

Éléments de théorie « économique »

Michel Volle

18 août 2014

Table des matières

Résumé	3
Introduction	4
1 La production informatisée	5
1.1 Fonction de production	6
1.2 Fonction de coût	7
2 Régimes du marché	10
2.1 Concurrence parfaite	10
2.2 Monopole	11
2.3 Concurrence monopolistique	12
<i>Un exemple</i>	14
2.4 Fonction de production macroéconomique	18
3 Économie du dimensionnement	19
3.1 Fonction de coût d'un réseau	19
3.2 Demande aléatoire	23
4 L'économie	24
4.1 Les tâches répétitives sont automatisées	25
4.2 La fonction de production est à coût fixe	27
4.3 La concurrence monopolistique	29
<i>Différenciation des produits</i>	29
<i>Dialectique de la technique et de l'usage</i>	31
<i>Moteur de l'innovation</i>	34

4.4	L'emploi dans l'conomie	36
	<i>Le cerveau humain, ressource naturelle</i>	37
	<i>Commerce de la considération</i>	38
4.5	L'économie du risque maximum	39
	<i>Partenariats</i>	40
5	L'orientation stratégique	42
5.1	Inadéquation des comportements	43
5.2	Limites de la macroéconomie	44
5.3	Déployer l'conomie	45
	<i>Informatiser</i>	46
	<i>Économie de la compétence</i>	47
	<i>Contenir la prédation</i>	49
	Index	50
	Références	53

Résumé

L'*économie moderne* s'est déployée à partir de la fin du XVIII^e siècle en s'appuyant sur la mécanique, la chimie, puis sur l'énergie à partir de la fin du XIX^e siècle.

Elle a fait place à partir des années 1970 à une *économie informatisée*^a qui s'appuie sur la synergie de la microélectronique, du logiciel et de l'Internet.

La mécanique, la chimie et l'énergie ne sont pas supprimées : *elles s'informatisent*, tout comme l'agriculture s'est mécanisée et chimisée aux XIX^e et XX^e siècles.

L'informatisation *automatise les tâches répétitives physiques et mentales*. Le flux de travail que demande la production devient faible en regard du stock de travail qui la prépare. Le coût de production tend à se réduire au coût du capital fixe initial.

Il en résulte une cascade de conséquences dans la nature des produits, le régime du marché, l'organisation des entreprises, la sociologie des pouvoirs et la psychologie des personnes.

Nous nommons *iconomie* une économie informatisée qui serait parvenue à la pleine efficacité ou, comme disent les économistes, à « l'équilibre ».

Le chômage de masse indique que l'économie informatisée actuelle *n'est pas* l'iconomie. Elle connaît une crise de transition due à l'inadéquation du comportement des agents économiques (entreprises, consommateurs, État) en regard des ressources et des dangers qu'apporte l'informatisation.

La seule stratégie pour sortir de cette crise est celle qui s'appuiera sur une conscience claire de ces ressources et de ces dangers pour *orienter* les agents économiques vers l'iconomie.

a - Nous n'utilisons pas ici le mot « numérique », qui est trop étroit pour désigner les phénomènes que comporte et provoque l'informatisation.

Introduction

L'*économie informatisée*, fondée sur la synergie de la microélectronique, du logiciel et de l'Internet, a succédé à partir des années 1970 à l'*économie moderne*, fondée sur la synergie de la mécanique, de la chimie et de l'énergie (Gille, 1978).

Nous nommons *iconomie* (du grec *eikon*, image, et *nomos*, organisation) une société informatisée *efficace* (Saint-Etienne, 2013 et Volle, 2014).

L'économie de l'iconomie est donc par hypothèse *l'économie informatisée parvenue à l'efficacité* : elle utilise la totalité de ses ressources (en particulier le plein-emploi est assuré) et elle sait maîtriser les dangers qu'apporte l'informatisation.

Il s'agit d'une société future et non de la société actuelle, dont l'économie connaît une crise caractérisée notamment par le chômage de masse. Il s'agit plus exactement d'un repère posé à l'horizon du futur et en regard duquel la crise actuelle apparaît comme une *crise de transition*, car l'économie informatisée conserve encore des habitudes héritées de l'économie moderne.

Pour pouvoir « penser » l'iconomie nous construirons un *modèle* dont nous tirerons les conséquences. Comme tout modèle celui-ci est schématique mais le schéma qu'il propose sera correct s'il oriente l'intention vers l'action judicieuse.

* *

Une révolution industrielle comme celle que l'informatisation a provoquée transforme les fondations de l'économie. Pour comprendre ce que celle-ci est devenue il faut partir de ce que sa théorie a de plus fondamental.

Cette théorie se construit à partir de trois éléments¹ : (1) la distribution des ressources entre les acteurs, (2) la fonction de production des entreprises² et (3) la fonction d'utilité des consommateurs.

Selon ce modèle la production et l'échange conduisent, s'ils sont judicieux, de la distribution initiale des ressources à une situation *efficace* que les économistes nomment « optimum de Pareto » (1906) ou encore « équilibre » et qui est telle qu'il serait impossible d'accroître la satisfaction d'un consommateur sans diminuer celle d'un autre. La prise en compte du temps et de l'incertitude du futur introduit dans ce modèle une *dynamique* et le risque d'une inefficacité, ou *déséquilibre*.

La spécification des ressources, de la fonction de production et des besoins

1. La « boîte d'Edgeworth » (1881) en donne une représentation partielle mais éclairante.

2. Nous dirons « entreprises » pour désigner l'ensemble des institutions, dont l'institution « Entreprise » est un cas particulier.

des consommateurs permet de poser un diagnostic sur une économie particulière.

Or une révolution industrielle transforme les ressources, la fonction de production et jusqu'aux besoins des consommateurs car ceux-ci réagissent à l'offre dont ils ont connaissance. On ne peut donc conserver tels quels ni le diagnostic que les économistes ont porté sur l'économie moderne, ni les prescriptions qu'ils ont formulées.

* *

L'informatisation, faisant émerger un « système technique contemporain » (Bertrand Gille, 1978), révèle dans le cerveau humain une ressource naturelle au potentiel *a priori* illimité – le logiciel est l'une de ses manifestations – et transforme la fonction de production.

Nous donnerons à cette dernière une spécification qui réponde au système technique contemporain. Il en résultera une représentation de l'équilibre (et de la dynamique) qui éclaire l'orientation stratégique des entreprises et la politique économique de l'État.

1 La production informatisée

L'agriculture, activité économique principale jusqu'au XVIII^e siècle, n'a pas disparu après la première révolution industrielle : elle s'est mécanisée et chimisée. De même l'informatisation ne fait pas disparaître la mécanique, la chimie et l'énergie : elle les informatise.

L'essentiel du coût de production d'un microprocesseur ou d'un logiciel est dépensé dans la phase de conception et d'investissement antérieure à la production proprement dite : leur coût marginal est négligeable. Sur l'Internet le coût marginal du trafic est nul tant que celui-ci n'excède pas un seuil qui est rarement atteint.

Le coût de ces produits étant indépendant du volume de la production, leur coût moyen décroît lorsque ce volume augmente : *le rendement d'échelle est croissant*. Il en est de même pour les ordinateurs, commutateurs, routeurs, etc. qui sont leurs applications les plus immédiates.

Il en est de même aussi pour la mécanique, la chimie et l'énergie pour qui l'informatique est devenue *la* technique principale : leur coût marginal n'est sans doute pas négligeable mais il est assez faible pour que leur rendement d'échelle soit croissant.

C'est là pour certains un phénomène bouleversant. John Hicks, qui fut l'un des plus grands économistes du XX^e siècle, estimait que renoncer aux

rendements décroissants et à la tarification au coût marginal entraînerait le naufrage de la théorie économique³. Il était trop pessimiste : il suffit de changer les hypothèses sur lesquelles s'appuie le raisonnement.

Comme le rendement d'échelle croissant se généralise dans l'économie informatisée, la tarification au coût marginal est désormais absurde et les marchés des divers produits ne peuvent plus obéir au régime de la concurrence parfaite : ils obéiront soit à celui du monopole naturel, soit à celui de la concurrence monopolistique.

1.1 Fonction de production

Pour connaître la fonction de coût d'une entreprise il faut partir de la *fonction de production* dont elle dérive. Celle-ci représente la relation entre le volume des facteurs de production mis en œuvre et le volume du produit qui en résulte.

Les facteurs retenus le plus souvent sont le capital et le travail, dont les volumes sont notés respectivement K (*Kapital*, notation inspirée de l'allemand) et L (*labour*). Le volume de la production est noté q . La forme générale de la fonction de production est donc :

$$q = f(K, L).$$

q et L sont des *flux* relatifs à une année tandis que K est un *stock* constitué avant le début de cette année.

K est le volume du « capital fixe » (bâtiments, équipements, logiciels etc.) dont la valeur doit figurer à l'actif du bilan, et non le « capital » apporté par les actionnaires et qui figure au passif : c'est un *travail accumulé* pour rendre la production *possible*, tandis que L est le *flux de travail* nécessaire pour la *réaliser*. Fisher (1906) disait « stock » et « flux » pour « capital » et « travail » : il est salubre de partager cette intuition.

La spécification de la fonction de production est purement théorique. Dans la pratique il serait en effet difficile d'assigner un volume au flux de travail (comment pondérer les qualifications ?), ainsi qu'au stock de capital (comment pondérer les bâtiments, machines, logiciels, organisation, etc. qui le composent ?) et même, souvent, au produit.

Il ne faut pas s'attarder à de telles difficultés car le but d'un modèle n'est pas d'alimenter en détail une description réaliste, mais de favoriser un raison-

3. « On ne peut éviter le naufrage de la théorie de l'équilibre général qu'en supposant que pour la plupart des entreprises le régime du marché ne s'écarte pas beaucoup de la concurrence parfaite et que les prix ne s'écartent pas beaucoup du coût marginal de production en niveau comme en évolution » (Hicks, 1939, p. 84).

nement qui soit *exact* en ce sens qu'il oriente la décision vers l'action judicieuse (Fixari, 1977).

Les coûts unitaires des facteurs de production sont notés w (*wage*) pour le travail et r (*return*) pour le capital. Il faut que la mesure des coûts soit, comme celle de la production, relative à une année.

r est donc le *coût d'usage* du capital. Il doit couvrir le coût d'un emprunt ou, ce qui revient au même, un coût d'opportunité (ce que l'entreprise aurait obtenu si elle avait placé ses fonds plutôt que d'investir), et couvrir aussi le risque que l'investissement comporte car il se peut que l'entreprise perde sa mise. r est donc, si l'on note p_K le coût unitaire du capital fixe (en le supposant par exemple constitué de machines identiques) :

$$r = p_K(i + \pi),$$

où i est le taux d'intérêt du marché et π la prime de risque de l'activité considérée.

L'efficacité exige que pour chaque volume q de la production l'entreprise choisisse la combinaison des facteurs K et L qui minimise le coût de production : il s'agit donc de minimiser le coût annuel de production $c(q) = rK + wL$ sous la contrainte $q = f(K, L)$.

Il en résulte que, pour chaque valeur de q , K et L doivent être tels que :

$$\frac{\partial q}{\partial K} = \lambda r \text{ et } \frac{\partial q}{\partial L} = \lambda w, \lambda \text{ étant le multiplicateur de Lagrange,}$$

d'où :

$$w \frac{\partial q}{\partial K} = r \frac{\partial q}{\partial L}.$$

Lorsque la fonction de production est spécifiée de façon explicite cette relation permet d'exprimer K et L en fonction de q et d'en déduire la *fonction de coût* :

$$c(q) = rK(q) + wL(q).$$

1.2 Fonction de coût

La théorie à l'œuvre, celle qu'ont en tête les dirigeants et les responsables de la politique économique, *n'est pas* la théorie savante : rares sont en effet ceux d'entre eux qui ont pris la peine de méditer les travaux des grands économistes.

Cette théorie est ce qui reste de cours d'économie écoutés d'une oreille distraite ou scolaire, complétés par des conversations et par la lecture épisodique du journal. Elle se condense en quelques théorèmes dont les conditions de validité sont trop complexes pour rester présentes à l'esprit.

Les théoriciens considèrent la théorie à l'œuvre comme un catalogue d'erreurs de débutant, elle ne les intéresse pas. Il est pourtant nécessaire d'en élaborer une critique car elle a des effets sur l'économie réelle : l'illogisme du raisonnement provoque l'absurdité des décisions.

La théorie actuellement à l'œuvre à « Bruxelles », dans les ministères, à l'OMC, dans les médias, inspirée par la doctrine néo-libérale qui a tant de prestige auprès des conseils d'administration, affirme ainsi l'efficacité de la concurrence parfaite et du libre échange sans se soucier de savoir si l'économie considérée respecte les hypothèses des modèles de Arrow-Debreu (1959) et de Ricardo (1817). Elle recommande aussi la tarification au coût marginal, conseil qu'il serait périlleux de suivre lorsque le rendement d'échelle est croissant.

Cela résulte de la façon étrange dont le cours élémentaire d'économie présente la fonction de coût des entreprises. Il commence, conformément à l'intuition, par dire que le rendement d'échelle est croissant (le coût moyen $c(q)/q$ ou, selon les cas, le coût marginal $c'(q)$ diminue) lorsque le volume produit q est faible, et qu'il devient décroissant à partir d'un certain volume de la production en raison de l'augmentation de la complexité des opérations. En complétant cette hypothèse par quelques autres, le cours démontre ensuite l'efficacité de la concurrence parfaite.

Puis il poursuit en proposant quelques spécifications de la fonction de production : fonction de Cobb-Douglas (1928), fonction à élasticité de substitution constante (CES, *Constant Elasticity of Substitution*) de Solow (1956), fonction à facteurs complémentaires de Leontief (1941) :

$$q = aK^\alpha L^\beta \text{ (Cobb-Douglas),}$$

$$q = k(aK^r + (1 - a)L^r)^{1/r} \text{ (CES),}$$

$$q = \min(aK, bL) \text{ (Leontief).}$$

Ces fonctions (en fait, le plus souvent, la fonction de Cobb-Douglas) sont utilisées dans les modèles économiques et économétriques. Tout calcul fait, les fonctions de coût qui leur correspondent sont les suivantes (nous notons k_i un facteur constant qui diffère d'un cas à l'autre et qui dépend des coefficients de la fonction de production ainsi que de w et de r) :

$$c(q) = k_1 q^{1/(\alpha+\beta)} \text{ (Cobb-Douglas),}$$

$$c(q) = k_2 q \text{ (CES),}$$

$$c(q) = k_3 q \text{ (Leontief).}$$

Avec la fonction de Cobb-Douglas, le rendement d'échelle est constant si $\alpha + \beta = 1$, croissant si $\alpha + \beta > 1$, décroissant si $\alpha + \beta < 1$. Avec la CES ou la fonction à facteurs complémentaires le rendement d'échelle est constant.

Dans ces trois cas, le rendement d'échelle est donc une fonction *monotone* du volume de la production, ce qui est contraire à la présentation initiale selon laquelle ce rendement est d'abord croissant, puis décroissant lorsque le volume produit dépasse un certain seuil.

Un fossé sépare ainsi l'introduction théorique du cours et la technique mobilisée par les modèles. Il en résulte un paradoxe : un modélisateur postulera l'efficacité de la concurrence parfaite tandis qu'il utilise la fonction de Cobb-Douglas, qui contredit l'une des hypothèses sur lesquelles s'appuie la démonstration de cette efficacité.

Pour combler le fossé entre l'intuition et les formulations usuelles de la fonction de production nous proposons une fonction à facteurs complémentaires qui généralise la fonction de Leontief :

$$q = \min(aK^\alpha, bL^\beta) \text{ avec } \alpha > 1 > \beta.$$

Tout calcul fait, la fonction de coût qui lui correspond est :

$$c(q) = r\left(\frac{q}{a}\right)^{1/\alpha} + w\left(\frac{q}{b}\right)^{1/\beta}.$$

Supposons par exemple que :

$$q = \min(K^5, 5L^{0,2}) \text{ et que } w = r = 1.$$

La fonction de coût est alors :

$$c(q) = q^{0,2} + \left(\frac{q}{5}\right)^5.$$

Voici son graphe :

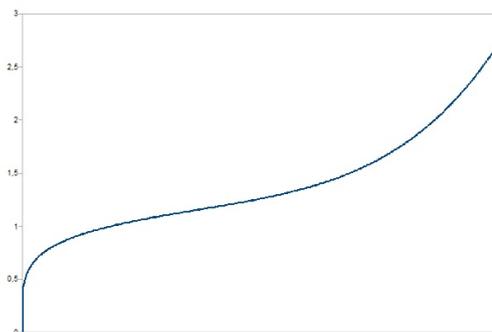


FIGURE 1 – Fonction de coût

Cette fonction de coût est conforme à l'intuition selon laquelle le rendement d'une entreprise est d'abord croissant, puis décroissant. Le coût moyen est minimal pour $q^* = 3,82$. Le rendement est croissant si $q < q^*$ et décroissant si $q > q^*$.

2 Régimes du marché

La théorie économique savante ne se limite pas à la concurrence parfaite : elle sait modéliser des régimes de concurrence imparfaite (Tirole, 1993) (monopole, oligopole, concurrence monopolistique), ainsi que la coopération entre des entreprises et les conséquences d'une asymétrie de l'information (sélection adverse, aléa moral, etc.).

Ces modèles ne sont pas plus compliqués que celui de la concurrence parfaite, mais seule celle-ci et le monopole, qui lui fait pendant, sont présentés dans le cours élémentaire d'économie. La théorie à l'œuvre ignore donc les autres régimes, notamment celui de la concurrence monopolistique.

2.1 Concurrence parfaite

Le régime de concurrence parfaite s'établit sur le marché d'un produit lorsque les hypothèses suivantes sont respectées :

– le rendement de la production du produit par une entreprise est d'abord croissant puis décroissant, de sorte qu'il existe un volume de production q^* tel que le coût moyen $c(q)/q$ soit minimal ;

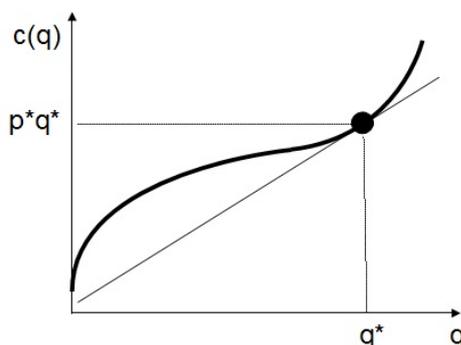


FIGURE 2 – Régime de concurrence parfaite

– pour le prix $p^* = c(q^*)/q^*$ la quantité $D(p^*)$ demandée sur le marché est beaucoup plus importante que q^* ;

– l'entrée d'une nouvelle entreprise sur le marché est libre.

Dans ces conditions on démontre qu'à l'équilibre le prix est p^* , chaque entreprise produit le volume q^* et le nombre des entreprises est $n^* = D(p^*)/q^*$.

Le profit des entreprises est nul mais l'économie est efficace car le coût de production de la branche d'activité $n^*c(q^*)$ est minimal.

Nota Bene : il faudrait dire « profit normal » plutôt que « profit nul » car les entreprises doivent pouvoir compenser le risque que comporte leur activité.

On démontre aussi que le prix p^* est égal au coût marginal $c'(q^*)$ et que pour le volume $q = q^*$ la fonction $c'(q)$ est croissante : l'équilibre s'établit donc dans une zone de la fonction de coût où, le coût marginal étant croissant, *le rendement d'échelle est décroissant*.

Le raisonnement qui permet de démontrer l'efficacité de la concurrence parfaite est subtil sinon très compliqué. La validité de ses résultats est suspendue au respect des hypothèses.

2.2 Monopole

Supposons que le volume de production qui correspond à la demande se trouve dans la zone des rendements croissants de la fonction de coût. Le marché obéit alors au régime du *monopole naturel* : une seule entreprise est en mesure de satisfaire toute la demande et elle peut évincer ses concurrents potentiels en pratiquant un prix plus bas que le leur.

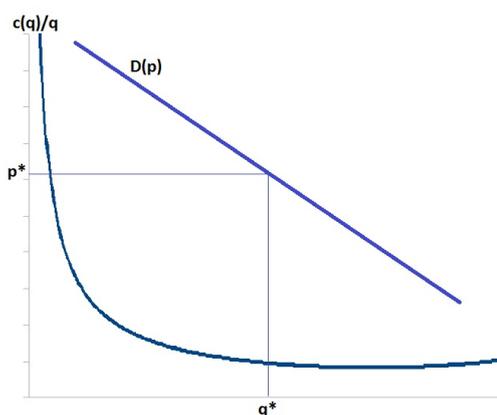


FIGURE 3 – Régime du monopole naturel

La recherche de la maximisation du profit conduit l'entreprise à pratiquer le prix p^* et à produire la quantité q^* .

Si l'on juge le monopole antipathique, c'est pour les raisons suivantes :

- contrairement à la concurrence parfaite, le monopole naturel procure à l'entreprise un profit supérieur à la prime de risque et le prix qu'elle pratique rationne la demande ;

- on peut craindre que l'entreprise monopoliste, sûre de faire du profit, ne soit pas incitée à innover ni même à se soucier de la qualité de son produit ;

- les monopoles ne sont pas tous naturels : il se peut qu'une entreprise s'empare d'une position de monopole par des procédés violents.

Il faut donc que le marché du produit considéré soit soumis à une *régulation* qui interdise l'instauration d'un monopole par des procédés violents et qui, lorsque le monopole est naturel, sache préserver les intérêts des consommateurs et l'incitation à innover.

Il peut arriver qu'un régulateur mal renseigné ou trop dogmatique impose la concurrence sur un marché qui, sans son intervention, aurait obéi au régime du monopole naturel. Dans ce cas la régulation risque d'être contraire à l'efficacité.

Lorsqu'un changement de système technique a lieu, comme c'est le cas avec l'informatisation, la fonction de coût peut être transformée : le régime du marché peut alors changer.

Le monopole naturel est-il inévitable si le rendement d'échelle croissant s'instaure sur un marché qui obéissait auparavant au régime de concurrence parfaite? Non, car il existe une autre possibilité : le régime de *concurrence monopolistique*.

2.3 Concurrence monopolistique

Supposons comme ci-dessus que le volume de production qui correspond à la demande se trouve dans la zone des rendements croissants de la fonction de coût, mais que les consommateurs aient des besoins divers (comme c'est depuis longtemps le cas sur le marché des livres, de la musique, des automobiles, etc.).

Le produit peut alors être diversifié en *variétés* qui se distinguent par leurs attributs qualitatifs et sont destinées chacune à un segment de la clientèle (Robinson, 1933 ; Chamberlin, 1933).

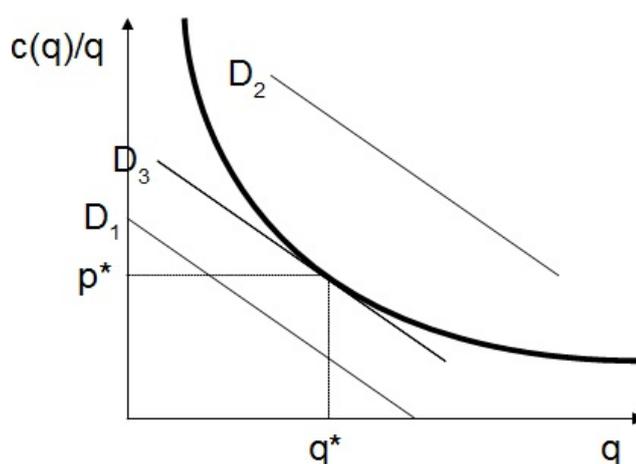


FIGURE 4 – Équilibre avec rendement d'échelle croissant

Cette différenciation permet à plusieurs entreprises de coexister sur le marché de ce produit alors même que le rendement d'échelle est croissant. La différenciation aura pour effet d'accroître quelque peu la demande totale du produit car elle accroît son utilité. Cependant la demande adressée à une variété sera d'autant plus faible que le nombre des variétés offertes est plus élevé.

Chaque entreprise va se trouver en position de monopole sur le segment de clientèle auquel correspond la variété qu'elle produit (on suppose ici qu'une entreprise produit une variété et une seule). Elle se trouvera en concurrence par le prix envers les clients qui sont indifférents entre sa variété et une autre.

– si la demande du produit est faible, la courbe de demande se trouve sous la courbe de coût moyen (cas D_1). La production ne pourrait être que déficitaire : elle est donc nulle ;

– si la demande est forte et que le produit ne se prête à aucune différenciation (cas D_2), le marché est en situation de monopole naturel ;

– si la demande est forte mais que les consommateurs sont sensibles à la diversité des attributs du produit, des entreprises peuvent entrer sur le marché et concurrencer le monopole en offrant d'autres variétés : le produit n'étant pas identique, la dissuasion par une baisse du prix ne peut pas jouer ;

– s'il y a libre entrée sur le marché la différenciation se poursuit jusqu'à ce que la demande adressée à chaque variété soit telle que le profit soit nul ou, plus exactement, « normal » (cas D_3).

Tout comme les autres régimes celui de la concurrence monopolistique se prête à la modélisation mathématique : dans le cas où les variétés ont toutes le même coût de production, le nombre n^* des variétés est déterminé à l'équilibre ainsi que la quantité q^* produite de chacune et leur prix unitaire p^* .

* *

Ce bref examen montre que du point de vue purement théorique un marché peut obéir à trois régimes différents :

– *concurrence parfaite*, si (1) le rendement d'échelle est d'abord croissant, puis décroissant, (2) pour un prix égal au minimum du coût moyen de production, la demande est beaucoup plus forte que la quantité qui correspond à ce minimum ;

– *monopole naturel*, si (1) le rendement d'échelle est croissant, (2) le produit ne se prête pas à une différenciation en variétés (exemple : lingot de cuivre pur) ;

– *concurrence monopolistique*, si (1) le rendement d'échelle est croissant, (2) les besoins des consommateurs sont différenciés.

Savoir si un marché obéit ou non au régime de la concurrence parfaite n'est pas une affaire de conviction ni d'idéologie, mais de physique : la question est

tranchée par la position relative de la fonction de coût et de la fonction de demande.

L'affrontement idéologique entre la concurrence et le monopole occupe cependant tant de place dans la théorie à l'œuvre que l'expression « concurrence monopolistique » semble un oxymore : parmi les économistes eux-mêmes, nombreux sont ceux qui ne sont pas familiers avec ce régime.

Il faut pourtant le considérer car, nous allons le voir, la concurrence monopolistique mérite de devenir, en lieu et place de la concurrence parfaite et du monopole, *la référence* pour les modèles qui formalisent l'économie informatisée.

Un exemple

Nous illustrerons la concurrence monopolistique avec un exemple très simple.

Considérons une plage de longueur L où des vacanciers sont répartis selon la densité uniforme σ .

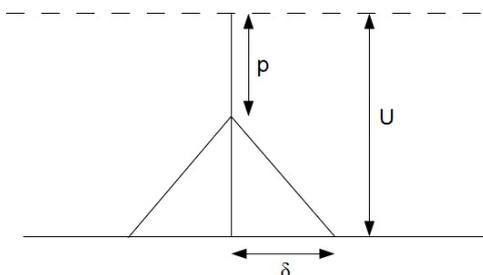
Un marchand de glaces s'installe. Il vend ses glaces au prix p . La consommation d'une glace procure à un vacancier le plaisir U mais l'aller-retour est d'autant plus pénible que la distance d qui le sépare du glacier est plus longue : nous supposons ce désagrément égal à kd .

La satisfaction S que la consommation d'une glace procure à un vacancier est donc :

$$S = U - p - kd.$$

Un vacancier achète une glace (et, supposons-nous, une seule) si sa satisfaction est positive. Le glacier a pour clients les vacanciers qui se trouvent à une distance $d \leq (U - p)/k$. Notons δ la distance limite, $\delta = (U - p)/k$. Le nombre des glaces vendues est :

$$q = 2\sigma\delta = 2\frac{\sigma(U - p)}{k}.$$



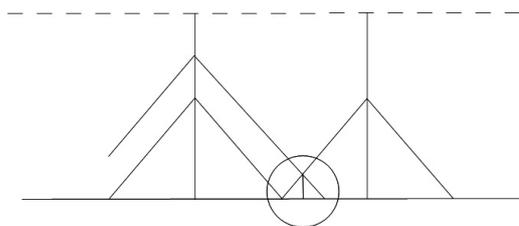
Supposons le coût de production des glaces indépendant du nombre de glaces produites, et réduit au coût fixe C des équipements nécessaires à leur production. Le profit que fait le glacier est $\Pi = 2\sigma(U - p)p/k - C$, qui est maximal pour $p^0 = U/2$.

Si le glacier pratique le prix p^0 son profit est $\Pi^0 = \sigma U^2/2k - C$: il ne peut être positif que si $U > \sqrt{2kC/\sigma}$.

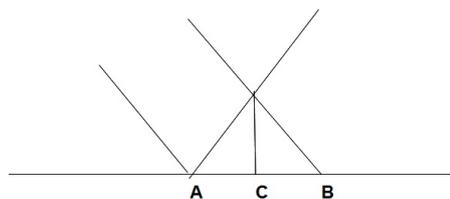
Si Π^0 était négatif aucun glacier ne s'installerait sur la plage. Nous supposons qu'il est positif, et aussi que la longueur L de la plage est beaucoup plus grande que la largeur 2δ du segment servi par un glacier.

Le profit attire alors d'autres glaciers. Le deuxième s'installe loin du premier mais progressivement la plage entière est servie par des glaciers dont les « territoires » se touchent et qui font tous le même profit Π^0 .

Chaque glacier se trouve alors en concurrence par le prix avec ses deux voisins. Supposons en effet que ces voisins pratiquent tous le prix p^0 : si le glacier G pratique un prix inférieur à p^0 , il étend son territoire à leur détriment mais cet élargissement de son marché est deux fois moins sensible à la baisse de son prix qu'il ne l'aurait été si G avait été seul sur la plage.



Pour comprendre cela, il faut être attentif à l'intérieur du cercle dans le graphique ci-dessus, où l'on voit ce qui se passe entre G et le glacier G' qui se trouve à sa droite.



Quand G réduit son prix son territoire s'étend à droite et à gauche. Si G était seul sur la plage il gagnerait sur sa droite la longueur AB . Mais G' se trouve à sa droite et un vacancier qui se trouve sur le segment CB préférera G' car sur ce segment G' procure plus de satisfaction que G . G ne peut donc gagner en réduisant son prix que la longueur $AC = AB/2$.

Chaque glacier se trouve ainsi en position de monopole sur un segment de plage et en concurrence par les prix avec ses voisins : c'est pourquoi l'on dit que le régime de ce marché est la concurrence monopolistique.

L'évolution ne s'arrête cependant pas là. Le profit étant encore positif, de nouveaux glaciers sont incités à s'installer sur la plage, ce qui va comprimer le territoire (et le profit) des autres. L'installation des nouveaux glaciers va se poursuivre jusqu'à ce que le profit soit nul : le marché aura alors atteint l'équilibre de concurrence monopolistique.

Lorsque le glacier est seul sur le marché, la demande qui lui est adressée est $q = 2\sigma(U - p)/k$. Le prix p qui lui permet de servir exactement le segment de largeur 2δ est égal à $U - k\delta$. Le volume de la demande est alors $q = 2\sigma\delta$.

Si le glacier a des voisins avec lesquels il entre en concurrence par le prix, l'expression de la demande diffère de la précédente parce que l'effet d'une baisse du prix est deux fois moins fort que si le glacier était seul sur la plage : on a donc alors $dq/dp = -\sigma/k$.

Pour trouver les valeurs de p^* , δ^* et n^* à l'équilibre de concurrence monopolistique il faut exprimer (1) que le profit est maximal, (2) que le profit est nul.

Le profit $pq - C$ est maximal si $pdq + qdp = 0$, soit $dq/dp = -q/p$, et il est nul si $pq = C$. On trouve donc :

$$p^* = \sqrt{kC/\sigma},$$

$$q^* = C/p^* = \sqrt{\sigma C/k},$$

$$\delta^* = q^*/2\sigma = (1/2)\sqrt{C/k\sigma},$$

$$n^* = L/2\delta^* = \sigma L/q^* = L\sqrt{k\sigma/C}.$$

Le nombre des glaciers est d'autant plus élevé que la plage est plus longue, la densité des vacanciers plus forte et leur sensibilité à distance plus grande ; il est d'autant moins élevé que le coût fixe est plus important. Le prix d'une glace est d'autant plus élevé que les vacanciers sont plus sensibles à la distance et que le coût fixe est plus important, d'autant moins élevé que la densité des vacanciers est plus forte.

* *

Nota Bene 1 : $k\delta^* + p^* = (3/2)\sqrt{kC/\sigma}$. Il faut que $U \geq k\delta^* + p^*$ pour que le consommateur qui se trouve équidistant entre deux glaciers bénéficie d'une utilité positive. La condition $U > \sqrt{2kC/\sigma}$ pour qu'un premier glacier puisse s'installer sur la plage est alors respectée *ipso facto*.

Nota Bene 2 : Le surplus moyen d'un consommateur est $U - p^* - k\delta^*/2 = U - 5kL/4n^*$. Toutes choses égales d'ailleurs, la satisfaction d'un consommateur est donc d'autant plus élevée que le nombre n^* est plus grand.

Nous pouvons généraliser les résultats que fournit cet exemple. Considérons le marché d'un produit susceptible d'être différencié en variétés dont la production demande le même coût fixe et qui se distinguent l'une de l'autre par la valeur x d'un paramètre qui soit la « mesure » d'un attribut qualitatif. Ce modèle simple ne considère pas les « niveaux de qualité » qui peuvent résulter du degré de finition du produit, mais seulement les différences qualitatives entre des variétés ayant le même coût de production.

Supposons que chaque consommateur ait une variété préférée x^0 dont la consommation lui procure le plaisir U , les autres variétés lui procurant un plaisir moindre $U - k|x - x^0|$. Supposons que l'étendue de la différenciation en variétés embrasse un intervalle de longueur L parmi les valeurs de x .

Si nous notons de la distance $|x - x^0|$, la satisfaction qu'une variété procure au consommateur s'écrit comme ci-dessus $S = U - p - kd$: chaque consommateur évalue de façon subjective la qualité des variétés du produit, selon ses propres besoins et préférences. Si l'on prenait en compte la diversité des degrés de finition il faudrait dire que le consommateur évalue leur rapport qualité/prix.

Le raisonnement étant le même à partir de cet instant, les résultats sont identiques : le marché de ce produit obéit au régime de la concurrence monopolistique, à l'équilibre le nombre des variétés offertes sera n^* et leur prix sera p^* .

Le marché se divise en segments au centre desquels se trouve la variété offerte par une entreprise. Celle-ci jouit d'un monopole à l'intérieur de ce segment et se trouve en concurrence par le prix à sa frontière.

Ce résultat s'étend au cas où les variétés se différencient selon deux attributs x et y : le découpage du marché se fait alors non sur une droite mais sur un plan, chaque segment étant délimité par un hexagone dont le centre représente une variété offerte.

L'entreprise est en position de monopole envers les clients dont le besoin est représenté par un point intérieur à l'hexagone, un client dont le besoin est situé sur la frontière de deux hexagones choisit indifféremment entre deux variétés (trois s'il se trouve au sommet d'un hexagone) et l'entreprise est en concurrence par le prix avec celles qui offrent les variétés placées au centre des hexagones voisins.

Le raisonnement s'étend mutatis mutandis au cas où les variétés se différencient selon plusieurs attributs x, y, z , etc.

Comme tout modèle celui de la concurrence monopolistique est essentiellement schématique : il montre seulement, en partant d'hypothèses fortement simplificatrices, comment peut s'établir un équilibre de long terme sur un marché où sont offertes (et demandées) diverses variétés d'un même produit. Il n'apporte rien de plus, et rien de moins.

Il n'éclaire donc pas la dynamique de l'entrée des nouvelles entreprises sur le marché (comment choisissent-elles la variété qu'elles vont offrir ? comment réagissent les autres entreprises ?), mais seulement l'aboutissement de cette dynamique, aboutissement qui se situe dans le long terme et qui peut, comme l'horizon, reculer à mesure que le temps avance. Il n'éclaire pas non plus l'innovation qui, changeant le coût fixe et faisant apparaître de nouveaux paramètres qualitatifs (et donc de nouveaux besoins), transforme les conditions de l'équilibre.

Ce modèle, qui aboutit à un équilibre et donc à une statique, appelle le dépassement qui permettra de modéliser une dynamique (il en est de même, notons le, du modèle de la concurrence parfaite) : mais c'est là un autre travail que celui que nous avons présenté ici.

2.4 Fonction de production macroéconomique

La fonction de production que nous avons considérée concerne *une* entreprise (plus précisément, une fraction d'entreprise consacrée à la fabrication d'un produit). Les modèles macroéconomiques utilisent la technique de l'*agent représentatif* pour raisonner sur une branche d'activité (ensemble des fractions d'entreprise qui fabriquent un même produit) ou même sur un pays entier, assimilés alors à une entreprise unique.

La fonction de production d'un tel agrégat n'est cependant pas celle qui convient pour une entreprise. Supposons que le marché du produit considéré obéisse au régime de la concurrence parfaite ou de la concurrence monopolistique. Les n^* entreprises produisent chacune la quantité q^* . Si la demande croît, l'augmentation de la production se fera par croissance du nombre des entreprises. Il en résulte que la fonction de production de la branche d'activité est à rendement constant.

q^* est fonction de w et de r : si le prix relatif des facteurs change, les quantités K et L mises en œuvre par chaque entreprise changent également. Il est donc légitime de représenter la production d'une branche d'activité par une fonction de Cobb-Douglas à rendement constant : c'est ce qui explique le succès de cette fonction dans la modélisation macroéconomique.

Par ailleurs les modèles qui formalisent la croissance (Ramsey, 1928) et ceux qui fondent la théorie des échanges internationaux (Ricardo 1817, Heckscher-Ohlin 1933, Helpman 1985) assimilent un pays entier à une entreprise et l'ensemble de sa production à un ou deux produits.

Dans ce cas, w et r ne peuvent plus être considérés comme des paramètres du modèle car le prix d'un facteur de production augmente s'il est davantage demandé : il est donc légitime de postuler dans ces modèles un rendement d'échelle *décroissant*.

Les économistes ne devraient cependant pas utiliser, lorsqu'ils considèrent les entreprises, des fonctions de production qui ne peuvent être légitimes qu'au niveau d'un agrégat macroéconomique.

3 Économie du dimensionnement

Les réseaux (télécoms, transport aérien, routes, électricité, etc.) ont en commun d'exiger un investissement important et de répondre à une demande aléatoire.

Un réseau est soit une infrastructure dont le coût d'exploitation est faible à condition d'en assurer la maintenance (routes, télécommunications), soit une plate-forme de service dont le coût d'exploitation est élevé mais dépend peu du volume du service produit (transport aérien), soit une juxtaposition de moyens de production dont les plus coûteux sont mis en œuvre progressivement lorsque la charge du réseau augmente (énergie).

3.1 Fonction de coût d'un réseau

La fonction de production d'un réseau est à coût fixe une fois celui-ci construit car il peut fournir des services dont le coût marginal est nul ou négligeable (communication téléphonique en dehors de l'heure de pointe, siège libre d'un avion, etc.) : on peut donc dire qu'elle est « à demi à coût fixe ». Le coût de la construction du réseau est fonction de la dimension que lui donnent ses promoteurs : nombre de lignes principales du réseau téléphonique, nombre d'avions d'un transporteur aérien, etc.

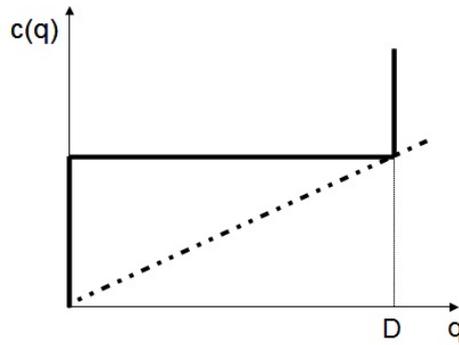


FIGURE 5 – Fonction de coût d'un réseau

Dans le graphique ci-dessus, le coût du dimensionnement est représenté par la courbe en pointillé et le coût du fonctionnement par la courbe en trait plein. Le trafic ne peut pas outrepasser le volume D .

Cette forme de la fonction de coût incite à réexaminer la fonction de production $q = \min(aK^\alpha, bL^\beta)$: si α est grand et β petit on retrouve en effet le graphe ci-dessus.

Supposons par exemple que :

$$q = \min(K^{100}, 5L^{0,01}) \text{ et que } w = r = 1.$$

La fonction de coût est alors :

$$c(q) = q^{0,01} + \left(\frac{q}{5}\right)^{100},$$

et son graphe est le suivant :



FIGURE 6 – Fonction de coût d'un réseau

Dans ce cas le dimensionnement est $D = 5$. Le coût de production est pratiquement constant pour $q < 5$ et pratiquement infini pour $q > 5$. Le volume du capital est pratiquement indépendant de q et égal à 1. Comment interpréter cela ⁴ ?

Si l'on considère K comme un *dimensionnement*, concept plus ample que celui de capital, il faut donner aux facteurs K et L une interprétation qui diffère de celle retenue jusqu'ici.

rK représente le coût annualisé du dimensionnement répondant à la demande anticipée : il recouvre donc, outre le coût de l'investissement proprement dit, le coût d'exploitation attaché au fonctionnement des équipements (supervision, maintenance, exploitation courante). Dans le cas du transport aérien par exemple rK comporte, outre le coût annualisé des avions, celui des équipages nécessaires à leur mise en œuvre.

L représente alors le travail qui sera nécessaire pour atteindre un niveau de production qui outrepassa les exigences du dimensionnement : il est négligeable lorsque q est petit, il devient de plus en plus important quand q augmente.

rK est donc la dépense qui correspond au niveau de production anticipé tandis que wL est le coût supplémentaire que l'entreprise doit supporter lorsque la production dépasse ce niveau.

Cette définition de K et de L convient évidemment pour une activité fortement capitaliste, telle que le coût du *travail stocké* K soit beaucoup plus important, pour le niveau de production anticipé, que le coût du *flux de travail*.

C'est le cas pour la production d'un microprocesseur : le dessin des masques, les équipements nécessaires pour les projeter sur le silicium, les installations, représentent un investissement d'une dizaine de milliards de dollars. Le flux de travail des opérateurs de la salle blanche est négligeable en regard du travail qui a été stocké dans le capital.

La capacité de production annuelle a certes une limite b , mais elle est tellement élevée que l'on est *a priori* certain de ne jamais la dépasser. Il en est de même pour la production d'un grand logiciel : programmer un système d'exploitation demande de l'ordre d'une dizaine de milliards de dollars et le coût de la distribution est négligeable en regard du coût de la conception.

Le cas d'un réseau est différent. Un réseau est un automate dont la conception est cohérente : il constitue donc *une* unité de capital. Le coût de cette unité est un prix p_K qui dépend du dimensionnement b selon une relation que nous supposons linéaire ; il en résulte que $r = kb$, de sorte que la fonction de

4. Dans le plan (K, L) , le « sentier efficace » devient pratiquement la verticale $K = 1$ et le système reste figé au point $(K = 1, L = 0)$ tant que $q < D$.

coût d'un réseau s'écrit de façon générale :

$$c(q) = kb\left(\frac{q}{a}\right)^\alpha + w\left(\frac{q}{b}\right)^\beta, \text{ avec } \alpha \text{ grand et } \beta \text{ petit.}$$

On peut aussi écrire, selon une approximation admissible :

$$c(q) = kb \text{ si } q \in]0, b], c(q) = \infty \text{ si } q > b.$$

Le dimensionnement b d'un réseau (télécoms, transport aérien, chemin de fer, routes etc.) est fonction du trafic anticipé en période de pointe t^a et du taux de blocage τ jugé admissible durant cette période :

$$b = f(t^a, \tau).$$

Le trafic en dehors de la période de pointe a un coût de moyen terme nul, puisqu'il ne conduit pas à réviser l'anticipation t^a , et un coût de court terme soit nul (trafic télécoms en dehors de l'heure de pointe), soit très faible (passager occupant un siège d'avion qui autrement serait resté libre).

Le trafic qui excède la capacité en heure de pointe est refoulé : il a donc un coût de court terme nul mais son coût de moyen terme ne l'est pas car sa prise en compte induit une révision de l'anticipation t^a .

La définition de l'heure de pointe, ainsi que du taux de blocage τ jugé admissible à l'heure de pointe, est un enjeu important.

Les opérateurs télécoms définissent par exemple deux périodes de pointe pour la téléphonie : l'une s'étale sur les heures de bureau du matin et de l'après-midi et correspond à un taux de blocage faible ; l'autre concerne la pointe du soir, provoquée par le trafic résidentiel, et correspond à un taux de blocage plus élevé. Le trafic d'affaires et le trafic résidentiel n'ayant pas la même répartition géographique, leurs matrices de trafic sont différentes.

Le dimensionnement du réseau se fait donc en deux étapes, d'abord de façon à satisfaire la demande d'affaires, puis en tenant compte du trafic résidentiel. Les taux de blocages sont établis de façon à minimiser le coût tout en fournissant une qualité de service socialement admissible. L'arbitrage entre ces deux objectifs est fait de façon empirique.

Le dimensionnement des routes suit une démarche analogue. Il part d'une mesure du trafic prévisionnel, les périodes de pointe se situant selon les artères considérées le matin et le soir (trafic pendulaire domicile-travail dans les régions urbaines) ou dans la saison touristique.

L'offre d'un service obéit elle aussi à l'économie du dimensionnement : le nombre des agences locales, les effectifs employés, la formation qui leur est dispensée résultent d'une anticipation de la demande et, comme pour un réseau, de la prise en compte de son caractère aléatoire.

3.2 Demande aléatoire

Des modèles prévoient la demande adressée à un réseau à un instant donné en fonction des facteurs qui l'expliquent. Ces modèles sont probabilistes : même si l'incertitude est limitée par la prise en compte de tous les facteurs explicatifs, la demande est aléatoire par nature.

Le modèle fournit ainsi non une prévision de la demande, mais celle des paramètres d'une loi statistique à laquelle la demande se conforme à chaque instant (il s'agit le plus souvent d'une loi de Poisson qui peut être approchée par une loi de Laplace-Gauss).

Supposons donc que la demande x obéit à chaque instant à une distribution statistique représentée par la loi de Laplace-Gauss $\mathcal{N}(m, \sigma)$. Nous noterons $f(x)$ la densité de probabilité, $F(x)$ la fonction cumulative.

Nota Bene : $\mathcal{N}(m, \sigma)$ est ici l'approximation d'une loi Log-normale : m est assez grand par rapport à σ pour que la probabilité des valeurs négatives de x soit négligeable.

Le réseau doit être dimensionné de sorte que le taux de blocage soit égal à la valeur socialement admissible τ .

Le coût du réseau peut être approché au premier ordre par une fonction affine de son dimensionnement, soit $C = \alpha + \beta(m + k\sigma)$, avec $\beta > 0$ et $k > 0$. Il en résulte que :

$$\partial C / \partial \sigma = \beta k > 0.$$

Si l'incertitude augmente le réseau doit donc être dimensionné plus largement pour assurer une qualité de service égale.

Or plusieurs réseaux (télécommunications, transport aérien, chemin de fer etc.) sont passés dans les dernières décennies d'un régime de monopole (naturel ou prescrit par le droit) à un régime de concurrence.

Ce passage a accru toutes choses égales d'ailleurs σ et donc le coût du réseau, car il a dégradé l'information disponible sur la demande : alors qu'un monopole peut observer toute la demande, l'entreprise en concurrence ne connaît que celle qui lui est adressée et sa part de marché connaît des fluctuations en partie aléatoires.

Lorsque les réseaux télécoms ont commencé à transporter le trafic de l'Internet l'incertitude a encore été accrue. Alors que les communications téléphoniques demandent un débit de 64 kbit/s et que la distribution de leur durée est concentrée autour de la moyenne (trois minutes), les services de l'Internet demandent des débits divers (selon qu'il s'agit de transférer un texte, une image ou une vidéo) et exigent des communications de durée également diverse (une bouffée de bits pour le transfert d'un texte, un long flux continu pour une

vidéo en *streaming*).

Notons x_t la demande à l'instant t et D le dimensionnement du réseau. Si $x_t < D$ tous les clients peuvent être servis. Si $x_t > D$ il faut renoncer à servir une partie des clients.

Le nombre moyen M des clients servis à chaque instant est :

$$M = \int_{-\infty}^D xf(x)dx + D[1 - F(D)].$$

On trouve tout calcul fait (Volle, 2000) :

$$M = mF(D) - \sigma^2 f(D) + D[1 - F(D)],$$

et que le taux de blocage est :

$$\tau = \frac{m - M}{m} \text{ (si par exemple } D = m, \tau = \frac{\sigma}{m\sqrt{2\pi}}).$$

Les relations ci-dessus permettent de définir D selon le niveau τ du taux de blocage désiré.

Notons p le prix de vente d'une unité de trafic et a le coût d'une unité de dimensionnement rapporté à une période de trafic. Le profit lors de cette période est $\Pi = pM - aD$.

Le calcul montre que le dimensionnement qui maximise le profit est :

$$D^* = F^{-1}\left(\frac{p - a}{p}\right).$$

4 L'ïconomie

Le modèle de l'ïconomie tire les conséquences des deux postulats qui caractérisent l'ïconomie informatisée :

- 1) **Les tâches répétitives sont automatisées.**
- 2) **La fonction de production est à coût fixe.**

Nous les examinerons puis en tirerons les conséquences :

- les marchés obéissent au régime de la concurrence monopolistique ;
- tout produit est un assemblage de biens et de services, élaboré par un partenariat ;

- la régulation détermine le régime du moteur de l’innovation ;
- le cerveau humain est une ressource naturelle inépuisable ;
- la fonction de commandement n’est pas *hiérarchique* ;
- l’iconomie indique l’orientation pour sortir de la crise.

4.1 Les tâches répétitives sont automatisées

L’écran-clavier fixe ou mobile offre une interface vers la *ressource informatique* composée de l’ensemble des processeurs, mémoires, logiciels, documents numérisés et réseaux. Cet ensemble constitue *un* automate programmable auquel l’Internet confère l’ubiquité, l’APU (*automate programmable ubiquitaire*) (Volle, 2006).

Les documents (textes, sons, images fixes ou animées) que l’APU met ainsi à disposition entourent le monde d’une *doublure documentaire* accessible à tout moment et depuis n’importe quel endroit. Les programmes, dont le code source est lui-même un texte⁵, permettent d’enrichir cette ressource, de la consulter, de réaliser des calculs.

L’action de cet automate s’étend au monde de la matière grâce à des équipements périphériques : bras et outils des robots, capteurs et commandes du pilote automatique, imprimantes 3D, etc. L’informatique accomplit ainsi la promesse ancestrale de la magie : *agir sur les choses en prononçant des mots*, en l’occurrence le texte d’un programme.

On a dans les années 1970 nommé « système d’information » (Mélèse, 1972) le dispositif qui concrétise l’informatisation d’une entreprise. Celle-ci consiste essentiellement à faire réaliser par l’automate les tâches répétitives, physiques ou mentales, qui se prêtent en effet à la programmation.

Lorsque les tâches répétitives sont automatisées celles qui ne le sont pas doivent être réalisées par des êtres humains : l’informatisation remodèle ainsi l’organisation de l’entreprise.

Si le principe « automatiser les tâches répétitives » est simple, son application est délicate car elle doit tenir compte des caractéristiques propres à l’automate et à l’être humain.

L’être humain est sujet à l’ennui et à la fatigue (c’est pourquoi le travail répétitif ne lui convient pas). Sa mémoire est infidèle et il lui arrive de commettre des étourderies.

L’automate lui apporte donc une assistance utile mais il n’est pas parfait

5. Le code exécutable (ou « code objet ») que procure la compilation *n’est pas* un texte car la suite de 0 et de 1 qui le compose est illisible, tout comme est illisible celle qui transcrit un document quelconque pour qu’il puisse être traité par un processeur.

lui non plus. Les processeurs et mémoires sont dégradés par le vieillissement, les liaisons que le réseau comporte peuvent être coupées accidentellement. Par ailleurs aucun programme ne comporte la réponse à toutes les situations que peut présenter le monde de la nature : dans le programme le mieux conçu et le mieux vérifié la probabilité d'un défaut est de 1/10 000 lignes de code source⁶ (Printz, 2006).

L'automate doit donc être l'objet d'une *supervision* assurée par des êtres humains. Contrairement à l'automate, qui ne peut rien faire d'autre qu'exécuter un programme, ceux-ci sont en effet capables de réagir devant l'imprévu, d'interpréter une situation particulière, d'user de discernement.

L'automate ne fait pas que remplacer le travail répétitif : il apporte une efficacité qui, sans lui, ne pourrait pas être atteinte. Le pilote automatique d'un avion de ligne permet par exemple de maintenir celui-ci dans la position qui minimise la consommation de carburant, position qui serait pour un pilote humain aussi difficile que de tenir une assiette en équilibre sur une épingle.

Les tâches répétitives étant automatisées, le travail humain se concentre sur le travail non répétitif : traitement de cas particuliers, réponse à des situations imprévisibles, conception de nouveaux produits, etc. Dans l'entreprise informatisée, le processus productif entrelace ainsi des automatismes avec des appels au discernement humain. Les agents de la première ligne qui, se trouvant en face du client, sont les mieux placés pour comprendre et traiter un cas particulier, ne doivent donc pas voir leur initiative bridée par un système d'information contraignant.

La réussite de la coopération entre l'être humain et l'automate suppose une répartition fine de leurs responsabilités. Si l'on automatisait à fond une centrale nucléaire, il ne se produirait qu'un incident tous les trois ans en moyenne et dans l'intervalle les opérateurs humains perdraient leur compétence et leur capacité d'action. Il convient donc de sous-automatiser ces centrales. Un problème analogue se pose pour le pilotage des avions.

L'informatisation ne se limite donc pas à la programmation de l'automate, fût-elle subtile : elle doit réussir son articulation, son *alliage*, avec la ressource mentale de l'être humain – et donc tenir compte de sa psychologie comme de la sociologie dans laquelle il s'insère. Définir de façon adéquate la frontière de l'automatisation requiert un art que le principe « automatiser les tâches répétitives » résume selon le schématisme à gros grain qui suffit à la théorie économique – mais il ne peut pas répondre à toutes les exigences de l'action.

6. Windows XP, avec ses 40 millions de lignes de code, comporte ainsi au moins 4 000 défauts qui provoquent des incidents.

4.2 La fonction de production est à coût fixe

Dire que la fonction de production est à coût fixe, c'est dire qu'elle est telle que le coût marginal soit nul : la fonction de coût d'un produit se réduit au coût du capital $C = rK$ de conception, organisation et investissement de telle sorte que $c(q) = C$.

Le rendement d'échelle est alors évidemment croissant.

Cette forme de la fonction de coût s'obtient à partir de la fonction de production $q = \min(aK^\alpha, bL^\beta)$ en supposant qu' α est grand, que β est petit, et que b est très supérieur au volume qui serait demandé pour le prix minimal C/b : la contrainte de dimensionnement est alors sans effet.

Dans les faits le coût marginal d'un produit n'est bien sûr jamais exactement nul, même pour un logiciel car celui-ci ne peut pas parvenir entre les mains de son utilisateur sans supporter un coût de distribution : toutefois ce coût est très faible en regard du coût de conception C . Il est donc légitime de supposer que le coût marginal d'un logiciel est négligeable et, poussant pour simplifier l'hypothèse à l'extrême, de postuler qu'il est nul.

Il en est de même pour les composants micro-électroniques : la conception d'un nouveau micro-processeur et l'installation nécessaire pour le produire coûtent de l'ordre d'une dizaine de milliards d'euros mais la matière première est peu coûteuse et la production, automatisée, nécessite peu d'emplois. Certes, le volume de cette production sera limité par le dimensionnement de l'installation mais cette limite est usuellement tellement élevée qu'elle ne sera pas ressentie.

L'Internet, enfin, obéit comme tout réseau à l'économie du dimensionnement, qui est « à demi à coût fixe ». Pour simplifier le raisonnement nous supposons que sa production est elle aussi à coût fixe : cela revient à supposer que l'Internet est largement dimensionné en regard des besoins.

Ainsi nous pouvons, de façon schématique, dire que la fonction de production des trois techniques fondamentales du système technique contemporain est à coût fixe. Ces techniques fournissent l'essentiel des équipements informatiques (serveurs, ordinateurs, routeurs, passerelles, etc.), qui les assemblent sous une carapace protectrice et leur ajoutent des interfaces avec l'être humain (clavier, écran, boutons, connecteurs). Le coût de cette carapace et de cet assemblage est assez faible pour que l'on puisse dire que la fonction de production des équipements informatiques est à coût fixe.

Ces équipements prennent une place importante dans la mécanique, la chimie et l'énergie : une automobile, un avion, une usine chimique, un réseau de production d'énergie sont fortement informatisés et le coût de leur informatisation représente une large part du coût de production.

On ne peut plus dire cependant ici que le coût marginal soit nul : certaines matières premières sont coûteuses, le travail d'assemblage est important. Mais le coût initial de conception du produit, d'ingénierie de la production et de programmation des automates est tellement élevé que le rendement d'échelle est croissant quel que soit le niveau de la production.

Alors qu'elle se trouve au cœur de l'entreprise, la fonction de coût détermine le régime du marché dans lequel celle-ci baigne : sa forme résume le rapport physique, pratique, entre l'entreprise et la nature. Lorsque le rendement d'échelle est croissant, le marché obéit soit au régime du monopole naturel, soit à celui de la concurrence monopolistique, et ce dernier s'impose lorsque les besoins des consommateurs sont diversifiés, ce qui est le cas pour la plupart des produits.

Pour schématiser l'économie informatisée et en construire la théorie il est donc raisonnable de pousser à l'extrême le constat du rendement d'échelle croissant, qui résulte de l'informatisation, en postulant que la fonction de production de tous les produits est à coût fixe.

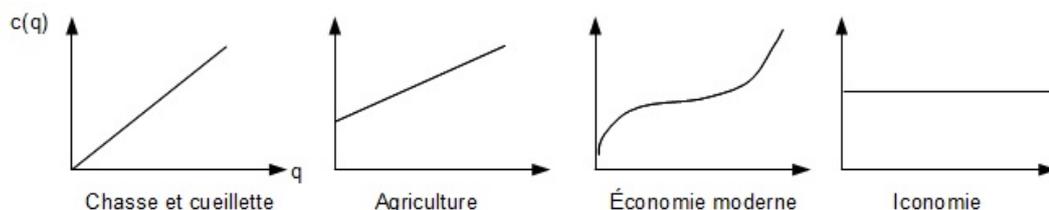


FIGURE 7 – Évolution historique de la fonction de coût

Comme tout le coût de production réside alors par hypothèse dans le capital fixe, l'économie informatisée est *ultra-capitalistique*.

Si l'on se rapporte à la fonction de production $q = f(K, L)$, où K représente le travail stocké antérieurement à la production et L le flux de travail nécessaire à la réaliser, on voit que le travail n'intervient plus que sous la forme d'un stock : *le capital est devenu le seul facteur de production*.

L'expression $q = f(K)$ serait cependant inexacte puisque le capital fixe K permet de produire une quantité quelconque. Le niveau K du capital détermine en fait non la quantité q qui sera produite, mais le niveau q_A de la qualité du produit : il faut d'autant plus de capital fixe que cette qualité est plus élevée.

La fonction de production qui correspond à la fonction de coût $c(q) = C$, où C est le coût du capital K , est donc en fait $q_A = f(K)$. *L'économie informatisée est une économie de la qualité* et ce fait a, nous le verrons, d'importantes conséquences.

4.3 La concurrence monopolistique

Nous avons vu que lorsque le rendement d'échelle de la production était croissant le régime du marché était soit celui du monopole naturel, soit celui de la concurrence monopolistique. Nous avons dit aussi que ce dernier serait celui des produits qui sont destinés à une clientèle dont les besoins diffèrent, donc en fait celui de la plupart des produits.

Nous allons quitter ces généralités pour examiner comment la concurrence monopolistique se manifeste en pratique.

Différenciation des produits

L'activité productrice élabore des biens et des services. Un *bien* est une chose qui est dotée d'une masse et occupe un volume dans l'espace. Un *service* est, comme le disent les économistes, « la mise à disposition *temporaire* d'un bien ou d'une compétence » (Demotes-Mainard, 2003).

Tout produit consiste en un bien, un service, ou un assemblage de biens et de services (Debonneuil, 2007). Certains disent « produits et services » au lieu de « biens et services » : ce vocabulaire est malencontreux car il donne à croire que les services ne résultent pas d'une activité productrice.

La plupart des produits se prêtent à une différenciation qualitative en *variétés* : que l'on pense aux livres, aux automobiles, aux services d'hôtellerie, etc. Cette différenciation peut être verticale et horizontale :

- verticale : les variétés se distinguent l'une de l'autre par leur degré de finition q_A , auquel correspondent des degrés du coût fixe C ;
- horizontale : la différenciation porte sur des attributs qualitatifs (couleur ou forme différente) pour un degré de finition et un coût fixe équivalents.

À chaque variété correspond un *segment de clientèle* contenant les consommateurs qui jugent son rapport qualité/prix supérieur à celui des autres variétés. La variété considérée a un monopole sur ce segment et elle est en concurrence par le prix auprès de ceux des consommateurs qui sont *a priori* indifférents entre les qualités de deux variétés : c'est la raison pour laquelle ce régime du marché a été nommé « concurrence monopolistique ».

Si l'on représente les attributs du produit selon les coordonnées d'un plan où les clients sont distribués de façon uniforme selon leurs préférences, et si l'on suppose la différenciation horizontale, celle-ci découpe le plan selon une géométrie en nid d'abeille : la surface de chaque hexagone représente le segment sur lequel la variété a un monopole, son contour est la frontière où elle est en concurrence par le prix avec les variétés voisines.

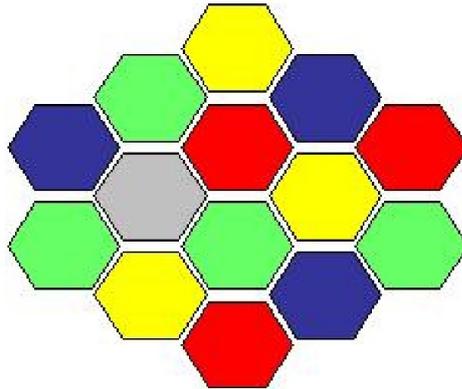


FIGURE 8 – Segmentation du marché

Le modèle de la concurrence monopolistique (Dixit et Stiglitz, 1977) montre que le nombre des variétés est d'autant plus grand que les clients sont plus sensibles à la diversité de leurs attributs ou que le coût fixe de leur production est plus faible.

* *

Sous ce régime chaque entreprise doit chercher à offrir la variété qui lui procurera un monopole sur un segment de clientèle (« monopole de niche ») : il faut que cette variété se distingue par des attributs susceptibles d'attirer des consommateurs.

Or chaque produit est composé soit d'un *service* (consultation médicale, location d'une chambre d'hôtel, etc.), soit de l'assemblage d'un *bien* (automobile, téléviseur, etc.) avec des services (conseil avant-vente, financement d'un prêt, information, maintenance, dépannage, remplacement à la fin du cycle de vie, etc.) qui contribuent à son utilité.

Ainsi l'offre des ascenseurs comporte des services d'entretien et de dépannage rapide, l'offre des réacteurs des avions de ligne comporte des services de supervision, maintenance, dépannage, etc.

Il se trouve que l'informatisation permet une extrême différenciation des services et des formules tarifaires (paiement à l'acte, au forfait, achat de l'accès à un « bouquet », etc.). L'analyse des données permet de délimiter les segments de clientèle, les outils de CRM (« *customer relationship management* ») permettent une approximation de la personnalisation du produit (qui, dans l'absolu, ne pourrait être atteinte que par une production artisanale).

Il en résulte que la différenciation est souvent obtenue par les seuls services, associés à un bien par ailleurs identique : depuis que les brevets de Xerox

sont tombés dans le domaine public les machines à photocopier sont toutes les mêmes, les fournisseurs ne se distinguant que par la qualité du service et, notamment, la rapidité des dépannages. Entre les constructeurs automobiles, la concurrence porte autant sur la qualité du service que rend le réseau des concessionnaires que sur la qualité des voitures.

Ainsi dans l'économie informatisée tous les produits sont soit des assemblages de biens et de services, soit de purs services. L'informatisation a permis de diversifier les services et de réduire leur coût et c'est eux qui, autant ou même plus que la qualité du bien, déterminent le rapport qualité/prix du produit.

Le coût de production du produit est la somme de celui du bien et des services qui lui sont associés. Nous avons supposé que la production du bien était à coût fixe. Celle des services l'est aussi s'ils sont automatisés (c'est le cas de ceux que rend un site Web bien conçu) mais aussi s'ils nécessitent une intervention humaine (face-à-face dans une agence bancaire ou avec un vendeur, conversation téléphonique avec un plateau, dépannage chez le client, etc.).

De tels services sont en effet organisés en réseau (réseau d'agences, de concessionnaires, etc.) et obéissent donc à l'économie du dimensionnement : l'organisation d'un réseau d'agences est un investissement dont le volume est déterminé par l'anticipation de la demande. Or le schéma que nous avons retenu admet l'approximation selon laquelle le coût d'un réseau est un coût fixe.

Dialectique de la technique et de l'usage

L'équilibre d'une économie est semblable à celui d'une voûte dont les deux moitiés s'appuient l'une sur l'autre. La production ne peut pas tenir debout toute seule : il faut qu'elle puisse s'appuyer sur une consommation qui absorbe ses produits.

Le modèle de l'équilibre général suppose cela acquis : l'information étant par hypothèse parfaite, les consommateurs connaissent les produits offerts sur le marché, leur demande correspond à leurs besoins et ceux-ci sont en retour connus des producteurs.

Mais cette hypothèse ne peut pas être vérifiée dans la période de transition entre deux systèmes techniques : elle n'est donc pas vérifiée par l'économie informatisée. Elle ne le sera pas non plus, après la transition, dans l'économie elle-même, car l'innovation intense qui caractérise celle-ci crée à répétition un écart entre les habitudes des consommateurs et les produits qui leur sont proposés.

La dynamique du rapport entre la production et la consommation – ou,

comme on dit, entre l'offre et la demande – résulte donc d'une dialectique qui n'est certes pas impensable, mais qui ne peut qu'échapper à ceux dont la pensée s'enferme dans le modèle de l'équilibre général.

Pour éclairer cette dialectique il faut avoir une idée exacte du rôle des parties qui dialoguent. Le passage d'un système technique à l'autre, puis l'innovation dans le cadre du nouveau système technique, ouvrent de nouveaux *possibles* qui seront la *cause matérielle* de nouveaux *usages* (Flichy, 2003).

Le téléphone mobile, par exemple, a conféré l'ubiquité absolue à la communication vocale qui était auparavant assujettie à la proximité physique des interlocuteurs avec un téléphone filaire. Son architecture s'appuie sur une ingénierie et un dimensionnement qui permettent de servir un grand nombre d'utilisateurs malgré la rareté des fréquences disponibles, et sur la technique qui procure la continuité de la conversation lorsque l'utilisateur passe d'une cellule à une autre (*handover*).

Dans le possible ainsi ouvert les utilisateurs ont développé des usages. Alors qu'une famille s'équipait d'un seul téléphone filaire, le téléphone mobile équipe chaque personne. Les relations professionnelles et interpersonnelles sont modifiées tandis que le son de la parole, auparavant confiné dans l'espace privé, se répand dans les rues et les transports en commun. Tout cela pose des problèmes de savoir-faire et de savoir-vivre que l'usage n'a pas pu maîtriser immédiatement.

Le possible s'est encore élargi lorsque le téléphone mobile est devenu l'*ordinateur mobile* que l'on nomme « téléphone intelligent » et qui, conférant l'ubiquité absolue à la ressource informatique, a permis la floraison des *applets*, le SMS, etc. Les utilisateurs ont exploré en tâtonnant le nouveau possible qui leur était ainsi offert pour inventer de nouveaux usages.

Le phénomène s'est prolongé avec la tablette, il se poursuit avec le *wearable computer*, l'Internet des objets (Benghozi, Bureau et Massit-Folléa, 2009), etc. L'ubiquité de l'accès rendant indifférente la localisation physique de la ressource informatique, l'architecture du *cloud computing* est devenue son support naturel. La possibilité d'interactions synchrones ou asynchrones à distance entre humains, entre objets, entre objets et humains, fait naître un nouveau rapport au territoire et aux déplacements.

Ceux des produits nouveaux qui réussissent sont ceux qui révèlent un besoin qu'ils satisfont : le besoin du téléphone mobile ne se manifestait pas avant qu'il ne fût offert. Comme dans toute dialectique, la technique et l'usage s'entrelacent ainsi intimement.

Lors de la phase initiale de *design* l'intuition des techniciens anticipe les dimensions économiques et psychosociales de l'usage du produit. Puis leur attention est accaparée par les difficultés que présentent sa réalisation physique

et l'ingénierie de sa production : il peut arriver alors, l'expérience le montre, qu'ils fassent des choix contraires à leur intuition initiale car ils l'ont oubliée. La programmation d'un logiciel passe elle aussi par ces deux étapes.

Du côté des consommateurs, chaque possible nouveau arrive accompagné de dangers : la téléphonie mobile a suscité des comportements déplorables (effacement de la limite entre le temps de travail et la vie personnelle, conversations indiscrettes dans l'espace public, etc.) que l'ordinateur mobile a encore aggravés tandis que le *cloud computing* et l'Internet des objets accroissent les risques concernant la sécurité et la confidentialité.

Si les utilisateurs ont l'initiative de l'invention des usages, leur demande ne peut s'exprimer que dans les limites de ce que la technique a rendu possible – plus exactement, dans les limites de leur *connaissance du possible*. Un délai leur étant nécessaire pour apprendre à connaître un possible nouveau, la pénétration des nouveaux usages est lente. Il se peut aussi que des potentialités fécondes soient durablement ignorées dans certains pays tandis que d'autres savent en tirer parti.

C'est pourquoi il ne suffit pas, pour une entreprise, de concevoir un produit présentant de telles potentialités. Il faut aussi que son offre soit mise en scène selon une communication symbolique qui, comme celle qu'a organisée Steve Jobs pour les produits d'Apple, puisse éveiller le désir.

Les cerveaux qui coopèrent dans la définition du produit comme dans son usage ne sont pas le seul « cerveau d'oeuvre » de l'entreprise : l'intelligence collective qui s'organise autour de l'automate ubiquitaire englobe la « multitude » des utilisateurs et la « longue traîne » de la diversité des usages.

Chaque produit de l'économie présente des variétés répondant chacune aux besoins d'un segment de clientèle. Pour qu'une telle offre puisse être efficace, il faut que le consommateur puisse *trouver* sans trop d'effort la variété qui lui convient : des services d'intermédiation sont donc nécessaires. Le Web en comporte dès aujourd'hui des exemples avec les services intermédiaires et finals liés à la production et à l'exploitation de contenus que désigne l'expression « économie numérique ».

La variété qui correspond aux besoins d'un consommateur est celle qui présente, de son point de vue subjectif, le meilleur rapport qualité/prix. Il en résulte une nouvelle forme de la fonction d'utilité : alors que dans l'économie moderne elle avait la forme $U(x_1, x_2, \dots)$, où x_i est la quantité consommée du produit i , elle devient dans l'économie $U(n_1, n_2, \dots)$ où n_i est le nombre des variétés du produit i auxquelles le consommateur peut avoir accès (plus n_i est grand, plus la finesse de la différenciation est élevée et donc plus le consommateur a de chances, toutes choses égales d'ailleurs, de pouvoir trouver une variété proche de son besoin).

Il en résulte, dans la perception de la valeur, un changement auquel correspondent des formes de tarification portant essentiellement sur l'accès au produit, comme on le voit déjà sur le marché des « bouquets » télévisuels : la quantité optimale consommée étant indéterminée, le tarif est forfaitaire, son montant ne dépend que de la qualité et le prix d'un volume unitaire est nul.

La ressource informatique est devenue tellement commode que sa technique est pratiquement transparente pour l'utilisateur. On peut être alors tenté de croire que l'important réside dans le monde psychosocial des seuls usages, que l'on désigne improprement par le mot « numérique », et que le savoir-faire technique est devenu négligeable.

C'est risquer de faire s'effondrer la voûte évoquée plus haut : la commodité de l'usage s'appuie, du côté de la production, sur une maîtrise technique élevée. Concevoir une automobile facile à conduire suppose que le constructeur maîtrise et intègre les éléments techniques qui conditionnent le confort et la tenue de route (carrossage des roues, dosage de la suspension, répartition des masses, acoustique, automatisation du moteur, du freinage, de la direction, etc.). Il en est de même pour l'informatisation.

Certes, nombre d'usages innovants sont importés dans les entreprises par des utilisateurs qui se heurtent d'ailleurs de front à la Direction des Systèmes d'Information : solutions collaboratives (Blogs ou Wikis), réseaux sociaux, téléphones « intelligents », etc. La conception « agile » de services ou de logiciels s'appuie par ailleurs sur l'observation du comportement des utilisateurs : ils ont ainsi acquis une influence déterminante sur la nature des produits quand ils ne jouent pas eux-mêmes, dans le cadre de réseaux de *crowdsourcing*, le rôle du concepteur et du producteur. Mais cela ne supprime pas les exigences de pertinence, sobriété et cohérence qui s'imposent à l'informatisation d'une entreprise.

La dialectique de la technique et de l'usage est donc complexe et enchevêtrée. La technique, qui a le premier mot, l'anime et la bouscule, présentant des possibles et des dangers dont la compréhension mûrit selon une vitesse inégale selon les personnes et les institutions. Le bouillonnement qui en résulte est semblable à celui de la Renaissance : tout comme alors, l'évolution culturelle peut tout aussi bien, si l'on n'y prend pas garde, conduire à une guerre civile ou à une civilisation.

Moteur de l'innovation

Le modèle de la concurrence monopolistique part du coût fixe C et de la fonction qui décrit les préférences des clients pour définir le nombre n^* des variétés du produit et son prix p^* . L'équilibre qui en résulte segmente l'espace

des besoins comme dans le schéma de la figure 8.

Cette image paisible est cependant trompeuse car la concurrence monopolistique nourrit une dynamique : pour concevoir des produits susceptibles de leur procurer un monopole sur un large segment des besoins les entreprises sont incitées à explorer les possibilités qu'offre la physique et à anticiper les besoins des consommateurs.

Ceux-ci ne peuvent demander que des produits qui existent : personne ne pensait à demander un téléphone mobile avant que celui-ci ne soit disponible. Le *design* d'un produit nouveau ne s'appuie donc pas sur le constat de la demande que fournit le marketing, mais sur une intuition stratégique anticipatrice comme celle qui a permis à Steve Jobs de concevoir l'iPod, puis l'iPhone et enfin l'iPad (Isaacson, 2011).

Le monopole conquis par un nouveau produit étant bientôt concurrencé, le marché se découpe en segments sur chacun desquels le monopole est local et obéit alors au régime de la concurrence monopolistique : Microsoft doit voisiner sur le marché des systèmes d'exploitation des micro-ordinateurs avec Apple et Linux ; Intel doit voisiner sur le marché des micro-processeurs avec Qualcomm, Samsung, AMD, etc. (IC Insights, 2013) ; le marché des téléphones « intelligents » et des tablettes se partage entre Apple, Samsung, Asus, Lenovo, Amazon, etc.

La segmentation du marché ressemble donc à la surface d'un liquide bouillonnant où des cellules se forment, croissent, se bousculent et disparaissent, plutôt qu'à un pavage en hexagones réguliers.

La concurrence monopolistique, aiguillonnée par l'élargissement continu des possibilités qu'offre l'informatique (aujourd'hui : Internet des objets, impression 3D, bio-informatique, analyse des données, réalité augmentée, etc.) et par l'évolution des services (géolocalisation, télé-médecine, services à la personne, etc.), alimente le moteur à quatre temps de l'innovation :

- (1) l'innovation procure un monopole qui donne à l'entreprise un profit supérieur à la norme de la branche d'activité ;
- (2) les concurrents, percevant la demande que l'innovation a fait naître, offrent des variétés du produit qui se distinguent par leurs attributs qualitatifs ;
- (3) pour maintenir sa compétitivité, l'entreprise améliore son rapport qualité/prix, ce qui transfère aux consommateurs le gain que l'innovation procure ;
- (4) le cycle se boucle par une nouvelle innovation qui permet de retrouver un profit supérieur à la norme.

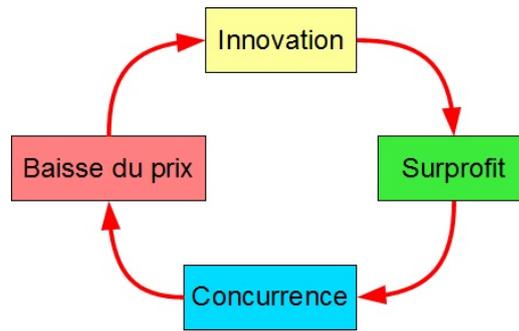


FIGURE 9 – Moteur de l’innovation

Le bien-être matériel du consommateur, qui est le seul but de l’économie, s’accroît à chaque cycle. Cette croissance consiste en une meilleure adéquation des produits aux besoins : elle est donc *qualitative* et un indicateur comme le PIB, qui agrège les quantités produites⁷, ne permet pas de l’observer.

Le monopole que l’innovation procure est *temporaire*, d’où l’aspect bouillonnant du découpage du marché. Le « surprofit » rémunère l’effort de conception, ingénierie, programmation, organisation etc. que l’innovation impose à l’entreprise. Le régulateur agit sur la durée du monopole temporaire pour doser la vitesse de rotation du moteur de l’innovation : si elle est trop longue, le monopole sera tenté de s’endormir sur ses lauriers en jouissant du surprofit ; si elle est trop courte, l’incitation à innover s’éteindra car l’innovation ne serait pas assez profitable pour compenser l’effort qu’elle exige.

4.4 L’emploi dans l’économie

Les tâches répétitives sont celles qui se répètent à *l’identique* : dans *Les temps modernes*, Charlot serre de façon répétitive les mêmes boulons dans la même plaque de métal. Par contre le médecin qui reçoit des patients l’un après l’autre ne fait pas un travail répétitif car ce n’est pas « toujours le même patient » qui entre dans son cabinet.

Dans la réalité, une entreprise n’automatisera que les tâches qu’il est rentable d’automatiser : certaines tâches répétitives ne le seront donc pas mais cela ne remet pas en cause le principe « automatiser les tâches répétitives » car il fournit une bonne approximation de la démarche réelle.

L’automatisation entraîne une rupture avec le rapport social de la « main d’œuvre », qui faisait du travail humain l’auxiliaire physique de la machine : dans l’économie informatisée le travail est accompli par un « cerveau d’œuvre ».

7. Pour tenir compte de l’« effet qualité » les statisticiens ont défini des indices « hédoniques » mais ils sont notoirement insuffisants.

Le rapport social de la main d'œuvre a permis de mettre au travail des personnes qui n'avaient *a priori* aucune compétence et que l'entreprise spécialisait dans la répétition d'un même geste (Linhart, 1978). Il n'en est plus de même dans l'économie informatisée car elle demande à l'être humain de faire preuve de discernement et d'initiative.

Le plein emploi peut-il être atteint quand le cerveau d'œuvre remplace la main d'œuvre ? Après la première révolution industrielle la mécanisation a d'abord semblé détruire l'emploi, puis celui-ci a été redéfini, des formations ont été mises en place et l'économie a retrouvé le plein emploi. Rien ne prouve qu'il n'en sera pas de même avec l'informatisation.

Le rapport social de la main d'œuvre supposait l'ouvrier dépourvu de capacités mentales autres que celles qui permettent l'apprentissage d'un geste puis sa répétition réflexe. À la longue l'exécution d'une tâche répétitive inhibait ses ressources cérébrales : l'« intelligence » était alors considérée comme le privilège exclusif des cadres et des dirigeants.

Ce rapport social n'était donc pas conçu en réalité pour fournir un emploi à des personnes dépourvues de capacités mentales : il détruisait la capacité mentale des personnes qu'il employait, créant ainsi la situation à laquelle il semblait remédier.

Le passage de la main d'œuvre au cerveau d'œuvre fait émerger un nouveau rapport social et, corrélativement, une nouvelle ressource.

Le cerveau humain, ressource naturelle

Alors que la ressource mentale que, sauf handicap, chacun possède, était niée et inhibée dans la main d'œuvre, l'informatisation la sollicite dans le cerveau d'œuvre. Elle se manifeste dans le rapport de l'entreprise avec la nature physique (conception des techniques, programmation des automates, supervision et maintenance) et avec la nature psycho-sociale (anticipation des besoins, *design* des produits, relation de service avec les consommateurs).

Il s'agit d'une *ressource naturelle*, puisque chaque être humain naît avec un cerveau, et contrairement à l'énergie d'origine fossile cette ressource est *inépuisable*.

Pour comprendre cela, il faut se rappeler ce qu'est une ressource naturelle. Un gisement de pétrole n'existe dans la nature que comme potentiel. Pour réaliser celui-ci il faut un travail d'extraction, puis un raffinage qui transforme chaque molécule pour en faire un produit final : carburant, lubrifiant, matière plastique etc. Chaque molécule ne réalise ainsi qu'une partie du potentiel de la ressource.

De même, le cerveau humain est un potentiel mental et pour réaliser ce

potentiel il faut un travail : l'*enseignement* lui procure le discernement par la « leçon de choses », l'*instruction* lui procure une structure, la *formation* lui procure une compétence, l'*éducation* lui procure maturité et sens des responsabilités. Ce travail amorcé dans l'enfance se prolonge tout au long de la vie.

Alors que le potentiel du pétrole se limite à la liste des produits finals qu'il permet d'élaborer, le potentiel du cerveau humain ne comporte cependant pas de limite *a priori* : la diversité des réalisations de notre espèce en témoigne. Ceci n'est pas contradictoire avec le fait que chaque être humain ne réalise, dans le courant de sa vie, qu'une partie de son potentiel et que cette réalisation soit elle-même bornée : il en est de même pour toute ressource naturelle.

Alors que chaque être humain est porteur du potentiel illimité de l'humanité, son destin individuel n'en réalise donc qu'une partie et celle-ci est limitée. La coopération des individus qu'organise une entreprise élargit cependant l'éventail des réalisations possibles.

L'économie moderne, mécanisée et chimisée, n'a pu déployer son potentiel qu'en consommant des quantités croissantes d'une ressource énergétique dont le stock est limité. Certains, dont le raisonnement s'appuie sur la thermodynamique, estiment que cela impose une limite à la croissance économique (Jancovici, 2013).

Ils ne tiennent pas compte de la ressource naturelle inépuisable que l'informatisation met en œuvre. Cette ressource ne peut cependant se déployer que si les entreprises adoptent l'organisation nécessaire.

Commerce de la considération

L'entreprise moderne ne demandait à la main d'œuvre que l'exécution des ordres reçus. L'initiative et la responsabilité étant réservées aux seuls détenteurs d'un pouvoir légitime, l'organisation était hiérarchique et la fonction de commandement était sacralisée (*hieros*, sacré, *arché*, pouvoir).

Or on ne peut pas demander au cerveau d'œuvre de travailler en pur exécutant car un cerveau humain cesse de fonctionner ou s'évade dans le rêve s'il n'a pas la possibilité de s'exprimer et la certitude d'être écouté.

Pour des raisons d'efficacité l'entreprise informatisée délègue d'ailleurs d'importantes responsabilités à des agents auxquels elle demande de faire preuve de jugement et de discernement. Une telle responsabilité n'est psychologiquement supportable que si elle s'accompagne d'une délégation de légitimité – c'est-à-dire de la reconnaissance du droit à l'erreur et du droit à la parole.

L'entreprise informatisée fait enfin coopérer des spécialités « pointues » : ceux qui conçoivent les produits, ceux qui programment les automates, ceux qui

supervisent le fonctionnement des équipements, ceux qui sont dans la première ligne au contact des consommateurs, etc. Pour que ces spécialités puissent dégager une synergie il faut qu'elles soient capables de *dialoguer*.

C'est pourquoi les relations entre spécialités et entre personnes doivent, dans l'économie informatisée, obéir à un « commerce de la considération ». Cette expression désigne la relation dans laquelle *l'on écoute celui qui parle en faisant un effort sincère pour comprendre ce qu'il veut dire*. Il s'agit bien d'un « commerce », d'un échange, car cette relation doit être équilibrée. Elle s'étend aux personnes extérieures à l'entreprise : clients, partenaires, fournisseurs.

Il ne s'agit pas là d'une injonction sentimentale mais d'une exigence pratique. Quelqu'un qui travaille essentiellement avec son cerveau ne peut en effet être durablement efficace que s'il sait pouvoir être entendu : c'est le cas pour les concepteurs comme pour ceux qui travaillent dans la première ligne.

N'étant plus la seule détentrice de la parole légitime la fonction de commandement perd alors le caractère « sacré » qu'elle avait envers la main d'œuvre pour devenir une spécialité certes utile mais ni plus ni moins prestigieuse que les autres.

Le fait que le commerce de la considération et la désacralisation du commandement soient nécessaires ne suffit pas pour qu'ils s'imposent : comme toute économie, l'économie informatisée peut être tentée de nourrir une crise intime en tournant le dos à l'efficacité. Les possibilités qu'apporte l'informatisation sont d'ailleurs accompagnées de risques.

4.5 L'économie du risque maximum

Le futur étant essentiellement incertain, l'entreprise qui innove prend un risque : il n'est jamais certain que le nouveau produit rencontre le succès sur le segment de marché qu'il vise.

Dans l'économie moderne le coût de production était (en simplifiant) de la forme $C + mq$, où C est le coût fixe, m le coût marginal, q la quantité produite. Si le produit ne se vend pas, il est possible de réduire le coût total de sa production en cessant de le produire.

Si m est nul, comme c'est le cas dans l'économie informatisée avec la fonction de production à coût fixe, l'entreprise doit payer la totalité du coût de production avant d'avoir vendu la première unité du produit, d'avoir reçu la première réponse du marché, de connaître l'offre de concurrents qui, eux aussi, innoveront.

Ce ne serait pas grave si C était faible mais dans l'économie informatisée le coût fixe est élevé. La conception du nouveau produit suppose en effet que l'on conçoive et construise les automates qui serviront à le produire, que l'on

écrive leurs programmes, que l'on organise le réseau des services qui l'accompagneront, que l'on forme les agents, etc.

L'économie informatisée, qui est ultra-capitalistique et réclame des investissements importants, est donc « l'économie du risque maximum » : la fonction de production à coût fixe est, de toutes les formes de la fonction de production, celle qui maximise le risque de l'entreprise.

Elle est donc aussi celle où la violence potentielle est la plus élevée. Pour limiter le risque qu'elles courent, les entreprises seront tentées de corrompre les acheteurs chez leurs clients, d'espionner leurs concurrents, etc.

Organiser la production selon un réseau de partenaires permet cependant de partager le risque et donc de limiter celui que supporte une entreprise.

Partenariats

Chaque produit étant un assemblage de biens et de services, les « effets utiles » qu'il procure au client nécessitent l'intervention d'acteurs aux compétences diverses.

Outre le *design* du produit et l'ingénierie de sa production (conception et programmation des automates, organisation des services, système d'information) l'investissement initial comportera une *ingénierie d'affaire* qui monte le partenariat en établissant le contrat qui répartit les responsabilités, recettes et dépenses, et en mettant en place la plate-forme d'intermédiation qui aura pour rôle :

- d'assurer l'interopérabilité du processus de production en introduisant, entre les systèmes d'information des partenaires, la passerelle qui assure une fonction de traduction et de commutation ;

- de traiter les « effets de commerce » qui circulent entre les partenaires en procurant au partage des dépenses et recettes la transparence qui garantit son honnêteté.

Le partenariat sera *équitable* s'il est également rentable pour chaque partenaire : il faut donc en principe que le partage des dépenses et des recettes soit tel que le taux de rentabilité soit le même pour tous. L'application de ce principe doit cependant tenir compte du fait que le risque n'est pas le même pour tous les partenaires : pour certains d'entre eux la perte qu'entraîne un échec du produit serait supportable tandis que pour d'autres elle provoquerait une faillite.

Le taux de rentabilité de chaque partenaire doit donc comporter une prime correspondant au risque qu'il encourt. L'évaluation de cette prime est certes difficile, mais pas plus que celle du capital engagé dans le projet et qui sera souvent un *capital de compétence* que la comptabilité mesure mal.

Il faut donc que les partenaires se mettent d'accord sur l'évaluation du capital que chacun engage dans le projet et sur celle du risque que chacun encourt : cela se fait lors de la négociation du contrat de partenariat.

Celui des partenaires qui maîtrise la plate-forme d'intermédiation n'est pas dans la même position que les autres : il occupe au cœur du réseau une position centrale qui est aussi une position de pouvoir. Il sera d'ailleurs souvent celui qui est à l'initiative du *design* du produit, de l'organisation du partenariat et de l'ingénierie d'affaire.

Mais le partenariat est par principe une relation d'égal à égal, c'est ce qui le différencie de la relation entre donneur d'ordre et sous-traitant. Cette égalité de principe semble contradictoire avec le rôle de l'organisateur du partenariat, qui se trouve en position de sur-traitant par rapport aux autres partenaires.

Pour surmonter ce paradoxe on peut s'inspirer de l'organisation qui prévaut dans le logiciel libre où les projets, nourris par des contributeurs bénévoles, ne peuvent aboutir qu'à condition d'être pilotés par un « dictateur bienveillant ».

Ces contributions sont de qualité diverse : certaines précieuses, d'autres inutiles, quelques-unes nocives. Il faut donc que quelqu'un de bien informé, placé dans une position centrale, choisisse celles qui seront retenues et puisse rejeter les autres : c'est la fonction du « dictateur ».

Mais il faut que ce dictateur soit « bienveillant » car sinon le flux des contributions se tarirait. Il doit donc remercier chaque contributeur et l'encourager à continuer, quelle que soit la qualité de sa contribution et même (ou surtout) si celle-ci est rejetée car il se peut que celui qui a proposé hier une contribution inutile aie demain une idée lumineuse.

Le « dictateur bienveillant » est un praticien du commerce de la considération, d'une écoute attentive qui manifeste le respect accordé à chaque contributeur en lui répondant de façon obligeante.

Il en est de même dans un partenariat. Celui qui exploite la plate-forme d'intermédiation doit pratiquer le commerce de la considération envers les autres partenaires – ce qui implique en particulier qu'il mette à leur disposition de façon transparente les indicateurs que procure le fonctionnement de la plate-forme.

Cette transparence est d'ailleurs nécessaire pour que chaque partenaire puisse être sûr que le contrat de partenariat est respecté, que le partage des recettes et dépenses est honnête. Si ce partage n'était pas transparent le soupçon naîtrait inévitablement et le partenariat déraperait vers un divorce.

La rentabilité hors prime de risque de celui qui exploite la plate-forme doit bien sûr être égale à celle des autres partenaires.

L'attitude du « dictateur bienveillant » est à l'opposé des mœurs prédatrices qu'inspire l'interprétation si répandue de la « main invisible » qu'a évoquée

Adam Smith, mais l'expérience du logiciel libre montre qu'elle est efficace.

Devant celui qui aura acquis une expertise en ingénierie d'affaire s'ouvre la perspective d'une activité plus large. Il sait mettre en forme un contrat de partenariat et exploiter une plate-forme d'intermédiation (traitement et notariation des transactions, transparence) : ces compétences peuvent servir plusieurs partenariats différents.

On peut prévoir que des offres de « *Business Engineering as a Service* », BEaaS, se diversifieront selon le régime de la concurrence monopolistique, chacune étant adaptée à un contexte culturel, juridique et sociologique particulier.

5 L'orientation stratégique

Les dirigeants des entreprises et de l'État, les économistes, les hommes qui font l'opinion ont-ils pris la mesure des changements que l'informatisation provoque ? Voient-ils clairement les possibilités qu'elle apporte, les dangers qui les accompagnent ? Ont-ils défini l'orientation qui permettra de sortir de la crise économique actuelle ?

Les faits obligent à répondre à ces trois questions par la négative. Le mot « numérique », qui s'est imposé dans le discours politico-médiatique alors qu'il ne désigne que le codage binaire des documents, semble fait pour masquer l'ampleur et la profondeur du phénomène de l'informatisation (il a succédé dans ce rôle au mot « dématérialisation »).

Des causes structurelles, macroéconomiques, sont invoquées pour expliquer la crise (niveau des salaires, des impôts, des taxes, déficit du budget de l'État, etc.) et il est naturellement proposé d'y remédier par des « réformes structurelles ».

L'expérience de la vie dans les entreprises suggère cependant une autre explication : si l'économie est en crise, c'est parce que la majorité d'entre elles ne se sont pas adaptées au système technique contemporain, qu'elles sont *mal informatisées*.

Les apports de l'informatisation font d'ailleurs l'objet d'un diagnostic erroné. À l'enthousiasme puéril d'un Michel Serres (2012) font pendant les inquiétudes fantasmatiques de ceux qui, ignorant l'histoire, prétendent que « trop d'information tue l'information » ou que « l'automatisation tue l'emploi ». Ils ne veulent pas voir que le vrai danger réside dans la violence endémique de l'économie du risque maximum, violence à laquelle l'informatisation procure des outils puissants.

Certains croient en outre, comme Jeremy Rifkin (2013), que la révolution industrielle est due non à l'informatisation, mais à la transition énergétique.

D'autres (Latouche, 2010) appellent de leurs vœux une *décroissance* dont ils ne perçoivent sans doute pas toutes les implications.

Dans l'attente d'une compréhension et d'une prise en compte pratique des conséquences de l'informatisation les comportements des agents économiques – consommateurs, entreprises, État – sont donc massivement contraires aux exigences de l'économie informatisée : ils tournent le dos au chemin qui conduit vers l'ïconomie.

5.1 Inadéquation des comportements

Depuis les années 1970 la stratégie, saisie par une sorte d'affolement, s'est orientée en France de façon cohérente mais malencontreuse au rebours de ce qu'il aurait fallu faire pour tirer parti de l'informatisation et se prémunir contre les risques qu'elle comporte :

- alors que l'informatisation a transformé de fond en comble les conditions pratiques de la production, nombre de dirigeants considèrent l'informatique comme une discipline purement technique, donc pensent-ils ancillaire, et la traitent en conséquence ;

- alors que dans l'ïconomie la compétitivité se gagne, par l'innovation, en conquérant un monopole temporaire sur un segment des besoins, les entreprises ont misé sur la production de masse de produits standards et sur la concurrence par les prix ;

- alors que les consommateurs doivent se procurer des « effets utiles » (Moati, 2011) en choisissant selon le rapport qualité/prix, la distribution les a incités à rechercher systématiquement le prix le plus bas ;

- alors que les produits doivent être des assemblages de biens et de services, la production des biens a été délocalisée vers des pays à bas salaires et les services ont été négligés ;

- alors que la production doit être réalisée par un réseau de partenaires, une sous-traitance brutale a été préférée au partenariat entre égaux ;

- alors que l'entreprise emploie non plus de la main d'œuvre mais du cerveau d'œuvre, elle a continué à imposer à celui-ci un rapport hiérarchique qui le stérilise ;

- alors que c'est l'État qui a créé la nation et qu'il est l'« institution des institutions » (Hauriou, 1925) son rôle stratégique a été nié en obéissant au dogme néo-libéral pour faire place à la concurrence parfaite et à l'autorégulation des marchés ;

- la réglementation européenne, qui adhère elle aussi à ce dogme, a rompu la cohésion des infrastructures (télécoms, chemins de fer, électricité etc.) en répartissant leurs organes entre des entités qui se disputent le résultat ;

– alors que l’endettement de la nation résulte de l’accumulation du déficit de la balance des transactions courantes, l’attention s’est focalisée sur la dette de l’État.

Les entreprises ont été victimes de cette stratégie :

– le secteur financier, mondialisé grâce à l’Internet et automatisé, a été déchaîné par la dérégulation et incité à « produire de l’argent » en parasitant le système productif ;

– la délocalisation a pérennisé des techniques obsolètes et retardé l’investissement que demande l’automatisation ;

– l’effort de R&D s’est le plus souvent limité à la mise en évidence d’idées judicieuses, laissant à d’autres pays le soin d’industrialiser les produits qui les exploitent ;

– comme les services bancaires informatisés blanchissent efficacement les profits du crime organisé, celui-ci s’efforce de contrôler le système productif et rivalise avec l’État pour instaurer un pouvoir politique de type féodal.

L’ensemble de ces comportements a créé les conditions d’une crise économique durable. Il en est résulté un désarroi dans l’opinion : alors que chacun estime avoir droit à la satisfaction de ses besoins et au statut social que confère un emploi, nombreux sont ceux qui se disent hostiles à la science, à la technique et aux entreprises qui les leur procurent.

5.2 Limites de la macroéconomie

L’un des obstacles qui s’opposent à la compréhension de l’informatisation est le raisonnement macroéconomique dont les économistes et les politiques ont pris l’habitude.

Ce raisonnement repose sur la technique de l’« agent représentatif » : le macroéconomiste suppose que l’agrégat des entreprises se comporte comme *une* entreprise, que l’agrégat des consommateurs se comporte comme *un* consommateur, etc.

La politique économique s’est longtemps nourrie du raisonnement macroéconomique car les équations qui formalisaient le « comportement » des agrégats, étalonnées sur les comptes nationaux, l’aidaient à anticiper les conséquences de ses décisions (effet des charges sociales sur l’emploi, de l’impôt sur l’investissement, etc.).

Mais l’approximation qu’implique la technique de l’agent représentatif ne peut fournir des résultats significatifs que si l’agrégat considéré est assez homogène. Or ce n’est plus le cas dans la période de transition qui suit une révolution industrielle : si aujourd’hui quelques entreprises sont déjà dans l’économie, d’autres restent enfouies dans l’économie moderne et la plupart sont à demi ou

mal informatisées. L'agrégat « entreprise » est donc hétérogène, ce qui détruit la crédibilité de son agent représentatif.

La crise n'est d'ailleurs pas due à un mauvais réglage de telle ou telle manette de la macroéconomie (niveau des salaires et des charges sociales, taux de l'impôt sur les sociétés et autres taxes, etc.) : elle est provoquée par l'accumulation des dysfonctionnements qu'une informatisation mal conçue et mal maîtrisée provoque dans des entreprises immatures.

Pour évaluer la maturité du système productif il faut considérer l'organisation et le fonctionnement des entreprises, ce qui suppose une observation que la macroéconomie ne comporte pas. Le raisonnement macroéconomique ne peut donc pas fournir la clé de la sortie de crise : des « mesures » économiques, des « réformes » sociales, fiscales et autres sont incapables de mettre un terme à une crise dont la cause réside dans l'inadéquation de comportements hérités de l'économie moderne et qui ne conviennent pas dans l'économie informatisée.

5.3 Déployer l'iconomie

La stratégie qui s'impose a une dimension théorique et une dimension pratique.

Dans l'ordre de la théorie, il faut renoncer à l'approche macroéconomique car dans une période de transition comme celle que nous connaissons les agents économiques sont à des degrés trop divers de maturité pour que l'approximation qui consiste à raisonner sur des agrégats puisse être acceptable : il faut revenir à la microéconomie, comme nous l'avons fait en considérant la fonction de production d'*une* entreprise.

Ce changement du point de vue fournit à la stratégie des entreprises comme à la politique économique les repères intellectuels nécessaires pour sortir de la crise de transition :

– comme l'économie est informatisée, l'efficacité est conditionnée par la qualité de l'informatisation des entreprises – le mot « informatisation » désignant, conformément à son étymologie⁸, le déploiement de l'*alliage* du cerveau d'œuvre et de l'automate programmable ubiquitaire qu'offre l'informatique ;

– comme l'emploi se condense dans le cerveau d'œuvre, l'entreprise doit avoir renoncé à l'organisation hiérarchique pour mettre en pratique le « commerce de la considération » dans ses relations entre les personnes et les spécialités en interne, ainsi qu'avec ses clients, fournisseurs et partenaires ;

8. Il associe « automate » et « information ». Selon la théorie de l'information de Simondon (1958), l'*information* se manifeste lorsque le cerveau d'œuvre, rencontrant un document qu'il interprète, en acquiert une compétence. Cette théorie diffère de celle de Shannon (1948), qui considère la taille des documents et la qualité de leur transmission.

- comme la fonction de production est à coût fixe, chaque produit est un assemblage de biens et de services, élaboré par un partenariat ;
- comme les marchés obéissent au régime de la concurrence monopolistique, la stratégie des entreprises doit être orientée vers la conquête d'un monopole temporaire sur le marché de niche correspondant à un segment des besoins ;
- l'État doit *orienter* les entreprises vers l'iconomie en (1) assurant la qualité de l'informatisation des grands systèmes de la nation (éducatif, sanitaire, judiciaire, fiscal, militaire, etc.), dont il est immédiatement responsable, (2) régulant la concurrence monopolistique, (3) élaborant les lois et règlements qui permettent au système judiciaire de contenir la violence de l'économie du risque maximum ainsi que l'action des prédateurs.

Le réalisme exige de placer l'iconomie à l'horizon du futur pour orienter l'économie vers la sortie de la crise, la restauration du plein emploi et l'équilibre des échanges avec l'extérieur. C'est en effet la prospérité économique qui conditionne l'équilibre des comptes publics, et non l'inverse.

Informatiser

L'informatisation d'une entreprise est une dynamique qui se concrétise à chaque instant dans ce que l'on appelle depuis les années 1970 un « système d'information » (Mélèse, 1972). La qualité d'une informatisation s'évalue donc en examinant d'abord l'état du système d'information, puis sa dynamique (Volle, 2011).

L'informatisation efficace de l'entreprise, qui conditionne l'iconomie, passe par la réussite de la coopération du cerveau d'œuvre et de l'automate programmable. L'informatisation est donc une opération complexe et ceux des informaticiens qui ne veulent considérer que l'algorithmique ont une part de responsabilité dans ses échecs.

Il en est de même des versions extrêmes de l'« intelligence artificielle », qui ambitionnent de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles identiques à celles des êtres humains. Si en effet l'intelligence de l'ordinateur et celle de l'être humain étaient identiques, la question de leur articulation ne se poserait pas car on ne peut pas concevoir l'articulation de l'identique avec lui-même : ces versions de l'intelligence artificielle ignorent donc les problèmes que pose l'informatisation.

Il ne convient pas de décrire ici en détail la démarche de celle-ci : conformément au schématisme auquel adhère la théorie économique, nous n'en ferons ressortir que les plus grandes lignes.

Si les concepts sont mal définis, si le vocabulaire est pollué par des synonymes et des homonymes, si chaque filiale, chaque direction use d'une termi-

nologie qui lui est propre, l'informatique ne pourra rien produire d'utile car la règle « *garbage in, garbage out* » est implacable. L'informatisation ne se réduit donc pas aux techniques de l'informatique : avant qu'un programmeur puisse écrire une première ligne de code il faut que l'entreprise ait bâti son *ingénierie sémantique* (Volle, 2014).

Cela suppose de comprendre l'action de l'entreprise – ce qu'elle produit, comment elle produit et s'organise, comment elle conçoit ses relations avec ses clients, partenaires et fournisseurs : les concepts s'appuient sur une « ingénierie des exigences » (« *requirement engineering* ») qui identifie les *besoins* des utilisateurs du système d'information (et non leur *demande*, qui n'en est qu'une traduction le plus souvent fallacieuse).

Il importe que les « expressions de besoins » soient pertinentes, sobres, cohérentes, et qu'elles soient validées par les responsables légitimes de l'action considérée. Cela suppose que les directions de l'entreprise (ou, comme on dit, ses « métiers ») soient pour l'informatique des *clients compétents* : comme pour la culture ou l'art, la qualité d'une informatisation dépend essentiellement de la maturité de son public.

L'automate programmable s'entrelace avec le cerveau d'œuvre dans les processus de production, lesquels devront être soumis à une supervision qui vérifie la qualité du produit, la satisfaction des clients, et répond aux pannes et incidents que la complexité de la nature rend inévitables.

Ce schéma suffit, nous semble-t-il, pour que l'on puisse entrevoir l'importance que l'entrepreneur, stratège de l'entreprise, doit accorder à l'informatisation. Il suffit aussi pour porter un diagnostic rapide sur la qualité de l'informatisation d'une entreprise.

La crise économique – manque de compétitivité, faible niveau de la marge d'exploitation, stagnation de l'investissement, déséquilibre de la balance des paiements, etc. – s'explique par l'incompétence de dirigeants qui, se faisant gloire d'ignorer et mépriser l'informatique, ne peuvent rien comprendre à l'économie contemporaine.

La sociologie de la classe dirigeante est l'un des obstacles les plus difficiles à surmonter sur le chemin de l'économie : celle-ci ne pourra émerger que lorsque ceux qui occupent la fonction stratégique auront, sans être des experts en informatique, une connaissance intuitive suffisamment *exacte* des contraintes logiques, physiques et psychosociales auxquelles est soumise l'informatisation.

Économie de la compétence

Contrairement à ce que l'on entend souvent dire l'économie informatisée n'est pas une « économie de la connaissance » ni une « économie du savoir » :

c'est une économie du *savoir-faire*, de la connaissance orientée vers l'action, une *économie de la compétence*. On peut d'ailleurs se demander si une connaissance, fût-elle très abstraite, pourrait avoir un sens quelconque si elle n'avait aucun rapport avec l'action.

Comment former les compétences dont l'économie a besoin ? Il ne suffit pas de dire qu'il faut informatiser l'enseignement ni qu'il faut enseigner l'informatique, même si c'est évidemment nécessaire. La transformation que l'informatisation exige est beaucoup plus profonde.

Le système éducatif de l'économie moderne a été conçu pour former une main d'œuvre nombreuse, auxiliaire de la machine, dont la compétence se réduit à comprendre et exécuter fidèlement les ordres reçus. Il forme aussi des cadres en plus petit nombre et des dirigeants encore moins nombreux, la proportion des niveaux de la pyramide répondant aux besoins de l'organisation hiérarchique. Celle-ci ne demande rien d'autre au cerveau de la main d'œuvre que la coordination réflexe des gestes répétitifs nécessaires à la production.

Le système éducatif hérité de l'économie moderne considère donc le cerveau comme un récipient dans lequel le pédagogue et le formateur doivent déverser des connaissances.

Le système éducatif de l'économie considère par contre le cerveau comme une ressource naturelle, donc comme un *potentiel* dont il s'agit de susciter le déploiement. Certes cette conception n'a rien de radicalement nouveau car elle a depuis longtemps été mise en pratique par certains pédagogues, et certaines entreprises ont su mobiliser le cerveau de leurs ouvriers pour recueillir leurs idées.

Mais de telles situations, d'ailleurs exceptionnelles, n'ont pas pu effacer les contraintes physiques et pratiques de l'économie moderne, qui imposaient au système productif le rapport social de la main d'œuvre et exigeaient que le système éducatif préparât à ce rapport social. Certains ont déploré le gâchis humain que cela impliquait, mais ils n'ont rien pu faire d'autre que d'aider ceux qui semblaient les plus intelligents à grimper la pyramide hiérarchique.

L'informatisation change la situation car le déploiement de la ressource cérébrale, qui semblait auparavant inutile ou impossible, est pour elle une nécessité. C'est pourquoi le cerveau n'apparaît plus comme un réceptacle vide à remplir de connaissances, mais comme le détenteur d'un potentiel mental : il s'agit de lui faire acquérir des *compétences* et non plus seulement des *connaissances*.

Le pédagogue n'est plus alors celui qui s'efforce de transmettre un savoir à des cerveaux plus ou moins réticents, mais un éducateur qui aide la ressource cérébrale à se déployer. La transmission des connaissances n'est plus le but de la pédagogie mais le levier, certes nécessaire, qui facilitera ce déploiement.

L'économie offre ainsi à la pédagogie la perspective d'une amélioration de la qualité culturelle et scientifique de l'enseignement allant de pair avec une restauration de la mission, de la dignité professionnelle et du rôle social du professeur.

Certains prétendront que tout cela est utopique parce que, diront-ils, « les gens ne s'intéressent ni à la culture, ni à la science ». C'est ignorer que la nature dote chaque génération du même potentiel cérébral : il se trouve parmi nous autant de Platons et Léonards de Vinci en puissance que dans l'Athènes antique et à la Renaissance.

Si certaines générations ont su construire une civilisation, c'est parce qu'elles ont rencontré une société qui respectait et encourageait la qualité des œuvres de l'esprit (le logiciel en est une). L'économie nous y invite.

Contenir la prédation

L'économie du risque maximum est naturellement tentée par la violence : la corruption facilite la conquête et la conservation des marchés, l'espionnage aide à riposter aux initiatives des concurrents.

L'ubiquité que procure le réseau, la vitesse des processeurs, la complication des programmes informatiques ont procuré aux acteurs une puissance nouvelle et, en même temps, la possibilité de cacher ses effets : l'informatisation offre à la violence des outils qui l'amplifient.

La *blanchiment* informatisé, difficilement détectable, permet ainsi au crime organisé de recycler ses produits en prenant le contrôle d'entreprises qu'il détourne de leur mission (Saviano, 2006 ; Robert et Backes, 2001).

L'informatisation a incité la Banque à se détourner de son métier historique, l'arbitrage entre le rendement et le risque, pour « produire de l'argent » en faisant porter le risque par d'autres comme l'a révélé l'affaire des *subprimes*. Elle propose aussi à certains de ses clients une assistance à l'abus de bien sociaux, la fraude fiscale et le blanchiment. Le montant des amendes que des banques paient pour éviter la publicité négative qu'apporterait un procès atteste de ce glissement de la Banque vers la délinquance (Gayraud, 2011).

Un comportement et un style de vie ostentatoires se sont répandus : la rémunération de certains *traders* et dirigeants atteint un tel montant qu'il ne s'agit plus du salaire d'un travail mais de l'appropriation d'un patrimoine.

La *prédation* consiste à s'emparer d'un bien sans rien donner en échange : la société féodale l'équilibrait approximativement par la charité. La théorie économique, construite autour de l'hypothèse de l'échange équilibré et adaptée à l'économie moderne, a supposé la prédation négligeable. Elle doit tenir compte aujourd'hui de la dialectique qui s'instaure dans l'économie informatisée entre

l'échange équilibré et la prédation (Volle, 2008).

Certains évoquent avec complaisance des dangers illusoires : trop d'information tuerait l'information, l'automatisation tuerait l'emploi, la croissance tuerait la nature, etc. Ces fantasmes désarment contre le véritable danger, celui d'un *retour au régime féodal*.

S'il se produisait, l'économie ultra-moderne que fait émerger l'informatisation renouerait avec des comportements que l'on a crus archaïques : l'économie de marché et l'État de droit auraient caractérisé un bref épisode transitoire.

L'iconomie exige une législation assez pertinente et un système judiciaire assez compétent pour pouvoir contenir la prédation. L'informatisation nous enjoint de choisir ainsi entre une civilisation, celle de l'iconomie, et une barbarie.

Cela suppose de revenir aux *valeurs* que notre société entend promouvoir. Elles étaient tellement habituelles dans l'économie moderne qu'elles étaient devenues implicites. L'informatisation, ayant changé la nature à laquelle l'action est confrontée, nous contraint à interroger notre histoire pour tirer au clair ce que nous voulons *faire* et ce que nous voulons *être*.

Les travaux que Philippe d'Iribarne (2006) a consacré à notre République éclairent utilement, au plan anthropologique, le chemin qui pourrait être celui de la France vers l'iconomie.

Index

- Amazon, 31
AMD, 31, 49
Apple, 29, 31
Arrow, Kenneth, 8
Asus, 31
- Backes, Ernest, 45, 49
Benghozi, Pierre-Jean, 28, 50
Bureau, Sylvain, 28, 50
- Chamberlin, Edward, 12, 49
Cobb, Charles, 8, 9, 49
Concurrence monopolistique, 12
Concurrence parfaite, 10
- Debonneuil, Michèle, 25
Debreu, Gérard, 8, 49
Demotes-Mainard, Magali, 25, 49
Dixit, Avinash, 25, 49
Douglas, Paul, 8, 9, 49
- Edgeworth, Francis, 4, 49
- Fisher, Irving, 6, 49
Fixari, Daniel, 7, 49
Flichy, Patrice, 27, 49
- Gayraud, Jean-François, 45, 49
Gille, Bertrand, 4, 5, 49
- Hauriou, Maurice, 39, 49
Heckscher, Eli, 14
Helpman, Elhanan, 14, 49
Hicks, John, 5, 6, 49
- IC Insights, 31, 49
Impression 3D, 21, 31
Intel, 31
Internet des objets, 50
iPad, 30
iPhone, 30
- iPod, 30
Iribarne, Philippe d', 46, 49
Isaacson, Walter, 30, 49
- Jancovici, Jean-Marc, 33, 49
Jobs, Steve, 29, 30, 49
- Krugman, Paul, 49
- Latouche, Serge, 38, 49
Lenovo, 31
Leontief, Wassily, 8, 9, 49
Linhart, Robert, 32, 49
Linux, 31
- Mélèse, Jacques, 21, 42, 50
Massit-Folléa, Françoise, 28, 50
Microsoft, 30
Moati, Philippe, 39, 50
Monopole, 11
- Ohlin, Bertil, 14, 50
- Pareto, Vilfredo, 4, 50
Printz, Jacques, 21, 50
- Qualcomm, 31, 49
- Ramsey, Frank, 14, 50
Ricardo, David, 8, 14, 50
Rifkin, Jeremy, 38, 50
Robert, Denis, 45, 49
Robinson, Joan, 12, 50
- Saint-Etienne, Christian, 4, 50
Samsung, 31, 49
Saviano, Roberto, 45, 50
Serres, Michel, 38, 50
Shannon, Claude, 41, 50
Simondon, Gilbert, 41, 50
Smith, Adam, 37

Solow, Robert, 8, 50

Stiglitz, Joseph, 25, 49

Tirole, Jean, 10, 50

Volle, Michel, 4, 19, 20, 42, 45, 50, 51

Xerox, 26

Références

- [1] Edward Chamberlin. *The Theory of Monopolistic Competition*. Harvard University Press, 1933.
- [2] Michèle Debonneuil. *L'espoir économique : Vers la révolution du quaternaire*. Bourin, 2007.
- [3] Gérard Debreu. *Theory of Value : An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*. Yale University Press, 1959.
- [4] Magali Demotes-Mainard. La connaissance statistique de l'immatériel. *INSEE*, 2003.
- [5] Philippe d'Iribarne. *L'étrangeté française*. Le Seuil, 2006.
- [6] Francis Edgeworth. *Mathematical Psychics*. Kegan Paul, 1881.
- [7] Denis Robert et Ernest Backes. *Révélation\$*. Les Arènes, 2001.
- [8] Avinash Dixit et Joseph Stiglitz. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*, 1977.
- [9] Charles Cobb et Paul Douglas. A theory of production. *American Economic Review*, 1928.
- [10] Elhanan Helpman et Paul Krugman. *Market Structure and Foreign Trade*. MIT Press, 1985.
- [11] Irving Fisher. *The Nature of Capital and Income*. Macmillan, 1906.
- [12] Daniel Fixari. Le calcul économique, ou de l'utilisation des modèles irréalistes. *Annales des Mines*, avril 1977.
- [13] Patrice Flichy. *L'innovation technique*. La Découverte, 2003.
- [14] Jean-François Gayraud. *La grande fraude*. Odile Jacob, 2011.
- [15] Bertrand Gille. *Histoire des techniques*. Gallimard, Collection de la Pléiade, 1978.
- [16] Maurice Hauriou. *Théorie des institutions et de la fondation*. 1925.
- [17] John Hicks. *Value and Capital*. Oxford University Press, 1939.
- [18] IC Insights. Qualcomm and Samsung Pass AMD in MPU Ranking. Technical report, 2013.
- [19] Walter Isaacson. *Steve Jobs*. Simon & Schuster, 2011.
- [20] Jean-Marc Jancovici. *Transition énergétique pour tous : ce que les politiques n'osent pas vous dire*. Odile Jacob, 2013.
- [21] Serge Latouche. *Le pari de la décroissance*. Fayard, 2010.
- [22] Wassily Leontief. *The Structure of the American Economy 1919-1929*. Harvard University Press, 1941.

- [23] Robert Linhart. *L'établi*. Éditions de minuit, 1978.
- [24] Pierre-Jean Benghozi, Sylvain Bureau, Françoise Massit-Folléa. *L'internet des objets : quels enjeux pour l'Europe ?* Maison des sciences de l'homme, 2009.
- [25] Jacques Mélése. *L'analyse modulaire des systèmes de gestion*. Hommes et techniques, 1972.
- [26] Philippe Moati. *La nouvelle révolution commerciale*. Odile Jacob, 2011.
- [27] Bertil Ohlin. *Interregional and International Trade*. 1933.
- [28] Vilfredo Pareto. *Manuale di Economia politica*. Società editrice libraria, 1906.
- [29] Jacques Printz. *Architecture logicielle*. Dunod, 2006.
- [30] Frank Ramsey. A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, 1928.
- [31] David Ricardo. *On the Principles of Political Economy and Taxation*. 1817.
- [32] Jeremy Rifkin. *The Third Industrial Revolution*. Palgrave Macmillan, 2013.
- [33] Joan Robinson. *The Economies of Imperfect Competition*. Macmillan, 1933.
- [34] Christian Saint-Etienne. *L'icone*. Odile Jacob, 2013.
- [35] Roberto Saviano. *Gomorra. Viaggio nell'impero economico e nel sogno di dominio della camorra*. Mondadori, 2006.
- [36] Michel Serres. *Petite Poucette*. Le Pommier, 2012.
- [37] Claude Shannon. A Mathematical Theory of Communication. *Bell Systems Technical Journal*, 1948.
- [38] Gilbert Simondon. *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier, 1958.
- [39] Robert Solow. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 1956.
- [40] Jean Tirole. *Théorie de l'organisation industrielle*. Economica, 1993.
- [41] Michel Volle. *e-économie*. Economica, 2000.
- [42] Michel Volle. *De l'informatique : savoir vivre avec l'automate*. Economica, 2006.
- [43] Michel Volle. *Prédation et prédateurs*. Economica, 2008.
- [44] Michel Volle. Systèmes d'information. *Encyclopédie des techniques de l'ingénieur*, 2011.

- [45] Michel Volle. *iconomie*. Economica, 2014.
- [46] Michel Volle. *Philosophie de l'action et langage de l'informatique*. Manucius, 2014.