

PHILIPPE HERLIN

**Théorie des marchés financiers :
revenir aux concepts fondamentaux**

Octobre 2008

Cette étude a été réalisée par Philippe HERLIN, DEA de finance à Paris-Dauphine et membre du Club Finance HEC.

Contact : philippeherlin@yahoo.fr

Site : www.philippeherlin.com

Ce document pdf reprend l'intégralité de l'étude n° 75 du Club Finance HEC
cf <http://www.hec.fr/clubfinance/>
Plus d'infos sur www.philippeherlin.com

Abstract

L'ambition de cette étude consiste à réévaluer les bases de la théorie des marchés financiers. Nous voulons revenir aux concepts fondamentaux, pour les interroger et les remettre en cause, mais aussi pour proposer une approche novatrice.

Le premier d'entre eux, le concept fondateur, est la dichotomie entre la valeur fondamentale et le prix réel ou constaté d'un actif. Toutes les théories s'articulent sur cette distinction. Nous expliquons, en revenant sur l'histoire de la pensée économique, et sur la notion de vérité, qu'elle est fautive : la "valeur fondamentale" n'existe pas.

Comment faire, alors, pour appréhender la réalité ? Nous revenons sur la notion d'information et faisons appel à la théorie de la communication de Shannon et Weaver, qui mesure la valeur d'une information par sa probabilité d'occurrence. Etape déterminante, cette théorie conduit directement à la notion d'organisation, qu'on appelle en physique, ou plus exactement en thermodynamique, l'entropie. Et nous constaterons, chiffres à l'appui, que cette logique d'organisation - très différenciée - se retrouve précisément dans la structuration des marchés financiers.

Mais si l'information, contrairement à ce que nous dit la théorie de l'efficience, est inégalement répartie et prise en compte par le marché, cela doit se traduire, notamment, dans les prix, ou plus exactement les séries de prix. Et c'est justement ce que nous dit Benoît Mandelbrot, qui a mis en évidence la dimension fractale non entière des séries de prix des actifs financiers.

Peut-on alors relier l'organisation (l'entropie) du marché avec sa marche dans le temps (la série des prix), ses dimensions synchronique et diachronique ? Oui, grâce au mathématicien Michel Mendès-France qui a établi la formule reliant l'entropie et la dimension fractale d'une courbe. C'est ce que nous appelons "l'équation fondamentale", qui boucle et valide tout notre raisonnement.

Sur ces bases, et avec ce nouveau regard, nous pouvons désormais ouvrir de nouvelles et riches perspectives sur le fonctionnement et la compréhension des marchés financiers.

Addendum A propos de la crise financière...

Le 7 octobre 2008, en pleine tourmente boursière, on peut lire ce passage sur un site d'actualités boursières belge (trends.be) :

"Quant au titre Fortis, il était toujours suspendu, et les experts ne s'attendaient plus, pour finir, à une reprise du cours avant demain mercredi. En effet, Fortis attendait encore plusieurs informations de nature à permettre au marché d'évaluer correctement et en toute connaissance de cause la valeur de l'action."

Une annonce qui semble malheureusement anodine et banale en ces temps troublés de chute des cours et de défiance généralisée. Mais en la relisant, spécialement la seconde phrase, que de présupposés, de postulats et d'hypothèses ne voit-on d'un coup surgir en quelques mots !

Et tout d'abord : mais où est donc passée la valeur fondamentale ? Toutes les théories explicatives des marchés financiers procèdent de la distinction, de la dichotomie, entre la valeur fondamentale ou intrinsèque d'une action, et une part volatile émanant des comportements erratiques ou moutonniers des traders, le cours de l'action évoluant plus ou moins autour de cette valeur repère. Dans le cas de Fortis, on suspend la cotation, autrement dit plus personne ne sait où se trouve la valeur fondamentale de l'action. Ce n'est pas le seul cas bien sûr, le 14 septembre, la veille de sa disparition, tout le monde pensait que Lehman Brothers avait une valeur intrinsèque substantielle. Eh bien justement, la crise actuelle ne doit-elle pas nous amener à interroger sérieusement ce concept de valeur fondamentale ?

On lit également que Fortis attend des *"informations de nature à permettre au marché d'évaluer correctement et en toute connaissance de cause la valeur de l'action"*... On croit ici, on espère, on prie secrètement pour que les marchés soient *efficents*. Pourquoi ces craintes ? Eugene Fama nous le dit depuis les années 60, et toute la théorie financière le reprend en chœur, les marchés sont *efficents* : le prix des actifs financiers reflète en permanence toute l'information pertinente disponible, les prix futurs dépendront uniquement des informations qui parviendront quotidiennement sur le marché, le prix des actifs suit donc une marche au hasard, il n'y a aucune relation de dépendance temporelle entre eux, fermez le ban. Pourquoi panique-t-on alors ? Pourquoi ce krach ? Quelles sont les informations qui expliquent la tourmente financière ? Ce serait plutôt en fait l'absence d'information (sur le bilan des banques notamment) qui explique la crise. Alors, dans ce cas, où est l'efficence des marchés ? Et puis, plus fondamentalement, signalons que Benoît Mandelbrot a mathématiquement démontré que les cours de bourse ont une dimension fractale non entière, autrement dit que les prix ne suivent pas une marche au hasard et qu'il existe des effets de dépendance temporelle. Cette découverte date déjà de plus de deux décennies et elle attend toujours d'être intégrée dans le corpus théorique de la finance... Mépris, oubli, méconnaissance ? Tout cela à la fois certainement.

Enfin, dans ce texte, on invoque le marché telle une divinité, avec déférence et respect (*"de nature à permettre au marché"*, attention ne le brusquons pas !), on apporte des offrandes (des vraies bonnes informations) en espérant qu'il délivrera ses oracles : le juste prix et un peu moins de volatilité s'il vous plait. Mais le marché c'est qui ? L'ensemble des intervenants merci, mais encore ? Ont-ils tous le même poids ? Non justement, on constate, sur l'ensemble des différents marchés financiers (mais aussi sur les marchés de la pizza ou des aspirateurs)

qu'il y a des "gros", des "moyens" et des "petits". Pourquoi ? Pourquoi cette répartition correspond-elle à un équilibre, et pourquoi un marché est-il inconcevable sans cette répartition ? Aucune théorie économique ne l'explique, alors que des outils conceptuels existent. Ce travail d'analyse il faut le faire, pour mieux comprendre les marchés, notamment la façon dont l'information circule.

Les événements actuels doivent nous obliger à nous interroger sur les concepts fondamentaux de la finance (valeur, prix, marché, information). Toute crise est un changement de paradigme, et c'est en se donnant les moyens de la penser qu'on peut la surmonter.

Philippe Herlin
Paris, le 8 octobre 2008

Introduction

"En même temps que l'information informe, c'est à dire renseigne, elle in-forme, c'est à dire dispose et dirige."

Martin Heidegger

Voici ce qu'on ne comprend pas. Que l'information "*renseigne*" est évident pour tout le monde. Et après, c'est tout ? On reste le même qu'avant sauf qu'en plus on est informé ? Mais n'est on pas changé par ce qu'on apprend ? Si bien sûr. Même sans le vouloir. Car l'information "*dispose et dirige*". Voilà qui est plus difficile à comprendre, et à admettre.

Cette phrase de Heidegger s'applique évidemment à l'économie, et spécialement aux marchés financiers qui "consomment" toutes les informations susceptibles de les concerner. Elle indique aussi dans quelle direction nous devons tourner nos regards.

La nature même de l'information est à réexaminer selon nous, et nous commencerons par la première d'entre elles, le prix et de la soi-disant "valeur fondamentale". Ensuite, nous nous intéresserons à ce que "*dispose et dirige*" l'information en explicitant la notion d'organisation.

Nous reviendrons aux prix, aux séries de prix plus exactement, pour constater qu'elles recèlent un phénomène lourd de sens, avant de boucler notre raisonnement et d'aboutir à une "équation fondamentale" expliquant le fonctionnement des marchés financiers.

Tout au long de ces pages, nous nous interrogerons sur les concepts fondamentaux utilisés lorsque l'on parle des marchés financiers (prix, valeur fondamentale, information, incertitude, anticipation, organisation, entreprise, efficience des marchés) car, selon nous, tout procède de cette réflexion.

Le discours économique et ses théories usuelles apparaîtront au fil de ces pages "en creux", éclairés par d'autres disciplines (philosophie, théorie de l'information, physique, mathématiques) qui, elles, ont fait leurs preuves.

Nous réévaluons ici de fond en comble la théorie des marchés financiers et proposons une approche (matérialisée par une équation fondamentale) qui correspond à la réalité observable et l'explicite, et qui ouvre, de surcroît, de riches perspectives.

1) La valeur fondamentale n'existe pas

Il faut repartir à la base. Car avant même d'examiner les différentes théories des marchés financiers, il faut se rendre compte qu'elles partent toutes d'un postulat : la valeur fondamentale. Mais s'agit-il d'un axiome ou d'une simple hypothèse ?

1.1) La dichotomie entre la valeur fondamentale et le prix

Lorsque l'on passe en revue les différentes théories des marchés financiers et de l'évaluation des actifs financiers, on constate immédiatement qu'elles ont un point de départ identique : le prix "affiché" d'un actif financier (la plupart du temps très volatile) n'est en réalité qu'une approximation de sa "vraie" valeur, appelée "valeur fondamentale".

Les différentes approches théoriques considèrent toujours qu'il existe, pour chaque actif financier, une "valeur fondamentale" (ou "intrinsèque") et, d'autre part, un prix affiché qui dépend des "anticipations" que forment les opérateurs pour évaluer ces actifs. La valeur fondamentale dépend des "fondamentaux" (les variables significatives de l'économie, les résultats de l'entreprise s'il s'agit d'une action), tandis que le prix dépend des anticipations formées par les opérateurs à partir des informations concernant ces actifs, et aussi parfois en imitant le comportement de leurs propres collègues.

La forte volatilité des cours sur les marchés boursiers conduit les théoriciens à douter que ceux-ci représentent la vraie valeur d'une entreprise, d'une action ("comment la valeur d'une entreprise pourrait-elle changer d'une heure à l'autre ?"). La réalité de la vie de l'entreprise (son bilan, son compte de résultat, la progression de son marché, l'avantage concurrentiel de ses produits, etc) détermine la valeur fondamentale de celle-ci. Sur la bourse, les financiers tentent de l'estimer au mieux en fonction de diverses informations, et de la tendance que donne le marché...

On est donc en présence d'une *dichotomie* entre une *sphère réelle* dans laquelle se trouve la valeur fondamentale, et une *sphère financière* dans laquelle se forment les anticipations. Ces anticipations convergent plus ou moins vite, suivant les différentes approches théoriques, vers la valeur fondamentale. Elles peuvent converger, comme dans le cas du modèle des anticipations rationnelles, mais elles peuvent aussi diverger sérieusement avant de retomber brutalement ainsi que le décrit la théorie des bulles spéculatives.

Cette dichotomie semble évidente, et régulièrement on dénonce l'irrationalité des marchés... Pourtant elle n'a jamais été démontrée, c'est un postulat de la science économique qui est pourtant à la base de toutes les théories sur le fonctionnement des marchés financiers.

Ce qui semble le plus simple et le plus évident est parfois le plus trompeur. C'est justement parce que personne, à notre connaissance, n'a vraiment critiqué le fondement même de la séparation entre une économie réelle et une sphère financière qu'il faut le faire.

1.2) La remise en cause de la dichotomie

Cette dichotomie semble consubstantielle à toutes ces théories, leurs discours s'articulent autour de cette opposition entre la valeur fondamentale et les prix constatés. Mais s'est on

vraiment interrogé sur sa validité ? Posons nous une question très simple : d'où vient la valeur fondamentale ? Prenons le cas d'une action : elle est censée représenter la valeur de l'entreprise (son bilan, ses profits, ses capitaux propres, etc). Fort bien. Mais ces quantités dépendent elles-mêmes du volume de ses ventes (lui-même lié au niveau général d'activité), du rendement de ses investissements (eux-mêmes lié au taux d'intérêt à long terme), du prix des matières premières, etc, qui sont toutes des variables incertaines. Poursuivons, le niveau général d'activité et le taux d'intérêt à long terme dépendent d'une multitude de variables (politique monétaire, niveau de la demande, ...) elles aussi incertaines. Le prix des matières premières dépend de la demande et de l'éventuelle découverte de nouveaux gisements. Ainsi l'évaluation des actifs doit tenir compte de l'évolution future d'une multitude de variables, l'incertitude est en fait générale. L'incertitude apparaît "en cascade", au fur et à mesure que l'on étend notre regard.

Le producteur de matières premières n'est donc pas plus assuré sur son avenir que le chef d'entreprise ni bien sûr que le spéculateur. Où que l'on porte son regard dans une économie, les variables déterminantes sont toujours incertaines donc anticipées du mieux possible par les différents agents. Comment dès lors soutenir l'existence de fondamentaux, de points d'ancrage, de références certaines qui détermineraient une valeur fondamentale ? Comment pourrait exister une valeur fondamentale dans un univers où tout est incertain ? On doit conclure qu'il n'y a pas de valeur fondamentale en économie. Et une incertitude concernant toutes les variables économiques interdit la notion de valeur fondamentale.

Avant d'aller plus loin, revenons sur une métaphore qu'a développé Keynes dans l'objectif d'expliquer et de démontrer cette dichotomie : le "concours de beauté". Les lecteurs d'un magazine sont invités à élire le plus beau visage parmi tout un choix de mannequins, le gagnant étant celui qui aura indiqué sur son bulletin le nom de celle qui aura été choisie par le plus grand nombre de lecteurs. Avec une telle règle du jeu, nous dit Keynes, les lecteurs ne vont pas faire leur choix en fonction de leurs goûts, mais par rapport à l'idée qu'ils se font du goût des autres. Ce comportement mimétique n'a ainsi que peu de chance de tomber sur "le plus beau visage" nous dit-il. Mais, justement, d'où tombe-t-il ce "plus beau visage" ? Quels critères objectifs permettent de le déterminer ? Qui peut croire à un jugement absolu dans ce domaine ? Citons Keynes¹ : *"Il ne s'agit pas pour chacun de choisir les visages qui, autant qu'il peut en juger, sont réellement les plus jolis ..."*. Mais à quelle réalité transcendante fait ici appel l'adverbe "réellement" ? Les canons de la beauté y seraient ils inscrits ? Le plus beau visage n'existe pas plus que la valeur fondamentale.

Par conséquent, si la valeur fondamentale (ou intrinsèque) disparaît la dichotomie entre la sphère réelle et la sphère financière sombre avec elle. C'est toute notre façon de penser les marchés financiers qui est bouleversée.

1.3) Sur le concept de vérité

Cependant comment expliquer le succès et la longévité de cette théorie de la dichotomie ? Pourquoi paraît-elle si évidente ? Il est nécessaire de faire un détour du côté de l'histoire des idées, de la philosophie. Si cette conception a eue une telle emprise sur la théorie économique c'est parce qu'elle correspond à notre conception traditionnelle de la vérité, qui remonte aux premiers philosophes de notre civilisation. Le premier grand penseur à en avoir donné une description est Platon avec le "mythe de la caverne". Platon nous compare à ces pauvres

¹ KEYNES J.M. Théorie générale, Payot 1969, p. 168

hommes enchaînés dans une grotte de façon à ce qu'ils n'en voient que le fond sur lequel se projettent les ombres d'objets et d'autres hommes passant dans leur dos. Comme eux, selon Platon, nous sommes condamnés à ne voir que les ombres et les apparences d'une réalité, d'une vérité à jamais inaccessible ; nous ne pouvons que conjecturer, par l'effort de la pensée, le monde vrai. Transposé dans le langage de l'économie : la vérité de la valeur fondamentale nous est inaccessible immédiatement, nous ne disposons que de signes sur lesquels vont se fonder nos anticipations.

Dans *La doctrine de Platon sur la vérité*, et qui constitue certainement l'un de ses textes les plus importants, Martin Heidegger² a remis en cause cette conception de la vérité. Revenant sur le "mythe de la caverne" – qui n'est en fait pas de Platon lui-même, il appartient à la culture grecques ancestrale, mais il en a donné une interprétation devenue universelle – il insiste sur le *mouvement* que fait l'un de ces hommes de fiction qui se libère de ses chaînes pour se tourner vers l'ouverture de la caverne puis sortir sous le soleil. D'abord ébloui, il accède progressivement à la connaissance. La vérité est un dévoilement. *"A l'origine vérité veut dire : ce qui a été arraché à une occultation. La vérité est cet arrachement, toujours en mode de dévoilement"*³. Avec son monde parfait des "idées", Platon s'inscrit en contradiction avec cette conception de la vérité pour en proposer une autre plus "binaire", plus dichotomique : *"Lorsque Platon dit de l'Idée qu'elle est la Souveraine qui concède le non-voilement, il nous renvoie à quelque chose qu'il ne dit pas, à savoir que désormais l'essence de la vérité cesse de se déployer à partir de sa propre plénitude d'être, comme essence du non-voilement, mais qu'elle se déplace pour venir en adéquation avec l'essence de l'Idée. L'essence de la vérité abandonne son trait fondamental antérieur : le non-voilement"*⁴.

Les sciences exactes ont abandonné depuis longtemps cette perception de la réalité sous forme dichotomique, qui relève par contre de la logique scolastique, (l'alchimie fonctionnait suivant ce modèle !), mais, manifestement, pas la science économique, notamment en ce qui concerne les marchés financiers (de là à dire que trouver la "valeur fondamentale" revient à chercher la pierre philosophale...).

Mais si la dichotomie disparaît, sommes-nous pour autant condamnés à errer éternellement au gré des apparences ? S'il n'y a plus de valeur fondamentale, l'incohérence et le chaos menacent-ils ? La conception platonicienne de la vérité a aussi été remise en cause par Friedrich Nietzsche, qui refuse l'idée d'un monde transcendant et qui répond ici à nos interrogations⁵ : *"Le "monde-vérité" nous l'avons aboli : quel monde nous est resté ? Le monde des apparences peut être ? ... Mais non ! Avec le monde-vérité nous avons aussi aboli le monde des apparences !"*. En effet le système platonicien plaçait la vérité dans un monde transcendant et ne nous laissait que des ombres et des apparences. S'il s'écroule, alors, c'est ce que nous dit Nietzsche, la vérité fait partie de ce monde-ci. Nos efforts peuvent donc nous amener à la vérité, même s'ils ne nous protègent pas, bien sûr, de l'erreur.

² HEIDEGGER M. *La doctrine de Platon sur la vérité* in Questions I et II, Gallimard TEL p. 423 et suiv.

³ Op. cit. p. 449

⁴ Op. cit. p. 458

⁵ NIETZSCHE F. *Le crépuscule des idoles*, Garnier Flammarion 1985 p. 96

1.4) La révolution manquée de Keynes

Le chemin que nous venons de parcourir semble radical - il remet en cause un des fondements de l'économie - mais nous ne sommes pas les premiers à l'avoir parcouru, et déjà avant la guerre, du côté de Cambridge, on s'était posé ce genre de question.

La disparition du concept de valeur fondamentale conduit à réévaluer la notion d'anticipation, son rôle ne se réduit plus à celui d'un "parasite" mais devient l'unique mode d'appréhension de l'avenir. L'anticipation peut faire naître la vérité, elle acquiert un rôle structurant et devient désormais la notion centrale sur les marchés financiers.

Mais accorder une place fondamentale aux anticipations n'est peut être pas une idée si nouvelle que cela : on peut lui trouver une référence historique. Il s'agirait en l'occurrence de John Maynard Keynes. Olivier Favereau⁶ se livre en effet à une analyse minutieuse de ses écrits entre le *Traité de la monnaie* et la *Théorie générale* et démontre que ceux-ci trahissent, selon lui, une hésitation entre un "projet radical" dans lequel l'incertitude est générale, et d'autre part un "projet pragmatique" dans lequel l'incertitude est limitée au marché financier. Dans le projet radical toutes les variables importantes sont des anticipations, la validité de la théorie classique est limitée au cas d'information parfaite (mais ce cas est irréaliste), il est donc nécessaire d'élaborer une théorie de la formation des anticipations plutôt que d'en faire un simple élément exogène. Mais ce projet finalement s'effacera pour disparaître fin 1933 au profit du projet pragmatique qui s'exprimera dans la *Théorie générale* qui paraîtra en 1936.

On remarquera ici que le projet radical n'invalide pas la théorie classique mais en limite la pertinence au cas où l'information est parfaite. Favereau souligne ici, et nous ne pouvons que l'approuver mot à mot "*l'étonnante modernité de l'attitude épistémologique keynésienne, échangeant la vieille problématique de l'erreur et de la vérité en soi contre une problématique neuve - et tellement plus féconde - des limites de validité d'un système formel*".

1.5) Un collègue de Keynes : Wittgenstein

Cette évolution est d'ailleurs à rapprocher, c'est une autre remarque très pertinente de Favereau, de celle d'un des éminents collègue de Keynes à l'université de Cambridge : le philosophe Ludwig Wittgenstein. Keynes connaissait très bien Wittgenstein et il suivait de près ses travaux. Ce dernier voulût élaborer dans son premier ouvrage, le *Tractatus*⁷, une remise en cause radicale du langage dans son rapport au monde. Mais plus tard, au tournant des années 30, il assignera des limites à ces prétentions en expliquant que l'on est toujours prisonnier d'un jeu de langage qui, pour Keynes, est précisément le discours classique, ce qui le découragera, l'empêchera de sauter le pas.

Mais justement, relisons le Wittgenstein du *Tractatus*. Il est écrit au tout début (proposition 1.1) : "*Le monde est l'ensemble des faits, pas des choses*", les faits comme événements qui se produisent et non pas la chose, ce concept vieux comme la métaphysique, qui permet d'opérer une distinction toute platonicienne entre les apparences et la "chose en soi". Il refuse, comme nous le faisons ici, toute détermination transcendante, toute valeur intrinsèque masquée par des apparences : "*Le sens du monde doit se trouver en dehors du monde. Dans le monde*

⁶ FAVEREAU O. L'incertain dans la "révolution keynésienne" : l'hypothèse Wittgenstein in Economie et sociétés tome XIX n°3 mars 1985

⁷ WITTGENSTEIN L. *Tractatus logico-philosophicus*, Gallimard 1961

toutes choses sont comme elles sont et se produisent comme elles se produisent : il n'y a pas en lui de valeur. [...]. S'il existe une valeur qui ait de la valeur, il faut qu'elle soit hors de tout événement et de tout être-tel. Car tout événement et être-tel ne sont qu'accidentels". (proposition 6.41). On perçoit avec ces deux propositions la philosophie de Wittgenstein : à l'opposé de Platon, il faut prendre le monde tel qu'il est, et les événements, les faits ont un caractère que nulle réalité transcendante ne peut nous permettre de prévoir.

Nous pourrions le paraphraser en disant que *la valeur d'un actif financier est son prix*, point final. Il est vain, inutile et indémontrable de conjecturer une valeur intrinsèque vraie absolument à laquelle se rajouteraient des anticipations erratiques. Le prix d'un actif est un "événement" qu'il faut prendre comme tel.

Mais si les événements ont un caractère accidentel, ils doivent avoir une probabilité d'occurrence. C'est effectivement un concept important dans l'ouvrage de Wittgenstein : *"L'unité de la proposition de probabilité est que : les circonstances - que je ne connais pas davantage autrement - donnent à un événement déterminé tel ou tel degré de probabilité".* (proposition 5.155). La proposition suivante (5.156) précise cette idée importante : *"Ainsi la probabilité est une généralisation. Elle implique la description générale d'une forme de proposition. Seul le manque de certitude nous fait recourir à la probabilité. Lorsque nous ne connaissons pas entièrement un fait, mais nous savons bien quelque chose quant à sa forme".* Ainsi, face à l'incertitude pesant sur les événements, le recours à leur probabilité est la situation la plus logique. Nous y reviendrons.

1.6) La légitimité du concept d'organisation

Revenons à Favereau. Le projet radical de Keynes impliquait, selon lui, l'existence de modes de coordination des activités économiques autres que les prix de marché. Face à l'incertitude il devient rationnel d'observer et d'imiter les autres agents, les "conventions" acquièrent de ce fait une légitimité nouvelle. Les conventions, l'organisation peuvent alors suppléer aux insuffisances du marché. Nous faisons notre la conclusion de Favereau : *"Une des clés de l'avenir du projet radical serait la possibilité d'intégrer davantage le facteur "organisation" dans l'économie. Le marché étant la catégorie fondamentale à l'intérieur de laquelle l'économie politique s'est pensée comme discipline distincte depuis Adam Smith, si l'organisation devait accéder également au rang de catégorie fondamentale, alors, contrairement à toute attente, la révolution keynésienne ne serait pas derrière nous mais devant".*

2) La mesure de l'information

Se priver de la "valeur fondamentale" c'est se priver d'un solide référent sur lequel peut s'articuler tout un discours sur l'économie. On se retrouve effectivement sur un terrain beaucoup plus mouvant et incertain : des événements se produisent avec une certaine probabilité tandis que les agents tentent de les anticiper au mieux... et les actes qui en découlent deviennent autant d'événements ... On n'a plus affaire qu'à une multitude d'événements plus ou moins probables. Comment dès lors appréhender la logique interne d'un tel système ? Comment les informations qu'apportent ces événements structurent-elles l'espace économique ? Il importe, tout d'abord, de mieux comprendre - justement - l'information, de la définir, de la mesurer pour mieux évaluer son action sur les marchés financiers.

2.1) Qu'est-ce que l'information sur un marché ?

La définition même de ce que peut être l'information sur le marché financier n'est pas évidente. On peut distinguer deux approches différentes, mais pas forcément contradictoires : l'approche néo-classique micro-économique et celle de la théorie financière, la théorie de l'efficacité des marchés.

La théorie micro-économique s'est d'emblée posée la question de la meilleure façon d'appréhender l'information, car l'allocation des ressources et des biens dans une économie est liée à la répartition des informations pertinentes entre les différents agents. Ces "informations pertinentes" sont ce que l'agent sait de lui: *"chaque agent connaît ses propres besoins, ses ressources et ses possibilités mais ignore besoins, ressources et possibilités des autres"*⁸. Reste ensuite à déterminer par quelles procédures cette configuration aboutit à un équilibre stable.

Mais la théorie micro-économique a vite considéré que les prix pouvaient transmettre de l'information. Tout agent incomplètement informé peut penser que d'autres intervenants détiennent des informations qui seraient pertinentes pour lui. Dans ce cas, les prix peuvent permettre d'observer le comportement de ces agents mieux informés. *"Un individu qui cherche à gérer un portefeuille de valeurs financières peut être mal informé des perspectives de rendement des diverses valeurs ; mais, sachant que l'évolution des cours reflète l'évolution de ces perspectives, il est indirectement informé par la simple observation des cours"*⁹.

Mais, cette vertu des prix à être porteur d'information crée une interdépendance entre, justement, les prix et les comportements des agents qui peut déboucher sur un effet de mimétisme. Dans ce cas, l'acheminement vers un équilibre est plus difficile et plus instable car les comportements des agents dépendent de moins en moins des valeurs économiques réelles (leurs besoins, leurs ressources) et de plus en plus de l'évolution des prix du marché. D'où la possibilité d'apparition de bulles spéculatives, de multiplicité d'équilibres, etc. L'information transmise par les prix est, dans la théorie néo-classique, à utiliser avec prudence et comme adjuvant aux valeurs économiques dites "réelles".

Dans la théorie de l'efficacité des marchés financiers, la série des prix intervient mais sur un autre plan. En effet, cette approche distingue trois niveaux d'information : le premier se

⁸ MALINVAUD Leçons de théorie microéconomique Dunod 1986

⁹ op cit. p. 354

restreint à l'historique des cours boursiers, le deuxième englobe toutes les données publiques susceptibles d'influencer les cours (résultats des sociétés, données macro-économiques, etc) et le troisième concerne l'information privilégiée accessible aux seuls initiés.

L'information de base de la micro-économie - le fait de connaître ses ressources et ses besoins - est ici implicitement acquise. La série des prix, elle, peut apporter de l'information mais de qualité différente suivant l'efficacité du marché. Ainsi, dans la forme dite faible de l'efficacité, les prix reflètent seulement l'historique des cours ; c'est seulement dans la forme semi-forte qu'ils reflètent l'ensemble des informations publiques et dans la forme forte qu'ils incluent, en plus, les informations privilégiées.

L'information que peut retirer un agent de l'évolution des prix dépend donc du degré d'efficacité du marché. Mais, à priori, l'information privilégiée ne figure pas forcément dans les prix ; c'est une limitation importante par rapport à l'approche néoclassique.

Quoi qu'il en soit, ces deux approches proposent des hiérarchies de catégories d'information. L'approche micro-économique considère que l'ensemble d'information constitué de ce que l'agent sait de lui (ses besoins, ses ressources) est sain et apte à permettre la révélation d'un équilibre, tandis qu'elle considère avec plus de prudence les prix par les effets pervers qu'ils peuvent engendrer (mimétisme des comportements). L'approche par la théorie de l'efficacité établit, elle, une hiérarchie qui part de l'historique des cours boursiers - l'information la plus "facile", la plus évidente - puis va ensuite regrouper l'ensemble des informations publiques - une information plus pertinente - pour enfin arriver aux informations privilégiées.

Par delà leurs différences, ces hiérarchies établissent des jugements de valeur *a priori* sur des catégories d'information que l'expérience ne confirme pas forcément. Par exemple, l'efficacité simplement de forme faible condamne l'analyse chartiste alors que cette méthode est encore largement pratiquée. Mais, surtout, ces approches négligent, selon nous, une dimension essentielle, même si cela peut sembler un truisme, la capacité à *traiter* cette information.

2.2) L'information... c'est ce qu'on en fait

L'information en tant que telle n'est rien si on ne sait pas l'interpréter. Et cette capacité à traiter les "nouvelles" économiques et financières constitue l'élément déterminant.

Les cours d'une valeur boursière sont, par exemple, une information aisément accessible, mais la capacité à l'interpréter de façon intelligente (comparaison avec l'indice du marché ou d'autres valeurs, moyennes mobiles, etc) nécessite des compétences (informatiques, statistiques, économiques) déjà plus difficiles à réunir. Déceler des tendances dans la multitude de données macro-économiques diffusées quotidiennement exige une expertise et des compétences peu courantes.

En fait, on peut considérer que sur les marchés financiers, les intervenants ont tous accès aux mêmes informations (données macro-économiques, comptes des entreprises, information en temps réel, cours, ...) et la concurrence se fait sur la capacité à les interpréter du mieux possible pour, précisément, produire d'autres informations (analyse financière, conseil) plus pertinentes. Mais la particularité de ces dernières informations est qu'elles sont produites en interne - par l'intervenant lui-même - à partir du recoupement et de l'analyse d'informations

largement diffusées. Ce sont des informations que l'on pourrait qualifier de "privilégiées", bien qu'elles n'aient aucun caractère illégal, mais leur diffusion est plus restreinte.

On préférera donc considérer l'ensemble des informations arrivant sur le marché comme un tout, c'est à dire sans faire de distinction entre bonne ou moins bonne information : chacun utilise ces données comme il l'entend. On ne porte pas de jugement de valeur *a priori* sur tel ou tel type d'information, les prix y compris. Ensuite, à mesure que ces nouvelles sont analysées, recoupées, traitées par les intervenants - les agents financiers - elles deviendront - dans les mains des plus compétents - des informations de plus en plus importantes. On pourrait même dire que les données provenant sur le marché ne sont que des "événements" et pas encore des informations ; seule une analyse - aussi minime soit elle - peut leur donner ce statut.

On peut décrire ce que nous venons de voir comme un *continuum d'information* qui part du large ensemble des informations diffusées sur le marché pour s'élever progressivement à des niveaux de plus en plus restreints à mesure que ces informations sont analysées. La forme est pyramidale et l'objectif est de s'approcher le plus possible du sommet. On arrive alors à des informations de grande valeur - pour comprendre le marché et agir efficacement - mais très rares ou, pour prendre un terme de statistique probabiliste, à faibles probabilités d'occurrence. Et cette façon d'appréhender l'information est précisément celle de la théorie mathématique de la communication.

2.3) L'approche de Shannon

Bien sûr, la théorie économique s'intéresse au problème de l'information sur les marchés financiers, à la formation d'un équilibre lorsque celle-ci est mal répartie ou imparfaite. Mais dans tous les cas ces analyses se construisent à partir de la dichotomie que nous avons dénoncée dans le chapitre précédent. Selon ces théories, les différentes informations parvenant sur le marché nous renseignent, plus ou moins bien, sur la valeur fondamentale sans jamais nous la donner explicitement, comme si, signalons-le au passage, cette valeur était en dehors ou en deçà de toute information. La valeur fondamentale c'est un peu le "trou noir" du corpus théorique de l'économie !

Il faut donc mesurer, évaluer, analyser l'information sur les marchés financiers, c'est à dire aussi bien les "événements" se produisant que la capacité à les traiter, à les prévoir sans aucun *a priori* théorique, en tout cas pas de nature économique.

La théorie mathématique de la communication de Claude E. Shannon et Warren Weaver, deux chercheurs des laboratoires Bell, est la plus achevée des théories permettant de mesurer la quantité d'information d'un système, et a connu de nombreux développements dans les télécommunications. Leur article fondateur est *A Mathematical Theory of Communications*, paru en 1948, et traduit en français un an plus tard¹⁰.

On pourrait nous rétorquer que l'économiste ne s'intéresse pas à la quantité d'information mais à sa signification, ce à quoi nous répondons que nous voulons mettre ici en lumière la structuration du marché financier par delà la multitude des informations qui le traverse. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point.

¹⁰ SHANNON, WEAVER Théorie mathématique de la communication Retz 1949

On considère donc ici le marché financier comme un système qui reçoit une multitude d'informations (tout ce qui concerne, de près ou de loin, les actifs cotés) et qui va, nous le verrons, se structurer d'une certaine façon.

Pour comprendre ce que peut être une quantité d'information, prenons un exemple simple. Imaginons que l'on cherche un document dans une pile de N dossiers. Si l'on apprend que ce document se trouve dans un dossier de couleur rouge, on acquiert une information qui réduira d'autant plus le temps de recherche que le nombre de dossiers rouges (n) est petit. On constate donc qu'une information est d'autant plus intéressante qu'elle diminue le nombre de possibilités ultérieures, autrement dit qu'elle réduit l'incertitude. On peut donc définir une quantité d'information qui est fonction croissante de N/n : plus le nombre de dossiers rouges est petit, plus le rapport N/n augmente et plus la quantité d'information apportée par l'événement "le document se trouve dans le dossier rouge" est élevée. Mathématiquement cela peut s'écrire :

$$\text{quantité d'information} = I = k \log (N/n)$$

où k est une constante qui dépend du choix de l'unité. La fonction \log est choisie pour des raisons d'additivité ($I(1+2) = I(1) + I(2)$) tandis que $(N/n)(1+2) = (N/n)(1).(N/n)(2)$. Cette démarche est exactement celle de la théorie statistique de la communication qui s'est développée pour optimiser l'utilisation des moyens de transmission (télégraphe, téléphone, télévision, ...).

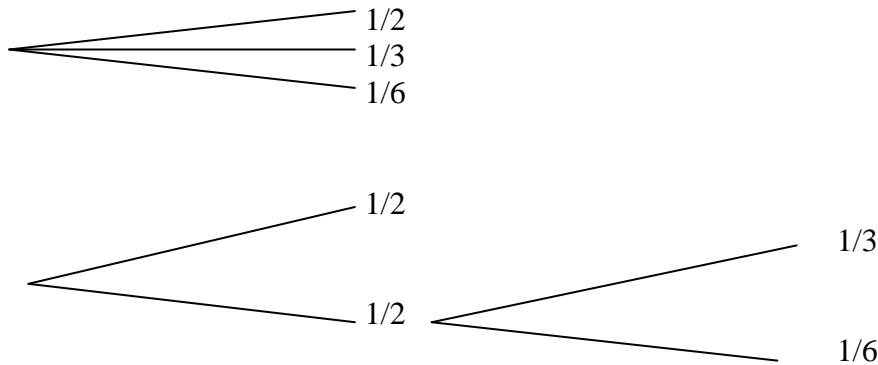
Mais, d'une façon générale, les événements ne se produisent pas tous avec la même fréquence. Il est donc nécessaire d'introduire la notion de probabilité. Revenons à notre exemple. Si le nombre de dossiers est important (N grand) et si les chemises sont achetées "au hasard" la proportion de dossiers rouges sera pratiquement identique à celle des dossiers bleus, verts ou jaunes. Il y a donc peu de chances que n (le nombre de dossiers rouges) soit relativement (aux autres couleurs) petit ; c'est pourtant le cas où la quantité d'information serait la plus élevée. On découvre donc ici une idée fondamentale : un événement apportant une grande quantité d'information a une probabilité d'occurrence faible (et réciproquement un événement hautement probable apportera peu d'information).

L'introduction des probabilités dans la théorie de l'information est l'apport essentiel de C. E. Shannon. Suivons le fil de son raisonnement. Un événement lorsqu'il se réalise nous informe d'abord ... de sa réalisation ! Si nous étions absolument certains de sa survenance (tous les dossiers sont rouges !) celui-ci ne nous apprendrait rien et la quantité d'information serait nulle. Mais si son apparition est aléatoire (une certaine proportion des dossiers est rouge) alors sa survenance lève une incertitude et donc apporte une certaine quantité d'information. Mais cette quantité est d'autant plus élevée que la probabilité de l'événement est faible. Ainsi les événements peu probables seront peu fréquents mais apporteront beaucoup d'information, tandis que les événements très probables seront pauvres en information mais plus courants.

Shannon considère ainsi que l'on peut représenter une source discrète d'événements par un processus stochastique. La structure statistique peut alors être décrite par un ensemble d'états possibles du système et par la donnée des probabilités de transition d'un état à un autre. Ce type de processus est appelé processus de Markov. Shannon définit donc une quantité pouvant mesurer l'information produite par ce processus. Si l'on considère un ensemble de n événements dont les probabilités d'occurrence sont p_1, p_2, \dots, p_n (avec $\sum p_i = 1$) alors la

mesure de la quantité moyenne d'information par événement $H(p_1, \dots, p_n)$ devra vérifier les trois propriétés suivantes :

- 1) H est une fonction continue des p_i
- 2) Si $p_i = 1/n$, H est une fonction monotone croissante de n
- 3) Soit un choix se décomposant en deux choix successifs tels que par exemple :



Alors $H(1/2, 1/3, 1/6) = H(1/2, 1/2) + 1/2 H(2/3, 1/3)$

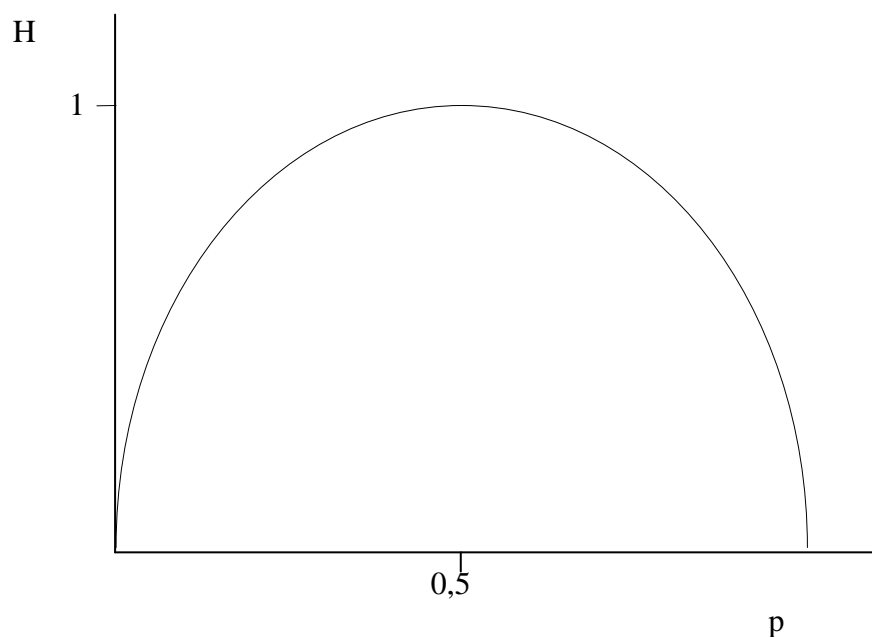
Shannon établit que la seule fonction qui vérifie ces propriétés est :

$$H(p_1, \dots, p_n) = -K \sum p_i \cdot \log p_i$$

où K est une constante positive qui dépend du choix de l'unité. Il établit aussi que cette unité sera le "bit" défini par $H(1/2, 1/2) = 1$. Il redéfinit H en utilisant la base 2 du logarithme pour obtenir le "bit"¹¹ comme unité d'information :

$$H = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

Le graphe de cette fonction pour deux événements ayant comme probabilités p et (1-p) est :



¹¹ C'est John Tukey qui a inventé le terme bit mais C. E. Shannon qui l'a popularisé avec sa théorie de l'information.

On constate, à partir de ce graphique, que dans la situation où l'un des deux événements est très probable (les extrémités de la courbe) sa survenance apporte peu d'information et lève une incertitude faible (H proche de 0). Un événement très probable sera anticipé par tout le monde, il ne sera une surprise pour personne. Par contre une situation d'équiprobabilité (le sommet de la courbe) correspond à une incertitude complète quant à la survenue de l'un ou l'autre événement. La survenance de l'un de ces deux événements lève une incertitude totale et apporte une quantité maximale d'information ($H = 1$). C'est dans ce cas que les anticipations sont les plus difficiles à former.

Ainsi la fonction H mesure l'incertitude, le manque d'information d'un ensemble fini d'événements, chacun étant affectés d'une probabilité d'occurrence. La fonction H mesure notre ignorance face à l'avenir. Cette ignorance, plus ou moins grande, sera levée lorsque l'un des événements se produira, l'information qu'il apportera comblera l'incertitude d'origine. La théorie de Shannon nous permet ainsi de mieux appréhender les concepts d'événement, de probabilité, d'incertitude, d'anticipation et d'information.

La principale objection que cette approche ne peut manquer de soulever, la plus évidente, est que cette analyse ne s'intéresse à aucun moment à la signification de l'information. Seule la probabilité d'occurrence de l'événement est prise en compte, jamais sa signification. Le reproche paraît fondé mais, fondamentalement, qu'est ce qui peut donner à un événement sa probabilité sinon sa signification ? Pour reprendre notre exemple de départ, l'événement "le document se trouve dans un dossier rouge" a une signification claire et explicite et c'est précisément cette signification qui va lui donner une probabilité déterminée qui fera, par exemple, que dans un système où le nombre de dossiers rouges est faible relativement aux autres couleurs, cet événement sera plus rare que les énoncés de la même forme concernant les autres couleurs. Ainsi la probabilité d'un événement est la traduction statistique de sa signification. Il n'y a pas - et c'est là une distinction toute platonicienne - la forme et le fond, la probabilité et la signification, mais un "événement" qui est une traduction probabiliste, lié à sa place dans l'espace sémantique.

Une autre objection que l'on peut formuler - et qui est le corollaire de la précédente - est que cette théorie fond en une formule des événements hétérogènes. A travers les probabilités, une multitude d'événements passent dans l'entonnoir d'une formule qui ne produit qu'un nombre (la valeur de H). Mais s'offusquer de cela équivaut à s'offusquer de ce que le prix d'une action synthétise une multitude d'événements différents (la situation de l'entreprise, les perspectives de l'économie, le taux d'intérêt, ...). La finance est le règne du quantitatif, du calcul, de la mesure, et c'est tout l'intérêt de cette théorie de correspondre à cette réalité.

3) Information et organisation : l'entropie

L'approche par la théorie de l'information ne peut suffire, il y a dans les marchés financiers une organisation, une complexité qu'il nous faut aborder. En intégrant toute l'information parvenant et provenant de ces marchés la théorie de l'information peut nous y aider.

Pour Shannon et Weaver, la fonction H est plus qu'une simple formule, déjà très intéressante quant à sa signification, puisqu'elle permet d'introduire un concept scientifique essentiel ayant trait à l'organisation d'un système : l'entropie. C'est l'autre découverte fondamentale de Shannon : celui-ci constate une parfaite similitude formelle entre la fonction H et la formule de Ludwig Boltzmann exprimant l'entropie d'un système thermodynamique. Pour Weaver¹² : *"La quantité précisément nécessaire à l'établissement de "l'information" correspond exactement à la notion thermodynamique d'entropie"*. C'est donc dans cette voie que nous allons poursuivre afin d'introduire le concept d'organisation dans notre démarche.

Cependant, il faut le noter, l'équivalence entre la formule de Shannon et celle de l'entropie fait encore l'objet de débats aujourd'hui. Si la plupart des spécialistes de cette question l'admettent (Brillouin¹³ ou Passet¹⁴ par exemple) certains la refusent (Tonnelat¹⁵) ou mêlent leurs réticences à une grande prudence (Lancry¹⁶). Bien sûr, il ne nous appartient pas de trancher ici ce débat qui n'est pas du domaine de la science économique. On constatera cependant, dans les pages qui suivent, que la similitude des formules recouvre une parenté des raisonnements, et que les conclusions auxquelles nous aboutissons sont suffisamment cohérentes et proches de la réalité pour que l'on ne doute pas de s'être engagé sur le bon chemin.

3.1) La notion d'entropie

Le concept d'entropie provient de la thermodynamique, c'en est son deuxième principe. Le premier principe stipule que l'énergie totale d'un système est constante dans le temps ("rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme"), tandis que le second, le principe entropique, indique que cette énergie se dégrade au point qu'on ne peut plus en tirer aucun travail. Ce second principe fut découvert par Sadi Carnot¹⁷ au début du XIX^e siècle et par Rudolf Clausius¹⁸ mais c'est Ludwig Boltzmann¹⁹ qui en offrit la formulation la plus aboutie à la fin du XIX^e siècle. L'intérêt formidable de ce principe réside dans sa capacité à mesurer le degré de structuration d'un système ; il nous permettra ainsi de relier les notions d'information et d'organisation.

Quel rapport entre la théorie mathématique de la communication et la thermodynamique ? Mais le concept d'entropie possède une validité qui dépasse largement la discipline qui l'a vu naître puisqu'il est d'ordre systémique (sa formulation ne comporte aucune unité de mesure).

Prenons, pour comprendre cette notion, un exemple très simple. Imaginons qu'un gaz est réparti dans un système clos constitué de deux compartiments communiquant entre eux par

¹² op. cit. p. 42

¹³ BRILLOUIN J. La science et la théorie de l'information, Jacques Gabay 1959

¹⁴ PASSET R. L'économique et le vivant, Payot 1979

¹⁵ TONNELAT Thermodynamique et biologie, Maloine 1978

¹⁶ LANCRY Théorie de l'information et économie, Economica 1982

¹⁷ CARNOT Réflexions sur la puissance motrice du feu(1824), Paris Blanchard 1953

¹⁸ CLAUDIUS The mechanical theory of heat, Hirst T. A. ed., London, John van Voorst, 1867

¹⁹ BOLTZMANN Vorlesungen über Gastheorie, Leipzig, J. A. Barth, 1896

une mince ouverture. Si à l'origine les trois quart du gaz sont concentrés dans le compartiment A, les molécules s'y trouvant auront trois chances sur quatre de passer à travers l'ouverture tandis que celles du second compartiment n'en auront qu'une sur quatre :

Mais cette différence se réduira au fur et à mesure que le compartiment A se videra dans B. Finalement le gaz se répartira également entre les deux compartiments et le nombre de molécules passant par l'ouverture sera le même dans les deux sens. On passe ainsi d'une situation relativement organisée, structurée (une répartition différentielle du gaz dans les compartiments) à une situation étale, homogène. On dit alors que l'entropie du système a augmenté jusqu'à son maximum.

Essayons de mesurer ce phénomène. Considérons par exemple que dans notre système à deux compartiments il se trouve exactement dix molécules de gaz ($N = 10$). Soient respectivement n_1 et n_2 les nombres de molécules dans les compartiments A et B. Il n'y a qu'une manière d'avoir $n_1 = 10$ et $n_2 = 0$ mais déjà 10 d'avoir $n_1 = 9$ et $n_2 = 1$, puis 45 d'avoir $n_1 = 8$ et $n_2 = 2$, et ainsi de suite jusqu'à 252 manières d'avoir $n_1 = 5$ et $n_2 = 5$. La formule donnant le nombre de combinaisons, de complexions à partir d'une répartition particulière n_1 et n_2 est :

$$P = N! / (n_1! \cdot n_2!)$$

Le nombre P donne le nombre de micro-états possibles pour un macro-état donné (n_1 et n_2). On constate donc qu'un système très organisé (n_1 très différent de n_2) a peu de manières pour se réaliser (P faible) tandis qu'un système non structuré ($n_1 = n_2$) peut se réaliser d'un très grand nombre de manières (P élevé).

Si l'on généralise avec K compartiments tel que $\sum n_i = N$ alors $P = N! / \prod n_i$. Boltzmann définit donc l'entropie S :

$$S = k \ln P$$

où k est une constante. Ainsi l'entropie S croît avec le nombre de complexions P, elle est maximale lorsque $n_1 = n_2 = \dots = n_k$. L'entropie est donc une mesure du désordre d'un système.

Mais l'on se rend compte que les probabilités de ces différentes répartitions ne sont pas identiques. Un système organisé a beaucoup moins de possibilités de se réaliser que l'état d'entropie maximale. Ce dernier est le plus probable, c'est donc vers cet état que tendra tout système ; c'est pour lui l'état le plus stable.

La croissance de l'entropie est donc irréversible. Boltzmann est le premier à avoir fait remarquer que cette irréversibilité signifiait le passage d'un système organisé, dissymétrique mais peu probable, à un état homogène très probable : en introduisant les probabilités en physique il crée précisément la "mécanique statistique". Ainsi la formule de l'entropie avec l'introduction des probabilités devient :

$$S = -k \sum p_i \cdot \log p_i$$

La fonction S est formellement identique à celle de Shannon²⁰ parce qu'en fait on parle de la même chose. Pour reprendre notre système à deux compartiments, le passage d'une molécule par l'ouverture dans un sens ou dans l'autre est un événement plus ou moins probable et l'information qu'il apporte réduit notre incertitude. En situation d'entropie maximale la probabilité qu'une molécule passe de A à B est égale à celle de l'événement contraire : notre incertitude est totale et la fonction H atteint son maximum. Dans une situation asymétrique notre ignorance est moindre, un événement sera plus probable que l'autre et H sera d'autant plus proche de zéro que le système sera structuré. L'entropie, le désordre (le nombre de complexions) et l'incertitude (le différentiel de probabilité des événements) sont strictement synonymes.

3.2) Les enjeux conceptuels du principe entropique

Mais l'entropie n'est pas seulement une notion qui s'ajoute à un corpus de connaissances, elle contribue à le questionner globalement. En effet la mécanique statistique inaugure la remise en cause de la physique newtonienne, avant même la physique quantique (qui s'inspirera de ses travaux) et la théorie de la relativité. Deux principes de base sont remis en cause : la réversibilité du temps et le déterminisme.

Dans la physique newtonienne, le temps est une variable réversible : on peut calculer l'état d'un système dans le passé, un système peut revenir à un état antérieur. Par exemple les lois de la gravitation universelle permettent de calculer les positions des planètes aussi bien dans le futur que dans le passé. Mais, dans les systèmes que nous venons de décrire, l'inéluctable croissance de l'entropie interdit ce calcul. L'organisation de départ est définitivement perdue et il n'y a aucune chance de la retrouver à partir de la situation d'équilibre qui est celle de l'entropie maximale. Lorsque l'on bat un jeu de cartes ordonné, celui-ci perd progressivement son ordre jusqu'à arriver à une situation d'entropie maximale, et il y a peu de chance qu'en le battant on retombe sur l'ordre de départ ! Ainsi le principe entropique empêche un système de revenir de lui-même en arrière, le temps est irréversible (ce qui correspond à notre expérience concrète du temps), il ne peut plus être considéré comme une variable parmi d'autres.

Le second principe remis en cause est le déterminisme. Dans un système classique, lorsque l'on connaît les lois d'évolution des variables, on peut exactement prévoir l'avenir du système et de chacune de ses composantes. Tout est déterminé par les conditions initiales. Ce n'est pas le cas avec un système thermodynamique. Pour reprendre notre exemple de départ (la boîte composée de deux compartiments), il est impossible de savoir quelle molécule de gaz passera par l'ouverture et dans quel sens, on dispose seulement de probabilités de voir des molécules passer dans un sens ou dans l'autre. Le déterminisme ne disparaît pas, il devient de nature probabiliste. Il est seulement possible de prévoir l'état du système, mais ses différentes composantes ont un degré de liberté qu'il est impossible de réduire.

Ces remises en cause ont pour nous une importance fondamentale car toute la science économique s'est pensée dans un cadre newtonien, et notamment à partir de ses deux piliers, la réversibilité du temps et le déterminisme. Le concept d'entropie nous oblige donc à changer complètement notre vision de la réalité économique.

²⁰ Les seules différences entre les formules sont les bases logarithmiques (mais l'on peut passer de l'une à l'autre au moyen d'une constante) et l'absence de constante pour la fonction H qui vient de ce qu'elle donne la quantité moyenne d'information par événement tandis que S mesure une quantité totale (pour tous les événements).

3.3) L'origine de l'organisation : la néguentropie

Mais si la croissance de l'entropie est inéluctable, comment dès lors lutter contre elle et expliquer l'émergence de systèmes organisés ? Pour répondre à cette question il faut faire intervenir le "démon de Maxwell". Cette fable fut créée par le physicien et mathématicien James Clerk Maxwell²¹ dans l'objectif de contredire le principe entropique. Il imagina, dans la boîte citée plus haut, un petit personnage, un démon, qui se trouverait à l'ouverture et laisserait passer les molécules dans un sens mais empêcherait tout mouvement contraire. La pression dans l'un des deux compartiments ne pourrait qu'augmenter avec le temps, en contradiction avec le second principe de la thermodynamique. Mais le physicien Léon Brillouin expliquera plus tard²² la faille de cette démonstration : le démon, pour mener à bien sa tâche, doit consommer de l'énergie, ne serait-ce que pour empêcher les molécules d'aller de B vers A, et cette énergie ne peut provenir que de l'extérieur de la boîte. Or l'énergie est un corps complexe (à faible entropie, rare) qui se détruit en résidus simples (à haute entropie) lors de sa consommation, par conséquent l'entropie du système (démon + stock d'énergie + boîte) augmente même si localement (la boîte) elle diminue.

On comprend ainsi qu'un système donné ne peut conserver ou améliorer son organisation qu'en s'ouvrant sur l'extérieur pour incorporer de l'entropie basse (autrement appelée néguentropie).

Le physicien Ilya Prigogine²³ donne une formulation très simple de ce phénomène :

$$dS = d_eS + d_iS$$

où dS est la variation d'entropie du système, d_eS le flux d'entropie échangé entre le système et son environnement et d_iS l'entropie produite par le système. Dans cette formule d_iS est toujours positif ou nul (en vertu du principe entropique), donc la seule façon de compenser la hausse de l'entropie du système (dS) est d'incorporer de la néguentropie ($d_eS < 0$). Cette néguentropie n'est d'ailleurs pas forcément de l'énergie mais peut être aussi, par exemple, un corpus de connaissances, une information (le démon doit apprendre à apprécier la vitesse et la direction des molécules), en somme des "événements" ayant une faible probabilité.

On peut représenter le phénomène néguentropique dans un cadre probabiliste très simple (il s'agit là d'un développement personnel). On sait que le produit de deux événements est égal au produit de leurs probabilités $p(A.B) = p(A).p(B)$, à condition qu'ils soient indépendants. Comme les probabilités sont des nombres inférieurs à 1, leur produit est toujours inférieur aux deux probabilités de départ. Ainsi le produit de deux événements est un événement plus "rare", moins probable. Or, comme nous l'avons rappelé, pour que ce calcul soit valide, il faut que ces événements soient indépendants, donc que l'un d'entre eux vienne de l'extérieur du système (s'ils proviennent tous les deux du système ils sont, par définition, dépendants). C'est donc précisément ce contact, cette interaction entre un système fermé et l'extérieur qui produit un événement "rare" et qui permet ainsi de lutter contre l'entropie.

On peut maintenant essayer de rassembler les principaux concepts de ce chapitre et du précédent dans une figure en partant d'un concept très simple : la mesure (il s'agit là d'un développement personnel).

²¹ MAXWELL Theory of heat, Londres Longmans, 1871

²² BRILLOUIN La science et la théorie de l'information, Jacques Gabay 1959

²³ PRIGOGINE Etude thermodynamique des phénomènes irréversibles, Paris, Dunod, 1947

Effectuer une mesure n'est pas un acte neutre, cela revient à utiliser certaines connaissances et un minimum d'énergie, tel le démon de Maxwell, et le résultat que l'on obtient est une information qui diminue l'incertitude du système, donc son entropie. En généralisant on peut dire que l'entropie S d'un système à un instant donné est égal à l'entropie maximale ($S = ct$) diminuée de toute l'organisation incorporée, c'est à dire de toute l'information I que l'on peut connaître (mesurer) sur ce système. On peut donc écrire $S = ct - I$, autrement dit $S + I = ct$. Si l'on reprend la formule de Shannon on peut écrire (H diffère de S d'une constante) :

$$\mathbf{H + I = ct}$$

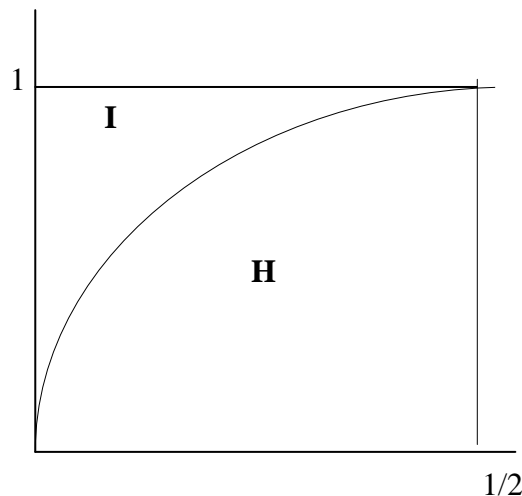
Cette formule n'est rien d'autre que l'équivalent du premier principe de la thermodynamique (l'énergie totale d'un système est constante) que l'on pourrait formuler ainsi : la somme des probabilités des événements est constante, ce qui est évident puisque $\sum p_i = 1$ (mais leur différenciation s'amenuise, c'est le second principe).

Cette formule n'est pas sans en rappeler une autre : énergie potentielle + énergie cinétique = constante. Où ici H serait "l'information potentielle" - encore inconnue, non utilisable, non effective - et I "l'information cinétique" - connue, utilisée, effective.

Dans le cas d'un système à deux événements,

$$\mathbf{H + I = 1}$$

Ce qui peut se représenter comme suit :



I représente le degré d'organisation du système, la négentropie, c'est ce que l'on connaît, par opposition à ce que l'on ne connaît pas, notre incertitude : H . Cette dernière augmente inexorablement avec le temps (en vertu du principe entropique), on tend vers l'équiprobabilité (ici $p = 1/2$) et seul un apport extérieur d'organisation peut contrer cette tendance.

Pour reprendre notre exemple de la boîte, une information (acquise grâce à une mesure) signifiant que la différence de pression entre les deux compartiments est très importante réduira nettement notre incertitude (H petit). La valeur de cette information sera d'autant plus grande (I proche de 1). Lorsque l'entropie augmente, la valeur de l'information quant à la pression des compartiments diminue à mesure que l'incertitude augmente (H tend vers 1).

C'est donc la volonté de lutter contre l'entropie, synonyme d'incertitude, qui est à l'origine du renforcement de l'organisation.

3.4) Pourquoi les entreprises existent-elles ?

Nous venons de voir que c'est la volonté de lutter contre l'entropie, synonyme d'incertitude, qui est à l'origine du renforcement de l'organisation. Transcrit dans le domaine de l'économie, et spécialement du fonctionnement des marchés, la signification en est limpide : c'est pour cette raison que les entreprises existent !

Cette remarque peut sembler élémentaire, évidente ou simpliste. Mais la science économique a toujours eu des difficultés à concevoir la place des entreprises par rapport au marché. Car en effet, si le marché réalise l'équilibre de l'offre et de la demande entre tous les agents, pourquoi existe-t-il des entreprises ?

Dans un texte très perspicace, qui refuse au maximum les a priori théoriques, Ronald H. Coase²⁴ pose, en 1937, cette question tellement simple que personne n'y avait vraiment pensé avant lui : pourquoi existe-t-il des entreprises ? *"Mais si la coordination est effectuée par le système des prix, pourquoi une telle organisation serait-elle nécessaire ?"* Dans le cadre d'une concurrence pure et parfaite au sens de la théorie néoclassique, si le marché règle au mieux l'allocation des ressources, pourquoi existe-t-il des structures qui combinent *en interne* une partie de ces ressources ?

Pour répondre à cette question, l'idée de Coase consiste à introduire la notion de coût de transaction : *"La principale raison qui rend avantageuse la création d'une entreprise paraît être qu'il existe un coût à l'utilisation du mécanisme des prix"*. Il en identifie plusieurs comme la *"découverte des prix adéquats"*, car l'information sur ces prix a un coût ; ou encore les coûts de négociation des contrats sur les marchés. Ainsi Coase déduit *"qu'il existe un coût de fonctionnement d'un marché et qu'en créant une organisation et en permettant à une autorité (un entrepreneur) de répartir les ressources, certains coûts peuvent être évités"*. Plus loin il poursuit son raisonnement à propos de la taille des entreprises : *"Une entreprise tendra à s'agrandir jusqu'à ce que les coûts d'organisation et de transactions supplémentaires en son sein deviennent égaux aux coûts de réalisation de cette même transaction par le biais d'un échange sur le marché."* Cette analyse de Coase donnera naissance, notamment sous l'impulsion de Oliver E. Williamson, à l'économie dite "des coûts de transaction". Ceux-ci sont considérés par leurs promoteurs comme l'équivalent, en économie, des frictions dans les systèmes physiques.

Cependant cette théorie peut faire l'objet d'une objection de fond : sur la période récente, les coûts de transaction sur les marchés financiers ont grandement diminué (par exemple les frais de courtage sur les actions ont chuté suite à leur libéralisation et au développement des technologies de communication) et cela n'a en rien freiné la concentration des intermédiaires opérant sur ces marchés. Les coûts de transaction peuvent-ils être une explication suffisante ? Ainsi, pour reprendre la comparaison citée au paragraphe précédent, les théories physiques ne se sont pas élaborées à partir des frictions, leur place est d'ailleurs relativement négligeable et peu opératoire. N'accorde-t-on pas trop d'importance aux coûts de transaction ?

²⁴ COASE R. H. La nature de la firme (1937) in Revue française d'économie 1987 vol II, 1

Dans son analyse, Coase comprend tout de suite l'importance de l'incertitude : "*Sans l'existence d'une incertitude, il paraît improbable qu'une firme puisse apparaître*". Cependant il refuse d'en faire un élément central de la structuration de l'économie en expliquant que la connaissance (qui permet de diminuer l'incertitude) peut se vendre sur le marché (les entreprises de conseil, les consultants). L'incertitude ne peut donc pas être un élément structurant de l'entreprise, mais seulement une "gêne" dans les échanges qui se traduit par un coût associé aux transactions.

Mais Coase semble ici en contradiction avec lui-même en accordant une confiance absolue au marché pour répondre à l'incertitude inhérente à toute entreprise. Pourquoi l'entreprise elle-même ne serait-elle pas la mieux placée pour résoudre les problèmes liés à l'incertitude concernant sa propre activité ? Comment le marché pourrait-il être aussi qualifié que l'entreprise pour apporter les réponses adéquates à son avenir ? Ainsi, pour Coase, l'incertitude n'est plus qu'une composante du coût de transaction (par l'information qu'elle nécessite de réunir pour la diminuer). Cette approche nous semble réductrice, en retrait par rapport à l'interrogation première de Coase qui, nous l'avons vu, ne pensait pas qu'une firme puisse apparaître sans l'existence de l'incertitude. C'est, selon nous, une occasion manquée dans un texte pourtant très enrichissant.

C'est, plus fondamentalement, comme nous venons de le voir, la volonté de lutter contre l'incertitude qui explique l'existence des entreprises comme organisations structurées aptes à créer de l'information rare, et donc réduire cette incertitude. Les lignes qui suivent permettent de préciser cette idée.

3.5) La distribution entropique

On peut maintenant étudier, mesurer précisément la façon dont un système va se structurer lorsqu'il incorpore de la néguentropie. Soit X cette néguentropie, autrement dit un apport constant de ressource de l'environnement au système. On considère par ailleurs que la forme du système reste inchangée (le nombre de compartiments de la boîte ou le nombre de cartes du jeu ne varie pas pendant cet échange). L'entropie augmentera dans la mesure de ces deux contraintes. On a donc affaire à un problème classique de maximisation sous contraintes:

$$\max S = \ln (N! / \prod n_i!)$$

sous les contraintes :

1) le nombre de composantes du système est constant:

$$\sum n_i = N$$

2) la ressource est une quantité finie :

$$\sum n_i \cdot x_i = X$$

Il faut faire ici une remarque importante : le résultat que l'on obtiendra sera valable à un instant donné puisque la ressource va être totalement consommée. Donc, pour maintenir l'organisation ainsi obtenue il faut continuellement apporter la même quantité de ressource, il faut que le système reste sans cesse ouvert sur l'extérieur. On s'inscrit ici en faux contre Michel Forcé²⁵ qui considère, lui, que la ressource est fournie une fois pour toute et que le système restera organisé et isolé entrant ainsi en contradiction avec, précisément, le principe entropique qui empêche un système fermé de maintenir son organisation.

²⁵ FORSE L'ordre improbable, entropie et processus sociaux, PUF 1989

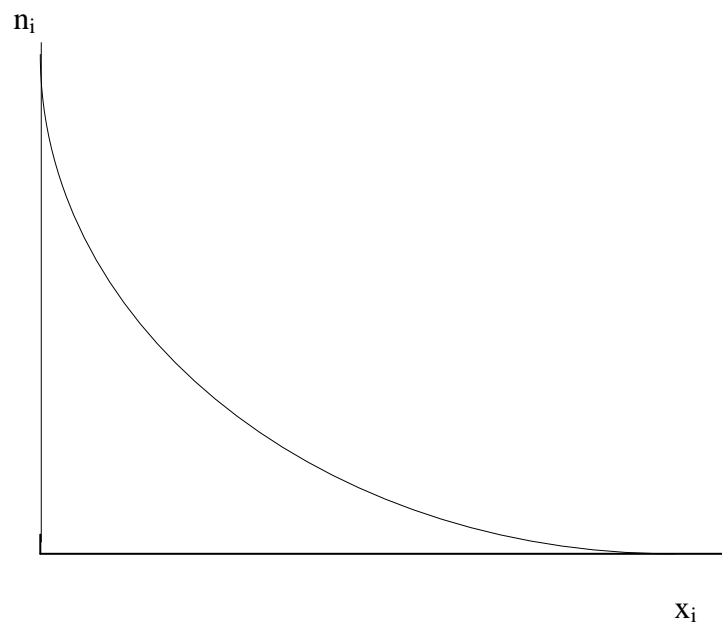
La résolution de ce problème de maximisation a été réalisé en premier par le biologiste Nicolas Rashevsky²⁶. On se reportera à la démonstration de Forcé²⁷, la plus limpide (signalons que Benoît Mandelbrot a également utilisé ce calcul²⁸).

La solution de cette maximisation est :

$$n_i = N e^{-\beta x_i}$$

où β est égal à l'inverse de la moyenne de la variable x .

Chaque composante du système incorpore une certaine quantité de la ressource et $n(x)$ donne le nombre de composantes par niveau x de la ressource, c'est la "distribution entropique". Le graphique de cette fonction est :



La distribution entropique est, nous le voyons, très différenciée, mais elle est stable (ou autrement dit c'est l'état le plus probable) puisque, compte tenu des contraintes, elle maximise l'entropie.

Nous avons vu précédemment que la situation la plus stable pour un système était l'équiprobabilité de tous les événements le constituant. Mais ici, une ressource extérieure (X dans le modèle) empêche cette stricte égalité. Ainsi l'apport constant d'une ressource à un système l'empêche d'atteindre son état d'entropie totale. Et ce qu'incorpore comme ressource une composante est une contrainte pour toutes les autres, d'où une situation très différenciée.

La forme exponentielle de la distribution entropique signifie que des composantes du système vont accaparer plus de ressources que leurs voisines. En termes d'information (la ressource) et d'entreprises (les composantes), un petit nombre d'entre elles concentrera une grande partie de l'information, tandis qu'elle aura tendance à se raréfier pour les autres. Les positions de

²⁶ RASHEVSKY Mathematical biology of social behavior, Chicago, The university of Chicago press, 1951

²⁷ FORSE L'ordre improbable, entropie et processus sociaux, PUF 1989, p. 193

²⁸ MANDELBROT Fractales, hasard et finance, p. 217et 218

chacun peuvent évoluer dans le temps mais globalement la forme de la distribution entropique reste inchangée.

Nous pouvons relier cela à ce que nous avons dit de l'information et de l'existence des entreprises. Les informations qui arrivent sur le marché, les "événements" (données économiques, résultats des entreprises, cours boursiers, ...) sont les mêmes pour tous et sont accessibles à tous les opérateurs. Ensuite, ce qui fera la différence entre les intervenants sera leur capacité à analyser cette information. Concrètement, un événement concernant le marché ou une de ses valeurs sera relié à un autre événement interne à l'entreprise (provenant d'un ensemble de connaissances, d'une expérience sur le sujet concerné, d'un traitement statistique, ...). La conjonction de ces deux événements en produira un autre plus rare (possédant une probabilité d'occurrence plus faible que celles des deux précédents), donc d'une valeur plus importante. Ce traitement, répété plusieurs fois sur plusieurs événements, permettra à l'entreprise de détenir un ensemble d'informations de valeur et de, finalement, les monnayer (c'est, au sens propre, sa *valeur ajoutée*). L'entreprise qui fera le mieux ce travail offrira le meilleur conseil à ses clients et accroîtra d'autant sa part de marché au détriment de ses concurrents moins efficaces. Une innovation peut être considérée comme une information d'une très grande valeur, celle-ci donnera un avantage certain à son inventeur, mais non définitif car il n'existe pas de brevet dans le domaine financier.

Et au-delà du traitement de l'information en interne, une entreprise possède la capacité de faire "entrer" dans son processus de fabrication des informations extérieures à son marché (on retrouve ici la notion de négentropie, qui ne peut provenir que de l'extérieur du système). Par exemple, dans les années 80 et 90, des entrepreneurs ont su utiliser les technologies de communication sur les marchés financiers pour prendre une avance décisive (Bloomberg). Une entreprise qui réussit est une entreprise qui ne s'enferme pas dans son marché mais qui reste connectée sur l'extérieur. D'ailleurs, le traitement de l'information "en interne" se fait en grande partie grâce à des savoirs extérieurs à la finance (mathématiques, théorie des jeux, calcul informatique, etc). Cependant, cette négentropie représente une dépense (en temps, en énergie, en argent), ce qui interdit à l'entreprise la plus importante de rafler tout le marché.

L'incertitude est donc à la source de l'organisation. C'est parce que la situation d'entropie correspond à une incertitude complète sur l'avenir qu'une organisation (une entreprise) se met en place pour déformer à son profit l'espace des probabilités et ainsi réduire cette incertitude. Cette approche nous semble plus réaliste que celle de la théorie de l'organisation qui attribue aux seuls coûts de transaction la justification de l'organisation, comme nous l'avons vu plus haut avec R. H. Coase. Et cette différenciation, cette hiérarchisation dans l'information prend évidemment le contre-pied de la conception néo-classique traditionnelle de la concurrence qui suppose une information parfaite et égale pour tous. Mais il faut noter qu'elle est conforme à la conception de Friedrich Hayek qui, au contraire, fait de l'inégalité la source de la concurrence : chaque agent cherche à se différencier des autres pour prendre l'avantage, certains y réussissent mieux que d'autres. Les conditions de réussite pour un intermédiaire financier consistent donc à traiter et à analyser le maximum d'informations le plus efficacement possible, et de mettre en place une organisation et des outils de façon à maintenir et à faire progresser cet avantage concurrentiel.

Plusieurs enseignements de nature théorique peuvent être retirés des développements que nous venons de faire :

1) Premièrement, le concept d'organisation acquiert une importance égale à celle du marché, comme le souhaitait Favereau suite à sa lecture de Keynes. Mais ces deux notions sont

d'ailleurs totalement imbriquées : le marché lui-même est structuré - d'une façon hiérarchisée - par les entreprises qui le constituent. Il n'y a pas, comme on le pense habituellement, d'un côté un marché "en soi", une pure entité autonome, et de l'autre côté des entreprises qui se retrouvent sur ce marché pour acheter, vendre et se concurrencer. Marchés et entreprises ne peuvent être pensés l'un sans l'autre.

2) Ensuite, un progrès conceptuel évident de l'approche que nous avons suivie est d'aboutir directement à une situation largement différenciée (quelques grandes firmes qui dominent, plusieurs moyennes et beaucoup de petites) qui correspond à la réalité de l'économie que chacun peut constater. La théorie néo-classique, au contraire, considère soit une multitude de petites entreprises - quand l'information est parfaite - soit un oligopole - quand l'information est asymétrique - mais est incapable de concevoir, de penser une situation intermédiaire.

3) Enfin, de tout ce qui précède, on peut dire qu'en fait la théorie néoclassique correspond à la situation d'entropie totale, quand aucune organisation n'a émergé. La situation de concurrence pure et parfaite, caractérisée par un grand nombre d'agents de taille équivalente et une information parfaite pour tous, correspond précisément à la situation indifférenciée et homogène de l'entropie totale. La validité de cette théorie est donc sérieusement limitée à ce qui n'est en réalité qu'un cas limite.

3.6) La généralité de la distribution entropique

La distribution entropique est d'une grande généralité puisqu'elle peut s'appliquer à toute variable susceptible de faire l'objet d'une hiérarchie quantitative. Le concept d'entropie, nous l'avons déjà dit, est d'ordre systémique ; dans ce cadre, la distribution entropique est un "invariant systémique".

Prenons, par exemple les fameuses distributions des revenus de Vilfredo Pareto. Dans le cadre de la première loi $P(x)$ (où $P(x) = 1 - F(x)$ si $F(x)$ est la loi de répartition de x) est donné par :

$$P(x) = A x^{-\mu}$$

(où μ et A sont deux paramètres propres de la série empirique considérée).

Il existe, entre la distribution entropique et celle de Pareto, une parenté que Forsé²⁹ qualifie de "morphologique". Si l'on ne peut pas parler d'adéquation formelle, on pourrait le faire d'un point de vue économétrique, mais c'est surtout au niveau conceptuel que la ressemblance est significative. En partant uniquement de données empiriques, Pareto construit un modèle de répartition des revenus très différencié. Il est heureux de constater qu'elle est conforme à la distribution entropique qui, elle, provient d'une démarche théorique. C'est une confirmation supplémentaire qui confirme que cet invariant systémique est riche de potentialités. On pourrait même avancer que cette distribution des revenus n'est qu'un cas particulier de la distribution entropique, et que la "loi de Pareto" ou "principe des 80-20" (par exemple 20 % des entreprises captent 80 % des parts de marché) n'est qu'une lecture de cette distribution entropique.

Dans le cas qui nous occupe, les marchés financiers, voyons maintenant concrètement, empiriquement, si la distribution entropique correspond à la réalité observable. Pour vérifier la validité de la distribution entropique sur les marchés financiers, il faut voir comment les entreprises "se partagent" le marché. Si ce partage - effectif - correspond à la distribution entropique - théorique - nous aurons alors une confirmation de notre approche.

²⁹ op. cit. p. 209

Nous partons donc de la formule de la distribution entropique établie plus haut :

$$n_i = N e^{-\beta x_i}$$

où :

n_i est le nombre cumulé d'entreprises disposant d'une part de marché supérieure ou égale à x

N représente le nombre total d'entreprises

β est l'inverse de la moyenne de la variable x .

Le premier marché considéré est celui des banques leaders sur le marché des changes dans le monde pour l'année 2007.

Le "rang estimé" l'est d'après la formule de la distribution entropique (il faut lire que 10 entreprises ont une part de marché supérieure à 2,56 % tandis que d'après la distribution entropique elles sont 11,96), calculée comme suit :

$$\begin{aligned} \bar{x} &= (21,70 + 15,80 + \dots)/15 \\ &= 5,836 \text{ donc } \beta = 0,17135024 \end{aligned}$$

$$\text{Donc } n_i = 15 \cdot e^{-0,17135024x_i}$$

(les x_i vont de 0 à 20,46 et non de 1,24 à 21,70)

Marché des changes : toutes opérations, au niveau mondial, pour l'année 2007

Rang	Institution	Part de marché (en %)	Rang estimé
1	Deutsche Bank	21,70	0,45
2	UBS	15,80	1,23
3	Barclays Capital	9,12	3,88
4	Citi	7,49	5,14
5	RBS	7,30	5,31
6	JPMorgan	4,19	9,04
7	HSBC	4,10	9,18
8	Lehman Brothers	3,58	10,04
9	Goldman Sachs	3,47	10,23
10	Morgan Stanley	2,56	11,96
11	Bank of America	2,23	12,65
12	Dresdner Kleinwort	1,63	14,03
13	BNP Paribas	1,62	14,05
14	Credit Suisse	1,51	14,32
15	Merrill Lynch	1,24	15,00

Source : Euromoney, mai 2008, page 196

L'ajustement (entre la première et la dernière colonne) est assez bon, la distribution entropique correspond bien à la réalité observable. Nous retrouvons, par une analyse théorique, une dimension essentielle des marchés financiers. Notons que Fayat³⁰, avant nous, avait déjà affirmé que la distribution entropique était la forme optimale du secteur de l'offre.

Refaisons ce calcul, toujours pour le marché des changes, mais dans un compartiment de celui-ci, les banques pour leur compte propre :

³⁰ FAYAT C. Economie et entropie, thèse d'Etat, Université de Rennes, 1980

Marché des change : banques pour leur compte propre, au niveau mondial, pour l'année 2007

Rang	Institution	Part de marché (en %)	Rang estimé
1	UBS	29,45	0,13
2	Deutsche Bank	19,56	0,68
3	Barclays Capital	8,48	4,38
4	RBS	5,92	6,71
5	Citi	5,34	7,40
6	Dresdner Kleinwort	3,58	9,93
7	HSBC	3,09	10,77
8	BNP Paribas	2,85	11,21
9	Goldman Sachs	2,44	12,01
10	JPMorgan	2,21	12,48
11	Lehman Brothers	2,15	12,61
12	Credit Suisse	1,23	14,70
13	Bank of America	1,21	14,75
14	Société Générale	1,21	14,75
15	ABN Amro	1,11	15,00

Source : Euromoney, mai 2008, page 196

Ici $n_i = 15 \cdot e^{-0,16698xi}$

L'ajustement est aussi correct. Par rapport au premier exemple, la distribution est ici plus pentue, plus différenciée. Les opérations pour compte propre des banques sur le marché des changes sont un créneau plus étroit, plus délimité, il est donc logique que l'information soit plus concentrée.

L'ajustement de la distribution entropique à ces deux segments précis du marché financier est très satisfaisant. La simple observation de n'importe quelle composante du marché financier permet de conclure à la généralité de cette distribution. On met ici à jour un invariant systémique propre au secteur financier (et même à toute l'économie !).

Ainsi chaque segment du marché financier aura, en fonction de ses caractéristiques propres, une "morphologie", une distribution entropique propre. Le marché des opérations pour compte propres, nous l'avons vu, est plus étroit que celui du marché des changes pris dans sa globalité, l'information est plus concentrée, ce qui se traduit par une distribution entropique plus pentue. Un marché, ou un compartiment de marché, dans lequel l'information sera plus diffusée aura des caractéristiques inverses. Quoi qu'il en soit, la forme de la distribution entropique reste globalement stable et, à l'intérieur, les acteurs se remplacent plus ou moins vite.

4) La dimension fractale des cours de bourse

Même si, dans notre raisonnement, nous avons globalisé toutes les informations parvenant sur les marchés sans établir entre elles de distinction ou de jugements de valeur, les prix méritent tout de même une attention particulière : parce qu'ils sont la synthèse de toutes les décisions, la concrétisation de l'équilibre entre l'offre et la demande, le résultat du fonctionnement des marchés. Le prix c'est l'information principale d'un marché, et c'est presque une tautologie de le dire.

Ainsi ces prix, l'évolution des prix au cours du temps, les séries de prix, nous disent-ils quelque chose du fonctionnement même du marché, et qui pourrait rejoindre ce que nous avons vu ?

Or il se trouve qu'un phénomène étonnant, déroutant au premier abord, a été mathématiquement établi mais est demeuré négligé – refoulé serait un terme plus adéquat – par la théorie économique : les cours de bourse possèdent une "dimension fractale"...

4.1) Que nous disent les séries de prix des actifs financiers ?

Nous avons précédemment évoqué - pour définir ce que l'on entendait par information - la théorie de l'efficience des marchés financiers. Nous y revenons maintenant pour ce qu'elle nous dit des prix. Selon Eugene Fama³¹, l'un des fondateurs de cette théorie, sur un marché efficient, le prix de l'actif financier intègre instantanément toutes les informations disponibles concernant cet actif. Il est donc impossible de prévoir l'évolution du prix de cet actif puisqu'il n'existe pas d'information qui n'ait été intégrée dans le prix actuel. Les prix futurs dépendront uniquement des informations qui parviendront quotidiennement sur le marché. Le prix des actifs suit donc une marche au hasard, il n'y a aucune relation de dépendance temporelle entre eux.

Que l'on considère l'efficience dans sa forme forte (l'ensemble informationnel est toute l'information qu'il est possible de connaître) ou dans sa forme faible (on connaît l'ensemble des prix passés), il est impossible de tirer parti de cette information pour battre le marché. On comprend dès lors que, selon cette approche, les cours de ces actifs financiers suivent une "marche au hasard". Nulle information ne permet de prévoir ou d'anticiper les cours futurs. L'évolution aléatoire des cours boursiers signifie que les variations successives de ces cours sont totalement indépendantes.

Cependant lorsque l'on s'intéresse à la série de prix elle-même, lorsqu'on la prend comme une "donnée", des propriétés intéressantes peuvent apparaître. Dès les années 60 le mathématicien Benoît Mandelbrot³² avait découvert que les séries de prix des actifs financiers avaient une "dimension fractale". Ces travaux sont malheureusement toujours restés en marge de la science économique, tenus à l'écart parce qu'ils entraînent en contradiction avec les théories admises, notamment celle de l'efficience. En effet, la découverte de Mandelbrot signifie tout simplement que les prix ne suivent pas totalement une "marche au hasard" mais qu'il existe une persistance temporelle.

³¹ FAMA Efficient capital market : a review of theory and empirical work, Journal of finance, mars 1970

³² MANDELBROT Les objets fractals, Flammarion 1989

4.2) Définition des fractales

Les fractales sont des objets mathématiques relativement nouveaux. Fractale vient du latin *fractus* qui signifie irrégulier ou brisé. La particularité de ces objets est d'avoir une dimension non entière. Mais interrogeons nous d'abord sur la réalité d'une dimension physique effective : avec des objets concrets, on se rend compte que celle-ci a une base subjective : elle est affaire de degré de résolution. Considérons (pour reprendre l'exemple de Mandelbrot) une pelote de laine. En se plaçant à 10 mètres d'elle c'est un point, c'est à dire une figure de dimension zéro. Au degré de résolution de 10 cm c'est une boule tridimensionnelle. Au degré de résolution de 1 mm c'est un ensemble de fils donc une figure unidimensionnelle. Au niveau atomique on revient à la dimension zéro. La valeur de la dimension ne cesse de varier ! Les zones de transition entre dimensions qui jusqu'alors semblaient sans structure, Mandelbrot les identifiera, les étudiera et leur donnera le nom de "fractales".

Si l'on observe le cours d'un actif, quelle qu'il soit, on constate que la courbe a une même irrégularité sur une durée mensuelle, hebdomadaire ou journalière. Cette observation - que l'on peut faire aussi en regardant la côte de la Bretagne à différentes échelles - a une base mathématique, géométrique : la courbe montre une similitude à elle-même à des échelles différentes. Un objet reste pratiquement identique à lui-même quelle que soit l'échelle à laquelle on le regarde : c'est la définition même d'une fractale. Le fait que les degrés d'irrégularité que l'on rencontre aux diverses échelles soient en gros égaux signifie, géométriquement parlant, que chaque partie de la courbe est homothétique au tout. Une telle courbe sera dite posséder une homothétie interne.

Pour préciser ce concept, considérons un triangle équilatéral. Puis sur le tiers central de chacun des trois côtés on ajoute un triangle équilatéral de dimension un tiers. On refait cette opération sur chacun des douze cotés et ainsi de suite à l'infini. On obtient ainsi la courbe de von Koch, qui fut découverte en 1904 mais tomba dans l'oubli avant d'être redécouverte par Mandelbrot. Elle est, nous le voyons, de longueur infinie et non dérivable ! Si bizarre qu'il puisse être, ce type de courbe est, selon Mandelbrot, beaucoup plus fréquent dans la nature que les très pratiques courbes dérivables dont l'on use à profusion en économie...

On peut ainsi mesurer le degré d'irrégularité des courbes par une "dimension d'homothétie". Celle ci est mesurée par la formule :

$$D = \log N / \log (1/r)$$

où N représente le nombre de parties qui sont déduites de la figure par homothétie de rapport r.

Pour la courbe de von Koch $N = 4$ et $r = 1/3$ (la longueur totale de la courbe augmente dans un rapport de $4/3$ à chaque transformation). Sa dimension est donc $D = \log 4 / \log 3 = 1,26$. Ainsi on peut dire que la courbe de von Koch est plus "massive" qu'une droite mais plus "effilée" qu'une surface, elle ne peut pas couvrir l'ensemble d'un plan.

La dimension de la courbe de von Koch est donc non entière. Une courbe dont la dimension est égale à 2 recouvrira - par définition - tout le plan. Alors qu'une courbe de dimension non entière ne pourra pas, même après un temps infini, recouvrir tout le plan. Et selon cette théorie, une courbe de dimension 2 est un mouvement brownien, c'est à dire une courbe dont tous les points sont indépendants, et suivent une "marche au hasard". Une dimension non

entière signifie donc que la courbe connaît des liens de dépendance temporels, et c'est précisément ce qu'établit Benoît Mandelbrot à propos des cours des valeurs boursières.

4.3) La mesure de la dimension fractale

Pour déterminer la dimension de courbes diverses, Mandelbrot a proposé la fonction dite "mouvement brownien fractionnaire" notée $B_H(t)$ ³³. Cette fonction s'inspire d'une invention statistique du physicien et hydrologue anglais Harold Edwin Hurst qui permet de mettre en évidence la propension d'une chronique - les crues du Nil pour Hurst - à être cyclique mais non périodique. Cette fonction démontre l'existence d'une dépendance statistique à long terme dans une chronique, quand on n'y voit qu'une suite aléatoire de données.

Le paramètre H de cette fonction permet de mesurer les effets de persistance dans une série : lorsque $H = 0,5$ il n'y a aucune dépendance entre les différentes valeurs de la série. Mais quand H croît de $0,5$ à 1 la persistance augmente, les valeurs ne sont plus gaussiennes et indépendantes, des corrélations apparaissent, concrètement des cycles non périodiques en tout genre deviennent de plus en plus distincts.

La dimension fractale de la série considérée est donnée par $1/H$. Ainsi une série qui suit une "marche au hasard" ($H = 0,5$) aura une dimension fractale égale à 2 , elle recouvrira tout le plan, c'est un mouvement brownien ordinaire. Mais un $H > 0,5$ correspond à une dimension inférieure à 2 ce qui est conforme intuitivement au fait que la courbe présente une certaine homothétie interne, elle ne remplira donc pas totalement le plan.

En se plaçant sur les marchés financiers, on comprend donc qu'un $H = 0,5$ correspond à un marché efficient (indépendance des valeurs dans le temps), tandis qu'un H proche de 1 (donc une dimension fractale < 2) signifie que les prix ne suivent pas une marche au hasard (des liens de dépendance relient les prix dans le temps). Or plusieurs auteurs ont montré, à la suite de Mandelbrot, que les cours des actifs financiers avaient une dimension fractale inférieure à 2 , autrement dit que les marchés n'étaient pas efficientes au sens de Fama ! Edgar Peters³⁴ par exemple a calculé (sur des données mensuelles de 1950 à 1988) que la dimension fractale était de $1,28$ pour le S&P 500, $1,39$ pour IBM, $1,43$ pour Coca-Cola,...

L'existence d'une dimension fractale dans les cours de bourse remet donc en cause la théorie de l'efficience. Celle-ci, nous l'avons vu, considère en effet *"qu'il est totalement impossible de prévoir ses variations futures puisque tous les événements connus ou anticipés sont déjà intégrés dans le prix actuel ; seul un événement imprévisible pourra le modifier et ce, instantanément"*³⁵. Au contraire, la fractalité implique que *"le comportement passé du marché a une influence sur son comportement à venir. Dans ce cas, l'information ne serait donc pas totalement contenue dans les cours cotés (hypothèse d'efficience des marchés), mais se disperserait aussi sur les cours à venir"*³⁶. L'erreur de la théorie de l'efficience est d'avoir une vision très frustrée de l'information : un événement à venir est soit parfaitement anticipé et donc intégré dans les prix, soit totalement imprévisible et donc non pris en compte. Nous

³³ Cf MANDELBROT Les objets fractals, Flammarion 1989

³⁴ PETERS Chaos and order in the capital markets, John Wiley, 1990

³⁵ JACQUILLAT B. & SOLNIK B. Marchés financiers, gestion de portefeuille et des risques, Dunod 1990

³⁶ WALTER C. L'utilisation des lois Levy-stables en finance : une solution possible au problème posé par les discontinuités des trajectoires boursières in Bulletin de l'Institut des Actuaire français, n° 349 et 350, 1991

venons de voir au contraire que la réalité est plus complexe, que les événements sont plus ou moins probables, plus ou moins anticipés, et que l'on ne peut pas raisonner en termes binaires.

Les cours de bourse connaissent donc des liens de dépendance temporels, certes pas assez marqués pour être identifiés par les méthodes d'analyse statistiques usuelles, mais suffisamment prégnants pour contredire la théorie de la "marche au hasard". Selon Christian Walter³⁷, l'espoir est permis de pouvoir tirer parti de ces liens de dépendance : *"La présence, même faible, d'un processus fractal persistant semble indiquer qu'il pourrait être possible de modéliser, à l'avenir, les « élans du marché » par une formalisation adaptée."*

Avant d'essayer d'expliquer ce phénomène, penchons nous sur une pratique qui a toujours été méprisée par les théoriciens et les économistes : l'analyse chartiste. Les chartistes pensent pouvoir reconnaître des formes prédéterminées dans les cours de bourse. Les vagues d'Elliott, par exemple, présentent une forme générale constituée d'une vague haussière suivie d'une vague baissière avec des vagues d'impulsion et de correction. Ce modèle se vérifierait aussi bien sur la longue période que sur la courte : ce serait une figure invariante quelle que soit l'échelle, autrement dit ... une fractale ! *"Les vagues d'Elliott constituent, sur une base purement intuitive, un modèle de système non linéaire appliqué aux marchés financiers"* selon D. Pellissier³⁸. Ainsi les chartistes cherchent-ils à mettre en évidence, de façon très pragmatique, des figures invariantes dans les cours de bourse. La géométrie fractale, nous venons de le voir, prouve que ces invariants existent et donc que leur recherche a une base scientifique.

³⁷ WALTER C. op. cit.

³⁸ PELLISSIER Les vagues d'Elliott : y a-t-il un fondement scientifique ? Analyse financière octobre 1993

5) L'équation fondamentale

La découverte de la dimension fractale des cours de bourse remonte à plusieurs années mais ce fait mathématiquement démontré attend toujours son explication d'ordre économique.

Les quelques rares chercheurs qui tentent d'expliquer la présence d'une dimension fractale dans les cours de bourse attribuent ce phénomène à la façon dont circule l'information sur les marchés financiers. Ainsi L. Augier et T. Michel³⁹, reprenant les travaux des physiciens Bak, Tang et Wiesenfeld⁴⁰, considèrent qu'un "*marché économique peut être modélisé comme un réseau sur lequel l'information se diffuse*". Ils supposent que "*les agents fondent leurs décisions sur celles d'autres agents (et non plus en observant tous simultanément des variables globales). Dans ce cas, les perturbations se transmettent avec des retards sur le marché (réseau).*"⁴¹ Cette analyse a le mérite de montrer l'importance des comportements mimétiques mais reste, selon nous, trop limitée.

Mais la circulation de l'information sur les marchés financiers, c'est précisément ce dont nous avons parlé dans les pages précédentes !

5.1) La relation entre la dimension fractale et l'entropie

Nous avons vu que si l'information "de base" (cours, résultats des sociétés, données macroéconomiques, dépêches d'agence, etc) était également disponible pour tous les intervenants, au contraire les informations rares, de grande valeur, faisaient l'objet d'une répartition très inégalitaire entre les grandes, les moyennes, et les petites entreprises (cf la distribution entropique). L'information n'étant donc pas équitablement répartie, il ne faut pas s'attendre à ce que les prix suivent une "marche au hasard", conformément à la théorie néo-classique (qui postule que toutes les entreprises ont une taille équivalente), et nous venons justement de voir que les séries de prix contenaient des effets de persistance temporel (la dimension fractale).

Il importe donc de savoir si le concept central de nos développements, *l'entropie*, a un rapport quelconque avec la notion de *fractale*. On verra s'il existe un lien entre, d'un côté, la circulation de l'information et la structuration des marchés qu'elle implique et, de l'autre côté, l'existence d'une dimension fractale des cours des actifs négociés sur ces marchés.

Et justement, le lien entre ces deux notions a été mathématiquement démontré. Le mathématicien français Michel Mendès-France⁴², a établi qu'il existe un rapport direct entre l'entropie et la dimension d'une courbe. Cette relation s'écrit :

³⁹ AUGIER, MICHEL Fluctuations économiques et anticipations mimétiques, Université Paris I Panthéon Sorbonne, Centre d'Economie Bancaire Internationale 1991

⁴⁰ BAK, TANG & WIESENFELD Self organised criticality, Physical Review letters 1987

⁴¹ AUGIER, MICHEL Séries fractales en économie : une approche théorique CEBI 1992, p. 4

⁴² MENDES-FRANCE Dimension et entropie des courbes régulières in Dimension non entières et applications sous la direction de G. Cherbit, Masson 1987

Dimension et entropie in Les théories de la complexité, Seuil 1991

On se reportera à ces ouvrages pour la démonstration - particulièrement complexe - de cette relation.

Pour l'anecdote, Michel Mendès-France (né en 1936) est le fils de Pierre Mendès-France.

$$D > 1/(1-E)$$

avec **D** : dimension fractale
E : entropie

On constate donc, et Mendès-France insiste particulièrement sur ce point, que la dimension croît avec l'entropie. C'est à dire qu'une plus grande indétermination des événements futurs - que mesure une hausse de l'entropie - correspond à une augmentation de la dimension fractale qui, s'approchant de 2, tend vers le mouvement brownien ordinaire. La relation entre dimension et entropie est donc parfaitement cohérente avec tous nos développements. Une augmentation de l'incertitude se traduit par une hausse de l'entropie - donc un "aplatissement" de la distribution entropique - et une augmentation de la dimension fractale.

Le point fondamental à noter est que cette formule permet de comprendre et de relier le fonctionnement du marché à la fois dans sa dimension **synchronique** (la structuration du marché, la distribution entropique, son organisation à un instant t) et dans sa dimension **diachronique** (le cours de l'actif négocié, la dimension fractale, son évolution dans le temps). C'est donc une équation que l'on peut qualifier de fondamentale par la généralisation qu'elle opère sur les dimensions d'existence d'un marché. C'est un peu le " $E=mc^2$ " de la finance, un nœud conceptuel qui change en profondeur notre façon de voir la réalité, et qui ouvre de nombreuses perspectives et pistes de recherche.

Insistons sur ce point : **l'équation fondamentale** relie la structure du marché à son évolution dans le temps. On connaît la formule d'Hérodote : "*Le caractère de l'homme est son destin*". Transposons : le "caractère" du marché (sa distribution entropique plus ou moins marquée) détermine, conditionne son "destin", la forme de l'évolution des prix de l'actif négocié (sa dimension fractale, les effets de persistance temporelle).

Qu'en serait-il d'une validation empirique de cette équation ? Il faudrait partir d'une action cotée en bourse, puis considérer la distribution entropique de son actionnariat (les propriétaires, ceux qui décident du sort de l'action) et en mesurer l'entropie. Ensuite on mesure la dimension fractale du cours de cette action, mais sur une durée courte, c'est-à-dire pendant que la structure de cet actionnariat ne se modifie pas (jusqu'ici, on fait plutôt ce calcul sur plusieurs années ou décennies, comme Edgar Peters que nous avons vu plus haut !). Les deux chiffres obtenus doivent se conformer à l'équation fondamentale. A notre connaissance, de tels travaux empiriques n'existent pas. Souhaitons que notre travail encourage ce type d'études !

Ceci dit, vu la généralité de l'équation fondamentale, qui est de nature systémique, on peut à l'évidence envisager bien d'autres façons de l'appliquer, et pas seulement en finance, et pas seulement en économie.

5.2) Interprétation de l'équation fondamentale

Nous pouvons dès lors relier tout ce que nous avons vu, la théorie de la communication de Shannon, le concept d'entropie, la distribution entropique et la dimension fractale : plus la hiérarchisation des entreprises (ou des actionnaires) d'un secteur (en terme de part de marché) est accentuée, autrement dit plus la distribution entropique est "pentue", et l'entropie faible,

plus cela traduit dans ce secteur une forte concentration de l'information, et plus la série des prix de l'actif négocié sur ce marché aura une dimension fractale proche de 1, c'est à dire, plus la marche au hasard du prix de l'actif négocié sur ce marché est limitée, autrement dit plus les effets de persistance temporel sont importants. A l'inverse, une hiérarchisation des entreprises plus étale, donc une entropie plus élevée, ira de pair avec une dimension fractale de la série de prix de l'actif négocié plus proche de 2, c'est-à-dire plus "hasardeuse".

On peut pousser ces deux cas à l'extrême: aucune concentration de l'information, une multitude d'entreprises de taille comparable, dans ce cas la dimension fractale des prix sera égale à 2, ceux-ci sont chaotiques (c'est le modèle néo-classique de la concurrence pure et parfaite). Dans l'autre cas, un monopole concentre toute la production (et l'information), les prix sont complètement contrôlés, leur dimension fractale est égale à 1. La réalité des marchés se situe entre ces deux cas.

On dispose ainsi d'une théorie globale des marchés financiers expliquant et reliant leur dimension synchronique (la structuration des acteurs) à leur dimension diachronique (l'évolution des cours). **Sur un marché donné, la dimension fractale du cours de l'actif négocié est directement lié (par la formule de Mendès-France) à la plus ou moins grande concentration (la distribution entropique) des acteurs possédant ce bien.**

La théorie néo-classique traditionnelle (concurrence pure et parfaite, etc) apparaît comme un cas particulier et peu réaliste. L'ensemble des marchés financiers que l'on peut observer correspondent eux - par leur structuration différentielle et la fractalité de leurs cours - à l'approche que nous venons de développer.

5.3) Synthèse générale

Nous pouvons maintenant jeter un regard rétrospectif sur le chemin que nous avons parcouru depuis le début. Nous n'avons rien "inventé" *stricto sensu*, nous avons relié des théories sur une étendue que personne n'avait couverte. Ainsi, l'économiste René Passet⁴³ a mis en évidence toute la richesse de l'approche de la théorie de l'information de Shannon et de la notion d'entropie, sans toutefois mettre l'accent sur la distribution entropique, comme l'ont fait le sociologue Michel Forcé⁴⁴ et le thésard en économie Fayat⁴⁵. Cependant aucun d'entre eux n'a fait intervenir les fractales dans leurs recherches. A l'inverse, si Benoît Mandelbrot a découvert que les cours de bourse avaient une dimension fractale (et d'autres se sont engagés dans cette voie comme Christian Walter ou Edgar Peters), il se refusa à intégrer dans son raisonnement la théorie de Shannon, et sa conséquence logique directe, l'entropie. C'est, nous l'avons vu, le mathématicien Michel Mendès-France qui a formulé l'équation entre l'entropie et la dimension fractale, sans toutefois se pencher sur le sens que cela pouvait avoir dans le domaine économique. Nous avons simplement tissé un fil rouge entre tous ces chercheurs.

Il y a eu des occasions manquées de faire ce chemin. Nous l'avons vu au tout début de notre réflexion, Olivier Favereau explique que Keynes, au début des années 30, est passé tout près d'une révolution conceptuelle majeure en envisageant un moment d'étendre l'incertitude à toutes les variables économiques, pour finalement la limiter au marché financier dans sa *Théorie générale*. Un tel changement de paradigme aurait permis d'ouvrir le chemin que nous

⁴³ PASSET L'économie et le vivant, Payot 1979

⁴⁴ FORSE L'ordre improbable, entropie et processus sociaux PUF 1989

⁴⁵ FAYAT C. Economie et entropie, thèse d'Etat, Université de Rennes, 1980

avons suivi. Plus près de nous, Benoît Mandelbrot se refuse à franchir le pas vers Shannon et la notion d'entropie. Sa grande culture économique lui aurait pourtant permis de tracer, dans l'autre sens, le chemin que nous avons parcouru.

Pour expliquer son refus de prendre en compte l'approche de Shannon, Benoît Mandelbrot avance principalement comme raison l'imprécision du terme d'information utilisé par ce dernier. Mais, selon nous, la raison de ce refus est plus profonde. Il affirme ainsi dans son ouvrage sur les objets fractals⁴⁶ : *"Un prix compétitif est soumis à deux sortes d'influences. Il doit, tout d'abord, répondre aux changements de quantités "exogènes" [...]. Mais il doit également répondre aux changements des anticipations"*. Nous retrouvons ici ce que nous avons dénoncé au début, à savoir le mythe d'une "valeur fondamentale" à laquelle se rajoute des anticipations, la fameuse dichotomie. Mandelbrot accepte le postulat d'une théorie qu'il dénonce pourtant un peu plus loin : *"Après tout, cette théorie a déjà bénéficié de plus d'un siècle pour se développer, mais on attend encore qu'elle prédise quoi que ce soit"*. C'est ce postulat de la valeur fondamentale qui l'empêche de franchir le pas et de s'en remettre à la théorie de Shannon pour expliquer le fonctionnement des marchés financiers. Il semble d'ailleurs convenir de l'insuffisance de ce postulat en affirmant par ailleurs⁴⁷ : *"il est difficile d'établir une frontière entre la spéculation et l'économie"*. Et pour cause, s'il n'y a pas de dichotomie, il n'y a plus aucun sens à distinguer la notion d'"économie" de celle de "spéculation", comme nous le verrons au début de notre conclusion.

C'est bien la remise en cause de la "valeur fondamentale" en tant que postulat qui nous a permis d'ouvrir le chemin que nous avons parcouru. Et cette révolution conceptuelle ne pouvait se faire qu'en dehors de l'économie, parce qu'elle lui est toute entière soumise.

⁴⁶ MANDELBROT Les objets fractals, Flammarion 1989 p. 217

⁴⁷ MANDELBROT Fractales, hasard et finance Flammarion 1997, p. 160

Conclusion Sur la notion de temps en finance

Nous avons montré - c'est le résultat le plus important - qu'il existe un lien entre la dimension synchronique et la dimension diachronique du marché financier, entre l'aspect structurel, organisationnel et l'aspect temporel, l'évolution du cours des actifs. Notre "équation fondamentale" possède, en tant qu'invariant systémique, une généralité, on pourrait dire une universalité, qui dépasse le sujet de notre thèse. Cette équation permet de réévaluer l'ensemble de la théorie des marchés financiers.

Dans la logique de notre démarche, nous pouvons appliquer notre réflexion à l'économie dite "réelle", à l'industrie. Partons de notre notion de base, l'anticipation. Sur les marchés financiers, une anticipation peut se transformer immédiatement en une action concrète. On peut transférer une somme d'argent d'un actif à l'autre, d'un pays à l'autre sans aucun délai grâce, justement, à la technologie de la communication. Mais dans l'industrie, fabriquer un produit prend du temps, construire une usine prend du temps, et cette durée impossible à annuler - une durée liée à la matière, par opposition à l'immatérialité de la finance - est un temps *mort* soustrait à l'échange, à l'économie. Ce temps définitivement perdu correspond à des frictions, une inertie (liée à la *matière* elle-même) qui ralentit le cœur de l'économie : l'anticipation. Le marché financier apparaîtrait ainsi comme la forme la plus pure de l'économie, et l'activité industrielle comme une forme dégradée. On renverse ici la perspective habituelle.

C'est ce que présentait Mandelbrot quand il affirmait, nous l'avons vu plus haut, qu'*"il est difficile d'établir une frontière entre la spéculation et l'économie"*. Les théories et les discours économiques, depuis toujours, voudraient nous faire croire que, dans l'industrie, nous avons affaire à des agents *rationnels* qui répondent aux *besoins* des consommateurs, tandis que sur les marchés financiers, les acteurs sont irrationnels, versatiles, moutonniers, myopes, etc. On postule toujours que le bien produit par l'industriel est *fondamental* (en ce qu'il répond, au meilleur prix, aux besoins des consommateurs) alors que le prix d'une action, lui, ne correspond que rarement à sa "vraie" valeur, la valeur fondamentale. Ah bon, il n'y a pas d'effets de mode dans les biens de consommation ! Le marketing, la publicité, le design, la mode jouent un rôle marginal, les consommateurs se déterminent en toute rationalité suivant les caractéristiques techniques des produits... Bien sûr que non ! Les "bulles", les effets de mimétisme, les tendances irrationnelles sont tout aussi présents dans le secteur manufacturier, mais ils se déploient simplement avec une certaine inertie par rapport au secteur financier, à cause du "temps mort" dont nous avons parlé.

Ouvrons une autre perspective. Nous venons de parler du temps. Deux grands penseurs du second XX^e siècle ont écrit sur le temps et l'argent, et ce qu'ils exposent rejoint notre démarche, il s'agit de Jacques Derrida et Jean-François Lyotard. Le premier, dans un texte lumineux d'intelligence⁴⁸, nous propose de renverser le proverbe bien connu *"Le temps c'est de l'argent. Celui-ci traduit en effet des enjeux fondamentaux. Le temps est ici celui du travail et de la production qui peut ainsi se mesurer en argent. Le travail et la production jouant un rôle médiateur entre le temps et l'argent. Cette conception est celle de toute l'économie politique"*. En le renversant, Derrida change notre perspective. *"L'argent c'est du temps"* car *"en tant que substitut ou équivalent général, il économise d'abord le temps de l'échange des*

⁴⁸ DERRIDA J. Du "sans prix" ou le "juste prix" de la transaction in Comment penser l'argent? Le Monde Edition 1992

choses et des biens ; il accélère à l'infini la circulation". Plus loin : "L'argent c'est du temps gagné, du temps économisé". En se substituant au troc, l'argent devient un élément de quantification de la valeur qui neutralise les caractéristiques individuelles des choses pour - par la détermination d'un prix - en accélérer l'échange.

Jean-François Lyotard⁴⁹, a développé cette problématique tout à fait nouvelle. *"La monnaie n'est pas l'équivalent général des référents des échanges (les marchandises). Elle ne peut pas comme celles-ci être retirée de la circulation (consommée). Mais elle doit être l'équivalent (plus ou moins fidèle) du temps incorporé dans les marchandises, et perdu à les produire tant qu'elles ne sont pas échangées. [...], l'échange est un négoce de temps. Un signe monétaire, quel qu'en soit la nature, est du temps accumulé, "abstrait". Détaché des échanges "actuels" des marchandises ostensibles, il peut transférer le paquet de temps dont il est le signe sur n'importe quel moment de ces échanges".* Cette conception est à l'opposé de celle de toute l'économie politique qui fait de la monnaie un simple bien (l'étalon), équivalent général de tous les autres. En fait la monnaie est une créance sur l'avenir, une croyance en l'avenir. La monnaie est l'avance qu'une économie se donne à elle-même.

Cette conception pose l'anticipation au cœur de l'économie. En effet, anticiper signifie étymologiquement *"prendre d'avance"*, être en avance. Son mouvement est celui-là même de la monnaie. Anticiper c'est mieux connaître les événements et leurs probabilités, l'activité économique c'est faire des paris, prendre des positions vis à vis de ces événements potentiels avec de l'argent.

On comprend mieux dès lors les bouleversements qu'a engendré la technologie de la communication sur les marchés financiers. C'est ce qu'explique très bien Jacques Derrida : *"C'est pourquoi, soit dit au passage, le gain de temps que la technologie de la communication assure au marché, à l'activité de cotation boursière, n'est pas un bénéfice secondaire ou accidentel ; c'est le déploiement même de l'essence de l'argent comme temps".* Et plus précisément : *"L'argent est [...] une économie du temps, une horloge que la technologie, en particulier celle de la communication, à supposer qu'on puisse la distinguer de la technique en général, ne vient pas seulement servir comme instrument, mais entraîner comme son propre mouvement".*

Poursuivons dans cette direction en ouvrant deux pistes. Dans un autre ouvrage sur les fractales⁵⁰, Benoît Mandelbrot parle d'un *"temps boursier qui varie de x_m^* pendant que le temps d'horloge varie de la quantité x_m "*... ce qui ne traduit pas autre chose que le phénomène de la relativité. D'autre part, Michel Mendès-France, dans sa démonstration sur le lien entre fractalité et entropie, évoque une incertitude "à la Heisenberg". Les deux grands concepts qui ont profondément renouvelé la science physique au début du XXe siècle (la relativité et les quanta) seraient donc présents en économie...

Un physicien pourrait facilement nous rétorquer que ces phénomènes n'ont de sens qu'avec des énergies, soit infimes, soit immenses, c'est-à-dire absolument sans commune mesure avec l'activité économique. Mais ne nous trompons pas de milieu justement, celui de l'économie n'est pas le cosmos ni l'atome, l'information qui circule sur les marchés le fait à travers des écrans et un langage : l'élément dans lequel se meut l'information est le discours, ce n'est pas le temps et l'espace physiques, même si ces dimensions sont fondamentales. Le discours

⁴⁹ LYOTARD J. F. Le différend, Les éditions de Minuit, 1983, p. 248 et suiv.

⁵⁰ MANDELBROT Fractales, hasard et finance, Flammarion 1997, p.183 - 191

compris comme phénomène formalisable (Shannon, loi de Zipf-Mandelbrot, etc) et dans lequel les deux grandes notions issues de la physique pourraient avoir du sens.

Mais ces développements futurs ne doivent pas nous faire oublier qu'il existe une indétermination des comportements économiques irréductible à tout système d'équations. Le non-déterminisme intrinsèque des comportements humains interdit toute prétention totalisatrice à la science économique. Citons, pour terminer, Jacques Derrida, dans le même texte cité plus haut : *"Comme la spéculation économique en général, la scène de la cotation boursière reste une scène de chiffrage, d'information, de communication et d'informatique, mais aussi une écriture et un langage dont le médium ne peut être totalement formalisé. Il s'agit d'une scène "humaine", évidemment, mais elle ne saurait être réduite à la calculabilité. Il y a un esprit du marché parce que le marché est un langage, et un langage qui ne se laisse jamais totalement quantifier ou formaliser. Cet "esprit du marché" ne discrédite pas toute science économique, mais il en interdit la clôture, l'autonomie, la spécificité absolue, il en limite l'ambition ou même la maîtrise quantificatrice."*

Table des matières

Abstract	2
Addendum : A propos de la crise financière...	3
Introduction	5
1) La valeur fondamentale n'existe pas	6
1.1) La dichotomie entre la valeur fondamentale et le prix	
1.2) La remise en cause de la dichotomie	
1.3) Sur le concept de vérité	
1.4) La révolution manquée de Keynes	
1.5) Un collègue de Keynes : Wittgenstein	
1.6) La légitimité du concept d'organisation	
2) La mesure de l'information	11
2.1) Qu'est-ce que l'information sur un marché ?	
2.2) L'information... c'est ce qu'on en fait	
2.3) L'approche de Shannon	
3) Information et organisation : l'entropie	17
3.1) La notion d'entropie	
3.2) Les enjeux conceptuels du principe entropique	
3.3) L'origine de l'organisation : la néguentropie	
3.4) Pourquoi les entreprises existent-elles ?	
3.5) La distribution entropique	
3.6) La généralité de la distribution entropique	
4) La dimension fractale des cours de bourse	29
4.1) Que nous disent les séries de prix des actifs financiers ?	
4.2) Définition des fractales	
4.3) La mesure de la dimension fractale	
5) L'équation fondamentale	33
5.1) La relation entre la dimension fractale et l'entropie	
5.2) Interprétation de l'équation fondamentale	
5.3) Synthèse générale	
Conclusion : Sur la notion de temps en finance	37