Document généré le 12 oct. 2024 04:00

L'Actualité économique

L'activité inventive en matière de sidérurgie aux États-Unis et en Europe occidentale

Roger Miller

Volume 47, numéro 1, avril–juin 1971

URI : https://id.erudit.org/iderudit/1004356ar
DOI : https://doi.org/10.7202/1004356ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)
1710-3991 (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Miller, R. (1971). L'activité inventive en matière de sidérurgie aux États-Unis et en Europe occidentale. *L'Actualité économique*, *47*(1), 84–108. https://doi.org/10.7202/1004356ar

Tous droits réservés © HEC Montréal, 1971

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne.

https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/

Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche.

https://www.erudit.org/fr/

L'activité inventive en matière de sidérurgie aux États-Unis et en Europe occidentale[1]

Certains indicateurs révèlent de façon globale l'existence d'un écart technologique entre les États-Unis et l'Europe de l'Ouest. C'est ainsi que l'investissement total américain consacré à la recherche et au développement dépasse largement en crédit et en main-d'œuvre celui de l'Europe occidentale. Durant la décennie 1957-1966, les dépenses européennes en R & D ont atteint approximativement 50 milliards de dollars alors que les déboursés des États-Unis se chiffraient à 157.7 milliards de dollars (U.S. Senate, 1967, p. 32). Si l'on considère les investissements humains consacrés à la recherche et au développement, on constate que pour la période 1963-1964, les pays industrialisés de l'Europe occidentale n'y ont consacré, approximativement, qu'un peu plus de 50 p.c. du montant des investissements américains (Freeman and Young, 1965, p. 8). Le tableau 1 illustre de façon précise l'importance de ces efforts dans les pays industrialisés, membres de l'O.C.D.E., en 1963-1964. Il est intéressant de noter cependant que si les sociétés industrielles américaines consacrent plus d'argent à la recherche que

1. L'activité inventive fait référence aux travaux organisés ou non organisés conduisant à des nouveautés techniques qui peuvent être utilisées dans l'activité économique, les inputs étant des dépenses de R & D et des investissements humains et les outputs des brevets et des inventions. Simon Kuznets définit l'activité inventive dans les termes suivants : « *Inventive activity is concerned with technical inventions i.e. new combinations of existing knowledge in devices potentially useful in economic production and resulting from a mental performance above the average* ». Simon Kuznets, *Inventive Activity : Problems of Definition and Measurement*, in National Science of Economic Research, *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors*, Princeton University Press, Princeton, 1962.

leurs homologues européennes, la différence d'intensité de la recherche peut être attribuée en grande partie à l'importance des budgets de la défense et de la recherche spatiale aux États-Unis.

Ces budgets privilégiant la recherche aux États-Unis ont des effets positifs. Qu'il nous suffise de souligner les conséquences de cette politique : balance technologique américaine des paiements favorable et rendement croissant des produits de haute technologie, à l'exportation. Par balance technologique des paiements, nous voulons dire la différence nette entre les redevances versées pour brevets, licences et droits d'auteur à l'importation et celles qui sont versées à l'exportation. La balance technologique des paiements entre les États-Unis et l'Europe occidentale est favorable aux États-Unis dans la proportion d'au moins 3 à 1 (Stenmans, 1966, p. 41). Une conclusion se dégage des études menées sur certaines industries sélectionnées : il existe une relation directe entre les profits réalisés et l'intensité de la recherche [2]. Des industries telles que l'aéronautique, les appareillages électriques, l'instrumentation scientifique, les produits chimiques et pharmaceutiques, la machinerie, font des recherches intensives et contribuent dans une très large mesure à l'exportation des produits américains. (Gruber, Mehta et Vernin, 1967, pp. 20-37).

Ayant ainsi établi de façon globale, puis dans les secteurs industriels à haute technologie, l'existence d'un écart entre les États-Unis et l'Europe, nous examinerons la situation dans le secteur de la sidérurgie. De nombreuses indications donnent à penser qu'il n'existe, en réalité, aucun écart technologique dans ce secteur. C'est en prélevant des échantillons de brevets dans les archives du Centre national des Recherches métallurgiques, pour déterminer l'influence des structures de l'environnement technologique dans lequel sont implantées les entreprises sidérurgiques, que la première indication

2. De nombreuses publications ont démontré la part prise par les inter-actions entre changements technologiques, monopoles et commerce. Pasner, M. V., « International Trade and Technical Change », *Oxford Economic Papers*, volume XIII, n° 3 ; Maizels, Alfred, *Industrial Growth and World Trade*, Cambridge University Press, Cambridge, 1963 ; Vernon, Raymond, « International Investment and International Trade in the Product Cycle », *The Quarterly Journal of Economics*, mai 1966 ; Gruber, W., « The R & D Factor in International Trade and International Investment of United States Industries », *The Journal of Political Economy*, volume 75, février 1967, n° 1.

Tableau 1

Indicateurs globaux de l'effort de recherche et de développement dans les pays de l'O.C.D.E.

Pays		Effort total		Effort per capita Dollars américains	En pourcentage du P.N.B. (aux prix du marché)	Hommes de science et ingénieurs (plein-temps) engagés dans la recherche	
		Devise nationale	Dollars américains			nombre	par 10,000 habitants
		(millions)				équivalence de plein-temps	
États-Unis	1963/64	21,075**	21,075	110.5	3.4	696,500*	35.8
France	1964	8,147.6	1,650	34.1	1.9	95,574	19.7
Allemagne	1964	5,745.1*	1,436	24.6	1.4	105,010*	18.0
Italie	1963	181,279	291	5.7	0.6	30,280	6.0
Japon	1964	381,775	1,060	10.9	1.4	197,225	20.3
Royaume-Uni	1964/65	771.4	2,160	39.8	2.3	159,538*	29.4
Autriche	1963	602.9	23	3.2	0.3	3,220	4.5
Belgique	1963	6,841.7	137	14.7	1.0	15,600	16.8
Canada	1963	459.5	425	22.5	1.1	23,850*	12.6
Hollande	1964	1,196.0	330	27.2	1.9	31,310	25.8
Norvège	1963	303.2	42	11.5	0.7	3,820	10.4
Suède	1964	1,331.6	257	33.5	1.5	16,530	21.6
Marché commun		—	3,844	21.7	1.4	277,774	15.5
Europe de l'Ouest industrialisée **		—	6,326	24.3	1.6	460,882	18.3

* Comprend une estimation de l'O.C.D.E.

** Organisations internationales exclues.

significative nous est apparue. Cependant le fichier des brevets du C.N.R.M. ne nous a pas permis d'établir une comparaison valable de « l'inventivité » sur le plan international. En second lieu, la Direction pour les Affaires scientifiques de l'O.C.D.E. a entrepris l'étude de cent trente-neuf innovations techniques et a constaté, en ce qui a trait aux produits traditionnels tels que l'acier, le cuivre et l'aluminium, que la plupart des découvertes examinées provenaient de pays autres que les États-Unis (O.C.D.E., 1968). L'O.C.D.E. en vint à cette conclusion dans le secteur de l'acier en analysant quatre innovations : le procédé L-D de fabrication de l'acier à l'oxygène, la coulée continue, la coulée sous vide et l'agglomération des minerais. Troisièmement, en raison des résultats sans précédent du procédé L-D, quelques dirigeants d'aciéries et un certain nombre d'analystes de l'industrie sidérurgique ont déclaré que deux sur trois des procédés de fabrication avaient été découverts en Europe (Vance, 1961, p. 87). Selon des sources européennes, c'est en effet dans l'industrie de l'acier que l'originalité des européens s'est particulièrement imposée (Bihet, 1967). Enfin, bien que la productivité de l'industrie américaine de l'acier soit le double de celle de l'Europe occidentale, l'industrie américaine de l'acier est une industrie à coûts élevés.

Ce coût élevé ne découle pas nécessairement d'un retard technologique mais de la différence dans les coûts des facteurs de production [3]. Un auteur attribue le coût élevé de production de l'industrie de l'acier aux États-Unis à un faible coefficient d'innovation technique [4]. D'autres ont critiqué la faiblesse de la recherche de cette industrie et sa lenteur à adopter de nouveaux procédés tech-

3. On trouve de bonnes discussions de la productivité de la main-d'œuvre dans la sidérurgie dans les publications suivantes : « Steel Efficiency Who's First », *Iron Age*, 15 septembre 1966, volume 198, nº 11, pp. 23-25 ; McAdams, Allan K., « Big Steel Invention and Innovation Reconsidered », *The Quarterly Journal of Economics*, volume LXXXI, août 1967, nº 3, pp. 457-474 ; European Economic Commission, *International Comparison of Labor for Europe*, United Nations, New York, 1967.

Il faut se rappeler que les différences de productivité au niveau de l'entreprise peuvent être imputées à des facteurs techniques ou humains : 1) économies d'échelle, 2) innovations dans la direction ou le marketing, 3) variations dans les coûts des facteurs de production, 4) qualité de la main-d'œuvre, 5) structure industrielle et politique économique de l'État, 6) innovations techniques.

4. Francis A. Muller, in Allan K. McAdams, « Big Steel Invention and Innovation Reconsidered », *The Quarterly Journal of Economics*, volume LXXXI, août 1967, nº 3, pp. 457-474.

nologiques, tel le procédé de l'acier à l'oxygène, par rapport aux producteurs d'acier européens et japonais [5].

Avant les années 1950, l'industrie américaine de l'acier n'a pas ressenti le besoin de pousser la recherche de produits et de procédés nouveaux ; elle n'a donc pas apporté d'innovations sur une grande échelle. En 1950, elle n'affectait que 0.1 p.c. de ses ventes à la R & D et approximativement 0.60 p.c. en 1960 alors que les industries chimiques, plus orientées vers la recherche, y affectaient des sommes dix fois plus importantes.

Afin d'analyser l'existence d'un fossé technologique entre l'industrie américaine de l'acier et celle de l'Europe de l'Ouest, nous considérerons le rendement de l'inventivité de préférence à d'autres facteurs tels que l'innovation, la balance technologique des paiements ou les dépenses affectées à la recherche et au développement. L'inventivité se définit ici comme la production de connaissances tant nouvelles que prospectivement utiles [6]. On a souvent tendance à attribuer les innovations à un groupe très restreint de chercheurs professionnels ou à un chercheur unique alors qu'en réalité un grand nombre d'individus et de sociétés industrielles, dans de nombreux pays, ont contribué à ces innovations à des degrés divers. Citons, par exemple, un phénomène : les contributions au procédé de coulée continue. Le procédé de coulée continue de l'acier est considéré comme une invention récente et, cependant, les premiers brevets datent de 1894 [7]. La balance technique des paiements ou les sommes affectées à la recherche, comme mesure de l'écart technologique entre les États-Unis et l'Europe occidentale ne peuvent être utilisées comme unité de mesure valable, puisqu'il est presque impossible, actuellement, de compiler les statistiques de l'industrie de l'acier pour relever la comptabilité des droits d'auteur versés par ces mêmes entreprises.

Au contraire, l'inventivité basée sur le nombre de brevets émis pour un procédé ou pour un produit spécifique se libère des diffi-

5. Pour une critique de l'industrie : Walter, Adams et Joel, B. Derlam, « Big Steel Invention and Innovation », *The Quarterly Journal of Economics*, volume LXXX, mai 1966, nº 2, pp. 167-189. Et pour une critique de la critique lisez : Gerhard, Rosseger, « Steel Imports and Vertical Oligrapoly Power » : *The American Economic Review*, volume LVII, septembre 1967, nº 4, pp. 913-917.

6. National Bureau of Economic Research, *The Rate and Direction of Inventive Activities*, Princeton University Press, Princeton, 1962 ; Schmookler, Jacob, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1966.

7. Un brevet portant sur la coulée continue fut émis en 1894 par le Kaiser Patent AMT d'Allemagne.

cultés rapportées ci-dessus, parce qu'elle enregistre les contributions diverses et les rend, de ce fait, plus facilement accessibles. Des statistiques sur les brevets peuvent être obtenues des organisations internationales. Elles constituent des données secondaires cohérentes. Ces statistiques sont publiées par les bureaux d'émission de brevets qui accordent des droits légaux. À l'exception d'un petit nombre de pays, une enquête confirme la nouveauté et le degré de qualité de l'invention, établissant la distinction technique des brevets, tout comme elle démontre clairement la contribution des différentes inventions et participations individuelles. Cependant, à cause de la diversité des procédures des divers bureaux d'enregistrement de brevets, plusieurs auteurs considèrent les statistiques sur les brevets comme étant de faibles indices de l'écart technologique [8]. D'autres pensent que les brevets ne peuvent servir de critère d'appréciation parce que les droits d'auteur évaluent la qualité technique de l'invention plutôt que sa valeur économique. Certains estiment que les études comparatives et les analyses internationales à l'aide des brevets présentent certaines difficultés en raison du fait que les règlementations de délivrance des brevets varient avec les pays. À ces objections, Jacob Schmookler, Dennis Mueller et F.M. Scherer soutiennent que l'inventaire des brevets, utilisé avec discernement, fournit au chercheur un indice valable de l'activité inventive. Au contraire, Barkev S. Sanders affirme que la mesure de l'activité inventive, à titre de « input » des découvertes, rend compte plus authentiquement de l'activité d'invention ; les demandes et les reconnaissances de brevets, au contraire, fourniraient les statistiques les moins fondées [9].

I — *Le taux et la spécialisation de l'inventivité en Europe occidentale et aux États-Unis, dans le secteur de l'acier*

La recherche et le développement, dans une industrie traditionnelle, sont orientés vers deux objectifs : le développement et le perfectionnement de nouveaux procédés, d'une part, et l'amélio-

8. Les difficultés administratives, techniques et légales pour l'obtention des brevets varient d'un pays à l'autre. Une étude effectuée par le service de Propriété industrielle belge a établi une classification par ordre de difficulté croissante : Belgique, France, États-Unis, Grande-Bretagne, Allemagne et Hollande.

9. Barkev S. Sanders, « Some Difficulties in Measuring Inventive Activity », in National Bureau of Economic Research, *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors*, Princeton University Press, Princeton, 1962.

ration de la qualité et la création de nouveaux produits, d'autre part. Dans l'industrie de l'acier, la recherche de nouveaux procédés et la recherche de nouveaux produits sont intimement liés car un produit nouveau ou amélioré requiert souvent des procédés de production eux-mêmes nouveaux ou améliorés. La dichotomie entre les deux est donc plus théorique que réelle. Les entreprises productrices d'acier mettent de plus en plus l'accent sur la recherche des produits au détriment de la recherche sur les procédés. La recherche des produits est en grande partie orientée vers l'amélioration de la qualité des aciers destinés aux secteurs de la construction, de la métallurgie, et vers l'amélioration de la teneur des aciers aux revêtements minéraux, organiques, métalliques ou chimiques. La recherche de procédés n'en demeure pas moins le domaine le plus important de l'activité de ces entreprises. Et si les producteurs d'acier n'abandonnent pas le domaine de la recherche de procédés aux fabricants d'équipement, c'est que la R & D dans la technologie de l'élaboration de l'acier exige une étape additionnelle, au-delà du projet-pilote, à savoir la démonstration pratique, laquelle entraîne parfois des frais élevés, même pour de grosses compagnies. Citons comme exemple, Bethleem-Inland Republic qui, dans un projet conjoint de démonstration de coulée continue de l'acier, a dû investir un capital de 4,000,000 de dollars ayant un coût annuel d'exploitation de près de 2,000,000 de dollars. En ce qui concerne l'inventivité en matière de sidérurgie considérée dans son intensité, on pourrait s'appuyer sur l'hypothèse de travail suivante : il n'existe pas de différence significative entre les résultats obtenus par l'Europe de l'Ouest, d'une part, et les États-Unis, d'autre part [10]. Cette hypothèse ne saurait être étendue à ce qui concerne la direction vers laquelle s'applique cette inventivité. Il semblerait en effet qu'il se dégage une spécialisation des firmes américaines dans la création de nouveaux produits, alors que c'est vers la création de nouveaux procédés que porteraient les efforts européens.

Pourquoi supposer une telle spécialisation ? La production d'inventions est devenue une activité permanente des entreprises ; elle a pour but l'accroissement des profits aussi bien que l'augmentation

10. L'Europe occidentale comprend, pour les fins de cette recherche, la France, le Royaume-Uni, la République fédérale d'Allemagne, l'Italie et les pays du Bénélux. Le tonnage de l'industrie sidérurgique des États-Unis demeure cependant supérieur au tonnage total de ces pays.

des ventes. Selon Jacob Schmookler les inventions sont suscitées par la demande beaucoup plus que par des motivations d'ordre scientifique (Schmookler, 1966). Par conséquent, on peut logiquement supposer que les différences de structure de marché et de pressions dues à la concurrence, entre l'industrie américaine et l'industrie européenne de l'acier, auront la principale influence sur l'orientation des inventions. On pourrait cependant tenir compte d'autres facteurs, en particulier le degré d'orientation marketing des entreprises ainsi que les différences entre leurs structures d'organisation, pour expliquer la spécialisation dans l'inventivité et l'innovation (Van der Haas, 1967). L'orientation des compagnies américaines vers le marché et des compagnies européennes vers la production sont de notoriété publique. Ainsi, nombre de compagnies européennes s'identifient à la profession sidérurgique en tant que telle et ne considèrent le produit fini que comme un moyen d'utiliser de l'acier. Certaines pensent même que le revêtement de l'acier constitue une dénaturation d'un produit noble. La présente étude se limitera à l'analyse de la structure des marchés et des contraintes de la concurrence comme facteurs explicatifs des différences de spécialisation.

Avec la mise sur pied de la Communauté européenne du Charbon et de l'Acier (C.E.C.A.), l'interpénétration des marchés nationaux qui s'ensuivit, et l'ampleur des investissements dans les moyens de production partout dans le monde, les industries européennes de l'acier ont eu à soutenir une forte concurrence de prix, particulièrement après 1960. La diminution des barrières tarifaires à l'intérieur de l'Europe n'a pas immédiatement amené de fusions, pas plus que d'orientation marketing conduisant à une différenciation des produits, ni encore de spécialisation à l'intérieur même de l'industrie européenne. Elle a en revanche suscité une compétition intensive dans les prix. En 1961, les dix plus grosses firmes européennes produisaient 56 p.c. de la production d'acier brut de la C.E.C.A. alors que les dix plus grosses firmes américaines produisaient 80 p.c. de la production nationale d'acier. Les petites entreprises, devant faire face à une forte compétition de prix, ne peuvent s'engager dans la voie des innovations. Elles peuvent difficilement absorber le *cashflow* négatif occasionné par la multiplication ou l'abandon de certains produits. Selon les économistes de la C.E.C.A.,

la recherche de nouveaux procédés fut stimulée par la compétition des prix et c'est justement l'introduction de ces nouveaux procédés qui, en retour, a rendu possible le maintien des prix à un niveau inférieur.

Les producteurs européens d'acier ne se heurtent probablement pas à une concurrence des substituts de l'acier comparable à celle que leurs homologues américains ont à combattre. Les producteurs américains d'acier doivent faire face à la poussée des matières premières de substitution : aluminium, complexes métal-papier, plastiques, ceci tout particulièrement dans le domaine des contenants et de l'emballage. La proportion des aciers plats menacée par la concurrence des produits de remplacement est nettement plus forte aux États-Unis qu'en Europe occidentale [11].

L'industrie sidérurgique américaine est formée de grosses firmes (avec de très grosses unités de production) dont le système de mise en marché a une portée nationale. Les firmes américaines sont réputées pour être orientées vers la satisfaction des besoins du marché et se concentrent généralement sur la création de nouveaux produits (Van der Haas, 1967). La politique de cette industrie consiste plus dans l'anticipation des besoins à venir que dans la simple satisfaction de demandes déjà formulées par les clients. Cette attitude est surtout due à l'expérimentation de nouvelles techniques de marketing et aux activités de la recherche et du développement aboutissant à de nouveaux types d'acier destinés à des marchés spécifiques (Silberman, 1960, pp. 123-127 et pp. 249-264). Les membres d'un comité spécial européen de la C.E.C.A. en mission aux États-Unis ont observé, chez leurs collègues américains, une orientation très marquée vers le marché (C.E.C.A., 1958). Ils ont même constaté que les clients des entreprises sidérurgiques (fabricants d'automobiles et de containers en particulier) participaient avec les producteurs d'acier à la recherche et au développement de nouveaux produits. Ceci permet aux industries utilisatrices d'obtenir des producteurs, des aciers hautement spécialisés (aciers au silicium, aciers à très haute résistance, aciers inoxydables).

11. Voir : Special Committee on the Steel Industry, *The Steel Industry and its Trends*, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, 1967, p. 22.

II — *Méthodes et procédés d'analyse*

Après avoir arrêté notre choix sur les brevets comme indicateurs caractéristiques de l'inventivité, l'Institut international des Brevets (I.I.B.) nous apparut être un choix logique pour l'échantillonnage de cette recherche, en raison de son caractère international et de l'assortiment complet de brevets qu'il renferme. L'I.I.B. fut créé en 1947, à la suite d'un accord diplomatique entre la Belgique, la France, le Luxembourg et les Pays-Bas. Plus tard, la Grande-Bretagne, le Maroc, Monaco, la Suisse et la Turquie devinrent signataires de l'entente. Sa collection de brevets est à jour pour les États-Unis depuis 1920, pour l'Allemagne depuis 1877, pour la Grande-Bretagne depuis 1909 et pour la France depuis 1902. Le rôle de l'I.I.B. a pour objet de faire des recherches pour le compte des différents bureaux nationaux sur la nouveauté technique des applications des brevets et de procéder, sur demande, à l'analyse de l'état des connaissances dans différents secteurs techniques. Pour s'acquitter de ces tâches, l'I.I.B. a recours à plus de 200 ingénieurs, tous des experts dans des domaines techniques précis.

Pour comparer les émissions de brevets d'invention dans l'industrie de l'acier aux États-Unis et en Europe occidentale, deux méthodes d'échantillonnage s'offraient à nous : 1) un échantillonnage aléatoire de tous les brevets délivrés en métallurgie ; 2) des échantillons de brevets spécialisés et orientés vers les techniques fondamentales de la fabrication de l'acier. La première méthode nous aurait fourni des brevets d'invention destinés à l'amélioration tant de la métallurgie ferreuse que de la métallurgie non ferreuse, alors que notre recherche se propose de porter uniquement sur la métallurgie du fer et de l'acier. Nous nous sommes donc arrêtés à la deuxième méthode. Dans un premier temps, nous avons décidé de déterminer à priori les domaines techniques qui satisfont aux critères suivants : a) les secteurs retenus devraient être des domaines dynamiques où se déroule un processus de changement continu ; b) les domaines choisis devraient englober les procédés tout autant que les produits ; c) les inventions brevetées devraient intéresser aussi bien les producteurs d'acier américains qu'européens. La nomenclature de ces secteurs fut confiée à des experts dans différents pays. Notre but : découvrir, de sources autorisées, quels étaient les secteurs dynamiques considérés comme importants pour les indus-

tries de l'acier américaine et ouest-européenne. Une liste d'essai de cinquante secteurs technologiques fut ainsi établie puis confiée pour analyse, à des ingénieurs, membres de deux associations de recherche de l'Europe de l'Ouest. Ces enquêtes ont abouti à la sélection finale de 12 domaines techniques, répartis également en 6 secteurs de produits techniques et en 6 secteurs de développement de procédés.

Ces secteurs sont :

Secteur des produits :

1) Les revêtements des aciers plats (par des matières organiques, minérales, métalliques ou chimiques).
2) Les aciers réfractaires.
3) Les aciers siliceux, magnétiques et non magnétiques à grains orientés ou non.
4) La fonte malléable.
5) Les traitements thermo-mécaniques de l'acier avant le laminage.
6) Les aciers à haute résistance, particulièrement à la corrosion et aux radiations.

Secteur des procédés :

1) La coulée continue de l'acier.
2) Les traitements sous vide de l'acier.
3) Le raffinage à l'oxygène soufflé par le haut.
4) La construction et l'automatisation des trains de laminoirs.
5) Les traitements thermiques de l'acier et les fours de recuit (à l'exclusion des procédés thermo-mécaniques).
6) Le chargement des hauts-fourneaux, l'injection de combustible et l'enrichissement du minerai.

Nous sommes conscients de la difficulté d'établir une distinction entre les groupes de procédés et de produits : cette distinction est subjective, car le texte légal d'un brevet est souvent rédigé en fonction d'un procédé. En effet il est plus facile de breveter le procédé qui sert à faire un produit que le produit lui-même. C'est ainsi que tous les procédés postérieurs au laminage à froid ou à chaud et ayant pour but de donner une qualité nouvelle à l'acier à bas carbone seraient, pour les fins de notre recherche, classés dans la catégorie « produits ».

On peut alors soulever l'objection suivante : douze secteurs techniques ne couvrent pas tout le spectre de la technologie de l'acier. Pour nous, ce choix résulte d'un processus de sélection répondant aux trois critères énoncés précédemment. La réduction directe du minerai de fer et l'affinage direct de la fonte ont été exclus. Ce sont deux secteurs nouveaux dans lesquels le nombre de brevets qui apparaissent est limité et qui n'intéressent pas les industries américaines et européennes de l'acier au même degré. Il importe aussi de souligner que les 12 secteurs choisis ont une importance et un potentiel qui varient tout autant sur le plan économique que sur le plan technique. Ajoutons aussi que nous n'avons pas cherché a pondérer l'importance respective de ces douze secteurs.

L'unité d'échantillonnage adoptée est le brevet national délivré aux entreprises soit étrangères soit du pays émetteur durant la période de 1955 à 1968. Pour chaque secteur technique choisi, les ingénieurs de l'I.I.B. ont déterminé les catégories et les sous-catégories de la classification générale qui couvriraient une proportion aussi large que possible des brevets émis. Une telle procédure était indispensable si nous voulions séparer les brevets, touchant la métallurgie ferreuse, de ceux de la métallurgie non ferreuse. À titre de sondage de la valeur des conseils des ingénieurs en brevets, on procéda par ordinateur à une recherche avec mots clés dans deux secteurs que l'I.I.B. avait commencé à traiter par l'informatique. Ces recherches ont démontré que l'identification à priori des groupes les plus importants, par les ingénieurs en brevets, avait atteint 59.5 p.c. de la population totale des brevets.

Des échantillons représentatifs des 12 secteurs techniques furent recueillis, à partir des brevets d'invention délivrés par les bureaux de la Protection industrielle des États-Unis, de France, de Grande-Bretagne et de la République fédérale d'Allemagne. Les brevets délivrés au Bénélux et en Italie furent exclus, en raison de leur faible importance numérique. Ainsi, 48 échantillons, totalisant 8,122 brevets, furent rassemblés. Pour chaque brevet, on prépara une fiche portant les indications suivantes : le nom de l'inventeur, son pays d'origine, la date de délivrance du brevet ainsi que le nom du pays qui l'a émis. Cette fiche indique, en outre, le secteur technique qu'il englobe.

III — *Les tests statistiques et les normes de comparaison*

Pour établir une comparaison, deux types de tests furent choisis permettant la mesure de l'inventivité absolue et de l'inventivité relative. Pour chaque secteur technique, afin de comparer l'inventivité absolue et relative, on procéda à des tests de χ^2.

a) *Le test de niveau absolu d'inventivité*

Deux répertoires de l'inventivité absolue furent bâtis pour chaque industrie sidérurgique nationale et ses fournisseurs de technologie dans chacun des douze secteurs technologiques choisis : celui du nombre de brevets détenus à l'étranger (brevets internationaux) et celui du nombre de brevets domestiques. La production moyenne d'acier brut entre 1955 et 1966, aux États-Unis, en Grande-Bretagne, en France et en République fédérale d'Allemagne a servi de mesure de comparaison. Lorsqu'il devint nécessaire d'utiliser les brevets internationaux comme indicateurs, la production d'acier des pays à l'origine des inventions fut incluse dans la mesure de comparaison. L'emploi de la production d'acier comme mesure de comparaison suppose évidemment l'hypothèse d'une relation entre la taille de l'industrie et la production d'inventions [12].

En raison de la croissance du nombre de brevets internationaux, on décida d'utiliser les brevets détenus à l'étranger pour bâtir le répertoire de comparaison d'inventivité absolue. On appelle brevets internationaux, les brevets délivrés par un pays à des entreprises commerciales ou à des individus d'autres pays [13]. Ces brevets peuvent constituer un indice valable du niveau technique des inventions puisque les découvertes importantes sont toujours brevetées, au moins dans la plupart des pays industrialisés. Nous pouvons justifier la prise en considération des brevets internationaux en nous reportant à l'hypothèse qui admet que, si la production d'inventions d'un pays ne répond pas à la demande domestique, des technologies

---

12. Jacob Schmookler et O. Brownlee ont trouvé un lien positif entre l'importance de l'industrie et l'activité inventive dans 18 industries américaines de 1899 à 1957. Jacob Schmookler et O. Brownlee, « Determinants of Inventive Activity », *The American Economic Review*, volume LII, n° 2, mai 1962, pp. 165-176.

13. Les brevets internationaux représentent des inventions qui méritent d'être transférées ou protégées internationalement. La croissance des brevets internationaux a été plus rapide que celle des brevets nationaux. John R. Shipman, « International patenting », *Harvard Business Review*, mars-avril 1967, volume 43, n° 2, pp. 56-77.

étrangères doivent être importées. Ainsi, aucune industrie nationale de l'acier n'est jamais totalement indépendante du reste du monde.

b) *Le test d'inventivité relative*

Le test d'inventivité relative a pour but de préciser si l'industrie de l'acier d'un pays possède, dans un secteur technique donné, un pourcentage comparable au pourcentage moyen de tous les brevets nationaux d'origine domestique [14]. Ce test peut faire ressortir une différence d'inventivité, en soulignant que, dans tel domaine technique, les industries autochtones ont une production supérieure à la moyenne nationale [15]. Le but du test d'inventivité relative est de réduire les différences qui existent dans la tendance nationale à breveter des inventions, en comparant les firmes à l'intérieur d'un même pays.

IV — *Examen empirique du degré et de la spécialisation de l'inventivité*

Le tableau 2 présente les résultats des tests. Les États-Unis dominent dans un procédé et dans quatre secteurs de produits, alors que l'Europe de l'Ouest a la suprématie dans quatre procédés et dans un secteur « produit ». Il y a égalité pour les secteurs des traitements thermiques et thermo-mécaniques de l'acier dans les deux groupes. En d'autres termes, sauf pour l'enrichissement du minerai de fer, l'injection de carburant, la fonte malléable, la construction des trains de laminoirs, l'industrie américaine de l'acier et ses fournisseurs de technologies semblent nettement supérieurs en inventivité dans le secteur des produits et inférieurs dans le domaine des procédés. L'industrie européenne de l'acier, dans l'ensemble, a la primauté de l'inventivité dans le secteur des procédés, et à l'ex-

14. Les données sur les émissions de brevets ont été extraites de l'état sur la Protection des Inventions en France et à l'Étranger, publié tous les trois ans par le ministère français de l'Industrie. Le pourcentage américain du total des brevets de l'Europe de l'Ouest représente 17 p.c. pour 1957-1963. Il est supérieur (d'environ 10 p.c.) à la participation cumulée des pays d'Europe occidentale dans les brevets américains.

15. Voici un exemple de ce test. Supposons qu'en certains endroits le pourcentage de brevets émis par le Bureau des Brevets des États-Unis aux producteurs d'acier locaux semble indiquer une supériorité américaine. Dans ce cas, la proportion des brevets accordés aux producteurs américains d'acier est mise à l'épreuve d'après le nombre proportionnel de brevets délivrés à tout individu ou à toute société américaine enregistrée.

Tableau 2

Résultats des tests comparant l'inventivité de l'Europe occidentale et des États-Unis pour 6 produits et 6 procédés de fabrication, industrie sidérurgique

Industrie sidérurgique, fournisseurs de technologie des pays suivants	Produits												Procédés de fabrication											
	Revêtement des aciers		Aciers réfractaires		Acier à haute résistance		Acier siliceux (magnétique et non magnétique)		Traitement thermo-mécanique		Fonte malléable		Enrichissement du minerai et injection de combustible		Construction et automatisation des trains de laminoir		Traitement thermique de l'acier		Traitement et coulée sous vide		Coulée continue		Acier à l'oxygène soufflé par le haut	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
États-Unis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	+	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
France	—	0	0	—	0	—	0	—	0	—	+	0	+	+	—	—	+	0	—	—	0	—	+	0
Royaume-Uni	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Allemagne de l'Ouest	0	—	0	0	0	0	0	0	+	0	+	0	0	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
1) Ratio de brevets autochtones (France, Royaume-Uni, Allemagne de l'Ouest, sur États-Unis), en p.c.	33		58		60		76		120		162		71		94		180		363		261		300	
2) Ratio de brevets internationaux en pays étranger (France, Royaume-Uni, Allemagne de l'Ouest, sur États-Unis), en p.c.	34		43		44		59		104		145		73		124		220		488		307		1050	
Supériorité détenue par	É.-U.		É.-U.		É.-U.		É.-U.		Égale		E.-O.		É.-U.		Égale		E.-O.		E.-O.		E.-O.		E.-O.	

(A) Les symboles — o + signifient que pour chacun des domaines techniques, la proportion des brevets internationaux provenant de firmes autochtones est d'une façon significative, inférieure, égale, ou supérieure à la distribution de la production de l'acier brut.

(B) Les symboles — o + signifient qu'en ce qui touche chaque domaine technique, la proportion relative des brevets nationaux d'origine autochtone est d'une façon significative inférieure, égale, ou supérieure à la proportion moyenne des brevets nationaux d'origine autochtone.

ception de l'industrie allemande, est faible en inventivité dans le secteur des produits. Parmi les pays de l'Europe de l'Ouest, il ressort que l'Allemagne mène dans un plus grand nombre de secteurs que la France et le Royaume-Uni. L'Allemagne n'est jamais vraiment absente d'aucun des secteurs techniques. On peut même remarquer que partout où les États-Unis se trouvent en seconde place, on note une présence allemande à la première place.

Malgré la spécialisation apparente de l'Europe occidentale dans les inventions de procédés, et la spécialisation des États-Unis en innovations de produits, l'hypothèse de la spécialisation n'est pas confirmée par le test de la différence entre deux proportions, à un niveau de confiance de .05 [16]. La spécialisation apparente pourrait alors être attribuée au hasard et il faut bien conclure qu'un échantillonnage de douze secteurs techniques était une population trop restreinte pour la démonstration de notre hypothèse.

Lorsque l'on suppose que les secteurs technologiques sont égaux en valeur économique et en valeur technique, l'hypothèse de l'égalité de l'inventivité entre les industries américaines de l'acier et celles de l'Europe occidentale ne peut être rejetée [17]. Cependant, si le postulat de l'égalité des secteurs techniques est écarté et remplacé par celui de l'égalité des brevets, on voit apparaître des indications de la supériorité de l'Europe de l'Ouest dans le domaine de l'inventivité. Le tableau 3 illustre, de façon très nette, que le nombre de brevets autochtones et internationaux de l'Europe occidentale surpasse le nombre de brevets d'origine américaine. De plus, lorsque les brevets d'inventions sont groupés en 6 secteurs de procédés et en 6 secteurs de produits, la spécialisation des États-Unis, dans le secteur des produits et celle de l'Europe occidentale en invention de procédés apparaissent comme statistiquement significatives [18].

Si on procède à une comparaison entre la totalité des brevets des États-Unis et de ceux de l'Europe occidentale et qu'on les soumet au même test, une différence statistique significative ressortira entre les deux groupes. Cependant il est impossible de conclure

16. L'hypothèse nulle de l'égalité ne pourrait être rejetée qu'à un niveau de confiance de 9 p.c.

17. L'hypothèse $p_1 = p_2$ ne peut être rejetée qu'à un niveau de confiance de .05 même dans le cas où l'Europe occidentale ne domine que dans 4 secteurs alors que les États-Unis l'emportent dans 5 secteurs.

18. Des tests de différence entre deux proportions ont été faits et l'hypothèse nulle de la différence actuelle a été rejetée à un niveau de confiance de .05.

Tableau 3

Nombre total de brevets par secteur de produits et de procédés

Pays	6 secteurs de produit		6 secteurs de procédé		Nombre total de brevets	
	Brevets émis aux industries autochtones par l'Office national des brevets	Brevets émis aux industries nationales par des offices de brevets étrangers	Brevets émis aux industries autochtones par l'Office national des brevets	Brevets émis aux industries nationales par des offices de brevets étrangers	Brevets émis aux industries autochtones par l'Office national des brevets	Brevets émis aux industries nationales par des offices de brevets étrangers
États-Unis	881	987	926	785	1,807	1,782
Europe de l'Ouest	689	647 (698) [1]	1,816	1,511 (1,830) [2]	2,505	2,158 (2,528) [3]
France	152	110	464	171	616	281
Royaume-Uni	223	120	419	204	642	324
Allemagne de l'Ouest	314	417	933	1,136	1,247	1,553

1. contient 51 brevets émis à des entreprises et des firmes du Bénélux, de l'Italie et à des particuliers.
2. contient 319 brevets émis à des entreprises et des firmes du Bénélux, de l'Italie et à des particuliers.
3. contient 370 brevets émis à des entreprises et des firmes du Bénélux, de l'Italie et à des particuliers.

automatiquement à une supériorité européenne. Les pratiques des bureaux d'enregistrement des brevets, les propensions à breveter et les différences de degré d'inventivité de chaque brevet peuvent bien être, en réalité, les sources principales de la différence entre les États-Unis et l'Europe de l'Ouest.

Malgré ces possibilités et en raison des résultats de cette recherche, il semble raisonnable d'admettre que l'hypothèse d'un écart technologique entre les industries sidérurgiques des États-Unis et de l'Europe occidentale ne se trouve aucunement justifiée. Si un tel écart existait, il serait plutôt en faveur de l'industrie européenne de l'acier. L'hypothèse d'une spécialisation américaine dans la recherche des produits et d'une spécialisation européenne dans la recherche des procédés est, elle aussi, partiellement confirmée. En tenant compte d'un écart de trois ans entre le début d'une recherche et la délivrance d'un brevet, il convient de rappeler que les résultats de la présente recherche portent sur les activités de R & D couvrant la période de 1952 à 1964. Retenons aussi que notre recherche s'est attachée uniquement à établir une comparaison entre les degrés d'inventivité et n'a pas pris en considération l'étendue des applications industrielles de ces techniques.

Jusqu'à maintenant, les résultats présentés ont mis en comparaison le rendement des inventions des pays, sans indiquer si elles provenaient des producteurs d'acier à bas carbone ou si elles avaient été suscitées par l'environnement. Le tableau 4 indique que les producteurs d'acier européens inventent une plus grande proportion de leur propre technologie que leurs homologues américains, à l'exception du traitement thermo-mécanique de l'acier et du laminage [19]. Les aciéries américaines dominent dans le secteur des produits, souvent grâce à un mouvement de coopération et de support des entreprises formant leur environnement. Par exemple, dans les domaines du revêtement de l'acier et de la fonte malléable, non seulement les industries sidérurgiques américaines ont déposé un faible pourcentage des inventions brevetées, mais encore celles-ci ont été produites dans de nombreux cas par des entreprises extérieures à la sidérurgie. Les producteurs d'acier de l'Europe de l'Ouest

19. Un test de différence entre les deux moyennes de 40.4 et de 46.5 montre que cette différence est statistiquement significative.

Tableau 4

Importance des producteurs d'acier par rapport à leur environnement technologique

Secteur technique	Revêtement des aciers	Aciers réfractaires	Acier à haute résistance	Acier siliceux (magnétique et non magnétique)	Traitement thermo-mécanique	Fonte malléable	Enrichissement du minerai et injection de combustible	Construction et automatisation des trains de laminoir	Traitement thermique de l'acier	Traitement et coulée sous vide	Coulée continue	Acier à l'oxygène soufflé par le haut
Proportion de brevets provenant de fabricants d'acier à bas carbone dans les brevets américains, en p.c.	10.8	52.1	51	52	44.5	10	37	23.7	22.8	53	73	54.7
Proportion de brevets provenant de fabricants d'acier à bas carbone en Europe de l'Ouest, en p.c.	2.8	66.6	54.3	59.2	34.5	28.4	47	16	25.2	66.1	88	63.7
Nombre de firmes inventives autres que les producteurs d'acier aux États-Unis	14	28	25	23	30	18	13	25	22	8	n.d.	12
Nombre de firmes inventives autres que les producteurs d'acier de l'Europe de l'Ouest	7	8	9	12	11	11	8	23	18	10	n.d.	13

créent un grand nombre de leurs procédés technologiques de fabrication de l'acier, particulièrement dans les secteurs de l'enrichissement du minerai de fer, des traitements sous vide, de la coulée continue et de l'affinage à l'oxygène.

Le nombre d'entreprises autres que les industries productrices d'acier, qui fournissent de nouvelles technologies, varie d'un pays à l'autre et d'un secteur technologique à l'autre. Toutefois, un fait est digne d'attention : les aciéries américaines sont amplement secondées par un plus grand nombre de fournisseurs de technologies à base scientifique que les aciéries européennes et ceci dans la plupart des secteurs techniques comme le démontre le tableau 4. Prenons comme exemple l'injection d'hydro-carbone dans les hauts-fourneaux et énumérons le nombre d'entreprises qui fournissent de nouvelles technologies. L'analyse des brevets délivrés par l'U.S. Patent Office nous fournit les noms de 12 entreprises : Combustion Engineering, United Aircraft, Koppers, Esso, Texaco, Phillips Petroleum, Babcock and Wilcox, Kellog, McKee Engineering, Allied Chemical, Union Carbide et Consolidated Coal. Par contre, les sociétés européennes autres que les aciéries se réduisent à 7 ; trois d'entre elles sont des organismes collectifs de recherche sur l'industrie de l'acier. Les quatre autres sont Royal Dutch Shell, Demag A.G., British Oxygen, and British Petroleum Institute.

V — *L'inventivité au niveau de l'entreprise*

En procédant au prélèvement des échantillons, le nom des firmes inventrices de même que les pays où elles exercent leurs activités furent enregistrés. On a pu ainsi bâtir un indice exploratoire de l'inventivité en comptabilisant les brevets détenus à l'étranger. Les brevets internationaux furent utilisés au risque d'être comptés plusieurs fois parce qu'ils font ressortir un haut degré d'inventivité [20].

Sans chercher à engager le débat sur la relation entre la taille des entreprises et leur inventivité, il convient de signaler que le tableau 5 a été élaboré à partir des vingt-quatre premières entreprises américaines et des vingt-quatre premières sociétés européen-

20. Une invention qui présente un haut potentiel de rentabilité sera brevetée dans presque tous les pays industrialisés et par conséquent impliquera un calcul en double des brevets. Cette éventualité existe pour toutes les entreprises et pour tous les pays.

Tableau 5

Classement des firmes américaines, européennes et autres selon leur possession de brevets internationaux

Rang	États-Unis	Échelle a numérique	Europe de l'Ouest et reste du monde	Échelle numérique
1	United States Steel Corp.	32.0	Davy and United Engineering Co. Ltd.	16.0
2	Union Carbide Corp.	20.0	Schloemann A.G.	14.5
3	Westinghouse Corp.	17.5	Institut de Recherches sidérurgiques	11.5
4	ARMCO Steel Corp.	17.5	HEREAUS Vacuumschmelze	11.5
5	Allegheny Ludlum Steel Corp.	12.0	Bochumer Verein fur Gusstahlfabrikation A.G.	11.5
6	United Engineering Foundry	10.5	Demag A. G.	10.5
7	Morgan Construction Co.	10.5	Moeller-Neumann G. M. B. H.	10.5
8	Commonwealth Engineering	10.5	Dortmund-Horder Hütten-union A.G.	10.0
9	General Electric Co.	6.5	ARBED S.A. C.N.R.M.[b]	10.0
10	Lasalle Steel Co.	6.0	Siemens A.G.	8.0
11	Crucible Steel Co.	5.5	F. Krupp A.G.	8.0
12	Universal Cyclops Steel Corp.	4.5	Brassert Oxygen Technik	8.0
13	Koppers Co.	3.2	Voest, Vereinigte Osterreichische Eisenund Stahlwerke A.G.	7.0
14	Carpenter Steel Co.	3.1	Yamata Iron & Steel Co. Ltd.	7.0
15	Youngstown Sheet & Tube	2.7	ASEA — Allmana Svenska Elektrika A.B.	7.0
16	Blaw-Knox Co.	2.7	British Iron & Steel Research Association	6.5
17	Inland Steel	2.5	Mannesmann A.G.	6.5
18	Jones and Laughlin Steel Corp.	2.0	Klockner-Werke A.G.	6.5
19	National Steel Corp.	1.6	Hüttenwerk Oberhausen A.G.	6.0
20	Finkl and Sons Co.	1.5	Siemag A.G.	5.5
21	Bethlehem Steel	1.5	Gebr. Bohler & Co. A.G.	5.5
22	Sharon Steel Co.	1.5	Hoesch A.G.	5.5
23	Mesta Machine Co.	1.0	Centre National des Recherches Métallurgiques	5.5
24	Republic Steel Corp.	1.0	Compagnie des Aciéries et Forges de la Loire	4.0

a. L'échelle numérique a été établie en divisant le nombre total de brevets détenus par chaque firme par le nombre de brevets détenus par « Republic Steel Co ».

b. Une grande partie des recherches sur le LDAC ont été dirigées par le Centre national des Recherches métallurgiques en coopération avec ARBED S.A. AC vient de ARBED-CNRM. Consulter W.J.B. Charter et J.L. Harrison, *Recent Advances with Oxygen in Iron and Steel Making*, Buttersworths, London, 1964.

nes. Les brevets de ces 48 compagnies constituent d'ailleurs près de 50 p.c. du total des brevets de l'échantillonnage. Ce répertoire expérimental informe sur la production des inventions mais non sur leur exploitation (or certaines inventions ne sont jamais exploitées).

La première entreprise américaine sidérurgique à fonder un gros département de R & D, la U.S. Steel Corporation occupe le 1er rang parmi les 48 compagnies détentrices de brevets. De toute évidence, les fournisseurs américains de technologie extérieurs aux firmes sidérurgiques constituent des sources importantes de nouvelles technologies. Union Carbide Corporation et Westinghouse Corporation se classent bien au-delà de la plupart des producteurs d'acier américains. Les producteurs d'acier spéciaux sont à l'origine d'un plus grand nombre de nouvelles technologies que la plupart des producteurs d'acier à bas carbone. En Europe les producteurs, les fabricants d'équipements et les centres de recherche collectifs jouent un rôle primordial. En revanche, les industries chimiques et d'appareillage électrique sont moins productrices de nouvelles technologies que leurs homologues américaines.

Parmi les sociétés créatrices de nouvelles technologies dans plus de deux secteurs techniques citons : U.S. Steel Corp., Armco Steel Corp., Union Carbide Co., Allegheny-Ludlum Steel Co., National Steel Corp., Morgan Construction Co., Westinghouse Co., et General Electric Co. pour les États-Unis, et Institut de Recherches sidérurgiques (IRSID), Centre national des Recherches métallurgiques (CNRM), British Iron and Steel Research Association, Davy and United Engineering Ltd., Mannesmann A.G., Klockner Werke A.G., Bochumer Verein fur Gusstahlfabrikation A.G., et Demag A.G. pour l'Europe. La plupart des autres firmes se limitent à un ou deux secteurs techniques. Par exemple, Heraus Vacuumschmelze A.G. et Dortmund-Horder-Hüttenumion A.G. se spécialisent dans les traitements sous vide de l'acier. La majeure partie des fabricants d'équipement se spécialisent dans un seul secteur. Les entreprises sidérurgiques européennes orientent leurs recherches vers quelques secteurs seulement, alors que les centres collectifs de recherche explorent l'éventail complet de la technologie de la fabrication de l'acier.

VI — *Conclusion*

L'opinion souvent admise qu'il existe un écart technologique profond et général entre les États-Unis et l'Europe ne trouve aucun fondement dans le secteur de la sidérurgie [21].

Il existe probablement une supériorité américaine sur l'Europe de l'Ouest, dans des domaines tels que l'électronique, les semi-conducteurs, l'exploration spatiale et l'énergie atomique. Cette supériorité est due aux investissements américains pour la défense et l'exploration spatiale. Toutefois, il ne serait pas étonnant de découvrir que les deux continents sont sur un pied d'égalité lorsqu'il s'agit des inventions dans les domaines des produits chimiques et pharmaceutiques, de l'aluminium, de l'énergie électrique, des machines-outils et des moyens de transports.

La spécialisation géographique de la recherche met en évidence la nécessité de transferts technologiques. Logiquement l'innovation aura pour conséquence des échanges technologiques internationaux et intersectoriels entre les organisations [22]. Il reste à faire une étude ultérieure pour expliquer pourquoi l'Europe occidentale est l'épicentre des découvertes de procédés de fabrication et pourquoi les producteurs américains se spécialisent dans la recherche de nouveaux produits.

Il faut chercher une explication à la différence de productivité et de rentabilité entre les aciéries américaines et européennes, non pas au niveau de l'inventivité mais plutôt dans ce qu'il est convenu

21. Les ministères scientifiques et les conseillers gouvernementaux scientifiques des pays membres de l'O.C.D.E. ont donné leur approbation, au cours d'une conférence tenue en mars 1968, à des rapports spécialisés qui arrivaient à des conclusions similaires relativement à l'industrie de l'acier. Le monde non américain est assez loin derrière les États-Unis pour tout ce qui concerne les innovations technologiques des 15 dernières années, mais garde bien son rang dans toutes les industries à fondement scientifique établies antérieurement.

22. La dimension de l'entreprise peut constituer un mauvais choix de variable indépendante si elle est associée à l'inventivité. Les domaines de l'activité et de la spécialisation fonctionnelle à l'intérieur du système technologique peuvent être des variables d'une importance plus grande que la taille de l'entreprise. Yale Brozen parvient à une conclusion semblable qu'il nomme le concept « *non-Schumpeterian* » de la relation fournisseur — client de technologie. Brozen écrit que les industries génératrices d'électricité et de machines aratoires de la ferme par exemple, achètent la majeure partie de leur R & D des industries qui leur fournissent l'équipement et les matériaux. L'expansion vers laquelle la R & D est amenée, grâce à ces industries, n'est pas en relation directe avec leur degré de concentration. Selon lui, le pourcentage des ventes dévolu à la R & D dépend, en grande partie, de la base scientifique accessible (mobilisable), des avantages stratégiques du leadership technologique, et de la rentabilité en R & D par comparaison avec le capital-achat-équipement.

d'appeler le *management-gap*. La capacité qu'a une organisation de répondre aux stimuli du marché et de financer des innovations peut compter beaucoup plus que sa capacité à se lancer dans la recherche et la création. Une gamme d'indices peut être évoquée pour prouver qu'il existe un écart entre les États-Unis et l'Europe occidentale, sur le plan administratif : la qualité professionnelle des administrateurs, les types de structure d'organisation, l'orientation vers le marché, ainsi que la motivation des administrateurs devant l'expansion de l'entreprise. Bien qu'il n'ait pas réussi à établir la preuve évidente que cet écart existe, Paul N. Haenni a écrit que l'écart est qualitativement favorable aux États-Unis (Haenni 1969).

Roger MILLER,
professeur à l'Université de Sherbrooke.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, Walter, DIRLAM, Joel B., « Big Steel Invention, and Innovation », *The Quarterly Journal of Economics*, volume LXXX, n° 2, mai 1966, pp. 167-189.

AUSTIN, G. Wesley, *Écarts technologiques entre pays membres de l'O.C.D.E.*, Paris, 1968.

COMANOR, William S. et F.M. SCHERER, « Patent Statistics as a Measure of Technical Change », *Journal of Political Economy*, volume 77, n° 3, mai-juin 1969, pp. 392-398.

GROUPEMENT DES HAUTS FOURNEAUX ET ACIÉRIES BELGES, *Les cinquante principales sociétés sidérurgiques du monde occidental*, Bulletin numéro 110, Bruxelles, 1967.

JOHNSTON, Robert E., « Technical Progress and Innovation », *Oxford Economic Papers*, volume 18, n° 2, juillet 1966, pp. 158-176.

MUELLER, Dennis, « Patents, Research and Development, and the Measurement of Inventive Activity », *Journal of Industrial Economics*, volume XV, novembre 1966, pp. 26-37.

SCHMOOKLER, Jacob, « Inventors Past and Present », *The Review of Economics and Statistics*, août 1957, volume XXXIX, n° 3, pp. 321-333.

SCHMOOKLER, Jacob, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1966.

SCHON, Donald A., *Technology and Change — The Impact of Invention and Innovation on American Social and Economic Development*, Delta Publishing Company, Inc., New-York, 1967.

SERVAN-SCHREIBER, Jean-Jacques, *Le Défi américain*, Éditions Denoël, Paris, 1967.

SILBERMAN, Charles E., « Steel : It's a Brand New Industry », *Fortune*, volume LXII, n° 6, décembre 1960.

STENMANS, Alain, *Le Problème des disparités technologiques*, Conseil national de la Politique scientifique, Bruxelles.

SUBCOMMITTEE on Science and Technology of the U.S. Senate : *Policy Planning for Technology Transfer. A Report of the Subcommittee on Science and Technology to the Select Committee on Small Business*, United States Senate, Washington, avril 1967.