



Un marché incomplet

IVAR EKELAND

En pouvant acheter des bons d'essence à prix fixé et valables une certaine durée, tout le monde serait gagnant. Le marché ainsi complété éviterait peut-être les troubles sociaux.

Pourquoi les stations-service ne vendent-elles pas des bons de dix litres de carburant valables un mois ? Vous auriez le choix : soit faire le plein et payer l'essence (ou le gazole) au prix affiché, soit aller à la caisse et acheter, pour un prix un peu supérieur, cinq bons de dix litres qui seraient périmés un mois plus tard.

Les avantages d'un tel système sautent aux yeux. Vous êtes automobiliste et vous craignez une hausse du prix de l'essence ? Inutile d'aller remplir vos jerricans ou de stocker le carburant dans votre baignoire : achetez d'avance votre consommation du mois. Vous êtes transporteur routier, et un client vous demande une livraison de Paris à Madrid, à effectuer dans trois semaines ? Vous acceptez, mais vous lui facturez, non pas le prix du gazole à la pompe aujourd'hui, mais le prix de bon de gazole, et vous vous empressiez d'acheter dès aujourd'hui la quantité de bons nécessaire.

Que de désordres évités : l'existence (de bons) précéderait l'essence. Plus de barrages sur les autoroutes ni aux abords des villes, plus de dépôts d'essence bloqués. Ces bons existeront pour diverses échéances, un, deux ou trois mois par exemple, et les transporteurs pourront conclure des contrats à effet différé en se garantissant contre les hausses des prix. Bien sûr, le bon à trois mois coûte plus cher que le bon à un mois, qui sera plus onéreux que le prix à la pompe : la différence de prix est le coût de la garantie, d'autant plus chère qu'elle s'étend loin dans le temps. Un contrat conclu aujourd'hui pour un transport qui n'aura lieu que dans dix semaines sera négocié sur la base du prix du bon à trois mois. Le moment de la livraison venu, le transporteur présentera à la pompe les bons qu'il aura achetés au moment de la conclusion du contrat, et le tour sera joué.

Le transporteur et le client sont contents, parce qu'ils sont débarrassés des mauvaises surprises : l'opération financière est bouclée à la signature du contrat, et chacun sait exactement à ce moment-là ce que cela lui coûte et ce que cela lui rapporte. Mais, m'objectera-t-on, il faut bien

que quelqu'un perde dans cette histoire ? Si ce n'est ni le transporteur ni son client, il faut donc que ce soit l'émetteur des bons ?

Eh bien non, et c'est toute la magie de la finance moderne. Examinons la question du point de vue de l'émetteur. Bien entendu, une simple station-service ne se livrera pas à ce jeu : ce sera plutôt le rôle d'une grande compagnie pétrolière, qui tirera avantage du fait que ses bons seront valables sur tout son réseau de distribution. Pour ne pas perdre d'argent, et même pour en gagner, elle disposera d'une panoplie de mesures.

D'abord, la fixation du prix des bons. De ce point de vue, la compagnie est dans une position très favorable par rapport aux consommateurs individuels : elle est bien mieux renseignée qu'eux sur l'évolution prévisible des prix du brut, elle est capable de faire des stocks importants quand la conjoncture s'annonce mauvaise, et elle a une assise financière qui lui permet de franchir plus facilement un mauvais cap.

Un petit transporteur routier travaille avec des marges qui rendent insupportable une variation de cinq pour cent du prix du carburant, et il sera prêt à payer comparativement cher une assurance contre ce risque, même si le coût en est très faible (et surtout si c'est le client qui, en définitive, règlera la facture). Si le litre est à 10 F aujourd'hui et a une chance sur dix de passer à 10,5 F dans trois mois, (mais neuf chances sur dix de rester à 10 F), la prime d'assurance à payer pour se garantir contre ce risque est statistiquement de $(0,5 \times 0,1)$ F, soit cinq centimes, ce qui met le bon de un litre valable trois mois à 10,05 F. Les transporteurs le paieront volontiers 10,1, voire 10,2 F, surtout si une publicité bien conçue leur fait surestimer le risque...

En second lieu, la compagnie peut se prémunir contre des variations imprévues du prix du brut par des opérations financières. La flambée des prix du pétrole s'accompagne d'une flambée non moins importante du prix de certaines actions - notamment celles des compagnies pétrolières. Si donc l'on veut se prémunir contre une hausse, on peut (ce n'est qu'un

exemple de couverture parmi d'autres) constituer un portefeuille d'actions dont la valeur suivra la même trajectoire que les cours. Si le prix monte, les consommateurs se présentent aux stations pour faire honorer leurs bons, et la compagnie se voit donc contrainte de leur vendre du carburant à un prix inférieur au cours du jour mais son portefeuille de couverture a pris de la valeur. Si tout est bien calculé, l'argent perdu d'un côté est regagné de l'autre, et l'opération est blanche.

Du point de vue de la théorie économique, il n'y a là rien que de très banal. Le problème du transporteur, c'est qu'il ne peut pas acheter aujourd'hui du carburant livrable dans trois mois, ce qu'un économiste exprimera en disant que le marché n'est pas complet. Le remède à cette situation est de compléter le marché, en créant le produit manquant. C'est ce qu'on dénomme un contrat à terme, et il en existe pour toutes les matières premières, mais à une échelle industrielle : le contrat à terme sur le marché du pétrole brut porte sur mille barils. Tout comme un contrat d'assurance, le rôle de ces contrats est de transférer les risques de ceux qui ne veulent pas les prendre, à ceux qui savent les gérer. Ces contrats sont complètement entrés dans les mœurs de la vie économique, et nous en utilisons tous les jours sans même nous en rendre compte. Le timbre ou le ticket de métro, par exemple, ne portent plus d'indication de prix : mais si demain le prix de la lettre ou du trajet urbain change, ils restent utilisables, et si je crains une hausse, j'en achète d'avance. Cela signifie que ce sont en fait des contrats à terme passés avec l'État ou avec la RATP. Les bons de carburant rendraient le même service et, en plus, permettraient aux compagnies de gagner davantage d'argent. C'est si commode que je reviens à ma question initiale : pourquoi personne ne se préoccupe-t-il de compléter ce marché ?

Ivar EKELAND est professeur à l'Université Paris-Dauphine.



Petit Format/A. Chaumat

En culotte courte

HERVÉ THIS

L'observation des enfants en crèche révèle l'évolution de leurs goûts alimentaires.

Les parents gastronomes font tous entendre la même antienne : leurs enfants semblent n'aimer que les féculents – pâtes, riz, pommes de terre –, les fromages les plus fades et les viandes insipides, tel le blanc de poulet. Pourquoi les enfants commencent-ils leur vie alimentaire par ces aliments fades ? Comment les mettre sur la «voie»? Psychologues et sociologues pourraient s'interroger sur les motivations biologiques qui poussent les parents à se désoler, mais, aujourd'hui, ce sont des «sensorialistes» qui explorent les choix alimentaires des enfants et l'évolution de ces choix.

L'expérience qui livre aujourd'hui ses premiers résultats a commencé en 1982 et s'est achevée en 1999, dans la crèche Gaffarell de l'Hôpital de Dijon. Elle a porté sur des enfants âgés de deux à trois ans, qui, au déjeuner, choisissaient la composition de leur repas. Avec quelques contraintes, toutefois : parmi les huit aliments proposés figuraient du pain, deux entrées, une viande ou un produit carné ou un poisson, deux légumes ou féculents, deux fromages ; les plats sucrés n'étaient pas mis au menu, en raison de l'attrait présumé pour le sucré : ils étaient réservés au goûter. Les enfants pouvaient se resservir, mais ils n'étaient pas autorisés à prendre plus de trois fois d'un même aliment pendant le même repas. Pour les 25 enfants présents à la crèche, chaque année, les puéricultrices orchestraient et notaient ces libres choix ; les huit plats étaient sur une table, les enfants prenaient ce qu'ils voulaient, et ils pouvaient notamment ne rien manger. Au total, 420 enfants ont été suivis sur 110 repas en moyenne.

Aujourd'hui, Sophie Nicklaus et Sylvie Issanchou, du Laboratoire de recherches sur les arômes de la Station INRA de Dijon, en collaboration avec Vincent Boggio, de la Faculté de médecine de Dijon, dépouillent les résultats. Les questions étudiées sont nombreuses : quels aliments ont-ils été consommés ? Les enfants ont-ils des aversions générales pour certains plats ? Comment interpréter les différences de choix entre les plats ? Comment expliquer les variations des choix ? Par des particularités individuelles des enfants ? À ces questions, le dépouillement des données

donne des confirmations et des informations nouvelles.

Tout d'abord, comme le pressentent les parents, les enfants choisissent surtout des féculents et des viandes ; les fromages choisis sont ceux qui ont peu de goût et une texture molle, et rares sont les «amateurs de roquefort» dès l'âge de deux ou trois ans : gastronomes en culotte courte, peut-être, mais pas en couche. Le pain – signe des temps – est le féculent le moins choisi par rapport aux pâtes, au riz ou aux frites. Et les plats les plus consommés sont les frites, les chipolatas, les quiches, les pâtes, le poisson pané, le riz, la purée, le jambon, le bifsteak. Pas de surprise, mais une confirmation quantifiée.

Les choix des viandes, notamment, ont étonné les chercheurs : les enfants font peu de différence entre les viandes, choisissant presque indistinctement le rôti de porc, le dindonneau, le gigot ou les abats. En revanche, pour les légumes (moins souvent choisis que les viandes), les choix sont tranchés : le type de légumes et le type de préparation culinaire déterminent les choix des enfants. Par exemple, l'épinard, qui a si mauvaise réputation parmi les enfants, est pourtant le légume le plus consommé... quand il est nappé de sauce blanche. Les légumes tels que les endives, le chou (cru ou cuit), les tomates ou les haricots verts attirent peu les gastronomes de crèche : apparemment les produits de texture dure et fibreuse (difficiles à mâcher) sont rejetés, de même que ceux dont l'amertume est prononcée.

Pourquoi ces choix des enfants ? Les sensorialistes ont cherché à mettre en relation ces choix avec la valeur nutritionnelle, et ils ont découvert que plus les aliments ont une valeur énergétique notable, plus ils sont choisis (à l'exception des fromages). Doit-on voir dans cette observation une influence encore forte de l'inné, chez les enfants ? On sait que les nourrissons à qui l'on fait goûter des solutions salées, sucrées, acides ou amères font des grimaces de dégoût pour l'acide ou l'amer, et une mimique de plaisir quand ils testent du sucré : ils sont analogues aux singes frugivores, qui associent la saveur sucrée à la présence de sucres,

molécules à haute densité d'énergie, et l'amer aux végétaux qui contiennent des alcaloïdes toxiques. C'est progressivement que l'enfant apprend, plus tard, par conditionnement et par culture, à diversifier son alimentation : le conditionnement est celui qui apparaît, par exemple, quand le cerveau associe satiété et consommation préalable de molécules énergétiques et non sucrées, telles les graisses ; la culture, elle, explique que des enfants même tout jeunes se délectent de mets au goût puissant, que les explications biologiques feraient rejeter.

La deuxième synthèse importante concerne la forte variabilité des choix pour les produits à goût puissant. Aujourd'hui, aucune des variables analysées n'explique cette variabilité : ni le sexe, ni l'allaitement maternel, ni le rang de l'enfant dans la famille, ni son indice de masse corporelle (une mesure de la masse grasseuse, que l'on obtient en divisant le poids par la taille au carré)... On ignore donc encore comment s'expliquent les variations importantes existant d'un enfant à l'autre.

Les choix alimentaires des jeunes enfants ayant été très peu étudiés, il n'est pas étonnant que ces premières études laissent de nombreuses observations inexpliquées. De surcroît, il faudra encore attendre longtemps avant de pouvoir corréler les choix des enfants étudiés aux préférences des adultes que ces enfants deviendront. C'est à ce prix que l'on comprendra les mécanismes de l'apprentissage alimentaire au cours de l'enfance, et que l'on découvrira l'importance des expositions précoces dans les choix ultérieurs, supposée depuis longtemps, mais peu démontrée. L'industrie s'intéresse évidemment aux résultats de ces études : pour offrir des produits qui plairont plus longtemps, elle veut comprendre la dynamique des préférences alimentaires des tout petits.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 29 novembre 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Le magnétisme grenoblois

PIERRE AVERBUCH

Il y a 50 ans, Louis Néel expliquait le comportement des corps magnétiques utilisés aujourd'hui tant dans les dynamos de vélos que dans les disques durs des ordinateurs.

Aujourd'hui, Grenoble est renommée, parmi les physiciens, pour ses laboratoires et ses grands équipements, le synchrotron européen, par exemple. Ce centre européen de la physique est né avec l'arrivée, en 1940, de Louis Néel (*ci-dessus*), qui s'est intéressé au magnétisme. Puis il a contribué à y développer la physique des solides, la physique nucléaire et de nombreuses autres recherches.

À la fin du XIX^e siècle, on distingue les corps paramagnétiques des corps ferromagnétiques. Les premiers s'aimantent sous l'influence d'un champ extérieur, mais perdent leur aimantation dès que ce champ disparaît. C'est le cas de l'aluminium, de l'oxygène, du sodium, du platine, etc. Les seconds conservent l'aimantation qu'ils ont acquise dans un champ magnétique, même après la suppression de ce dernier, devenant ainsi des aimants permanents. Au-delà d'une certaine température (découverte par Pierre Curie et nommée aujourd'hui température de Curie), les substances ferromagnétiques deviennent paramagnétiques. C'est le cas du fer, du nickel, du cobalt, des alliages contenant ces éléments et de la magnétite ou pierre d'aimant, que Platon connaissait déjà : «Non seulement la pierre attire des anneaux de fer, mais elle leur communique ce pouvoir, qui permet à ces anneaux d'en attirer d'autres.» Les corps ferromagnétiques sont utilisés depuis longtemps pour fabriquer les boussoles, mais aussi de nombreux objets plus modernes, telles les bandes magnétiques : les particules d'oxyde de fer placées sur le support en plastique sont aimantées lors de l'enregistrement et conservent les informations grâce à leur orientation. De même, les bits des disques durs d'ordinateurs, qui codent l'information sous forme binaire, sont des petits aimants dont les champs sont orientés dans un sens ou dans l'autre.

Au début du XX^e siècle, Paul Langevin explique le paramagnétisme par le

magnétisme électronique à l'échelle atomique : les électrons ont des propriétés magnétiques parce qu'ils tournent autour du noyau. Les corps paramagnétiques sont ceux dont les éléments ont un moment magnétique intrinsèque. Le moment magnétique de chaque atome est orienté au hasard : à l'échelle macroscopique, le corps n'est pas aimanté. En revanche, dans un champ magnétique, les moments atomiques s'alignent comme l'aiguille d'une boussole sur le champ terrestre. L'agitation thermique s'oppose à cet ordre. Paul Langevin explique ainsi la diminution du paramagnétisme avec la température.

Peu après, Pierre Weiss élabore une phénoménologie du ferromagnétisme, toujours en vigueur aujourd'hui. Elle est fondée sur l'existence d'un couplage entre les moments magnétiques intrinsèques des atomes. Weiss invente le terme de «champ moléculaire», proportionnel à l'aimantation, pour désigner le phénomène responsable de ce couplage. Il suppose que les substances ferromagnétiques sont formées d'un grand nombre de domaines microscopiques (les domaines de Weiss), où les moments magnétiques sont parallèles. Chaque domaine est un petit aimant, mais leurs champs se compensent, en raison des orientations diverses des domaines. Lorsque l'on place un corps ferromagnétique dans un champ extérieur, l'aimantation des domaines s'aligne sur ce champ et le corps s'aimante.

L. Néel arrive à l'Université de Strasbourg en 1928. Jeune agrégé sortant de l'École normale supérieure, il y est nommé assistant de Weiss. Il prépare sa thèse sur le comportement des corps ferromagnétiques au voisinage de la température de Curie. Parmi les travaux de recherche qu'il poursuit ensuite, l'un des plus remarquables est la découverte de l'antiferromagnétisme.

Avec l'avènement de la mécanique quantique, on avait compris que l'électron, en plus de son mouvement orbital autour du noyau atomique, a un moment ciné-

tique intrinsèque (le spin), auquel est associé un moment magnétique. Selon le principe d'exclusion de Pauli, deux électrons dont les spins sont parallèles ne peuvent se rapprocher trop l'un de l'autre. L'énergie de répulsion électrostatique entre deux électrons est donc moins forte quand leurs spins sont parallèles que quand ils sont tête-bêche. En 1926, Werner Heisenberg comprend que les moments magnétiques s'alignent dans un même domaine de Weiss, à cause de ce «couplage d'échange».

PLUSIEURS MAGNÉTISMES

En 1936, la communauté des physiciens est convaincue que le couplage d'échange favorisant le parallélisme des spins, dit positif, est le seul possible. Toutefois, L. Néel propose une interaction d'échange négative pour expliquer que certains corps, tel le manganèse et ses oxydes, ont un paramagnétisme indépendant de la température. Pour comprendre son raisonnement, imaginons que les atomes des corps antiferromagnétiques occupent les cases d'un grand échiquier. Supposons que les interactions d'échange couplent entre eux les atomes placés sur des cases ayant une arête en commun (les atomes qui n'ont qu'un sommet en commun ne sont pas couplés). Si le couplage d'échange est positif, les spins tendent à être parallèles et le corps est ferromagnétique, tel que Weiss l'a décrit. Si le couplage est négatif, l'énergie est minimale quand les spins des atomes qui occupent les cases blanches sont orientés dans la direction opposée à celle des spins des atomes qui occupent les cases noires. On a alors un corps antiferromagnétique, tel que L. Néel l'a décrit.

Les atomes des solides étant organisés en réseau cristallin, l'aimantation tend à s'aligner selon certains axes dits de facile aimantation. Revenons à notre échiquier : supposons que l'axe de facile