuelles qu'une société commerciale peut utiliser pour atteindre ses objectifs financiers	Université Rutgers
Enseignement	QUIDON	Enseignement	Système prototype intelligent d'instruction assistée par ordinateur (IAO) qui dispense l'enseignement à l'étudiant, en suscitant et en corrigeant les réponses de celui-ci à une série de questions d'ordre technique	Heuristic Program Project, Université de Stanford
	SOPHIE	Enseignement (Electronique)	Système interactif d'enseignement pour la réparation du matériel électronique (prototype)	BBN
Outils d'usage général	ART		Outil de raisonnement évolué	Inference Corporation
	EMICYN		Système général d'inférence disponible sur le marché; applicable à de nombreux domaines. Dérivé de MICYN	
	EXPERT		Système général d'inférence disponible sur le marché. Utilisé dans le domaine de l'exploration pétrolière	Université Rutgers
	TEIRESIAS		Système qui transfère le savoir d'un expert humain à un système, et guide l'acquisition de nouvelles règles d'inférence	Université de Stanford
	PSN		Outil de raisonnement et de représentation des connaissances. Appliqué en médecine	Université de Toronto
	OPS OPS2 OPS5		Système général d'inférence disponible sur le marché, qui aide à la réalisation de systèmes experts. Utilisé pour réaliser les systèmes R1 et XCON	Université Carnegie-Mellon

Tableau B-2 : Capacité de recherche des universités canadiennes en TA, en TALAN et en IA

Ce tableau donne un aperçu des capacités en matière de recherche dans diverses universités canadiennes. «Restreinte» indique une capacité totale de moins de cinq chercheurs, les étudiants compris; «moyenne» signifie entre cinq et quatorze chercheurs; «grande» signifie quinze chercheurs ou plus. L'Université de Toronto, l'Université McGill et l'Université de la Colombie-Britannique sont les seules à posséder vingt chercheurs ou plus.

Université	Capacité de recherche	Domaine de recherche
Université Acadia	Restreinte	• linguistique computationnelle, systèmes d'enseignement, robotique ∘ Instruction assistée par ordinateur (IAO) ∘ logiciel à la portée de l'usager, architecture spéciale d'ordinateur
Université d'Alberta	Restreinte	∘ reconnaissance des formes, traitement des images ∘ IA en général ∘ sémantique formelle, TALAN ∘ représentation de la connaissance
Université de la Colombie-Britannique	Grande	∘ techniques fondamentales d'IA • vision automatique, télédétection, cartographie automatisée, traitement des images ∘ langage naturel, incidence sociale ∘ raisonnement, représentation de la connaissance, logique
Université de Calgary	Restreinte	• consultation de bases de données (TALAN) ∘ systèmes adaptatifs, apprentissage
Université de Carleton	Restreinte	∘ TALAN ∘ bureautique ∘ IA en général
Université Concordia	Restreinte (spécialisée)	• compréhension de la parole • perception automatique et reconnaissance des signaux visuels et auditifs
Université de Guelph	Restreinte	∘ interface homme-machine, bureautique
Université du Manitoba	Restreinte (spécialisée)	∘ reconnaissance des formes
Université McGill	Grande	• vision automatique, traitement des images, théories de la vision humaine ∘ robotique ∘ automatique

Université	Capacité de recherche	Domaine de recherche
Université de Montréal	Restreinte (spécialisée)	• TA (projet TAUM), synthèse de texte, étude des sous-langages, linguistique fondamentale • IA en général, représentation de la connaissance, environnements de programmes intelligents, TALAN
Université du Nouveau-Brunswick	Restreinte	• reconnaissance des formes, traitement des images • conception logique
Université d'Ottawa	Restreinte	• systèmes experts, représentation de la connaissance • application de la programmation logique au génie logiciel • TA, traduction humaine
Université du Québec à Montréal	Restreinte	• élaboration de logiciels pour l'analyse de texte (DEREDEC) • systèmes experts
Université Queen's	Restreinte	• vision, science des processus cognitifs • languages en IA
Université de la Saskatchewan	Restreinte	• planification • instruction assistée par ordinateur (IAO)
Simon Fraser	Moyenne	• systèmes d'interrogation en langages naturels • vision • programmation logique, traitement des langages naturels
Université de Toronto	Grande	• représentation de la connaissance, modélisation des concepts, langages dans les systèmes experts • techniques de vision, systèmes experts médicaux • représentation de la connaissance dans les systèmes experts • TALAN, systèmes de programmation pour l'IA • vision automatique, théories mathématiques • robotique
Université de Victoria	Restreinte	• systèmes experts de diagnostic médical
Université de Waterloo	Moyenne	• représentation de la connaissance • programmation logique • systèmes experts, programmation logique • systèmes informatiques de cinquième génération

Université	Capacité de recherche	Domaine de recherche
University of Western Ontario	Restreinte (spécialisée)	• représentation de la connaissance, modèle de traitement conceptuel; application de la science des processus cognitifs aux facteurs humains • génération automatique de programmes • techniques de programmation logique pour les bases de données et pour les systèmes d'analyse syntaxique des langages naturels • vision rudimentaire

Tableau B-3 : Répertoire des systèmes de TA opérationnels

Système	Couples de langues	Matériel	Méthodes de sous-optimisation	Techniques/ caractéristiques
SYSTRAN	anglais-français anglais-espagnol anglais-portugais anglais-italien anglais-allemand anglais-japonais anglais-arabe russe-anglais français-anglais japonais-anglais	Gros ordinateurs IBM	postédition, dictionnaires spécialisés	approche directe; dictionnaires renfermant quelques informations sémantiques et syntaxiques; relié à des systèmes de traitement de texte et de reconnaissance optique des caractères
LOGOS	allemand-anglais anglais-allemand (version actuelle) russe-anglais anglais-vietnamien anglais-farsi (versions antérieures)	OIS de Wang	postédition, dictionnaires spécialisés, une certaine préédition interactive	tenue à jour des dictionnaires, avec traitement de texte intégré; dictionnaire allemand-anglais étendu
ALPS	anglais-français anglais-italien anglais-espagnol anglais-allemand anglais-arabe français-anglais	DG MV-4000	une certaine préédition, postédition, dictionnaires spécialisés, interactivité, ainsi que mode THAM (traduction humaine assistée par machine)	approche directe, avec traitement de texte intégré; relié à un système de reconnaissance optique des caractères
WEIDNER	anglais-français anglais-allemand anglais-espagnol anglais-arabe anglais-portugais anglais-japonais français-anglais allemand-anglais japonais-anglais espagnol-anglais	DEC PDP-11 IBM PC	une certaine préédition, postédition, dictionnaires spécialisés également en mode THAM (traduction humaine assistée par machine)	approche directe; tenue à jour en direct des dictionnaires, avec traitement de texte intégré
SMART	anglais-français anglais-italien anglais-espagnol anglais-allemand anglais-japonais	IBM 370, DEC VAX	entrées restreintes, postédition	correction de texte en direct, avec traitement de texte intégré

Système	Couples de langues	Matériel	Méthodes de sous-optimisation	Techniques/ caractéristiques
METEO	anglais-français	CDC CYBER	sous-langage; restreint aux prévisions atmosphériques; non disponible sur le marché	deuxième génération; analyse complète des phrases; détecte les phrases non analysées
E.T.L.	anglais-japonais	Fujitsu FACOM M200	entrées restreintes aux titres et aux index des études techniques	deuxième génération
ATLAS/I	anglais-japonais japonais-anglais	Fujitsu FACOM M18011	restreint aux manuels informatiques; préédition; interactif	approche indirecte, analyse utilisant une grammaire de cas
SPANAM	espagnol-anglais anglais-espagnol	Gros ordinateur IBM	postédition	approche directe; avec système de traitement de texte intégré
TITUS	entre l'anglais, le français, l'allemand et l'espagnol, dans tous les sens		entrées artificiellement contrôlées	structures de phrases prédéfinies, vocabulaire fermé

Tableau B-4 : Systèmes prototypes de TA de la nouvelle génération

Système	Organisme	Langues	Objectif	Approche
SUSY-2	Université de Saarbrucken	allemand, français, anglais, russe	TA générale	Système de première génération perfectionné
	Commentaire :	système basé sur le SUSY (-1), qui était dépassé.		
TAUM-AVIATION	Université de Montréal	anglais-français	traduction de manuels techniques	deuxième génération, approche indirecte
	Commentaire :	postédition encore nécessaire, résultats de bonne qualité, développement actuellement suspendu.		
METAL	Université du Texas	allemand-anglais	traduction de manuels d'entretien du matériel de télécommunication	deuxième génération, utilise les règles d'idiomes et les calculs de probabilité; aucune sémantique
	Commentaire :	préédition et postédition nécessaires; approche par le sous-langage, avec traitement de texte intégré; la tenue à jour du dictionnaire sera perfectionnée par Siemens.		
ARIANE-78	GETA, Grenoble	indépendant des langues traduites, mais appliqué au couple russe-français	cadre d'exploitation complet pour la traduction automatique assistée (TAA), la traduction humaine assistée par machine (THAM) et la traduction automatique (TA)	système d'avant-garde; modèle de transfert multiniveau; basé surtout sur la syntaxe
	Commentaire :	un des meilleurs systèmes disponibles.		
Sans nom	Université de Kyoto	japonais-anglais	traduit les manuels informatiques	deuxième génération, règles lexicales complexes
	Commentaire :	le meilleur système japonais actuel; servira de modèle au projet MITI.		

Annexe C

Glossaire d'abréviations, de sigles et de termes

Annexe C

Glossaire d'abréviations, de sigles et de termes

AAAI	American Association for Artifical intelligence; organisme d'échange et de publication des réalisations de la recherche en IA
ACM	Association for Computing Machinery; association ayant ses bureaux à New York, qui assure la diffusion des innovations dans le domaine de l'informatique
ADI	Agence pour le développement de l'informatique (France)
AES	Fabricant canadien de matériel de traitement de textes
AFOSR	Air Force Office of Scientific Research (USA)
ALPAC	Automatic Language Processing Advisory Committee, National Academy of Sciences (USA)
ARO	Army Research Office (USA)
ARPANET	Réseau de télématique reliant les principaux centres informatiques qui effectuent des recherches financées par DARPA
ART	Advanced Reasoning Tool (outil de raisonnement évolué), utilisé pour la réalisation des systèmes experts
ASCII	Code standard américain pour l'échange d'informations; norme de représentation des données de base, qui a été adoptée par presque tous les fabricants de matériel informatique
ATN	Augmented Transition Network (Réseau de transition augmenté); formalisme pour le traitement des langages naturels
BBN	Bolt, Beranek and Newman, important groupe américain d'experts-conseils en systèmes évolués
C	Important langage de programmation de la troisième génération utilisé dans tous les cadres d'exploitation informatique UNIX
CAO/PAO	Conception et production assistées par ordinateur; catégorie d'informatique graphique interactive dont l'IA sera une composante future importante
CCT	Centre canadien de télédétection; direction d'Energie, Mines et Ressources spécialisée dans le traitement des images, un domaine où l'IA joue un rôle de plus en plus grand
CDC	Control Data Corporation; fabricant américain de systèmes informatiques de grande puissance, notamment les ordinateurs de la série CYBER
CEE	Communauté économique européenne
CGE	Compagnie générale électrique; important groupe industriel américain
CMC	Centre météorologique canadien
CMU	Université Carnegie-Mellon de Pittsburgh, en Pennsylvanie, qui possède un des principaux centres mondiaux de recherche sur l'IA
CNR	Conseil national de recherches

CNRS	Centre national de recherche scientifique (France)
COGNET	Réseau de télématique reliant les universités effectuant des recherches sur les processus cognitifs
Courrier-E	Courrier électronique; fonction courante des réseaux de télématique évolués, tels ARPANET
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie; société d'état canadienne
CSLI	Centre for Study of Language and Information de l'Université de Stanford (USA)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (USA)
DEC	Digital Equipment Corporation, grand fabricant américain de matériel informatique, connu surtout pour ses ordinateurs des séries PDP-II et VAX
DG	Data General; important fabricant américain de matériel informatique
DOD	Department of Defense (USA)
EAO	Enseignement assisté par ordinateur; branche de l'informatique dont les progrès futurs dépendront de la recherche en IA
ELAO	Enseignement des langues assisté par ordinateur; branche spéciale de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) dans laquelle les progrès futurs dépendront de la recherche fondamentale en TALAN
EMR	Energie, Mines et Ressources Canada
FAHQTUT	Fully Automatic High Quality Translation of Unrestricted Text (Traduction entièrement automatique de haute qualité de textes non restreints)
G5	Projet de réalisation des systèmes informatiques de la cinquième génération
GETA	Groupe d'étude pour la traduction automatique (France)
GTE	General Telephone and Electric company
IA	Intelligence artificielle
IAO	Instruction assistée par ordinateur; désigne habituellement les systèmes EAO entièrement interactifs et commandés par les réponses de l'étudiant
IBM	International Business Machines Corporation; le plus grand fabricant de matériels informatiques du monde
ICOT	Japanese Institute for New Generation Computer Technology
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens; organisme qui élabore des normes internationales sur tous les aspects du génie électrique et électronique

IHM	Interface homme-machine; expression englobant tous les aspects de la communication entre l'homme et la machine, mais habituellement axée sur la notion de poste de travail interactif individuel. Il est probable que les techniques de l'IA amèneront le poste de travail à jouer le rôle d'assistant qualifié.
II	Interface intelligente; interface homme-machine dotée d'une IA
IIT	Institute of Industrial Technology (Japon)
IJCAI	International Joint Conference on Artificial Intelligence, qui a lieu tous les deux ans
IKBS	Systèmes intelligents basés sur les connaissances; logiciel informatique composé d'un fonds de connaissances humaines et d'outils de raisonnement lui permettant d'utiliser ces connaissances
IMCME	Institut militaire et civil de médecine de l'environnement
IPA	Japanese Association for the Promotion of Information Technology
ISSCO	Comité de liaison des groupes nationaux européens
L4G	Langage de quatrième génération; catégorie de langage de programmation de haut niveau qui facilite l'élaboration de logiciels
LC	Langue cible; dans le contexte du TALAN et de la TA, cette expression désigne les résultats du traitement de la langue source
LISP	LISt Processing Language; langage de programmation informatique de haut niveau, très utilisé en IA. Il comporte un certain nombre de dialectes, dont GLISP, INTERLISP, FRANZLISP et Common LISP
LN	Langage naturel; langue couramment utilisée pour la communication entre les hommes, par opposition à tout langage machine ou artificiel élaboré pour la communication avec la machine
LS	Langue source; dans le contexte du TALAN et de la TA, cette expression désigne l'information à traiter (voir LC)
MCC	Microelectronics and Computer Technology Corporation; consortium industriel américain dont les activités de recherche en IA sont mises en commun
MDA	MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd., de Richmond (C.-B.); firme d'experts-conseils en systèmes évolués
MDC	Ministère des Communications
MDN	Ministère de la Défense nationale
MDT	Ministère des Transports
MIT	Massachusetts Institute of Technology, un des centres de recherche en IA les plus avancés du monde
MITI	Japanese Ministry of International Trade and Industry (ministère japonais du Commerce international et de l'Industrie)

MODULA	Langage de programmation informatique de la troisième génération, dont l'utilisation se répand de plus en plus
MOPS	Memory Organization Packets; méthode de codage de l'information pour sa manipulation par les programmes machine
MPT	Japanese Ministry of Post and Telecommunications (ministère japonais des Postes et des Télécommunications)
NASDA	Japanese National Space Development Agency
NCR	National Cash Register Company; important fabricant américain de matériel informatique
NEC	Nippon Electric Company; important fabricant japonais de matériel informatique
NIH	National Institutes of Health (USA)
NRL	Naval Research Laboratories (USA)
NSF	National Science Foundation (USA)
NYU	New York University; elle déploie une activité considérable dans le domaine de la recherche en IA
ONR	Office of Naval Research (USA)
OP	Ordinateur personnel
OSI	Open Systems Interconnect (interconnexion des systèmes ouverts); modèle de référence standard pour la communication entre systèmes informatiques différents
PARC	Palo Alto Research Center de Xerox, un des principaux instituts de recherche informatique du monde
PIO	Production intégrée par ordinateur; application étendue et cohérente des techniques d'information de pointe à toutes les étapes du processus de fabrication (depuis la conception du prototype jusqu'au produit fini ou prêt à l'emploi)
PROLOG	PROgramming in LOGic; langage de programmation de haut niveau conçu spécialement pour la programmation logique; il constitue un outil important du développement de l'IA. Il existe plusieurs versions de ce langage, notamment MPROLOG et MICROPROLOG
RBN	Recherches Bell-Northern Ltée; principal organisme privé canadien de recherche et de développement en télécommunications
R et D	Recherche et développement; bien que cette expression englobe la recherche, elle n'est pas synonyme de recherche seulement puisque le temps consacré au développement peut dépasser de beaucoup celui de la recherche pour un projet donné

ROC	Reconnaissance optique des caractères; utilisation d'un dispositif s'apparentant à une caméra pour saisir l'information imprimée et la traduire sous une forme assimilable par machine
ROC-A	Jeu de caractères conçu spécialement pour le traitement par ROC
ROC-B	Autre jeu de caractères ROC
SE	Secrétariat d'Etat (Canada)
SE	Système expert; ensemble de programmes informatiques capables de prendre des décisions éclairées dans un domaine précis de connaissance humaine
SEA	Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada
SEEAO	Système expert d'enseignement assisté par ordinateur; branche de l'EAO regroupant les systèmes basés sur l'intelligence artificielle
SIG	Système intégré de gestion; désigne tout système informatique axé sur la gestion et comportant habituellement des fonctions de synthèse, de récapitulation et d'analyse
SIGART	Special Interest Group on ARTificial intelligence, subventionné par l'ACM
SRC	Semiconductor Research Corporation; organisme de recherche et de développement en microélectronique (USA)
SRI	SRI International; institut de recherche de renommée mondiale situé en Californie (USA)
SUMEX	Stanford University Medical Experiment
TA	Traduction automatique; désigne l'utilisation d'ordinateurs pour traduire un texte dans une autre langue
TAA	Traduction automatique assistée des langages naturels
TALAN	Traitement automatique des langages naturels; désigne tous les aspects du traitement automatisé des données en ce qui concerne les langages naturels
TAUM	Traduction Automatique Université de Montréal; important projet de traduction automatique
THAM	Traduction humaine assistée par machine des langages naturels
TI	Technologie de l'information; toutes les branches de la technologie associée au traitement de l'information. L'IA est une branche de la TI.
TT	Traitement de texte
UCE	Unité de compte européenne, valant un peu moins que le dollar canadien
UNIX	Nouveau cadre d'exploitation standard de l'industrie informatique, réalisé à l'origine par les laboratoires de Bell aux États-Unis, mais utilisé maintenant par différents fabricants pour une grande variété d'ordinateurs

USC/ISI	University of Southern California/Information Sciences Institute; centre de recherche de premier plan
USGS	United States Geological Survey
VIDEOTEX	Terme désignant la normalisation des mécanismes de codage et d'affichage de texte et d'information graphique couleur
VLSI	Very Large Scale Integration (intégration à très grande échelle); état actuel de la technologie dans le domaine de la production de circuits microélectroniques ayant entre 50 000 et 500 000 éléments par puce

Annexe D

Liste sélective de rapports représentatifs

Annexe D

Liste sélective de rapports représentatifs

Davis, R. et Lenat, D. *Knowledge-based Systems in Artificial Intelligence,* McGraw-Hill, New York, 1982

Duda, R., Gaschnig, J. et Hart, P., Model design in the PROSPECTOR consultant system for mineral exploration. In *Expert Systems in the Microelectronic Age,* D. Michie (éd.), Edinborough University Press, Edinborough, 1979

Fiegenbaum, E. et McCorduck, P., *The Fifth Generation,* Addison-Wesley, Reading, 1983

Gevarter, W., *An Overview of Expert Systems,* U.S. Department of Commerce, Report NBSIR 82-2505, 1982

Hart, Peter E., «Directions for AI in the Eighties» *SIGART Newsletter — ACM # 79,* 11-16, janvier 1983

Hayes-Roth, R., Waterman, D. et Lenat, D., *Building Expert Systems,* Addison-Wesley, 1983

Heidorn, G. et al. «The EPISTLE text-critiquing system», *IBM Systems Journal,* 21:3 (1982) 305-326

Hirschman, K. et Sager, N., Automatic Informatting of a Medical Sublanguage. In Kittredge, R. et Lehrberger, J. (éditeurs) *Sublanguage: Studies of Language in Restricted Semantic Domains,* de Gruyter, (1982)

Hutchins, W., The Evolution of Machine Translation Systems in V. Lawson (éd.) *Practical Experience of Machine Translation,* North-Holland, 1982, 21-37

Intelligent Databases: rapport établi pour le ministère des Communications, Ottawa, août 1984

Isabelle, P., *Perspectives d'avenir du groupe TAUM et du système TAUM-AVIATION,* Groupe TAUM, Université de Montréal, 1981, 35 p.

JEIDA, *The Present Status of Document Translation in Japan,* Japan Electronic Industry Development Association, 1982

Kay, Martin, (président), «Machine Translation — Report of a Panel», *American Journal of Computational Linguistics,* vol. 8. n° 2, avril-juin 1982, 74-78

Leun, C.Y., «Advances in optical character recognition» *Conférence canadienne de l'informatique,* p. 263-268, mai 1978

Traitement informatisé des langues naturelles et intelligence artificielle : rapport COGNOS établi pour le Secrétariat d'Etat et le ministère des Communications (février 1984), 6 volumes

Shortliffe, E., *Computer-Based Medical Consultations:MYCIN,* Elsevier, New York, 1976

Sleeman, D. and Brown, J., (éditeurs), *Intelligent Tutoring Systems.* Academic Press, New York, 1982

Solovits, P., (éd.), *Artificial Intelligence in Medicine,* Westview Press, 1982

Van Slype, G., Guinet, J., Seitz, F., Benejam, E., *Mieux traduire pour mieux communiquer,* Infotecture pour la Commission des communautés européennes, Luxembourg, 1981, 174 pp.

Waltz, David et al, «Artificial Intelligence: Assessment and Recommendations», *The AI Magazine,* vol. IV, n° 3, Fall 1983, 55-67.

CACC / CCAC
84946

QUEEN P 91 .C655 N38514 1985
Canada. Ministère des commu
La traduction automatique et

LA TRADUCTION AUTOMATIQUE ET LE
TRAITEMENT DES LANGUES NATURELLES :...

P
91
C655
N385f
1985

DATE DUE
DATE DE RETOUR

FEB 0	3 1986		
MAR	9 1987		
JUN JUIN	23 1987		
AUG AOUT	17 1988		

LOWE-MARTIN No. 1137

COGNOS

Cognos Incorporée
275, rue Slater, 10ième étage
Ottawa, Ontario
K1P 5H9
(613) 237-1440
Télex: 053-3341

Cognos Limited
Coworth Park House, Coworth Park
Ascot, Berkshire
R.U. SL5 7SF
National (0990) 27244
International +44 990 27244
Télex: 849930 Eagle G

Cognos Corporation
1801 Oakland Blvd., Suite 100
Walnut Creek, CA
E.U. 94596
(415) 943-7277
Télex: 171-894