L'Actualité économique

--> Voir l'erratum concernant cet article

L'innovation et le modèle du commerce néo-technologique dans l'espace des caractéristiques de Lancaster

Innovation and neo-technology trade in Lancaster's space of characteristics

Petr Hanel

Volume 55, numéro 3, juillet–septembre 1979

URI : https://id.erudit.org/iderudit/800834ar
DOI : https://doi.org/10.7202/800834ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

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

Découvrir la revue

Citer cet article

Hanel, P. (1979). L'innovation et le modèle du commerce néo-technologique dans l'espace des caractéristiques de Lancaster. *L'Actualité économique*, *55*(3), 342–359. https://doi.org/10.7202/800834ar

Résumé de l'article

Lancaster's case of innovation in consumption technology is formalized and extended to include beside of the criterion of efficient consumption also the criterion of efficient production. The two criteria has to be met before an invention can be commercialized economically. Trade provoked by an innovation in consumption technology—a new product—is analyzed on a simple numerical example. Necessary conditions and some welfare implications of the neo-technology trade are presented. The approach is sufficiently general to encompass trade based on cost reducing innovation as well as existing trade models as special cases.

L'INNOVATION ET LE MODÈLE DU COMMERCE NÉO-TECHNOLOGIQUE DANS L'ESPACE DES CARACTÉRISTIQUES DE LANCASTER *

Introduction

La théorie pure du commerce ne permet pas de bien saisir le concept ambigu du changement technologique. La nouvelle technologie est habituellement assimilée soit comme un déplacement de la fonction de production, soit comme la création d'une nouvelle fonction de production pour un nouveau bien. Le premier cas — une innovation réduisant les coûts de production — ne pose pas de problèmes particuliers à l'analyse dès qu'on transforme le déplacement de la fonction de production en augmentation équivalente de facteurs de production. Ce cadre analytique est cependant moins pratique pour analyser l'apparition d'un nouveau produit dans le commerce. L'introduction d'un nouveau produit dans l'espace des biens résulte en conclusions triviales et fausses. Par exemple, Borkakoti (1975, 391-7), analysant l'échange d'un nouveau produit, conclut que, d'une part, son prix international doit être plus élevé que son prix dans le pays innovateur, et que, d'autre part, il doit être inférieur à l'infini. En réalité, la borne supérieure du prix d'un nouveau produit est bien au-dessous de l'infini et nous allons montrer qu'il est possible de la déterminer en situant le cadre analytique dans l'espace de caractéristiques introduit par Lancaster (1966 [a]).

En effet, l'analyse traditionnelle limitée à l'espace des biens peut difficilement saisir les relations subtiles qui existent entre les propriétés techniques et le prix d'un produit, ce qui mène à une fausse dichotomie entre la concurrence par les prix et la concurrence « non-prix ». En réalité,

---

* Communication présentée au 19e congrès annuel de la Société canadienne de science économique qui s'est tenu à Montréal du 9 au 11 mai 1979. Cette recherche a été effectuée à l'Institut de Recherches en Economie de la Production à l'Université de Paris X, Nanterre, où j'ai passé mon congé sabbatique grâce à l'assistance financière offerte par l'Université de Sherbrooke et par les programmes de l'échange scientifique France-Québec et France-Canada.

les prix jouent leur rôle même dans ce qu'on appelle la concurrence non-prix.

Dans la première partie de notre essai nous formulons à l'aide de la programmation linéaire deux critères auxquels une innovation doit satisfaire pour être économiquement viable. Le premier, le critère d'une production efficiente, assure la profitabilité de la nouvelle technologie pour le producteur. Le deuxième, le critère d'une consommation efficiente, assure sa profitabilité pour le consommateur [1]. La distinction entre la technologie de la production et de la consommation nous permet d'établir une typologie des changements technologiques et d'exprimer les bornes d'un éventail de prix auxquels une invention peut être exploitée commercialement.

Ce cadre est appliqué dans la deuxième partie à l'analyse du commerce provoqué par l'introduction d'un produit nouveau. Au lieu de développer un modèle général, nous illustrons notre approche à l'aide d'un simple exemple numérique, qui nous permet de tirer quelques conclusions concernant l'échange basé sur les différences technologiques. Bien que notre exemple ne traite que de l'innovation dans la technologie de consommation, c'est-à-dire l'introduction d'un nouveau produit, l'approche est assez générale pour accommoder également l'innovation dans la technologie de production (réduction des coûts), le modèle de Heckscher-Ohlin et celui de Ricardo comme des cas spéciaux.

I — L'INNOVATION EN TANT QUE PRODUCTION ET CONSOMMATION EFFICIENTES

L'innovation, pour être économiquement viable, doit être profitable d'abord pour la production et s'il s'agit d'un nouveau produit, son rapport prix-qualité doit aussi être profitable pour le consommateur afin que celui-ci le préfère aux produits substituts préexistants. En nous servant du critère de l'efficience pour la production dans le cadre d'analyse d'activité de Koopmans (1951) nous décrivons dans un premier temps les conditions de profitabilité de la production.

A. *Production efficiente*

L'innovation sous forme d'un procédé de production nouvelle ou d'un produit nouveau, doit satisfaire au critère de la production efficiente pour les vecteurs donnés de ressources et de prix. En d'autres termes, la nouvelle technologie doit être au moins aussi profitable pour le producteur que la technologie existante.

1. Le critère de consommation efficiente appliqué à l'innovation a été introduit par Lancaster (1966 [b]). Nous formalisons son modèle et faisons le lien avec l'analyse d'activité de la production introduit par Koopmans (1951).

Soit le vecteur x de m biens et le vecteur p de leurs prix. Le vecteur des ressources primaires c peut inclure les facteurs nécessaires pour l'innovation (main-d'œuvre de R & D par exemple). La technologie de production T est une matrice de n activités y, $(n \geqq m)$. La solution optimale du programme linéaire :

$$\max\ px = pTy \qquad (1)$$
$$\text{sous contrainte : } -Ty \leqq -c \text{ et } y \geqq 0$$

donne le vecteur d'activités efficientes y, qui à leur tour déterminent le vecteur optimal d'outputs $(+x)$, d'inputs $(-x)$ et de produits intermédiaires $(x = 0)$ et le profit $\pi = px$.

Supposons maintenant qu'une nouvelle technologie sous forme d'une nouvelle activité est développée et considérée pour la production.

La nouvelle technologie, T^1, inclura toujours au moins une nouvelle activité, c'est-à-dire une colonne additionnelle dans la matrice T^1 par rapport à la matrice T. Nous pouvons distinguer trois types suivants de la nouvelle technologie de production.

(i) *Une innovation introduisant un nouveau produit final.* Les valeurs des coefficients de T et les dimensions des vecteurs d'output $(+)$ changent.

(ii) *Une innovavtion réduisant le coût de production par la substitution d'inputs.* Les valeurs des coefficients de T et les dimensions du vecteur d'input $(-)$ changent. La production des mêmes outputs utilisant au moins un nouvel input.

(iii) *Une innovation réduisant le coût de la production.* Les valeurs des coefficients de T changent ; le nombre de lignes de T sans changement.

Analysons d'abord le cas d'un nouveau produit et nous retournerons aux innovations de procédés de production [2] brièvement après cette section.

(i) *Une innovation introduisant une nouveau produit final*

La nouvelle production doit être optimale par rapport au vecteur de prix p^1 incluant le prix pour le nouveau produit x_{m+1}

$$\max p^1x^1 = p^1T^1y^1 \qquad (2)$$
$$\text{sous contrainte : } -T^1y^1 \leqq -c^1, \quad y^1 \geqq 0$$

Le vecteur d'activités optimales y^{1*} produit un vecteur optimal de biens x^{1*}. Le nouveau produit x_{m+1} sera considéré pour la production

2. L'innovation qui réduit le coût de production a été analysée en détail par H.A. Simon (1951).

seulement s'il est l'élément du nouveau vecteur efficient x^{1*} et si le nouveau vecteur de prix p^1 satisfait à la condition :

$$p^1x^{1*} \geqq px^* \text{ et l'élément } x_{m+1} \in x^{1*}, \quad x_{m+1} > 0. \tag{3}$$

où x^* est le vecteur optimal du programme (1).

Le nouveau vecteur x^{1*} comprend parmi ses éléments négatifs (inputs) les ressources nécessaires pour l'invention, le développement et la mise en marché de nouveau produit, évalués à leur valeur présente par l'élément correspondant du vecteur de prix p^1.

Le prix le plus bas encore acceptable pour le nouveau produit sera celui qui donnera au producteur le profit égal au profit résultant de la continuation de la « vieille » production.

$$\min p^1{}_{m+1} \in p^1, \quad p^1x^{1*} = px^*, \quad \text{pour } x_{m+1} > 0 \tag{4}$$

En ce qui concerne les innovations qui réduisent les coûts de la production d'un vecteur de produits finaux inchangés, le même critère de profitabilité s'impose et la situation dépend du type de la nouvelle technologie discutée en haut.

(ii) *Une innovation réduisant le coût de production par la substitution d'inputs*

La nouvelle technologie doit au moins être aussi profitable que l'ancienne (3) et le nouvel input $x_{m+1} \in x^{1*}$, $x_{m+1} < 0$. La relation (4) détermine dans ce cas la borne supérieure pour le prix du nouvel input.

(iii) *Une innovation réduisant les coûts de production*

Les relations (3) et (4) sont vérifiées par rapport aux m éléments du nouveau vecteur x^1.

Après avoir dérivé les conditions minimum pour que la nouvelle technologie ne soit pas moins profitable que l'ancienne technologie, nous allons examiner les conditions de la demande pour déterminer les bornes supérieures pour le prix d'un nouveau produit.

B. *Consommation efficiente*

Dans le cas où l'innovation introduit un nouveau produit, la borne supérieure à son prix peut être déterminée en acceptant un certain nombre d'hypothèses restrictives sur lesquelles s'appuie la « nouvelle théorie » de la demande de Lancaster (1966[a]). Nous dérivons d'abord la frontière de consommation efficiente pour le vecteur original x de m biens et nous introduisons les caractéristiques du nouveau produit x_{m+1}.

Soit le vecteur de caractéristiques z associées avec le vecteur de biens x qui représente une production optimale [3] utilisant la technologie existante T. La transformation de biens en caractéristiques est linéaire $z = Bx$. La matrice semi-positive de la technologie de consommation B associe r caractéristiques aux m biens. Une colonne de B, une activité de consommation transforme un seul bien (input) en plusieurs caractéristiques (outputs), ce qui est le contraire d'une activité de production typique.

Le comportement de maximisation du consommateur qui choisit une combinaison de biens x, en fonction de leurs caractéristiques z, de leurs prix p et de son budget k, correspond à la solution du programme non linéaire [4].

$$\max u(z) \tag{5}$$
$$\text{sous contrainte } Bx = z, \quad px \leqq k, \quad x \geqq 0$$

Etant donné que tous les consommateurs font face aux mêmes prix, ils font face aussi aux mêmes ensembles de caractéristiques mais en quantités proportionnelles au vecteur k.

$$Z = (z/z = Bx, \quad px \leqq k, \quad x \geqq 0).$$

Supposant $\delta u/\delta z > 0$ pour toutes les caractéristiques [5], aucun consommateur ne choisira $z \in Z$ s'il existe un $z^* \in Z$ tel que $z^* \geqq z$.

Supposant avec Lancaster que les activités de consommation puissent être combinées linéairement, l'ensemble de points efficients z^* sera la solution du programme linéaire :

$$\min \ px \tag{6}$$
$$\text{contrainte à : } Bx = z, \quad x \geqq 0, \quad px = k,$$

où la valeur scalaire de z est ajustée de sorte que le vecteur optimal x^* satisfait la contrainte de budget $px^* = k$. La collection de biens x^*, à laquelle est associé le vecteur de caractéristiques z^*, est en général un sous-ensemble [6] du vecteur de la production efficiente utilisant la technologie de production existante (solution de (1)).

---

3. Pour éviter la confusion nous écrivons le vecteur optimal de x sans astérisque. Dans cette section, nous réservons ce dernier aux solutions optimales du programme de consommation.

4. Nous adoptons ici le modèle de Lancaster (1966[a]) avec toutes ses hypothèses et limitations. Voir les critiques de cette approche dans Hendler (1975).

5. Les caractéristiques, perçues comme indésirables, sont exprimées sous forme de leur inverse, pour que l'hypothèse de maximisation d'utilité $\delta u/\delta z > 0$ soit maintenue.

6. Certains biens faisant partie du vecteur de la production efficiente, peuvent être trop chers de sorte que la quantité de caractéristiques qui leur est associée par l'unité de dépenses (caractéristiques/dollar) est moins abondante que celle disponible d'une combinaison d'autres biens. En conséquence, ces biens « chers » ne font pas partie de l'ensemble de consommation efficiente.

Innovation dans la technologie de consommation

Maintenant, ajoutons un nouveau produit à la technologie de consommation existante, c'est-à-dire ajoutons une $(m+1)^{\text{ième}}$ activité de consommation, et appelons la nouvelle matrice B^1. Par définition ce produit final x_{m+1}, que nous avons discuté dans la section précédente, est associé à un vecteur de caractéristiques z_{m+1}, différent de tous les autres vecteurs z_j, $(j = 1, m)$. En général, nous pouvons distinguer deux catégories de nouvelles technologies de consommation.

(i) La nouvelle technologie constitue un nouveau bien associé avec des caractéristiques pré-existantes disponibles en proportions nouvelles.
  (a) Les biens sont divisibles et peuvent être consommés en combinaisons — le cône convexe dans l'espace Z de caractéristiques sans changement.
  (b) Les biens ne sont pas divisibles — le cône convexe dans l'espace de caractéristiques sans changement.
  (c) Le nouveau bien (un des deux cas en haut) étend le cône convexe des caractéristiques dans l'espace Z.

(ii) La nouvelle technologie ajoute de nouvelles caractéristiques.

Notre approche peut traiter les cas qui tombent dans la première catégorie [7], qui sont de loin plus nombreux que les cas rares où un nouveau produit apporte une caractéristique inexistante avant son invention.

Pour que le nouveau produit fasse partie de l'ensemble de consommation efficiente, son prix ne peut pas dépasser la borne supérieure $\max p^1{}_{m+1} \in p^1$. Les autres éléments m, du nouveau vecteur de prix p^1, sont égaux aux prix pré-existants et le vecteur p^1 satisfait la condition $\max p^1{}_{m+1} = px^*$, où px^* est la solution du programme

$$\min px \tag{7}$$

$$\text{contrainte à : } Bx = z_{m+1}, \quad z_{m+1} = B^1 x^1$$

où $x^1{}_{m+1} = 1, \quad x_j{}^1 = 0, \quad (j = 1, m)$.

Le coût des caractéristiques z_{m+1} associées à une quantité unitaire du nouveau produit x_{m+1} n'est pas supérieur au coût d'une combinaison équivalente de caractéristiques disponibles à partir de la consommation « ancienne » px^*.

Intégration de la technologie de production et de consommation

Les deux technologies peuvent être reliées dans une chaîne qui relie les ressources à un extrême aux caractéristiques de consommation à l'autre

7. Le cas (a) faisant appel à la programmation linéaire sera développé ici. Le cas (b) peut être résolu par la programmation en nombre entier. La situation où la nouvelle technologie étend le cône de caractéristiques disponibles peut être résolue si on ajoute des contraintes assez générales concernant les choix de consommateurs.

extrême. La relation primal-dual assure pour le vecteur optimal x^* l'identité suivante :

$$(wz = wBx^* = p^*x^*) \equiv (p^*x^* = vTy = vc) \qquad (8)$$

où w est le vecteur de prix fictifs des caractéristiques z, v le vecteur de prix fictifs de ressources primaires c, et p le vecteur de prix d'équilibre de marché. A l'équilibre, la valeur des caractéristiques, évaluée aux prix fictifs, est égale à la valeur des ressources, également aux prix fictifs, nécessaires à leur production.

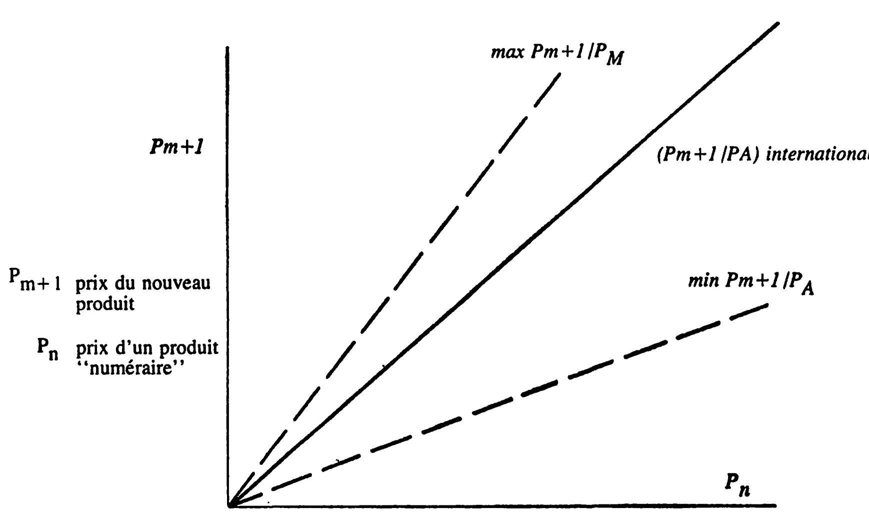
Cette relation montre que le changement technologique peut avoir lieu dans l'une ou l'autre des deux matrices. Cette relation montre le lien intime existant entre le changement de la technologie, les prix et les ressources. Par exemple, une invention qui n'est pas économiquement intéressante pour un niveau de prix donné, peut le devenir suite à un changement de disponibilité de ressources, etc.

Bien que cette situation de l'équilibre offre quelques perspectives intéressantes, le changement technologique donne lieu initialement à un déséquilibre. Cette situation de déséquilibre est plus pertinente à la réalité économique et nous allons l'étudier dans le contexte du commerce international.

II — APPLICATION À LA THÉORIE DU COMMERCE

Le cadre analytique développé dans la première partie de cet essai nous permet de comparer le nouveau produit avec les produits préexistants en termes de leurs prix relatifs et d'établir la condition nécessaire

FIGURE 1



pour l'existence du commerce. Cette condition sera satisfaite si le prix du nouveau produit se situe à l'intérieur des deux bornes ; la borne inférieure étant déterminée par le critère de la production efficiente dans le pays innovateur et la borne supérieure pour celui de la consommation efficiente dans le pays non innovateur. En somme, nous appliquons l'approche microéconomique de la première section en assimilant le pays innovateur au producteur et le pays non innovateur au consommateur du nouveau produit. L'échange pourra s'effectuer seulement à un prix relatif avantageux pour les deux partenaires.

Le modèle

Supposons que deux pays I et N initialement identiques à tous égards, $(c_I = c_N, T_I = T_N, B_I = B_N, u(z)_I = u(z)_N)$ et la mobilité parfaite des facteurs de production à l'intérieur de chaque pays et l'immobilité entre les pays. Les producteurs maximisent les profits, les consommateurs maximisent leur fonction d'utilité qui est exprimée en termes de caractéristiques des biens.

Dans un premier temps, les deux pays seront en équilibre autarcique, identique.

Dans un deuxième temps, un des deux pays, le pays « innovateur » I, introduira sur son marché un nouveau produit. Utilisant un exemple numérique imaginaire, nous allons appliquer les critères dérivés dans la première partie, pour établir les conditions nécessaires à l'ouverture du commerce.

Nous allons procéder en trois étapes :

(1) D'abord nous calculerons les vecteurs de production et de consommation avant l'innovation.

(2) Ensuite nous examinerons l'impact de l'innovation sur la production et sur la consommation dans le pays innovateur avant l'ouverture du commerce.

(3) Finalement, nous identifierons les conditions nécessaires à l'ouverture du commerce ainsi que son impact sur la production, sur la consommation, sur les prix et sur la répartition des gains dans les deux pays.

Exemple

Initialement, deux pays dotés des mêmes ressources c, et des mêmes technologies de production et de consommation, T et B respectivement, produisent deux produits de consommation finale x_1, x_2 en utilisant une ressource x_3. Leurs prix sont donnés par le vecteur p.

$$T = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 3 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} c = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -10 \end{bmatrix} p = \begin{bmatrix} 2, 2, \frac{5}{3} \end{bmatrix} B = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 4 \end{bmatrix}$$

Les conditions de production efficiente [8] donnent les combinaisons de l'output ($x_2 = 10$ et $x_2 = 0$) ou ($x_1 = 0$ et $x_2 = 10$) ou bien une combinaison linéaire de ces deux extrêmes. Le profit est égal à 10/3.

Les préférences des consommateurs supposées être identiques dans les deux pays, sont exprimées par une fonction d'utilité en termes de caractéristiques de biens. $u\ (z)$, $u = z_1\, z_2 - 20\, z_2 - 10\, z_1 + 200$.

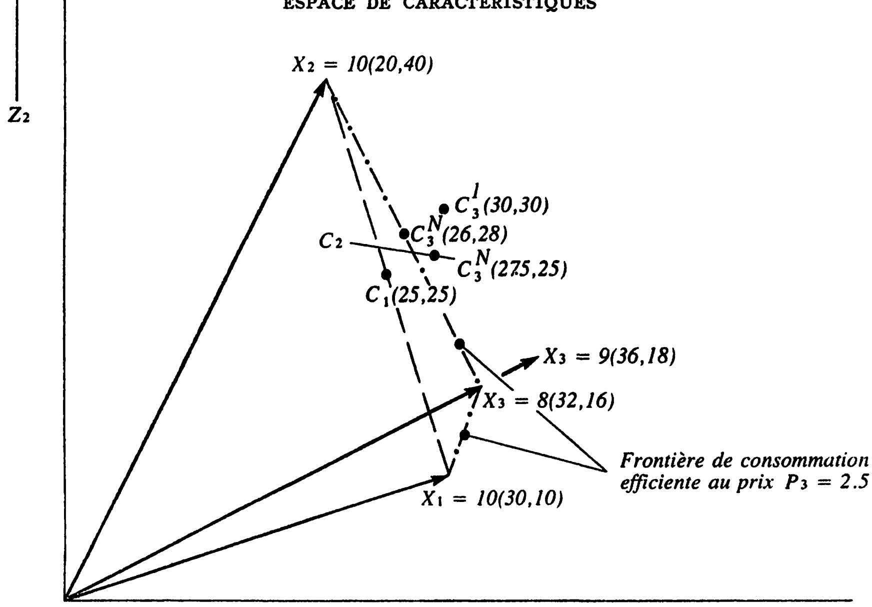
La consommation peut être déterminée par un niveau arbitraire de budget k. Choisissons $k = 20$, en supposant que le budget est alimenté par le revenu du travail $10.\ 5/3 = 16.\overline{666}$ et complété par une dépense de profit $= 3.\overline{333}$.

La consommation est supposée être efficiente, c'est-à-dire les consommateurs choisissent selon leurs préférences une combinaison de produits dont les caractéristiques se trouvent sur la frontière d'efficience $\overline{z^1 z^2}$ dans l'espace de caractéristiques z_1, z_2.

La consommation sera déterminée par une maximisation d'utilité max $u\ (z_1,\ z_2)$ sous contrainte $Bx = z \quad \forall x\ (px \leqq k = 20)$

FIGURE 2

ESPACE DE CARACTÉRISTIQUES



8. Données par la solution du programme linéaire en termes d'activité y

$$\text{Max } p\ Ty$$
$$-\ Ty \leq -\ c$$

Les solutions optimales ($y_1 = 0 \quad y_2 = 10/3$), ou ($y_1 = 10/3$, $y_2 = 0$), ou leur combinaison linéaire, sont représentées par une droite de possibilités de production dans l'espace de biens x_1, x_2 et par une utilisation de 10 unités de ressource travail.

La consommation optimale consiste en $z_1 = 25$, $z_2 = 25$, ce qui correspond à la consommation de 5 unités x_1 et 5 unités x_2 (point C_1 dans l'espace z_1, z_2) [9].

Ainsi, dans un premier temps où les deux pays possèdent des technologies de production et de consommation identiques et les mêmes ressources, leurs production et consommation sont identiques $P_1 = C_1$.

Innovation dans un pays

Supposons maintenant que cette situation d'équilibre autarcique initial vient d'être perturbée par le changement technique dans un des deux pays, que nous appellerons pays innovateur (I) sous forme d'introduction d'un nouveau produit x_3, sur le marché de consommation finale. Par conséquent, la matrice initiale de technologie de production T change en T^1 et celle de technologie de consommation B en B^1 de la façon suivante :

$$T^1 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \\ -2 & -3 & -3 \\ 0 & 0 & 1/4 \end{bmatrix} \qquad B^1 = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 4 \\ 1 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

Nous voyons que la production du nouveau produit x_3 exige l'utilisation d'une nouvelle ressource-travail qualifiée en R-D, que nous séparons du travail non qualifié dans le vecteur des ressources

$$c^1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -9 \\ -1 \end{bmatrix}$$

9. La procédure du calcul est analogique au problème de maximisation d'utilité dans l'espace de biens sous contrainte d'un budget. Dans l'espace de caractéristiques nous prenons la frontière de consommation efficiente pour la ligne de budget en calculant les prix fictifs w_1 et w_2 associés aux caractéristiques z_1 et z_2 à partir de l'équation $\sum_i w_i z_i^1 = 20$, où z_1^1 et z_2^1 sont les intercepts de la frontière de consommation efficiente avec l'axe des coordonnées z_1 et z_2. Les prix fictifs des caractéristiques étant $w_1 = 3/5$, $w_2 = 1/5$.

$$\begin{aligned} & \max u\ (z_1, z_2) \\ \text{sous contraintes :}\quad & z_1 \leq 30 \\ & z_2 \leq 40 \\ & w_1 z_1 + w_2 z_2 = 20 \end{aligned}$$

Etant donné les contraintes d'inégalité, le problème doit être exprimé dans un système de coordonnées transformées : $\bar{z}_1 = z_1 - 20$, $\bar{z}_2 = z_2 - 10$ où disparaissent les contraintes d'inégalité, ce qui rend possible l'utilisation de la méthode Lagrange.

$$\max u\ (\bar{z}_1, \bar{z}_2)$$
$$\text{sous contrainte : } 3/5\ \bar{z}_1 + 1/5\ \bar{z}_2 - 6 = 0$$

Remarquons que la quantité totale de la ressource-travail reste inchangée, égale à 10 unités.

Le nouveau vecteur de prix p^1 doit maintenant comporter le prix pour le travail qualifié que nous fixons au niveau $p_5 = 2$. Quant au prix du nouveau produit p_3, le producteur le fixera de façon à ce que le profit ne soit pas inférieur au profit réalisé avec l'ancienne technologie $\Pi^1 = \Pi$. Nous l'obtenons comme la solution du programme :

$$\max\ p^1\ T^1\ y$$

$$\text{sous contrainte } -T^1\ y = -c^1$$

$$\Pi^1 = 10/3$$

$$\text{solution : } y_3 = 3\ ;\ x_3 = 9\ ;\ p_3 = 2.2.$$

Par conséquent, les producteurs du nouveau produit sont prêts à le vendre à un prix supérieur au prix minimum, min $p_3 = 2.2$. Par contre, les consommateurs ne seront intéressés à acheter le nouveau produit que si son prix est inférieur au prix maximum max p_3 encore compatible avec les conditions de consommation efficiente :

$$\min\ p^* x$$

$$\text{sous contrainte } B^1 x = z^*$$

Où le vecteur p^* contient max p_3 comme son troisième élément et le vecteur de caractéristiques z^* appartient à l'ensemble des points de la frontière de consommation efficiente correspondant au budget de consommation $k = 20$. La solution du programme donne la borne supérieure pour le prix égale à max $p_3 = 2.8$.

Donc, le prix pour le nouveau produit doit être à l'intérieur de deux bornes $2.2 < p_3 < 2.8$. Supposons, par exemple, $p_3 = 2.5$. A ce prix, sa production sera profitable aux producteurs et sa consommation profitable aux consommateurs dans le pays innovateur.

Spécialisation incomplète dans le pays innovateur

Bien que dans ces conditions le pays innovateur aurait intérêt à se spécialiser complètement dans la fabrication de nouveaux produits, les consommateurs demandent la combinaison de produits x_2 et x_3, ce qui impose une spécialisation incomplète.

Etant donné que le prix p_3 est inférieur au prix max p_3, le coût de la caractéristique z_1 a relativement baissé, ce qui correspond à une nouvelle « ligne de budget-consommation efficiente » dans l'espace des caractéristiques et au nouveau point de consommation C_2 (28.3, 25.7) [10]. Cette combinaison de caractéristiques correspond à la consommation de la combinaison de 3.85 unités de produit x_2, et de 5.15 unités de x_3 qui est supérieure à la situation initiale.

La nouvelle situation est avantageuse également pour les producteurs qui réalisent un profit $\Pi^1 = 4.74$ supérieur au profit initial $\Pi = 3.33$. Cependant, cette spécialisation incomplète (due aux conditions de la demande) est sous-optimale pour deux raisons :

(1) Pour les prix donnés, la combinaison x_2, x_3 produite ne représente pas un point de production optimale.

(2) La spécialisation incomplète sous autarcie impliquant une utilisation non optimale des ressources productives, résulte dans une consommation inférieure à l'optimum sous plein emploi avec spécialisation complète.

Ouverture de l'échange commercial entre les deux pays

L'existence d'un prix relatif avantageux pour les deux partenaires est la condition nécessaire pour l'ouverture du commerce. Par conséquent, étant donné les préférences des consommateurs identiques dans les deux pays, l'existence d'un rapport de prix

$$\frac{p_3}{p_n} \text{ tel que } \frac{\min\ p_3}{p_n} < \frac{p_3}{p_n} < \frac{\max\ p_3}{p_n}$$

pour n'importe quel produit x_n — numéraire, assurerait les conditions nécessaires pour l'existence du commerce. Ainsi, par exemple, le prix du nouveau produit $p_3 = 2.5$ dérivé pour le pays innovateur, satisfait cette condition par rapport aux prix de deux produits originaux $p_1 = 2$, $p_2 = 2$ fabriqués dans l'autre pays. Nous procédons ici en analogie avec Ricardo ; cependant, cette analogie n'est que superficielle. Les deux limites des prix relatifs dans l'exemple de Ricardo sont déterminés par les conditions de

10. Le nouveau point de consommation C_2 ($z_1 = 28.35$, $z_2 = 25.7$) est la solution d'un programme max u ($\bar{z}_1$, $\bar{z}_2$), sous contrainte $2/5\ \bar{z}_1 + 1/5\ z_2 - 6.66 = 0$. Il est à noter que l'équilibre macro-économique avec le plein emploi exige dans notre exemple l'accroissement de la « masse monétaire » qui doit augmenter de 20 unités à 20.6 unités dû à l'accroissement du niveau des prix attribuable à l'introduction du x_3 au prix p_3. Le prix p_3 est plus élevé par rapport aux coûts en termes de ressources (travail) que les prix p_2 ou p_1, bien qu'il s'agisse d'un prix avantageux en termes de coûts de caractéristiques. Si on voulait tenter une généralisation, nous avons ici le cas d'une augmentation du niveau général du prix (et par conséquent de la masse monétaire) qui reflète une augmentation de la qualité du panier de produits consommés et par conséquent il s'agit d'une hausse de prix non inflationiste.
Par contre, si la masse monétaire ne s'ajustait pas (dans notre exemple, si le budget de consommation restait $k = 20$) la consommation absorberait seulement $x_2 = 3.75$ et $x_3 = 5$, ce qui laisserait en chômage 0.25 unité de travail et la consommation serait inférieure C (27.5, 25.0).

la production (productivité du travail) et la demande n'intervient qu'indirectement en arrêtant un prix relatif international acceptable pour les deux pays, compte tenu de leurs conditions de demande pour le commerce balancé.

Dans notre exemple, les limites de rapports de prix sont données par les conditions de la production efficiente d'un côté (prix minimum) et de l'autre côté, par les conditions de la consommation efficiente (identiques dans les deux pays).

Spécialisation complète du pays innovateur (I) dans la production de x_3 et du pays non innovateur (N) dans la production de x_2

Les producteurs en pays innovateur sont intéressés à se spécialiser complètement dans la production de x_3 même au prix inchangé $p_3 = 2.5$ (le profit serait $\Pi_{\text{spéc.}} = 6 > \Pi = 4.74$). Supposons cependant que le prix à l'exportation soit $p_{3\ \text{exp.}} = 2.625$ ($\Pi = 7.15$) [11].

La spécialisation complète du pays non innovateur (N) en produit x_2 se fera en réponse à une majoration de son prix, par exemple à $p_{2\ \text{exp.}} = 2.1$ ($\Pi = 4.33$).

Supposant que le commerce entre les deux pays doit être balancé et que les deux pays pratiquent une politique monétaire assurant le plein emploi, la solution de la production spécialisée avec l'échange commercial résulte en situation suivante :

		Pays innovateur	*Pays non innovateur*
Production :	unités	$x_3 = 9$	$x_2 = 10$
	valeur	$p_3x_3 = 23.65$	$p_2x_2 = 21$
	coûts	$e = 16.50$	$e = 16.66$
	profit	$\Pi = 7.15$	$\Pi = 4.33$
Consommation :	unités	$x_3 = 5,\ \ x_2 = 5$	$x_2 = 5,\ \ x_3 = 4$
	(z_1, z_2)	C_3^I (30,30)	C_3^N (26,28) [12]
Exportations :	unités	$x_3 = 4$	$x_2 = 5$

11. Nous faisons abstraction du changement des salaires qui pourrait absorber l'augmentation du profit en suite de la hausse de prix — cela ne changerait en rien ces résultats.

12. Nous avons permis une légère modification de « préférence de consommateurs » dans le pays N, afin de balancer le commerce. La solution aux préférences inchangées aurait été C_3^N (27.5, 25), ce qui se trouve sur la même frontière d'efficience de consommation, mais exigerait une modification de termes d'échange pour balancer le commerce. Etant donné que dans les deux cas la consommation avec commerce est supérieure à celle à l'autarcie, nous avons abandonné la poursuite des calculs.

La comparaison de la consommation « mondiale » avant l'échange commercial ($z_1 = 50$ et $z_2 = 50$) avec celle rendue possible par l'innovation accompagnée d'échange ($z_1 = 56$, $z_2 = 58$) et sa répartition entre les deux pays indique que la nouvelle situation est une amélioration au sens de Pareto. L'échange également a rendu possible une production mondiale optimale.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

	Pays innovateur	*Pays non innovateur*
Autarcie avant le changement technologique (1)	$x_1 = 5$, $x_2 = 5$; $\Pi = 3.33$	$x_1 = 5$, $x_2 = 5$; $\Pi = 3.33$
Production :	$x_1 = 5$, $x_2 = 5$	$x_1 = 5$, $x_2 = 5$
Consommation :	C_1 (25,25)	C_1 (25,25)
" (z_1, z_2)		
Autarcie après innovation (2)		
Production :	$x_2 = 3.85$, $x_3 = 5$; $\Pi = 4.74$	inchangée
Consommation :	$x_2 = 3.85$, $x_3 = 5$	inchangée
" (z_1, z_2)	C_2^I (28.35, 25.7)	inchangée
Commerce : (3)		
Production :	$x_3 = 9$; $\Pi = 7.15$	$x_2 = 10$; $\Pi = 4.33$
Consommation :	$x_3 = 5$, $x_2 = 5$	$x_2 = 5$, $x_3 = 4$
" (z_1, z_2)	C_3^I (30,30)	C_3^N (26,28)

La production « mondiale » optimale $x_2 = 10$, $x_3 = 9$

La consommation « mondiale » optimale $z_1 = 56$, $z_2 = 58$.

Quelques conclusions

L'intégration de la nouvelle théorie de la demande à l'analyse d'activité de la production permet d'analyser les conditions économiques pour la mise en marché de nouveaux produits et de produits différentiés. L'analyse dans l'espace des caractéristiques permet d'éclairer les relations existantes entre les prix et les caractéristiques techniques de produits mieux que ne le fait la théorie traditionnelle, qui cache cette problématique en parlant de la concurrence non-prix.

L'application à l'échange international suggérée par notre exemple paraît assez générale pour pouvoir englober les théories existantes du commerce comme les cas spéciaux. Bien que nous ayons introduit dans notre exemple d'abord seulement une ressource primaire, le travail, ceci était fait pour simplifier les calculs. En fait, comme l'indiquent les conditions d'optimalité (8), le vecteur de ressources primaires c peut avoir plusieurs éléments. Si leur nombre était limité au travail et au capital et les technologies étaient identiques dans les deux pays en conditions d'équilibre général, le commerce pourrait être généré par les dotations différentes en facteurs de production, conformément aux hypothèses du modèle Heckscher-Ohlin (H-O). Par contre, dans le cas où le vecteur de ressources contient seulement le travail homogène et les technologies de consommation sont identiques mais celles de production sont différentes, les conditions de Ricardo sont acquises. Dans ce cas, comme dans celui de H-O, on suppose qu'il s'agit d'une situation d'équilibre général, ce qui implique que les profits sont inexistants.

L'hypothèse de l'absence de profits nous paraît toutefois incompatible avec le phénomène du changement technologique ; par conséquent, nous avons adopté pour notre exemple l'hypothèse d'un déséquilibre partiel occasionné par les profits positifs dus à l'innovation.

Dans notre modèle, l'innovation elle-même n'est pas expliquée ; nous supposons seulement qu'elle résulte de l'activité d'une partie de la main-d'œuvre affectée à la RD. Ni cette affectation ni la création de l'innovation, ne font partie du modèle ; donc, celui-ci ne permet pas de déterminer dans lequel des deux pays l'innovation apparaîtra. En dépit de cette limitation, dont nous sommes conscients, le modèle permet d'éclairer certains aspects du commerce « néo-technologique ».

Nous discutons d'abord les relations entre les ressources, la technologie, les prix et le commerce et ensuite les implications sur la répartition de gains de commerce.

(1) L'objectif d'activité de RD est de changer les matrices de la technologie ; (la valeur de leurs coefficients et/ou leurs dimensions) par conséquent, la matrice de la technologie du pays innovateur devient incomparable avec celle des autres pays (ou du reste du monde). Ceci invalide une des hypothèses principales du modèle Heckscher-Ohlin-Samuelson [13]. Donc, il n'est pas théoriquement justifié d'incorporer la RD ou la main-d'œuvre technique hautement spécialisée en tant que $n^{\text{ième}}$ facteur dans le modèle H-O-S.

(2) Admettant qu'il y a une relation positive entre l'activité RD et le changement des matrices de la technologie, il est possible de dis-

13. La formulation économétrique du modèle H-O-S avec n facteurs (Williams, 1977) est basée sur l'égalité des matrices technologiques.

cerner deux tendances apparemment contradictoires entre la RD et le prix et, par conséquence, entre la RD, les indices de prix observés et les flux du commerce.

D'une part, la RD résultant en réduction de coûts de production pourra induire un prix réduit et, si la demande est élastique, une part accrue de marché d'exportation.

D'autre part cependant, si la RD résulte en création d'un nouveau produit, ses ventes peuvent augmenter même si son prix est plus élevé que celui de produits concurrents. Donc, une part de marché accrue est dans ce cas compatible avec une augmentation de l'indice de prix [14]. Par conséquent, il est difficile de supposer que la relation entre l'indice de prix et la part des exportations devrait toujours être négative, surtout pour les industries intensives en RD [15].

(3) Le fait que la RD modifie les coefficients et les dimensions des matrices de la technologie confère une certaine justification théorique à l'utilisation de la variable empirique « First Trade Date » introduit par Hufbauer (1970).

(4) Une variation de n'importe quel élément de vecteur de prix peut rendre profitable une technologie qui ne l'était pas jusqu'ici et peut éventuellement encourager l'ouverture du commerce.

(5) Un changement dans la technologie de consommation peut être accompagné par une augmentation de prix. Dans la mesure où cette augmentation de prix basée sur l'amélioration d'un produit, n'est pas accompagnée par une augmentation correspondante de la masse monétaire, une sous-utilisation de capacité peut en être la conséquence.

Avant de discuter de la répartition des gains du commerce nous voulons souligner une certaine ambiguïté du concept de l'avantage comparé. En effet, l'avantage comparé suppose la production d'un produit homogène dans les deux pays. Le cas d'un changement technologique réduisant les coûts de production est donc conforme à cette hypothèse. Cependant, dès que le changement technique prend la forme d'un nouveau produit, c'est-à-dire que la technologie de consommation est modifiée, il s'agit d'un avantage plutôt spécifique dont le caractère peut varier d'un extrême que constitue l'avantage absolu jusqu'à celui d'un avantage comparé.

---

14. Cette élasticité positive de la demande d'exportation a été observée pour un groupe d'industries intensives en RD tandis que la relation négative habituelle a prévalu dans les industries traditionnelles (Hanel, 1977).

15. C'est l'hypothèse sous-jacente à toutes les études « *constant market share* » ; voir, par exemple, (Junz & Rhomberg, 1965).

Les gains du commerce

(1) Dans la mesure où les producteurs et les consommateurs disposent de l'information nécessaire et maximisent leurs préférences et/ou leurs profits, le commerce basé sur les différences technologiques est optimal dans le sens de Pareto. L'optimalité Pareto est assurée cependant seulement si le nouveau produit ne remplace pas complètement les « vieux » produits qui font encore partie de l'ensemble de consommation efficiente. Cette conclusion est indépendante de préférences des consommateurs et elle contredit celle de Borkakoti (1975). Borkakoti n'est pas en mesure d'analyser les effets du commerce dans l'espace de biens où la fonction d'utilité incorporant le nouveau produit est incomparable avec la fonction d'utilité originale. Il arrive à une conclusion intuitive d'une grande probabilité de pertes de commerce pour le pays non innovateur.

(2) L'analyse dans l'espace de caractéristiques nous permet de préciser que les pertes du commerce pour le pays non innovateur sont possibles si le nouveau produit remplace complètement les « vieux » produits bien que ces derniers représentent encore une consommation efficiente.

Dans la mesure où une firme exerce un contrôle sur le marché monopolistique ou oligopolistique, par exemple une firme multinationale, elle sera motivée par le souci de profit de retirer les « vieux » produits du marché aussitôt que la demande le permet.

(3) Etant donné que le gain total à répartir entre les deux partenaires commerciaux dépend, d'une part, du coût du développement du nouveau produit et, d'autre part, de son prix, le gain du pays innovateur sera d'autant plus élevé que la concurrence que rencontre le nouveau produit dans le pays non innovateur sera faible.

Limitations

(1) Cette approche est inutilisable pour les grands changements technologiques qui ajoutent une ou plusieurs caractéristiques nouvelles.

(2) Dans la mesure où le cône de caractéristiques est étendu par un nouveau produit, son prix satisfaisant au critère de la consommation efficiente est théoriquement indéterminé — cette difficulté peut cependant être surmontée en ajoutant certaines hypothèses très générales concernant la forme de la fonction $U(z)$.

(3) Les conclusions et implications peuvent changer si on abandonne l'hypothèse d'une seule fonction d'utilité communautaire. Cependant, l'approche par consommation efficiente nous permet d'analyser les effets de commerce sur la distribution de revenu des différentes couches sociales.

Bien que l'application de cette méthode au niveau agrégé paraît pour le moment assez difficile, elle est facilement applicable à l'analyse du changement technique à l'intérieur des branches industrielles.

Petr HANEL,
Université de Sherbrooke.

REFERENCES

BORKAKOTI, J., « Some Welfare Implications of the Neotechnology Hypothesis of the Pattern of International Trade ». *Oxford Econ. Papers,* 27(3), 1975, pp. 383-99.

HANEL, P., *International Distribution of Patented Inventions* Appendix A, PhD Thesis (Halifax, N.S., Canada, Dalhousie University, 1976.

HANEL, P., « The Change of Manufacturing Exports as a Function of R & D and Price Changes », in *Rentabilité de la Recherche Industriellle et Besoins de Progrès Technique.* Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1977.

HUFBAUER, G.C., « The Impact of National characteristics and technology on the commodity composition of trade in manufacturing goods » ed. by VERNON R. in « *The Technology Factor in International Trade,* (New York : N.B.E.F. pp. 145-231), 1970.

JUNZ, H.B. and RHOMBERG, R.R., « Prices and Export Performance of Industrial Countries, 1953-63 ». *IMF Staff Papers* 12, 1965, pp. 224-69.

LANCASTER, K.J. [a], « A New Approach to Consumer Theory, » *Journal of Political Economy,* 74, 1966, pp. 132-157.

LANCASTER K.J. [b], « Change and Innovation in the Technology of Consumption ». *The Am. Ec. Rev. Papers & Proceedings,* 56, 1966, pp. 14-23.

KOOPMANS, T.C., éd., *Activity Analysis of Production and Allocation,* N.Y. John Wiley & Sons, Inc., Cowles monograph 13, 1951.

SIMON, H.A., « Effects of technological change in a linear model », in Koopmans, T. ed. *Activity Analysis of Production and Allocation,* N.Y. John Wiley & Sons, Inc. Cowles monograph 13, 1951.

WILLIAMS, J.R., « Commodity Trade and the Factor Proportion Theorem» , *Canadian Journ. of Econ.* 10, 1977, pp. 282-288.