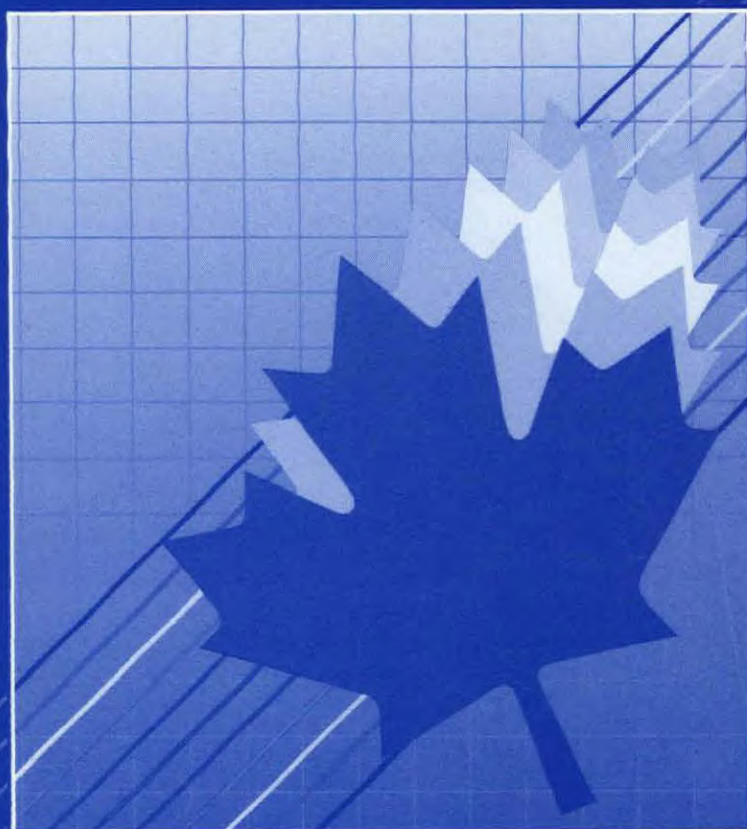


# Sciences et Technologie

**TECHNOLOGIES DES MATÉRIAUX DE POINTE:  
LES REVERS DE LA COMPÉTITIVITÉ  
INDUSTRIELLE**  
Document de travail



TA  
404.2  
.C363  
1986a

Ministère d'État

Sciences et Technologie  
Canada

Ministry of State

Science and Technology  
Canada

Canada



TA  
404.2  
C363  
1986a  
c.1

**TECHNOLOGIES DES MATÉRIAUX DE POINTE:  
LES REVERS DE LA COMPÉTITIVITÉ  
INDUSTRIELLE  
Document de travail**

Rédigé et publié par la  
Direction des technologies stratégiques,  
Ministère d'État chargé des Sciences  
et de la Technologie  
au nom du  
Groupe de travail interministériel sur  
les matériaux industriels de pointe  
Ottawa  
Octobre 1986

37393

## RÉSUMÉ: OBJET ET QUESTIONS

Ce document a pour objet de former la base d'un processus national de consultation sur la stratégie du Canada à l'égard des technologies des matériaux de pointe. Il vise à soulever des questions et à exposer des commentaires et des suggestions. Il s'adresse aux décisionnaires et aux planificateurs des secteurs privé, universitaire et public, mais saura intéresser quiconque s'occupe de la mise au point ou de l'utilisation de nouveaux matériaux.

Les technologies des matériaux de pointe portent sur une famille de nouveaux matériaux et, facteur peut-être encore plus important, de nouvelles techniques de transformation et d'essais qui seront appliquées dans une grande variété d'industries. Il s'agit des technologies habilitantes. Elles sous-tendent la compétitivité de divers secteurs industriels. En raison de l'importance critique qu'ils revêtent pour l'avenir économique du Canada, les technologies des matériaux de pointe, comme la microélectronique et la biotechnologie, sont essentiellement stratégiques pour le Canada.

Pour se tailler une place concurrentielle à l'échelle internationale, tout le pays doit s'engager sur la voie de l'excellence dans les matériaux, les sciences et la technologie, un engagement qui peut se partager avec les entreprises, les organismes de recherche et les gouvernements et qui se traduira par des efforts dynamiques en vue de mettre au point et d'appliquer une technologie de classe mondiale.

Pour élaborer la réaction du Canada à l'égard de ce défi, il faut tenir compte des facteurs suivants:

- ° Les grandes entreprises et les gouvernements de plusieurs pays industrialisés considèrent maintenant que les matériaux de pointe, ainsi que d'autres technologies habilitantes, sont des biens stratégiques. Le Canada a mis du temps à accepter ce fait, mais il semble maintenant qu'il faudra accélérer le pas; sinon, notre capacité à concurrencer pourrait se détériorer de façon irréversible.
- ° Les industries canadiennes des minerais et des métaux, qui représentent 38 milliards de dollars, sont menacés par la baisse de la demande mondiale et par le remplacement par de nouveaux matériaux. Pour certains biens comme l'acier, l'aluminium et le nickel, les plus optimistes prévoient que le marché mondial connaîtra une augmentation modérée et que la part des producteurs canadiens sera stable ou alors moindre. Pour d'autres produits comme le zinc et le cuivre, le Canada est presque certain de voir ses profits baisser. Étant donné la situation, pour assurer la survie des entreprises canadiennes, il faudra: 1) reconnaître dans les politiques publiques et les stratégies des entreprises que les marchés évoluent en faveur des fournisseurs de matériaux qui peuvent s'adapter pour répondre à la demande plus précise des usagers de demain,



et 2) qu'on mette au point des programmes concertés de développement technologique afin de s'assurer des créneaux sur les marchés. Ces faits ont été admis au Japon, aux É.-U. et en Europe, mais il y a peu de preuve qu'ils l'ont été ici au Canada.

- ° Bien que le Canada ait remporté certains succès dans la mise au point et l'application de technologies de matériaux de pointe, plusieurs autres pays industrialisés le devancent. La demande de technologies provenant du secteur privé est limitée et c'est ce qui provoque en grande partie le manque d'intérêt à l'échelle nationale.
- ° Bien que la Canada ne peut s'attendre à devenir systématiquement un chef de file dans les technologies des matériaux, il peut se créer une place dans les créneaux qui se fondent sur ses atouts. Quels sont ces créneaux? Comment pouvons-nous mettre aux mieux en valeur nos atouts, y compris ceux qui découlent de notre longue expérience dans la production et la transformation de matériaux? Quel sera le rôle des travaux coopératifs de recherche et développement?

Il est évident que tout le pays doit s'engager dans la voie de l'excellence dans les sciences et la technologie des matériaux de pointe et se tailler une place concurrentielle sur les marchés mondiaux. Une stratégie de ce genre doit être élaborée par les secteurs public, privé et universitaire.

En vue du processus de consultation, vous pourriez penser à votre réponse aux questions suivantes, à la lumière des points soulevés dans le présent document:

- ° Comment voyez-vous, ou comment votre entreprise, institution ou organisation voit-elle, l'évolution structurelle dans le domaine des matériaux?
- ° Quels sont, selon vous, les principales menaces ou possibilités qu'offrent les technologies des matériaux de pointe?
- ° De quelle façon le Canada doit-il réagir en tant que pays?
- ° Quelles seront vos propres mesures stratégiques à cet égard?
- ° Quelles sont les contraintes qui risquent de limiter votre capacité à appliquer ces mesures? De quelle façon est-il possible d'obvier à ces contraintes?

## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
RESUME: OBJET ET QUESTIONS	
LA NECESSITE D'UNE STRATEGIE	1
Matériaux de pointe: une famille de technologies stratégiques	2
Les industries des matériaux en évolution	3
Evolution de la demande	3
Questions stratégiques	7
Position du Canada	9
ELABORATION D'UNE STRATEGIE	9
Domaines où il existe des occasions technologiques	10
Les marchés et leur accès	10
Questions internationales	11
Questions structurales	13
L'effort déployé au Canada pour le développement technologique	14
Besoins et disponibilité des renseignements	15
Normes de performance	16
Réglementation	16
Personnel compétent	17
NOTRE AVENIR A PREVOIR	17
ANNEXES	
A Définitions	
B Enjeux rattachés à des domaines et à des secteurs donnés	
C Programmes stratégiques de certains pays industrialisés concernant les matériaux industriels de pointe	
D Canada: programmes du gouvernement fédéral, les matériaux industriels de pointe	
E Ministères et organismes membres du Groupe interministériel sur les matériaux industriels de pointe	

## LA NÉCESSITÉ D'UNE STRATÉGIE

L'histoire de la technologie, en fait l'histoire de la civilisation est, dans une large mesure, l'histoire de la maîtrise des matériaux. Les outils en pierre ont dominé l'âge de pierre. Un remarquable alliage a marqué l'âge du bronze. Les anciens Grecs et Romains ont introduit l'utilisation du fer, donnant naissance à l'âge du fer. Des techniques améliorées d'exploitation du fer et de l'acier ont provoqué la révolution industrielle. Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, le fer et l'acier ont continué à dominer la scène, mais l'aluminium, les matières plastiques, les fibres et le caoutchouc synthétiques lui font concurrence. Les matériaux de pointe ont aidé à rendre l'âge spatial possible.

Sans avoir en main les meilleurs matériaux qui soient, il est impossible de s'assurer le leadership dans un domaine important quelconque de la technologie. La capacité à mettre au point et à utiliser des technologies et des matériaux de pointe est un facteur déterminant dans la compétitivité industrielle.

Le domaine des matériaux industriels traverse actuellement une phase de transition critique. Les matériaux traditionnels comme le bois, le cuivre, le zinc et l'acier sont remplacés par des substituts dans diverses applications. Et dans bon nombre de ces applications, les spécifications sont de plus en plus exigeantes.

Pour répondre à ces besoins, les chercheurs ont mis au point de nouveaux matériaux et procédés. Le travail demande parfois d'utiliser des matières premières peu connues; mais plus souvent qu'autrement, il s'agit de mettre au point des nouveaux procédés ou d'associer certains matériaux pour obtenir les propriétés souhaitées. Les ingénieurs et designers qui en sont les derniers utilisateurs exercent une pression toujours plus grande pour qu'adviennent des changements technologiques, à mesure que la science continue à fournir à l'industrie les capacités nécessaires pour fabriquer des matériaux sur mesure, destinés à des emplois spécifiques. Les mots de passe s'appellent intégration et création de réseaux, alors que les liens entre les créateurs, les fabricants, les experts et autres intéressés à la performance du produit se solidifient.

Ces changements technologiques et structuraux entraînent avec eux une ardeur et des occasions à exploiter; pour un pays comme le Canada, qui s'est toujours fié à l'industrie des matériaux comme source principale de richesses, ces changements peuvent sembler menaçants surtout lorsque les forces traditionnelles du marché se font remplacer par des efforts nationaux concertés que déploient d'autres pays. Que nous soyions en mesure de convertir ces menaces en occasions, et ces occasions en richesses, dépendra de notre aptitude comme pays à utiliser avec succès nos atouts pour relever le défi de la concurrence des autres pays sur le plan de la mise au point et de l'application des technologies de matériaux de pointe. Les entreprises dirigeantes et les gouvernements de plusieurs pays industrialisés ont reconnu explicitement que les matériaux de pointe

et d'autres technologies habilitantes constituent des biens stratégiques. Le Canada devra donc agir rapidement s'il ne veut subir une détérioration irréversible dans sa capacité à rivaliser avec ses concurrents.

La reconnaissance sur le plan mondial du potentiel économique des technologies des matériaux de pointe s'illustre dans une grande gamme de programmes et d'activités commerciales. Même si le Canada n'est pas un chef de file dans ces technologies, ses chercheurs font preuve de beaucoup d'enthousiasme à ce sujet. Dans une enquête sur les besoins en information de 1984, menée par l'Association canadienne des manufacturiers, les gestionnaires de l'industrie ont classé les développements et innovations dans le domaine des matériaux en première place sur 15 sujets technologiques d'intérêt. Le besoin d'établir des priorités et d'agir se fait de plus en plus sentir.

La tenue récente de conférences et d'ateliers nationaux et régionaux a permis aux spécialistes et aux décideurs de se rencontrer et d'examiner les questions que doit affronter le Canada dans le domaine des matériaux industriels de pointe. Tout en encourageant l'intérêt, la création de réseaux et l'activité commerciale, ces rencontres ont également mis en évidence les principales questions que doivent examiner les industries et les gouvernements lorsqu'ils formulent des plans.

#### **Matériaux de pointe: une famille de technologies stratégiques**

Le domaine des matériaux industriels de pointe est très vaste et constitue un concept plutôt qu'une catégorie définissable. Les matériaux de pointe sont, en général, à l'étape première d'un cycle d'innovation et ils ne sont pas employés dans toute la mesure de leur potentiel. Leurs propriétés techniques et les mécanismes de rupture ne sont généralement pas bien compris; toutefois, aucun autre matériau ne peut offrir de meilleures caractéristiques. Tant que leurs coûts n'auront pas été réduits par une production en masse, ces matériaux continueront de faire partie de composantes et de structures dont le but premier est d'obtenir une performance maximale. On compte parmi eux, notamment, les nouveaux métaux et les alliages, les céramiques, les plastiques, les composites, les enduits et leur procédé de fabrication et d'application. L'annexe A donne plus de détails sur ce sujet.

Les matériaux de pointe représentent le point de départ d'un grand nombre de produits industriels à performance élevée dont l'importance économique est appelée à s'accroître: des biens comme les semi-conducteurs, les turbines à gaz, les composantes pour l'aérospatiale et l'automobile et les capteurs. Les matériaux de pointe nous permettent d'innover dans ces domaines ou d'améliorer ces produits. Qui plus est, les matériaux de pointe ne représentent pas seulement un secteur industriel discret, mais une famille générique de procédés et de produits qui forment l'assise de tous les secteurs industriels. Cette caractéristique générique s'illustre dans le rapport synergétique de ces matériaux avec d'autres technologies

habilitantes: par exemple, avec la microélectronique sous forme de semi-conducteurs, avec la biotechnologie sous forme de biodétecteurs. À cause de ces facteurs, les matériaux de pointe présentent une importance stratégique pour le Canada.

### Les industries des matériaux en évolution

Les industries de matériaux ont constitué par le passé l'un des piliers de l'économie canadienne. Depuis l'exploitation minière à la fonderie, l'affinage et la fabrication partielle, l'industrie des minerais atteint les 38 milliards de dollars et représente 8 p.100 du PNB, soit plus de 20 p. 100 des recettes provenant de l'exportation de marchandises.

Les tendances mondiales récentes ont, toutefois, poussé les Canadiens à s'interroger sur la stabilité et la croissance continue de ses industries de matériaux comme source de richesses. Selon les chiffres à l'appui, même si plusieurs matériaux traditionnels continueront à contribuer grandement au PNB du Canada, les tendances montrent qu'il ne faut pas se faire d'illusion quant à la croissance dans ce domaine. Pour certains produits comme le nickel et le cuivre, le Canada voit sa part sur le marché mondial décroître. Quoiqu'il y ait plusieurs facteurs en cause, le remplacement par des matériaux de pointe prend de plus en plus d'importance.

Quoique l'industrie des minerais subisse des crises cycliques, il est important de reconnaître que les changements qui nous préoccupent ne sont pas cycliques mais structuraux. Ils ne proviennent pas des fluctuations des prix et de l'activité économique, mais des redressements à long terme de la structure industrielle internationale, du remplacement par des matériaux de pointe et des changements technologiques.

Des facteurs comme la performance économique récente du Japon, des États-Unis, de l'Allemagne de l'Ouest et d'autres pays industrialisés, les plans stratégiques annoncés dans ces pays et les sommes d'argent importantes consacrées à la R-D dans les matériaux de pointe, montrent que les occasions réelles de croissance pour les pays industrialisés reposent effectivement sur les industries qui ajoutent une valeur aux matières premières en utilisant la technologie la plus moderne. Cette situation est particulièrement vraie pour les pays comme le Canada qui font face à un avenir incertain sur les marchés des produits de base, lesquels constituent les assises même de notre économie.

### Évolution de la demande

Le remplacement des produits découle principalement des demandes du marché. L'automobile en est un exemple. Comme le montre le tableau à l'appui, l'emploi de matériaux dans l'automobile moyenne des É.-U. se transforme dramatiquement. Même si cette tendance découlait surtout de la menace des coûts élevés du carburant, le remplacement de produits va se poursuivre, car les ingénieurs



continueront à exploiter les avantages des nouveaux matériaux au chapitre du rendement, de l'efficacité et de la durabilité.

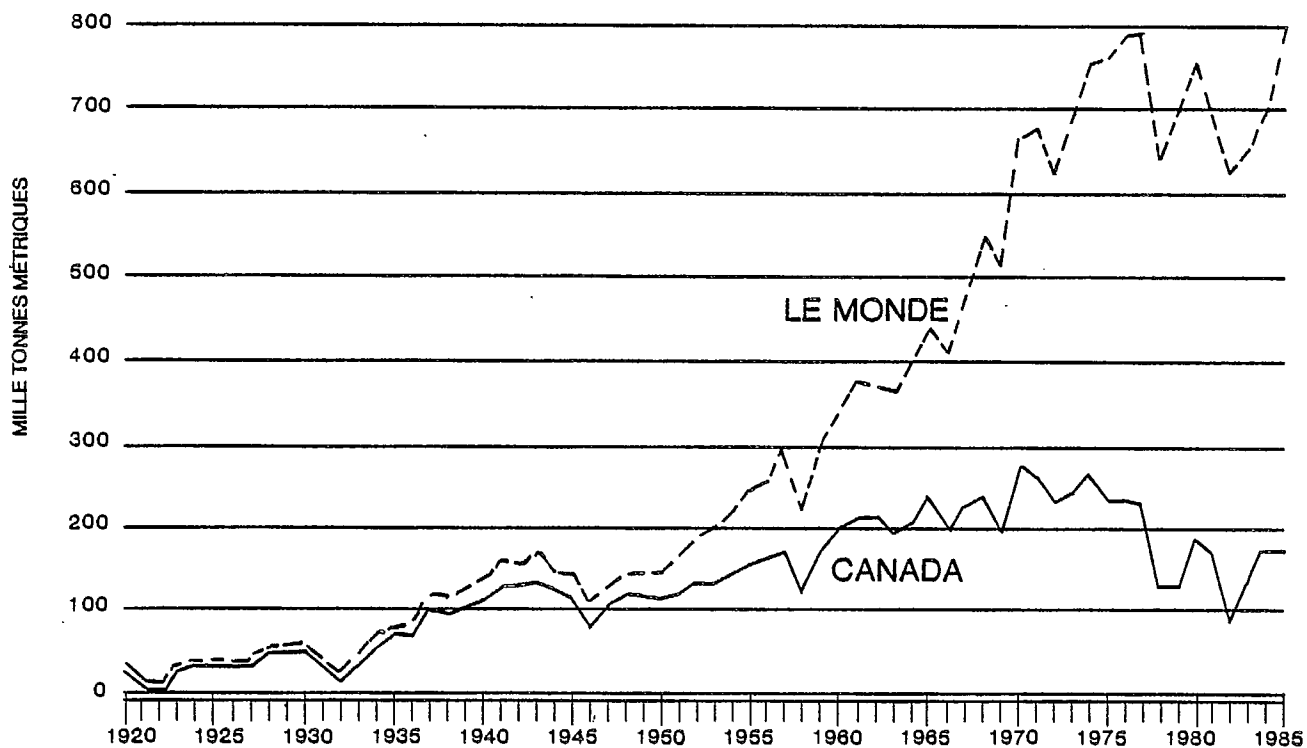
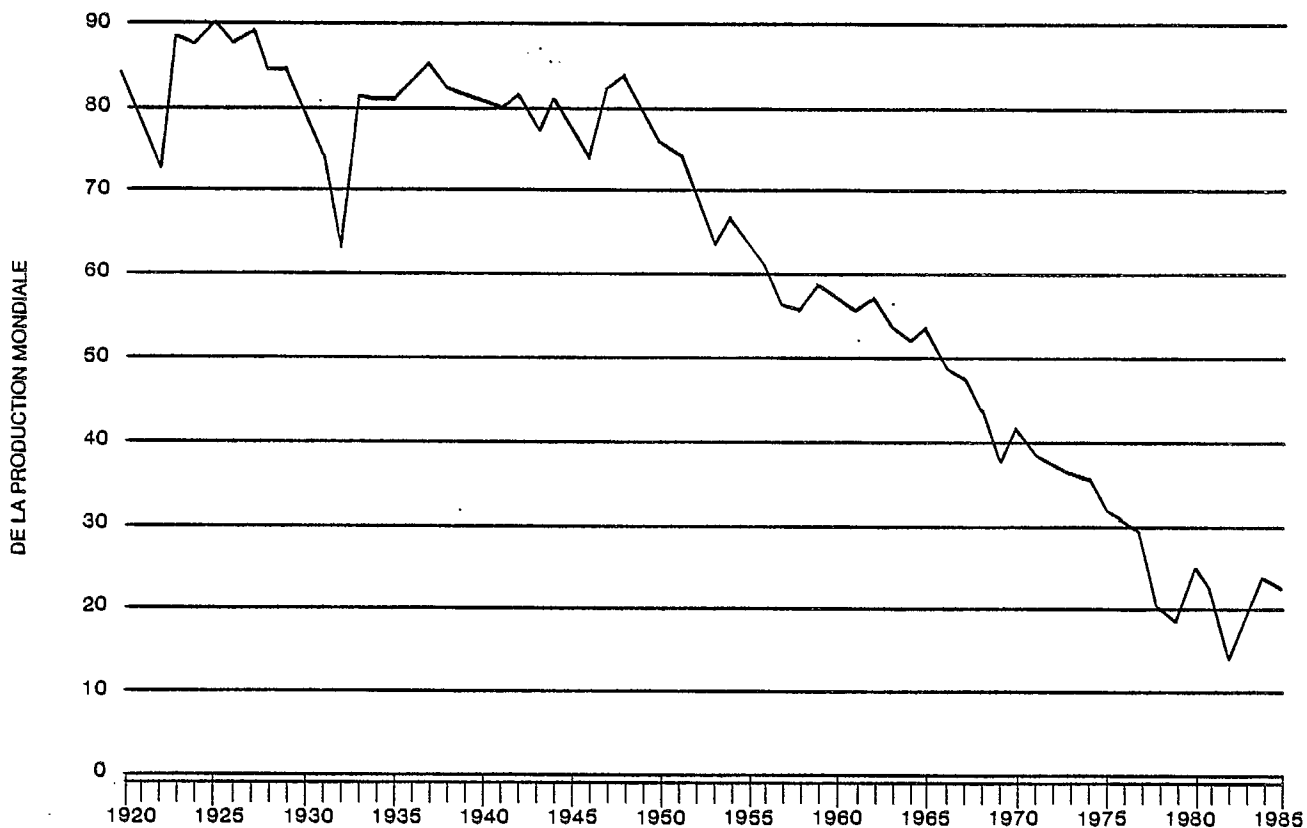
On peut citer des exemples semblables dans les domaines de l'aviation, de l'aérospatiale, du matériel de défense et de l'électronique. Dans les aéronefs, par exemple, les composites et les nouveaux alliages d'aluminium-lithium rivalisent avec l'aluminium. Dans le domaine de l'électronique, les nouveaux matériaux comme l'arséniure de gallium et les polymères possèdent les propriétés nécessaires pour les composantes à vitesse élevée et de très petite dimension dans l'avenir. Il se fait beaucoup de travaux de R-D pour trouver des remplacements à l'accumulateur au plomb. Dans le domaine des télécommunications, les fibres optiques remplacent de plus en plus de cuivre.

Quoiqu'il en soit, les matériaux ordinaires ne peuvent tout simplement pas atteindre les normes exigeantes de rendement de plusieurs produits conçus ou envisagés actuellement. On pourrait y remédier en exerçant un meilleur contrôle des propriétés par une meilleure technologie de la transformation, comme dans la métallurgie des poudres. Dans certains cas, un alliage ou des composés de matériaux produisent les caractéristiques recherchées. Dans d'autres cas, il faut utiliser un type de matériau tout à fait nouveau pour répondre aux besoins de l'application. Il arrive souvent, comme c'est le cas des dispositifs électroniques, que le rendement et les spécifications du produit dépendent énormément du matériau en cause.

L'attention que l'on porte à la demande souligne l'importance, pour le secteur manufacturier, d'atteindre l'excellence dans la production de matériaux. Si les matériaux de pointe constituent une production et, par conséquent, une diversification et une occasion de croissance pour les industries des matériaux, ils représentent des intrants pour le secteur manufacturier. Pour fabriquer des produits concurrentiels d'une valeur ajoutée élevée, une entreprise doit être en tête des développements de nouveaux matériaux. Même si, en soi, le marché total pour certains nouveaux matériaux n'est pas bien vaste, ces matériaux peuvent constituer des éléments essentiels, quoique parfois petits, pour des produits qui représentent de grands débouchés. À titre d'exemple, on peut citer les produits utilisés dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'électronique, des télécommunications et des transports.

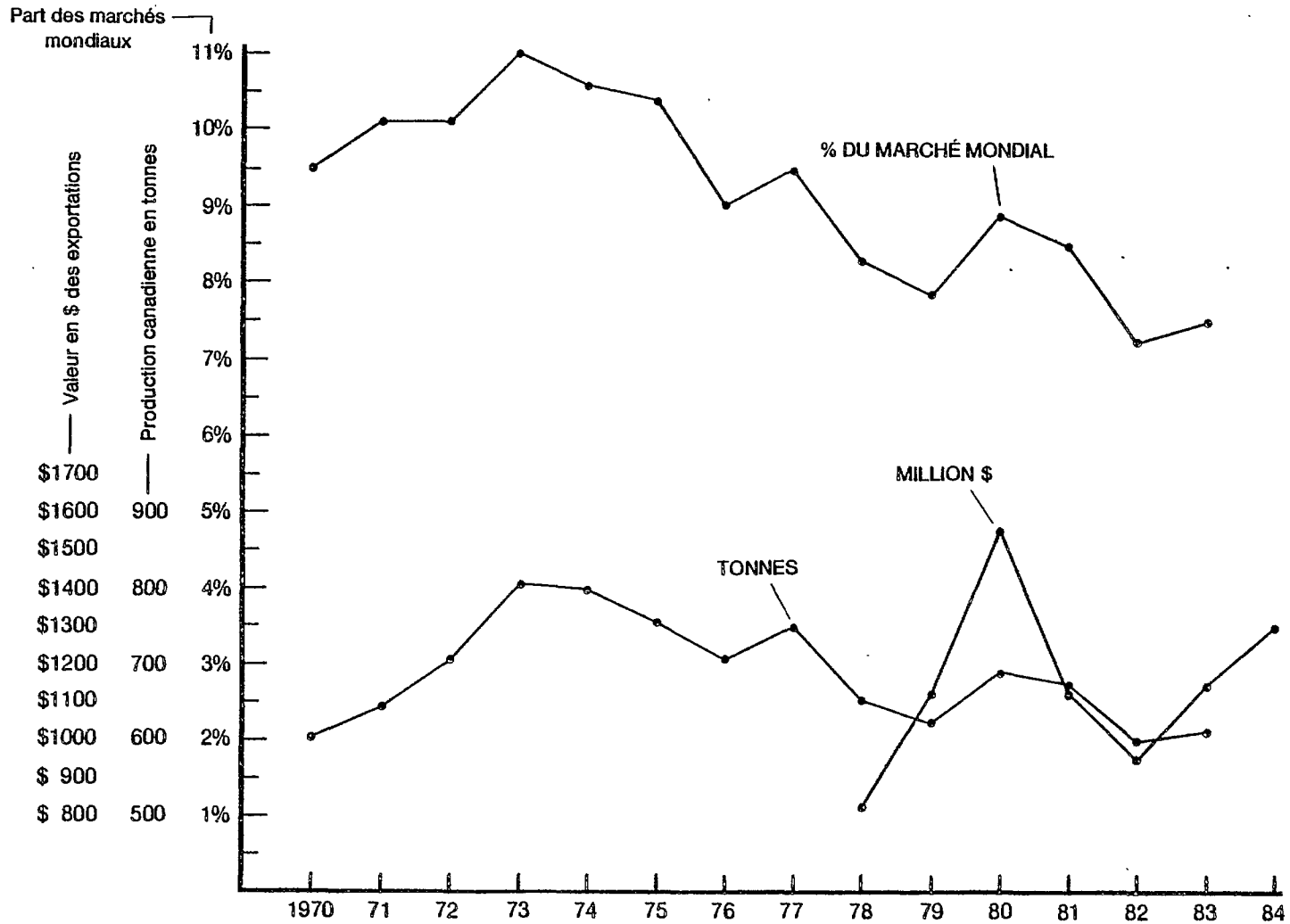
# NICKEL

## PART CANADIENNE DE LA PRODUCTION MONDIALE



# CUIVRE

## PRODUCTION CANADIENNE ET PART DU MARCHÉ MONDIAL



CONTENU ESTIMÉ DES MATÉRIAUX  
PAR AUTOMOBILE AUX E.U. (KILOGRAMMES)

MATÉRIAUX	1977	1985	1987	1992
ACIER ORDINAIRE	905	672	590	478
ACIER DE HAUTE RÉSISTANCE ET INOXYDABLE	69	111	136	145
TOTAL DE L'ACIER	974	783	726	623
FER	245	212	159	113
PLASTIQUES/COMPOSITES	76	96	91	113
CAOUTCHOUC	68	62	50	50
ALUMINIUM	44	63	62	61
VERRERIE	39	39	36	34
CUIVRE	14	12	10	10
PLOMB	11	11	**	**
PIÈCE EN ZINC COULÉE SOUS PRESSION	17	8	7*	7*
AUTRES	175	160	55	55
TOTAL	1,663	1,446	1,196	1,066

Source: Annuaire de l'automobile de Ward de 1984

\* y compris l'enduit

\*\* inclus dans AUTRES

Questions stratégiques

S'ils constituent des menaces, ces changements peuvent aussi ouvrir de nouvelles avenues. Le Canada doit suivre ces voies s'il veut profiter des avantages économiques qui en découleront. Nous devons commencer par nos atouts, dont plusieurs proviennent de notre longue expérience dans la production et la transformation de matériaux, et nos avantages particuliers, notamment l'abondance et la disponibilité d'énergie à faible coût.

Comme l'indique l'annexe B, les gouvernements de plusieurs pays industrialisés dominants ont élaboré des programmes de développement stratégiques dans le domaine des matériaux de pointe, relevant souvent d'une politique nationale plus vaste sur le développement des technologies essentielles. Ces programmes constituent des initiatives dirigées, ayant des buts précis et, dans certains cas, il se

situent au-delà des dépenses affectées aux programmes réguliers des ministères et organismes gouvernementaux. Les programmes sont établis surtout en fonction du marché; ils affichent aussi un élément d'"élan" scientifique et technologique nécessaire pour se classer en position de chef de file quant à la connaissance sous-jacente qui est requise pour jouir réellement des occasions commerciales ou, parfois, les créer. De par leur existence même, ces programmes forcent le Canada à réagir s'il veut demeurer dans la course. La question est de savoir si nous sommes bien placés pour y répondre.

Ces programmes nationaux dirigées illustrent un grand changement dans la manière dont les entreprises industrielles dominantes et les pays dans l'ensemble considèrent les technologies habilitantes comme les technologies de l'information, la biotechnologie et les matériaux de pointe. Ces technologies sont de plus en plus considérées comme des biens stratégiques, comme le montre l'incorporation de programmes de développement des technologies aux plans stratégiques; ces programmes tentent non seulement de perfectionner la technologie afin d'améliorer les affaires actuelles, mais surtout de faire en sorte que le pays ou l'entreprise dispose de ces technologies habilitantes qui sont nécessaires pour s'ajuster à l'évolution des marchés, pour profiter des nouvelles occasions de richesses et pour conserver sa supériorité concurrentielle parmi une multitude d'entreprises commerciales.

Les programmes font souvent appel à la formation d'une coalition stratégique avec les entreprises, les universités et les gouvernements pour mettre leurs connaissances en commun, partager les risques et échanger les renseignements. Il peut s'agir d'ententes inter-gouvernementales, de co-entreprises, de réseaux coordonnés par le gouvernement et de groupements en recherche de sociétés dominantes. Ces coalitions sont une menace réelle pour les entreprises et les gouvernements qui sont seuls à les affronter. En fait, l'importance de cette concurrence d'accès aux renseignements techniques, dans ces domaines d'évolution rapide, donne lieu à un sentiment de protectionnisme croissant, en vertu duquel l'accès n'est offert, le cas échéant, qu'aux partenaires de la coalition.

Le Canada ne semble pas avoir adopté le point de vue selon lequel les technologies habilitantes sont des biens essentiels. Pourtant, si l'on tient compte des ramifications structurales des secteurs économiques comme nos industries de matériaux, il est évident que nous devons adopter et élaborer un tel point de vue. Pour rester concurrentiels et nous assurer une position permettant de créer de nouvelles richesses par l'application de la technologie, il nous faudra adopter une orientation internationale. Il faut repenser les points de vue traditionnels sur l'accès, la diffusion et l'infrastructure. Comment nous assurer que nous possédons l'assise et l'infrastructure industrielle nécessaires pour établir et profiter des créneaux? Quelles sont les meilleures stratégies à suivre pour les entreprises et les gouvernements? Comment pouvons-nous former des coalitions nationales et internationales efficaces pour avoir



accès à la technologie et la mettre en commun? Quelles sont les occasions actuelles pour les activités intégrées ou coopératives dans le domaine des matériaux?

La question des matériaux industriels de pointe englobe toutes celles liées à un désir de croissance en vue d'ajouter une valeur à nos ressources. Devrons-nous continuer, par exemple, à exporter des produits de résines tout en important des plastiques spéciaux et de pointe et des produits finis à valeur élevée? Continuerons-nous à exporter du telluride de cadmium et mercure (un matériau pour lequel le Canada possède une expertise internationale) et à réimporter ce produit sous forme de dispositifs à l'infrarouge? Exploiterons-nous les matières premières et les expédierons-nous, ou devrions-nous plutôt les transformer en se servant de la technologie la plus récente pour fabriquer des produits finis à valeur élevée qui rivaliseront avec les meilleurs produits que peuvent offrir d'autres pays?

### Position du Canada

Le Canada possède des entreprises très innovatrices, une certaine expertise scientifique internationale et certains produits dominants dans le domaine des matériaux de pointe. Certains domaines ont très bien réussi, notamment celui des matériaux électroniques.

Globalement, toutefois, le Canada n'est pas un meneur. De fait, suite à la teneur de trois ateliers régionaux auxquels les secteurs privé, public et universitaire, ainsi que le Conseil des sciences du Canada ont participé, on a conclu que "très peu d'industries canadiennes font des recherches sur les matériaux de pointe ou sur leurs utilisations." L'absence d'une orientation nationale et d'un but provient essentiellement d'une demande restreinte de technologies de la part du secteur privé. À titre d'exemple, il y a très peu de R-D dans l'industrie de l'automobile au Canada; cette activité représente pourtant une force motrice importante dans d'autres pays.

D'une manière générale, on peut affirmer que le Canada n'a pas encore joué un rôle important dans le domaine des technologies des matériaux de pointe. Il lui faudra déployer un effort particulier pour s'y tailler une place.

### ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE

La nécessité d'un engagement national en vue d'atteindre un niveau d'excellence dans les travaux de science et de technologie des matériaux de pointe et de se tailler une place concurrentielle sur les marchés internationaux est évidente. Les secteurs public, privé et universitaire devraient élaborer ensemble une stratégie qui admettrait que:

- ° le point de vue des entreprises dominantes et des gouvernements sur la technologie est en évolution;

- ° les changements structuraux qui ont lieu dans le domaine des matériaux pourraient réduire la compétitivité du Canada dans une multitude d'industries, à moins de ne mettre au point une réponse agressive et concentrée;
- ° la mise au point et l'application des matériaux de pointe offrent de grandes possibilités pour produire des richesses nouvelles; et
- ° les efforts déployés au Canada en R-D et en commercialisation sont sérieusement en retard par rapport à nos principaux partenaires commerciaux qui, dans plusieurs cas, ont déjà un programme national de matériaux industriels de pointe.

Un plan de cette nature constituerait une réplique nationale aux programmes de développements internationaux. L'engagement pourrait revêtir la forme d'une série d'objectifs précis, auxquels les secteurs public, privé et universitaire adhèreraient et d'une série de mesures connexes qu'adopteraient les principaux intervenants.

#### Domaine où il existe des occasions technologiques

Il existe plusieurs occasions technologiques dans les matériaux de pointe. La plupart des discussions font état des domaines clés de croissance: comme celui des matériaux semi-conducteurs, des céramiques structurales, des composites pour l'aérospatiale et des plastiques thermorésistants. Il incombe aux entreprises et aux collectivités de R-D de déterminer les occasions spécifiques offertes par la technologie. Il s'agit de savoir, toutefois, si le gouvernement peut aider et de quelle manière, au processus, par des mesures comme la diffusion de renseignements, l'augmentation du soutien aux activités de R-D dans des domaines particuliers et l'évaluation technologique. L'annexe B présente les questions liées aux domaines et secteurs choisis.

#### Les marchés et leurs accès

Le succès commercial des matériaux industriels de pointe comme celui des autres domaines, repose sur les débouchés, qu'ils soient pour les matériaux ou les produits fabriqués à partir de ceux-ci. Les changements dans le marché peuvent représenter une menace pour les industries existantes. En même temps, de nouvelles avenues ne cessent de s'ouvrir pour la nouvelle technologie.

On prévoit que le marché mondial des matériaux industriels de pointe augmentera très rapidement, comme le montre le tableau à l'appui. Dans un domaine aussi vaste, les choix s'offrent à une multitude de producteurs. Le défi que doivent relever les entreprises canadiennes est d'atteindre ces débouchés avec un produit haut de gamme à un prix concurrentiel. Les entreprises japonaises prospères ont intégré des plans en ce qui concerne les matériaux de

pointe, qui reconnaissent les besoins du dernier utilisateur et la possibilité d'innovation en science et en technologie, pour donner un élan concurrentiel et ouvrir de nouvelles avenues.

À cause des coûts d'innovation des produits de pointe, le marché canadien seul ne suffit pas à générer suffisamment de ventes et s'assurer un rendement raisonnable. Les entreprises qui visent une croissance doivent inévitablement se tourner vers les É.-U. et les autres marchés étrangers. Elles ont souligné, à maintes reprises, que les renseignements sur le marché et l'accès à ce dernier leur sont d'une importance cruciale; c'est le cas particulièrement des petites entreprises qui ne disposent pas des ressources internes pour s'accaparer ces marchés de manière économique. L'accélération des efforts déployés internationalement dans le domaine des matériaux industriels de pointe fera augmenter la difficulté pour les entreprises canadiennes à rivaliser.

#### Questions internationales

Les programmes stratégiques des autres pays risquent d'écartier les entreprises canadiennes ainsi que les organismes d'innovation technologique. Ces plans défient nos marchés traditionnels. Pourrons-nous relever ce défi et être considéré comme un adversaire sérieux?

D'un autre côté, ces programmes fournissent des occasions d'y participer, si l'on a quelque chose à offrir. De fait, l'accélération des travaux de R-D sur le plan international donne lieu à une technologie qui pourrait être mise à la disposition du Canada par des co-entreprises, par exemple. Y aurons-nous accès toutefois? Quelles seront les incidences du protectionnisme croissant que l'on retrouve dans les programmes de R-D parrainés par les gouvernements, comme ceux aux É.-U.?

Prévisions typiques des débouchés internationaux pour les matériaux industriels de pointe

	jusqu'à 1990		jusqu'à 1995		jusqu'à 2000	
	pessi- mistes	opti- mistes	pessi- mistes	opti- mistes	pessi- mistes	opti- mistes
Acier	croissance de 0,4%	croissance de 4%			chute de 1,2%/an	
*PSR aluminium titane				2 000 t par an croissance de 6%		
Céramiques	2,4 mil- liards de dollars	4,2 mil- liards de dollars	5 mil- liards de dollars	12 mil- liards de dollars	15 mil- liards de dollars	17 mil- liards de dollars
Thermoplas- tiques réfractaires		croissance de 9%/an				
Composites						
aéro- spatiale		croissance de 22%/an				
sport		croissance de 11%/an				
automobile	faible croissance					

Sources: Divers rapports publiés et non publiés

\* Procédé de solidification rapide.

Des coalitions internationales d'entreprises qui mettent en commun leur expertise dominent de plus en plus l'évolution de la technologie des matériaux. Peu d'entreprises canadiennes possèdent les ressources nécessaires pour participer à de telles coalitions et celles qui le font affrontent parfois des difficultés de survie. La participation à ces coalitions exige ordinairement que les entreprises disposent au moins d'une capacité unique par rapport aux technologies ou aux marchés. Le Canada ne formant qu'un petit marché, les entreprises canadiennes doivent être prêtes à fournir une aide au chapitre de la technologie.

## Questions structurales

### a) Dispersion et fragmentation

Le Canada est un vaste territoire ayant une faible densité de population très dispersée. Ce facteur entraîne des problèmes particuliers de communication et de coordination et des difficultés à bien asseoir nos atouts.

De plus, les fabricants de matériaux sont dispersés dans divers secteurs industriels. Le manque d'unanimité qui en résulte a souvent été souligné au cours des tentatives en vue d'identifier les questions et d'élaborer des réponses sur la politique à l'intention du public. Cette absence visible de coordination affaiblit également la position du Canada sur le plan international. Pour remédier à cette faiblesse, il faudrait renforcer les associations commerciales et professionnelles, créer des réseaux et d'autres moyens de coordination.

### b) Structure industrielle

Même si le secteur manufacturier forme une part importante du PNB depuis quelques années, le Canada se caractérise encore par une économie fondée sur les richesses naturelles. À l'avenir, la croissance devra provenir de la valeur ajoutée aux produits fabriqués par les industries des ressources. Celles-ci possèdent une grande expérience pouvant aider à concrétiser ce processus. Il existe, au sein même de ces industries, des possibilités sur le plan de la diversification et de l'intégration verticale des matériaux de pointe. À l'échelle mondiale, on se tourne de plus en plus vers les réseaux d'utilisateurs/fournisseurs. À l'extérieur du secteur des richesses naturelles, les nouveaux matériaux peuvent rajeunir certaines industries et donner naissance à d'autres. Le gouvernement pourrait jouer un rôle dans l'examen des contraintes qui freinent les rajustements nécessaires.

Dans la mise au point de nouvelles technologies au Canada, on cite souvent comme facteur clé le pourcentage de propriétaires étrangers. Les filiales se fient souvent à leurs sociétés mères étrangères pour les activités de R-D; en outre, la technologie mise au point par la filiale peut être vendue par la société mère, à l'extérieur du Canada. Les activités poursuivies par les filiales ont tendance à être réduites. Même les entreprises qui vendent à l'échelle mondiale peuvent se fier à leurs bureaux centraux pour les activités technologiques; leurs interactions dans l'infrastructure R-D du Canada peuvent être restreintes.

Les sociétés mères peuvent, toutefois, constituer une source relativement économique de nouvelles technologies qui seraient appliquées au pays. Quoiqu'il y ait divergence d'opinion quant à l'effet global sur le développement technologique au Canada, le facteur de propriété étrangère peut influencer la nature des politiques gouvernementales. Son importance dans le domaine des matériaux n'est pas très claire.



### L'effort déployé au Canada pour le développement technologique

Les organisations canadiennes procèdent à des travaux de R-D dans la plupart des domaines des matériaux industriels de pointe. Certaines des grandes entreprises de matériaux suivent des programmes ayant une grande portée, alors que de nombreuses petites entreprises s'intéressent à la mise au point de composants innovateurs et de produits dans des domaines choisis. Toute l'importance de cet effort industriel en R-D n'a pas été calculée, mais elle n'est sans doute pas proportionnelle aux défis qu'affronte le Canada, ni à notre place comme pays commercial de premier plan. Les annexes C et D appuient cette affirmation.

Plusieurs universités canadiennes ont les ressources humaines compétentes pour faire de la recherche sur les matériaux de pointe; ces recherches sont appuyées par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie. Ces efforts de recherche sont, toutefois, fragmentés et dispersés et les groupes de travail, petits. Un des points faibles identifiés est le lien insuffisant avec l'industrie: il faudrait rechercher des moyens pour encourager les entreprises à jouer un rôle plus actif dans la mise au point et l'exécution de programmes de recherche fondamentale.

Dans le domaine de la céramique, un début de solution à ces problèmes a été mis en oeuvre par la création d'un Conseil université-industrie des céramiques avancées du Canada auquel participent cinq grandes universités et plus d'une vingtaine d'entreprises.

Les universités tentent d'affermir leurs liens avec l'industrie dans d'autres domaines également, pour tirer profit des connaissances scientifiques que possèdent les universités canadiennes et pour consolider davantage cet effort scientifique. En reliant les universités entre elles et avec le gouvernement et l'industrie par l'entremise de programmes en R-D multidisciplinaires et coopératifs, il serait possible de créer un "important noyau décentralisé" de chercheurs. Le succès de cette entreprise repose sur les efforts de coordination et de communication. La tenue de conférences, de colloques, d'ateliers et autres moyens semblables aideraient à établir ces liens.

Parce qu'ils sont étroitement liés à l'industrie, les centres de technologie et les organismes de recherche provinciaux (ORP) peuvent jouer un rôle important. Certains ont déjà pris les mesures nécessaires pour renforcer leurs programmes relatifs aux matériaux.

Par l'entremise de ses ministères et organismes à vocation scientifique, le gouvernement fédéral encourage la recherche sur les matériaux industriels de pointe de différentes manières. Comme l'indique l'annexe C, plusieurs domaines de recherche sont subventionnés ou parrainés par le gouvernement. Divers programmes s'adressent aussi aux travaux de recherche et de développement sur les matériaux, notamment les subventions du Conseil de recherches en

sciences naturelles et génie (CRSNG), le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI), le Programme de développement industriel et régional (PDIR) et les crédits d'impôt à l'investissement pour les travaux de R-D.

Ces programmes, indépendants les uns des autres, pourraient stimuler davantage les travaux d'innovation dans les matériaux industriels de pointe s'ils s'inscrivaient dans un plan stratégique coordonné pour l'ensemble du gouvernement. Les stimulants fiscaux actuels n'encouragent pas particulièrement les technologies stratégiques. Les programmes d'achat public aux États-Unis, particulièrement dans les domaines de l'espace et de la défense, servent de manière très efficace au développement et à l'application de la technologie des nouveaux matériaux. Le Canada pourrait faire de même pour ces domaines et d'autres encore. L'économie du Canada n'étant pas fondée sur le matériel de défense, il serait peut-être nécessaire d'élargir la portée des achats pour inclure tous les domaines profitables sur le plan de l'économie. Il faut continuer à améliorer les mécanismes permettant le transfert de technologie des laboratoires du gouvernement, en réponse aux besoins du marché.

Compte tenu des atouts du Canada dans les domaines de recherche scientifique, l'avenir pourrait être très prometteur pour ce pays, s'il devenait un leader dans certains domaines des matériaux industriels de pointe. Même si le Canada est un peu en retard par rapport à certains pays, la plupart des travaux de recherche au monde en sont encore à leurs premières étapes. Il nous faut réussir à canaliser nos efforts dans la R-D et établir des conditions nécessaires pour vendre rapidement nos idées. Le domaine des matériaux de pointe requiert sans doute une collaboration sur le plan de la recherche.

Il faut aussi se demander si nos capacités industrielles et scientifiques se vendent suffisamment dans notre pays. Notre économie étant de petite envergure, nous ne pouvons nous permettre de négliger de vendre ces capacités. Y a-t-il des améliorations à apporter à ce chapitre?

#### Besoins et disponibilités des renseignements

Parmi toutes les questions soulevées par les entreprises au cours des conférences et ateliers, celle qui revient constamment et qui fait le plus l'unanimité est le besoin de renseignements sur les sciences, la technologie et les débouchés. Le gouvernement a traditionnellement fourni ces renseignements, particulièrement en ce qui a trait à la recherche et au développement. Différentes enquêtes indiquent, toutefois, que le gouvernement forme rarement la source principale de ces renseignements pour une entreprise. Dans le domaine des matériaux, il pourrait exister d'autres moyens plus efficaces de transmettre ces renseignements; de son côté, le gouvernement pourrait prendre les dispositions nécessaires pour que ces renseignements soient disponibles plus facilement auprès de sources privées. Il faudrait d'abord mettre en place des systèmes pour que les fournisseurs de renseignements soient au courant des besoins des utilisateurs.

Il existe un besoin particulier pour accéder efficacement à des données fiables sur les caractéristiques des matériaux. Plusieurs pays (le Japon, certains pays d'Europe) ont mis sur pied, ou le font actuellement, des bases de données nationales pour diffuser efficacement ces renseignements et éviter la répétition des tests. Les pays, comme le Canada, qui ne disposent pas d'une telle base de données seront dans une position désavantageuse. En outre, les pays qui n'ont pas de programme national ne pourront participer aux bases de données internationales. Il faudra sans doute établir au Canada des bases de données et des centres de renseignements spécialisés, peut-être en co-entreprise.

### Normes de performance

L'absence de normes uniformes de performance peut entraver gravement la commercialisation. Par contre, le contrôle des normes peut se traduire par un contrôle de l'accès au marché. Le Japon et d'autres pays ont déjà reconnu ce point important. Même si le Canada participe activement aux organisations internationales d'établissement de normes, celles-ci réagissent lentement; il faudra peut-être déployer des efforts particuliers dans le domaine des matériaux de pointe.

Les pays dominants procèdent à l'élaboration de normes industrielles pour les matériaux de pointe. Étant donné que l'accès du marché pourrait dépendre de la capacité à respecter de telles normes, les pays comme le Canada qui n'ont pas un programme national sur l'établissement de normes peuvent se trouver en position désavantageuse.

### Réglementation

La réglementation gouvernementale peut encourager ou dissuader l'innovation technologique. À titre d'exemple, la réglementation sur les gazoducs peut stipuler des spécifications exigeant des améliorations techniques continues ou favoriser les fournisseurs nationaux innovateurs. D'autres règlements peuvent dissuader la mise au point ou l'utilisation des matériaux nouveaux à cause des processus d'approbation interminables ou de la nécessité d'avis publics.

Tout compte fait, il n'est pas certain si la réglementation du gouvernement fédéral constitue un élément négatif ou positif au chapitre du développement des matériaux industriels de pointe. En matière de sécurité, les avantages des matériaux de pointe peuvent être annulés par les questions de coûts et de la réticence à prendre des risques. Dans ce domaine et dans d'autres, les ministères et organismes gouvernementaux peuvent encourager ou parrainer des travaux de R-D de pointe pour corroborer un mandat de réglementation. La fiabilité du produit est un autre domaine dans lequel des objectifs contradictoires peuvent freiner l'innovation.

### Personnel compétent

Pour saisir les occasions dans le domaine des matériaux industriels de pointe il faut disposer d'un personnel compétent. Nous ne possédons pas de données sur le nombre de savants, d'ingénieurs et de technologues qui oeuvrent dans le domaine des matériaux industriels de pointe, ou d'étudiants qui obtiendront sous peu leurs diplômes dans ces domaines; mais d'après ce qui se passe dans d'autres domaines, on peut s'inquiéter de notre capacité à produire les compétences nécessaires et à garder ces experts au pays. Les cours universitaires en génie insistent très peu sur les matériaux de pointe non métalliques.

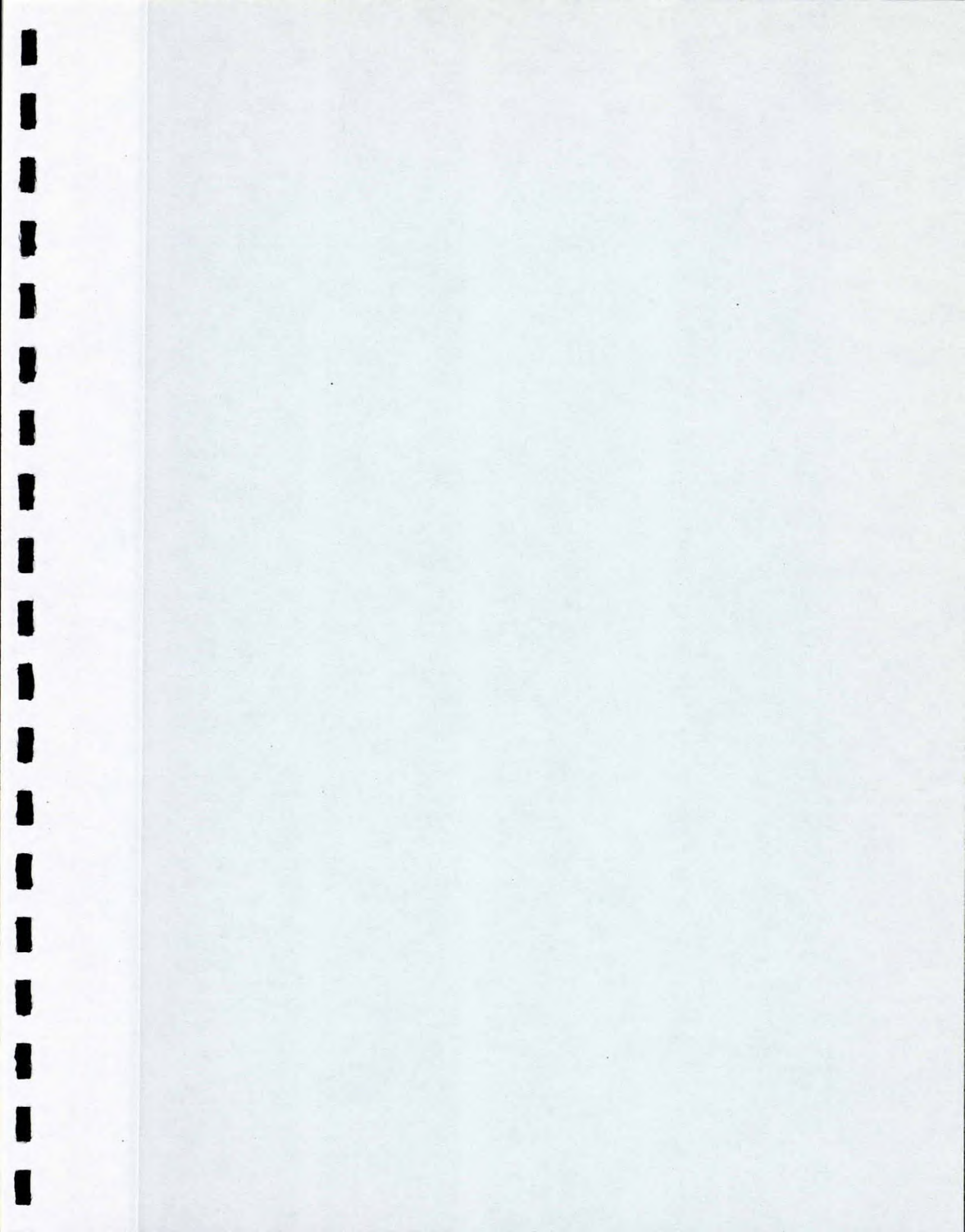
Si l'on tient compte du réseau excellent d'études collégiales et universitaires au Canada, ce dernier ne devrait pas avoir de problèmes à trouver du personnel compétent. Il faudrait peut-être concevoir des mesures pour s'assurer qu'il n'en soit pas autrement.

L'incidence des changements dans les technologies des matériaux sur la main-d'oeuvre devient une question pertinente. La tendance au formage quasi idéal peut réduire, par exemple, le nombre d'étapes de transformation et le besoin d'outillage. Les renseignements sur ces effets sont plutôt restreints.

### NOTRE AVENIR À PRÉVOIR

Il y a de plus en plus d'enthousiasme au Canada dans la recherche sur les matériaux de pointe et tout porte à croire qu'il a de bonnes chances de devenir un concurrent sérieux dans ce domaine. Les conditions seront-elles cependant favorables? Quelles contraintes devront affronter les entreprises et les activités de R-D pour exploiter ces opportunités?

Nos principaux partenaires commerciaux ont déjà pris des mesures agressives et stratégiques et plusieurs ont établi des programmes nationaux, dont les priorités sont clairement précisées. Depuis deux ans, on ne cesse de répéter au cours des conférences et études, qu'il nous faut un leadership et une coordination dans tout le pays. Ce leadership peut prendre la forme d'une stratégie nationale qui tienne compte des besoins régionaux et qui s'érige sur les points forts des régions. Les points de vues et les commentaires des secteurs privé, public et universitaire aideront à établir les objectifs et éléments nécessaires d'une telle stratégie.





## ANNEXE A

### DÉFINITIONS

#### Matériaux industriels de pointe

Les matériaux industriels de pointe possèdent des propriétés uniques et particulières. On associe souvent à ces matériaux, employés dans les premières étapes des innovations, des caractéristiques d'usage peu généralisé, malgré leur potentiel; des méthodes de traitement encore peu élaborées; des propriétés techniques et des mécanismes de rupture qu'on ne connaît ou comprend pas encore tout à fait; et des coûts assez élevés, du moins en ce qui concerne les premières applications.

#### Exemples

##### MÉTAUX

Acier pur: Acier dont les défauts et les impuretés sont contrôlés de près et maintenues à un niveau très bas, ce qui explique sa soudabilité, sa formabilité, la qualité de sa surface et sa résistance à basse température. Ces propriétés sont importantes lorsque vient le temps de lancer des projets d'exploitation des richesses énergétiques dans les régions pionnières, ou de commercialiser des produits de consommation.

Superaliages: Alliages composés d'additifs en quantités mesurées de très près, structurés avec exactitude et fabriqués à partir de cobalt ou de ferronickel, avec ajout de métaux de transition, de métaux réfractaires ou d'éléments semblables. Ces alliages, résistants à la corrosion et aux températures élevées, servent à la fabrication d'aubes de turbine et d'autres pièces thermorésistantes.

##### PLASTIQUES/POLYMÈRES

Polymères de pointe: Polymères dont la force est supérieure ou qui comportent des caractéristiques particulières à température élevée, à cause des liaisons établies entre chaînes adjacentes de polymères ou d'autres arrangements dans la composition ou la structure chimique.

Copolymères: Polymères résultant de la combinaison d'au moins deux motifs structuraux chimiques (monomères) à l'intérieur des chaînes de polymères. Selon les propriétés souhaitées, le ratio des monomères peut varier.

Alliages de polymères:

Combinaison d'au moins deux polymères non liés chimiquement, dont les propriétés diffèrent de celles des éléments constituants.

#### COMPOSITES

Composites de pointe:

Matériaux composés de fibres minces, de particules, de lamelles ou de trichites fixés dans une matrice solide. Les fibres peuvent être composées de verre, de carbone, de bore, de polymères, d'aluminium ou de céramique, et la matrice peut être en plastique, en métal ou en céramique. Les composites sont employés sur tout dans les secteurs de l'aérospatiale et de l'équipement de sport, et ils sont de plus en plus employés dans les domaines des matériaux de construction et de la fabrication d'automobiles.

#### PRODUITS CÉRAMIQUES FINS

Produits céramiques

fonctionnels: Produits céramiques composés de poudres d'une grande pureté et d'une qualité supérieure, et possédant des propriétés électriques, magnétiques, optiques, biologiques et nucléaires définies. À l'heure actuelle, les produits céramiques fonctionnels sont employés surtout dans le domaine de l'équipement électronique.

Produits céramiques

structuraux: Produits céramiques composés de poudres d'une grande pureté et d'une qualité supérieure, dont les défauts sont contrôlés de près et qui possèdent des propriétés mécaniques spéciales ou une résistance particulière à la chaleur et aux températures élevées. Ces produits sont employés surtout dans les domaines des outils et des moteurs thermiques.

#### MATÉRIAUX ÉLECTRONIQUES:

Matériaux d'une grande pureté et d'une grande uniformité, dont le degré de conductivité électrique dépend de la pureté des composants, de la perfection des cristaux et de conditions ambiantes telles la température, la pression et la fréquence du champ électrique. Parmi les usages, notons les semi-conducteurs (comme les semi-conducteurs au silicium ou à l'arséniure de gallium), les fibres optiques et les matériaux diélectriques, magnétiques et opto-électroniques.

## TECHNIQUES DE TRANSFORMATION DES MATÉRIAUX DE POINTE

Appliquées aux matériaux de base traditionnels et non traditionnels, les techniques de transformation des matériaux de pointe permettent d'améliorer sensiblement les propriétés des matériaux finis. Les matériaux de pointe peuvent découler de l'emploi de nouveaux matériaux de base, de l'application de techniques de transformation de pointe ou des deux.

### Exemples

Techniques de  
solidification  
rapide:

Techniques employées pour la solidification, à une très grande vitesse, de métaux en fusion. Il en résulte des alliages dont la structure cristalline est soit très perfectionnée, soit inexistante, et qui possèdent des propriétés électriques, magnétiques et mécaniques exceptionnelles. Les mécanismes de mise en forme devront faire l'objet de nombreux perfectionnements avant que le nombre d'applications puisse être augmenté.

Métallurgie de  
poudres:

Technique de formation de pièces en métal à partir de poudres de métaux ou d'alliages extrêmement purs, grâce à des méthodes de chauffage, de pressage et frittage. Il s'agit d'un procédé de formage quasi sans bavures.

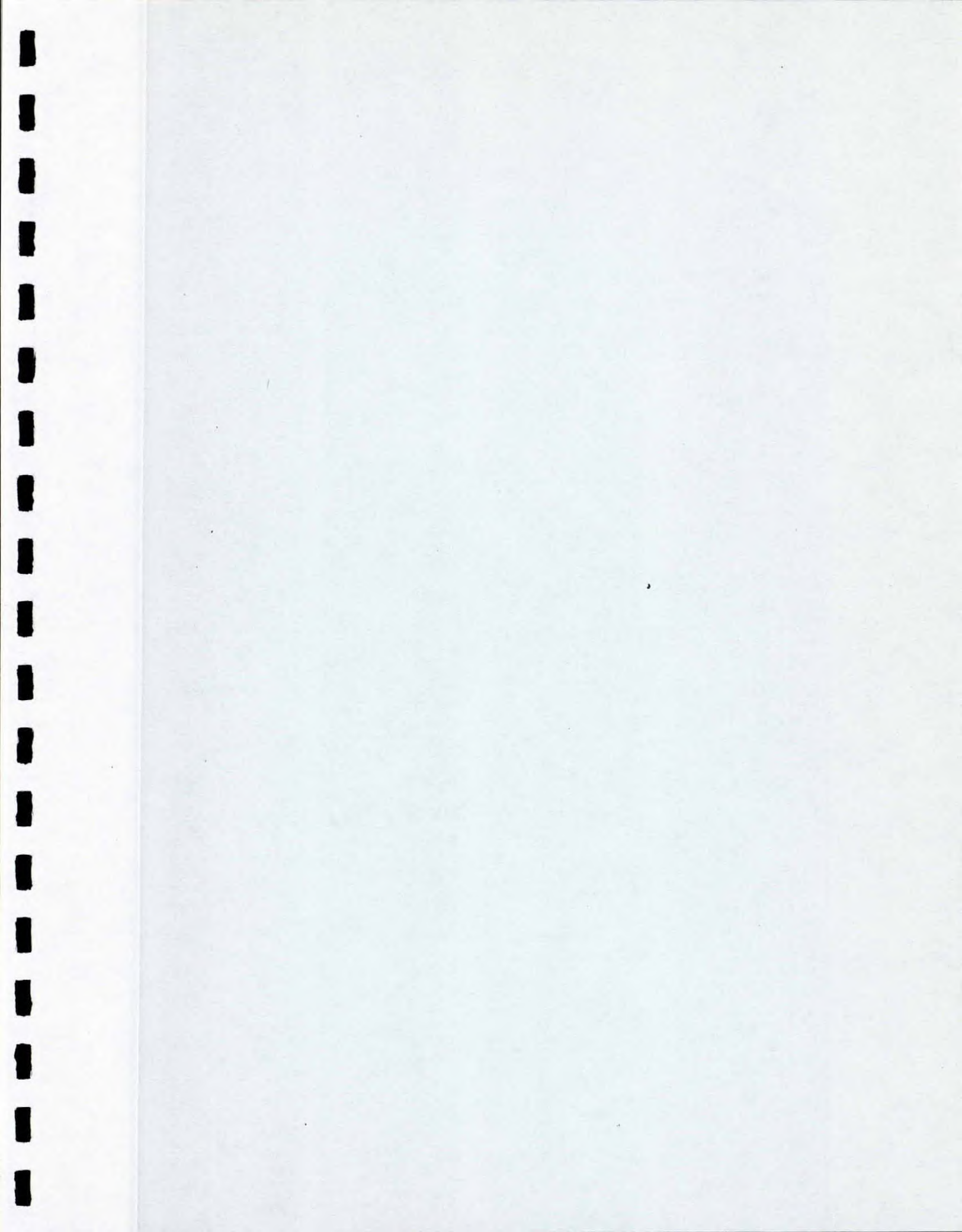
Traitement des  
surfaces:

Procédés de traitement de la surface de pièces en métal au moyen des faisceaux d'ions, d'électrons ou laser, dans le but d'améliorer la résistance locale à l'usure ou à la corrosion, sans pour autant en modifier l'intérieur. Ces procédés sont employés dans des domaines où il est essentiel de compter sur une bonne résistance à la corrosion ou à l'usure, comme la fabrication de pièces automobiles, de pièces d'aéronef et de biens de consommation.

Essais non  
destructifs:

Méthodes dont on se sert pour vérifier la qualité des matériaux, repérer les défauts ou prendre des relevés d'un certain nombre de paramètres pendant les essais sans changer, d'aucune façon, les propriétés, la forme, l'apparence ou la qualité des produits mis à l'essai.

Il existe d'autres procédés spécialisés, tels la coulée de feuillards, la coulée continue, la coulée sous pression et la coulée par compression, mais, comme ils sont employés au cours de la fabrication de métaux semi-finis et ne peuvent donc pas modifier en substance les propriétés des matériaux, il n'est pas nécessaire de les décrire en détail. Toutefois, si l'industrie canadienne veut demeurer concurrentielle sur les marchés internationaux, des améliorations doivent être apportées aux méthodes de transformation des métaux primaires.



## ANNEXE B

### Enjeux rattachés à des domaines et à des secteurs donnés

- ° Produits céramiques et autres produits réfractaires (y compris les superalliages structuraux, les composites inorganiques et les cermets). Au Canada, la recherche est très limitée dans ces domaines, tandis que, dans d'autres pays, d'importants travaux sont menés dans le cadre de programmes dans les secteurs de la défense et de l'espace, et que des recherches sont menées au sujet de sources d'approvisionnement en matières énergétiques et en matières premières. Les investissements majeurs consentis par le Canada dans ces domaines ne semblent peut-être pas justifiés si l'on considère les besoins du marché intérieur, mais il ne faut pas oublier que les matériaux de pointe peuvent être appelés à remplacer des produits canadiens présentement écoulés sur les marchés acquis. Si le Canada profite des occasions qui se présentent d'appliquer les matériaux de pointe, par exemple dans le domaine des ressources, des concepts d'origine canadienne pourraient être mis au point dans le domaine de la fabrication et dans d'autres secteurs, d'abord au pays même, puis sur les marchés internationaux. Des sociétés canadiennes, dont la plupart reçoivent une aide du gouvernement, sont réputées pour la qualité et la fiabilité de leurs produits. Cette bonne réputation pourrait aider l'industrie à s'étendre et à se renforcer.
- ° Alliages et mélanges divers des polymères, avec ou sans renfort. La science et les techniques de ces matériaux en sont encore à leurs débuts, le domaine offre de nombreuses possibilités. Le Canada accuse cependant un déficit commercial assez sérieux dans le secteur des produits finis de plastique, et sa technologie est limitée. Il faudrait notamment mettre davantage l'accent sur les matières plastiques dans les programmes d'étude en génie.
- ° Matériaux semi-conducteurs. Le Canada possède une compétence (acquise grâce à une aide accordée par le gouvernement) reconnue dans le monde entier en ce qui concerne les matériaux comme l'arséniure de gallium et la telluride de cadmium et de mercure, mais seule une faible partie des matières premières que nous produisons pour usage électronique sont effectivement employées au pays. Le marché de ces matériaux, présentement à la hausse, mine les intentions des producteurs de mener des travaux de recherche et de développement mais cela n'empêche pas d'autres pays de mener les travaux de recherche et de développement qui leur permettront d'augmenter leur part de la valeur ajoutée au cycle de fabrication des pièces électroniques à partir de ces matériaux. Il apparaît urgent de mener des recherches dans le but d'améliorer la qualité des plaques d'arséniure

de gallium fabriquée au Canada. Des débouchés pourraient s'ouvrir pour des plaques en phosphure d'indium. Les sources canadiennes de plaques sans défaut pourraient représenter un avantage pour les producteurs canadiens de pièces électroniques. Jusqu'à quel point sommes-nous prêts à accepter que les outils d'évolution technique dont dispose une partie de nos industries dépendent des progrès réalisés à l'étranger et de l'accès à des sources étrangères? Et jusqu'à quel point sommes-nous prêts à accueillir et à aider des entreprises axées sur les matériaux d'usage courant en électronique au Canada?

° Moteurs d'automobile et pièces. C'est souvent dans l'industrie automobile que les concepts concernant les nouveaux matériaux sont d'abord appliqués dans la fabrication en série. Bien que les fabricants de voitures ne mènent pas de travaux de recherche et de développement au Canada, certains fabricants de pièces ont adopté des programmes efficaces d'introduction des nouveaux matériaux, comme les produits céramiques et les matériaux pour les accumulateurs. Des possibilités d'innover devraient s'offrir aux fournisseurs de pièces, notamment du fait que les percées des pièces de moteur en céramique devraient augmenter de façon exponentielle. Il reste néanmoins des questions auxquelles il nous faut répondre, compte tenu du contexte canadien. Etant donné l'influence prépondérante de l'industrie de Detroit sur la conception et les spécifications, quelle importance faut-il accorder aux travaux de recherche et de développement de l'industrie canadienne des pièces? Quels débouchés s'offrent aux innovateurs faisant affaires au Canada? Quelle sera la réaction des fournisseurs canadiens de matériaux à tout changement apporté aux proportions des matériaux qui entrent dans la composition des moteurs automobiles?

° Industrie de l'acier. C'est une industrie en pleine transition. Face à une très vive concurrence internationale en ce qui concerne les produits courants, l'industrie cherche à identifier les gammes de produits qui'il deviendra avantageux de fabriquer et à intégrer les changements de structure que l'industrie nord-américaine dans son ensemble devra apporter pour spécialiser et perfectionner sa production, ce qui supposera l'acquisition de nouvelles techniques. Quelle portion du marché les usines canadiennes peuvent-elles s'attendre à capter? Possédons-nous des compétences techniques satisfaisantes dans le domaine des méthodes de transformation de pointe? Et quelles pourraient être les conséquences du fait de dépendre d'autres pays pour ce qui est des nouvelles techniques? Quelles sont les possibilités de diversification qui permettraient à l'industrie de devenir une industrie intégrée?

- Industrie aérospatiale. Certes, l'industrie canadienne de l'aérospatiale (cinquième en importance au monde) a connu beaucoup de succès dans des secteurs bien précis, mais les travaux de recherche et de développement sont très limités en ce qui concerne les matériaux de pointe, comme les composites, et leur application dans le domaine. Au cours des dix dernières années, le Canada a consacré environ six millions de dollars aux travaux de recherche et de développement concernant les composites susceptibles d'être employés dans le secteur de l'aérospatiale, soit moins que le budget annuel des laboratoires militaires américains au chapitre des composites. Les fabricants canadiens de cellules ont tendance à engager du personnel technique spécialisé en mise au point de matériaux, au lieu de se doter de services permanents de recherche sur les matériaux. Une seule entreprise canadienne fabrique des matériaux pré-impregnés, la plupart de ceux dont on a besoin au pays étant importés.

Des progrès importants ont néanmoins été réalisés. Par exemple, l'aéronef DHC-8 de la société de Havilland contient une plus grande proportion de composites à résistance élevée que tout autre aéronef commercial connu. Les résines fabriquées au Canada entrent dans la composition de matériaux pré-impregnés d'origine canadienne. Autre défi à relever: le transfert des techniques spatiales et aérospatiales à la fabrication de biens de consommation, où les effets sont souvent profonds. Jusqu'à quel point est-il important d'étendre, au Canada, les travaux de recherche et de développement relatifs aux composites destinés à l'industrie de l'aérospatiale? Quelles mesures faudra-t-il prendre à cette fin?

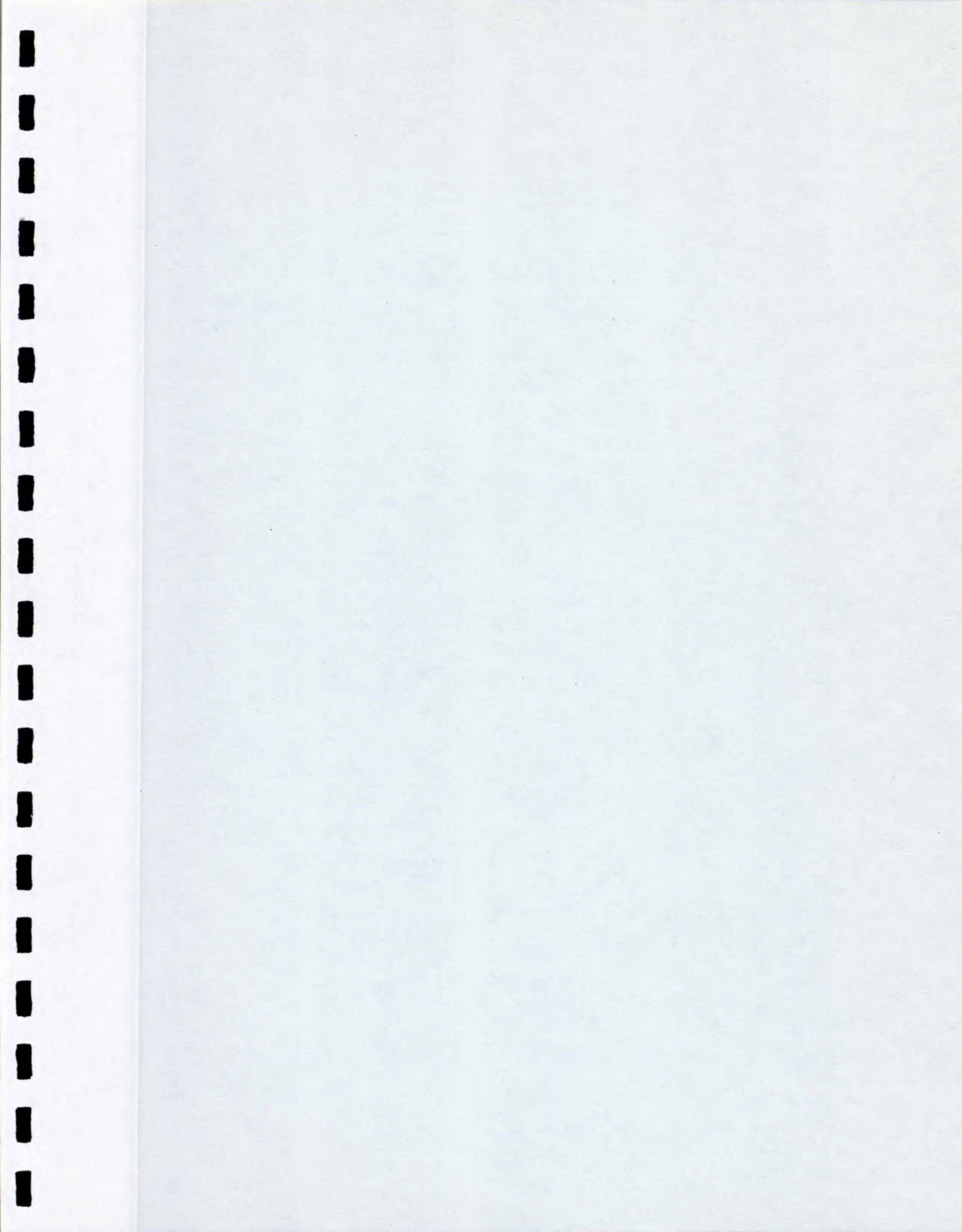
- Transformation informatisée des matériaux. La synergie de deux familles de techniques stratégiques - techniques de l'information et techniques des matériaux - apparaît clairement lorsqu'on applique l'informatique à la conception, à la transformation et à l'évaluation intégrées des matériaux. Là aussi, les progrès ont été remarquables, et on reconnaît leur importance par rapport au degré de compétitivité des industries (de l'industrie de l'acier à l'industrie des semi-conducteurs). Parmi les progrès réalisés dans le domaine, notons le lancement de programmes de recherches multi-disciplinaires et (éventuellement) inter-firmes, la disponibilité de meilleures données sur les propriétés des matériaux et l'établissement d'excellentes voies de communications.
- Essais non destructifs. L'aptitude à soumettre les produits à des essais non destructifs sera l'un des moyens de mesurer le succès des nouveaux matériaux (dont les céramiques). D'immenses efforts sont faits dans ce domaine



à travers le monde, et la Canada occupe une position assez solide.

Comment relever le défi que représente l'introduction des techniques dans l'industrie? Un moyen possible serait d'adopter des programmes en vue d'introduire des prototypes dans l'industrie. Une autre façon de commercialiser les techniques serait de capitaliser sur les succès remportés au Canada.

- ° Techniques de solidification rapide. Les méthodes de refroidissement rapide permettent de transmettre des propriétés utiles à une variété de métaux et d'alliages. Les applications de métaux obtenus par solidification rapide (aussi appelés métaux amorphes ou verre métallique) sont peut-être limitées pour le moment, mais des techniques semblables offrent des possibilités immenses pour ce qui est de la préparation de matériaux aux propriétés sur mesure. Au Canada, les travaux sont très limités dans ce domaine. Bien que des efforts soient faits de façon éparse, une seule entreprise et une seule université se sont dotées de programmes exhaustifs. Etant donné l'importance des industries des métaux et des minerais au Canada, c'est un domaine auquel une attention particulière devrait être accordée.



## ANNEXE C

### PROGRAMMES STRATÉGIQUES DE CERTAINS PAYS INDUSTRIALISÉS CONCERNANT LES MATÉRIAUX INDUSTRIELS DE POINTE

Un certain nombre de pays industrialisés ont donné la priorité aux programmes concernant les matériaux industriels de pointe, qui ont même, dans certains cas, la préséance sur les programmes de recherche et de développement. Ces pays ont donc reconnu l'importance des matériaux industriels de pointe pour la croissance économique future, dans le contexte de marchés internationaux de plus en plus concurrentiels. Les États-Unis viennent en tête de liste, non seulement parce qu'ils occupent la place de chef de file en ce qui concerne bon nombre de techniques, mais aussi à cause de l'effet de levier que jouent leurs vastes programmes spatiaux et militaires.

#### États-Unis

En 1986, les dépenses faites dans le cadre des programmes spatiaux et militaires comprenaient, selon toute vraisemblance, des dépenses d'environ deux milliards de dollars au chapitre des travaux de recherche et de développement concernant les matériaux industriels de pointe. En outre, près de 20 p. 100 des dépenses concernant l'initiative de défense stratégique (IDS) seraient faites au chapitre de la recherche relative aux matériaux. Le National Science Foundation consacre environ 400 millions de dollars par année aux recherches concernant les matériaux. Le Critical Material Council, qui relève de la Maison blanche, vient de se voir confier la tâche de formuler un programme national concernant les matériaux essentiels.

#### Japon

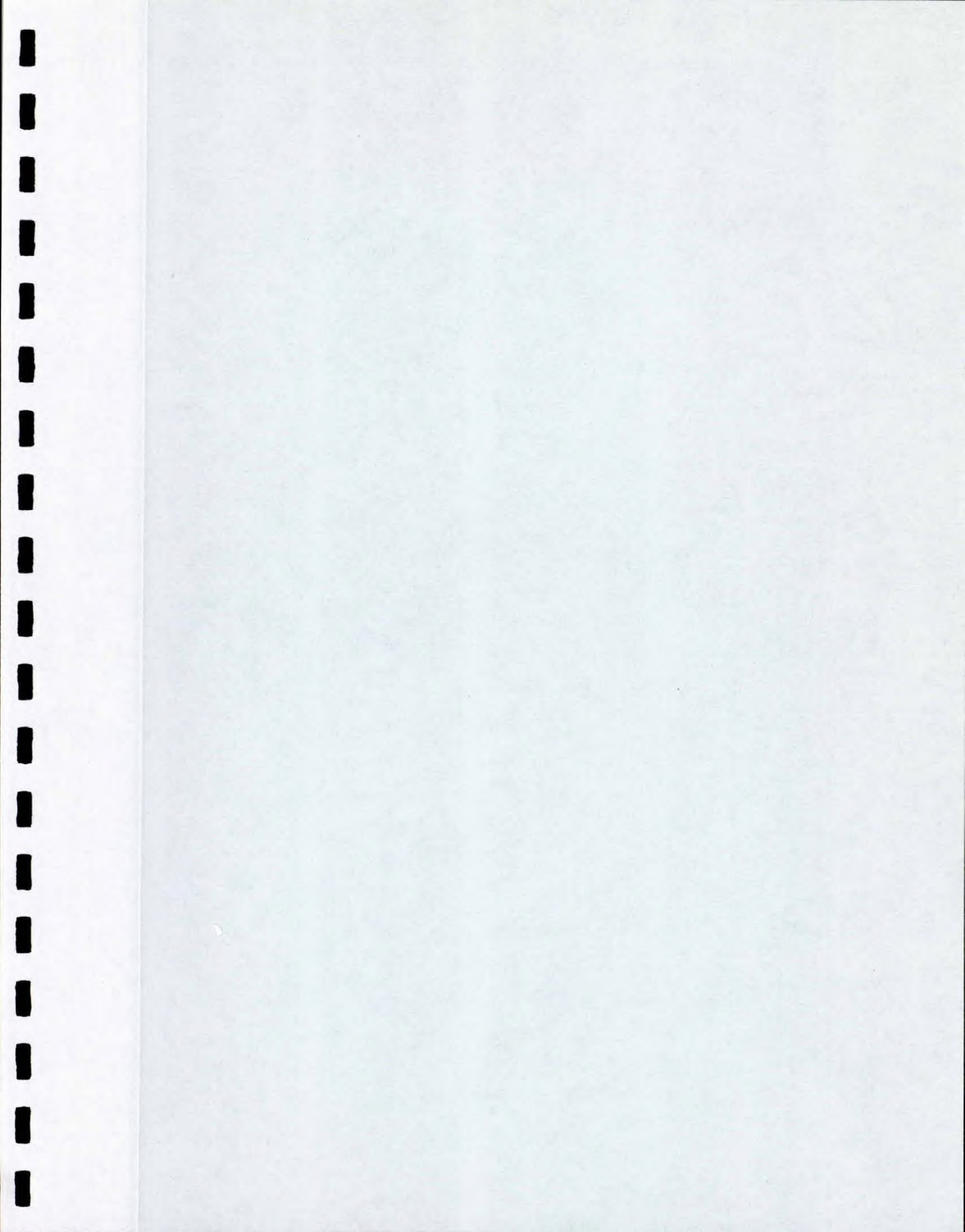
Le ministère japonais responsable de l'industrie et du commerce international a identifié les techniques révolutionnaires de base axées sur des domaines de recherche et de développement jugés essentiels à la mise en place de nouvelles industries. Le programme des industries fondamentales destinées aux industries de l'avenir comporte des dépenses évaluées à 33 millions de dollars, en 1985, au chapitre des travaux de recherche et de développement concernant les matériaux industriels de pointe. Et ce n'est que la pointe visible de l'iceberg. Il existe un engagement très ferme de la part des conglomérats industriels.

#### Allemagne de l'Ouest

En 1985, en marge des programmes existants de recherche et de développement, la somme de près de 55 millions de dollars a été affectée spécifiquement aux travaux de recherche et de développement concernant les matériaux industriels de pointe. Parmi les domaines névralgiques de recherche, notons les alliages, la métallurgie des poudres, les composites et les produits céramiques fins.

Communauté économique européenne (CEE)

Outre les programmes des divers pays membres de la CEE, les programmes thématiques et le programme EUREKA, un programme concernant les matériaux industriels de pointe, d'une durée de quatre ans et doté d'un budget de 38 millions de dollars, est proposé. Les techniques prioritaires sont les techniques de solidification rapide, la technique des produits céramiques, la métallurgie des poudres et la technique des composites.



CANADA  
PROGRAMME DU GOUVERNEMENT FEDERAL  
Matériaux Industriels de Pointe

Ministères/agences et divisions	Acier pur	Métal-lurgie des poudres	Super alliages	PSR	Composites	Polymères	Céramiques	Procédés au laser	Traitement en surface et enduits protecteurs	Evaluation non destructive	Contrôle des procédés	CAO/FAO	Semi-conducteurs
---------------------------------	-----------	--------------------------	----------------	-----	------------	-----------	------------	-------------------	--	----------------------------	-----------------------	---------	------------------

Programmes de recherche	Acier pur	Métal-lurgie des poudres	Super alliages	PSR	Composites	Polymères	Céramiques	Procédés au laser	Traitement en surface et enduits protecteurs	Evaluation non destructive	Contrôle des procédés	CAO/FAO	Semi-conducteurs
Conseil national de recherches du Canada													
Institut de génie des matériaux		*			**	**	*	*	**	**	*	*	
Etablissement aéronautique national		**	*		**				**	**			
Division de l'espace							**						**
Division de la physique						**							**
Division de la chimie						**							
Division du génie mécanique												**	
Laboratoire de recherches de l'Atlantique								*					
Energie, Mines et Ressources													
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie	*				**		**	**	*	**	**		*
Communications													
Centre de recherche sur les communications					*			*		**			**

o Procédé de solidification rapide  
\* Programmes mineurs  
\*\* Programmes majeurs

ANNEXE D

CANADA  
PROGRAMME DU GOUVERNEMENT FEDERAL  
Matériaux Industriels de Pointe

Ministères/agences et divisions	Acier pur	Métallurgie des poudres	Super alliages	PSR	Composites	Polymères	Céramiques	Procédés au laser	Traitement en surface et enduits protecteurs	Evaluation non destructive	Contrôle des procédés	CAO/FAO	Semi-conducteurs
<u>Programmes de recherche</u>													
Défense Nationale													
Centres de recherches pour la défense													
Pacifique					**					**			
Ottawa													
Valcartier		*		*	**								
Atlantique				*			*		**		*		
<u>Programmes de soutien</u>													
Conseil national de recherche du Canada													
Programme d'aide à la recherche industrielle					**	**				*	*	*	
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada	*	*	**		*	**	*	*	*	*	*	*	*

o Procédé de solidification rapide  
\* Programmes mineurs  
\*\* Programmes majeurs

ANNEXE E

Ministères et organismes membres du  
Groupe de travail interministériel sur  
Les matériaux industriels de pointe

---

Ministère d'Etat chargé des Sciences et de la Technologies (MEST)  
. Direction des technologies stratégiques

Ministère de l'Expansion industrielle régionale (MEIR)  
. Bureau de l'innovation industrielle  
. Direction générale de la transformation des richesses naturelles

Energie, Mines et Ressources Canada (EMR)  
. Secteur de la politique minérale  
. Secteur de la recherche et de la technologie  
. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie  
(CANMET)

Conseil national de recherches du Canada (CNRC)  
. Institut de génie des matériaux  
. Etablissement aéronautique national  
. Bureau de développement industriel (BDI)

Ministère des Communications (MDC)  
. Centre de recherches sur les communications (CRC)

Défense nationale (DN)  
. Bureau, Recherche et Développement

Affaires extérieures Canada (AffExt)  
. Division des sciences, de la technologie et des communications

Agriculture Canada (Agr)  
. Service canadien des forêts

Transports Canada (TC)  
. Direction générale de la recherche et du développement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada  
(CRSNGC)

Investissement Canada

Conseil des sciences du Canada (CSC)

Conseil économique du Canada (CE)



