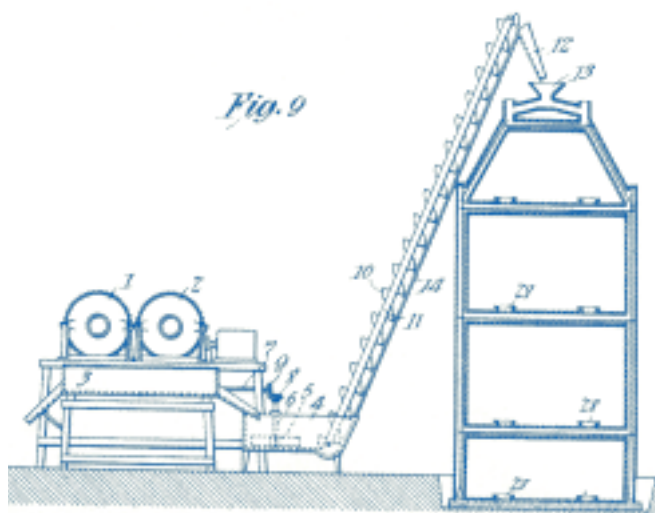
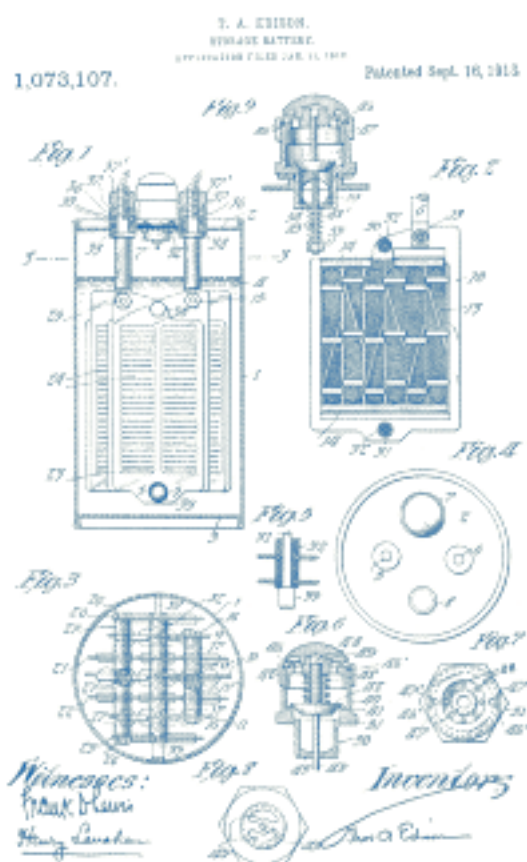


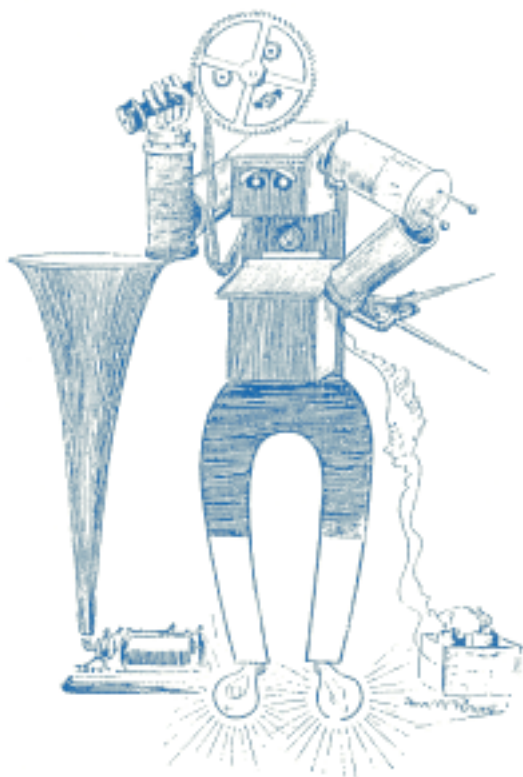


Conscient des menaces de pollution posées par l'industrialisation croissante, Edison déclare que «L'avenir appartient à la voiture électrique», bien que son ami Henry Ford ait notablement amélioré le moteur à combustion. Avec ses collègues, il met au point une batterie à accumulation : il remplace la solution d'acide sulfurique dans laquelle plongeaient les électrodes par une solution aqueuse. La batterie est rapidement rechargeable et représente une source d'énergie «propre». Cette voiture de la *Compagnie Bailey* datant de 1910 (ci-dessus) est équipée de la batterie d'Edison (schéma à droite). Le slogan publicitaire affirme que la voiture a une autonomie de près de 2 000 kilomètres grâce aux nouveaux accumulateurs d'Edison.



Edison imagine la maison en béton moulé. En août 1908, il dépose un brevet : «L'objet de mon invention est de réaliser un bâtiment de béton, en le coulant d'une seule pièce. L'ensemble – les murs, le toit, les cloisons, les planchers – constituera une seule masse. Le moule serait fait d'éléments en fonte, montés de façon à ménager le vide où serait coulé le ciment (ci-dessus). Pour augmenter la résistance, on noierait des fils métalliques, par endroits dans le ciment.» C'était la première fois que l'on préconisait l'emploi de béton armé aux États-Unis. Un fois le béton pris, le moule serait démonté, libérant la maison achevée (à droite, une maquette). Une maison fut effectivement construite. Six jours après avoir coulé le béton, on retira le moule. Il ne restait plus qu'à aménager portes et fenêtres et à installer la plomberie et l'éclairage. Pourtant, malgré la rapidité de construction et les propriétés isolantes du matériau, la maison en béton moulé n'obtint pas la faveur du public.





Edison (*en haut, à gauche*) était la cible des caricaturistes, qui l'ont représenté, vers 1890, sous le titre «Le magicien de Menlo Park» (*ci-contre*). Il était symbolisé par ses inventions les plus célèbres : le phonographe, l'ampoule électrique, un récepteur téléphonique amélioré et une caméra cinématographique. Parmi ses autres inventions, la poupée qui parle (*ci-dessus*) : on introduisait, dans la poupée, un cylindre de phonographe miniaturisé qui était actionné par une clé que l'on remontait dans le dos. L'usine produisait 500 poupées par jour. Les acheteurs avaient le choix entre plusieurs chansons enfantines, enregistrées par les ouvrières de l'usine. Le nouveau phonographe reproduisait fidèlement la voix humaine.

Neil BALDWIN dirige la Fondation américaine de littérature, à New York.

Ronald CLARK, *Edison, L'artisan de l'avenir*, éditions Belin, collection Un savant, une époque, 1986.

La mousse des sabayons

Elle est stabilisée par la coagulation de l'œuf.

Rêvons d'un sabayon parfait, idéal, platonicien. Comment doit-il être ? Dérivé du *zabaglione* italien, il s'obtient par le mélange de jaunes d'œufs et de sucre, que l'on fouette avant d'ajouter un vin doux ; en chauffant alors, tandis que l'on continue de fouetter, on observe que la préparation devient mousseuse, formant une sauce qui accompagne des fruits émincés ou qui se déguste dans de petites coupes, en guise de digestif. L'écueil est que la préparation ne mousse pas. La chimie et la physique peuvent-elles s'allier pour nous garantir le succès ?

Examinons d'abord une des innombrables recettes publiées : dans *La cuisine* (Éditions du tambourinaire), Marcelle Auclan indique : « 1 jaune d'œuf, 1/2 coquille d'œuf pleine de sucre, deux 1/2 coquilles d'œuf de vin (deux jaunes par personne). Et vous mettez votre futur sabayon à feu très doux, dans une casserole émaillée. Tournez, tournez... Tournez encore. Cela n'est pas très long, ni très sorcier, mais il faut du coup d'œil, et je ne sais quelle sensibilité qui vous fait sentir que le sabayon commence à prendre, devient onctueux. À partir de l'instant où, tournant toujours, vous avez le sentiment d'une plus grande densité du liquide, ouvrez l'œil, soyez toutes antennes au vent, car il est une seconde où tout à coup il devient crémeux, sans avoir bouilli, naturellement ».

Le mystère plane, l'alchimie n'est pas loin, et l'échec menace. Utilisons les proportions ici indiquées comme base de l'expérimentation. Après les avoir traduites en valeurs précises, tentons de modifier les proportions : préparons, par exemple, deux sabayons à quatre jaunes d'œufs et 200 grammes de sucre ; dans l'un, mettons 30 centilitres d'eau, et dans l'autre seulement 10 centilitres d'eau. Nous observons que le premier mousse, mais pas le second.

Comment expliquer ce phénomène ? Remarquons d'abord que le jaune d'œuf est connu pour épaissir les sauces et rigidifier les parois des mousses... à condition que celles-ci soient formées. Or, pour faire les parois qui séparent les bulles de la mousse, une quantité d'eau suffisante doit être présente. Le second sabayon semble manquer d'eau. Comment s'en assurer ? Au second sabayon, qui n'a pas moussé, ajoutons 20 centilitres d'eau, et reprenons la cuisson en fouettant : le



Quand on fouette des jaunes d'œufs et du sucre, le mélange blanchit, parce qu'on introduit des bulles d'air. Si on laisse trop longtemps les jaunes et le sucre sans les fouetter, le jaune coagule à la surface des cristaux de sucre, qui ne se dissolvent alors plus (un cristal apparaît ainsi au centre de la photographie).

sabayon finit par gonfler. C'est la preuve qu'il manquait initialement d'eau, mais c'est aussi une indication importante pour le cuisinier : si son sabayon ne mousse pas, il peut le reprendre en augmentant la quantité de liquide.

Quel est le rôle du sucre ? Il donne du goût au plat, certainement, et ses molécules (de saccharose) fortement hygroscopiques lient des molécules d'eau ; l'eau ainsi liée ne peut alors plus former le cœur des parois qui séparent les bulles. Pour tester cet effet du sucre, comparons le premier sabayon à des sabayons qu'on prépare à partir de quatre jaunes, 100 grammes de sucre seulement, et respectivement 10 et 30 centilitres d'eau : le premier monte bien, mais moins que les précédents, car il contient une pro-

portion inférieure d'eau par rapport à l'œuf, et le second monte bien, mais se reliquifie, car il contient trop peu d'œuf.

LA CUISSON

Préoccupons-nous maintenant de la cuisson. Comment chauffer le sabayon ? Sans soutien théorique, l'observation semble montrer que les sabayons ne gonflent bien que si le chauffage est initialement lent, avant d'être plus intense. Pourquoi ce comportement ? Examinons cette question en cherchant pourquoi le sabayon mousse ? De la vapeur serait-elle formée au fond de la casserole, et piégée par la coagulation de l'œuf ? Dans cette hypothèse, on devrait mesurer une température de 100 degrés au fond de la casserole, au moment où le sabayon se met à mousser. Toutefois cette idée se heurte à l'empirisme des chefs, qui signalent parfois que le sabayon doit être porté à 80 degrés pour mousser. Alors ?

Alors raisonnons : si l'on utilise un fouet

pour préparer un sabayon, c'est manifestement que l'on cherche à introduire de l'air dans la sauce. Et la seule transformation physico-chimique qui se produise lors de la cuisson est la coagulation des jaunes d'œufs, à 68 degrés. Faisons alors la prévision qu'il n'est pas nécessaire de chauffer le sabayon à 80, ni même à 100 degrés pour le voir mousser (le blanc d'œuf mousse à la température ambiante) et qu'une température de 68 degrés suffit à stabiliser la mousse formée, en rigidifiant, par coagulation des protéines du jaune, les parois entre les bulles.

Confirmée par l'expérience, nous avons ainsi les ingrédients théoriques de la description d'un bon sabayon. Doit-on préférer un chauffage à la température de 68 degrés, de 80 degrés ou de 100 degrés ? Selon Pierre Hermé, chef pâtissier du Salon de thé Ladurée, à Paris, le sabayon idéal serait celui qui n'a pas le goût d'œuf cuit. De ce fait, le sabayon cuit à 68 degrés serait meilleur. Sa confection sera plus longue, mais que ne ferait pas un gourmand pour accéder au sabayon platonicien ?

Hervé THIS

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 24 février 1997, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

Les mathématiques introduites en Bourse

CHRISTIAN WALTER

En 1900, Louis Bachelier, génie méconnu, utilise les théories des probabilités et de la diffusion de la chaleur pour étudier l'évolution de la rente.

Quand la science a-t-elle été utilisée en finance ? S'il s'agit de la théorie financière moderne appliquée aux marchés de capitaux, c'est-à-dire de l'approche probabiliste du comportement des marchés, la réponse est claire : le 29 mars 1900.

À cette date, Louis Bachelier soutient sa thèse pour l'obtention du doctorat en mathématiques, thèse qui porte sur la «Théorie de la spéculation», et qui étudie comment formaliser, au moyen de méthodes probabilistes, les variations de la Bourse de Paris.

C'est la première fois, depuis que les bourses existent, que l'on considère les fluctuations des marchés comme les résultats de tirages aléatoires. La totalité des développements probabilistes ultérieurs qui, à partir des années 1970, constitueront le cœur théorique de la finance de marché, sont issus des prémices de la thèse de Bachelier.

L'originalité du sujet de la thèse de Bachelier frappe de stupeur le jury, où siège Henri Poincaré. Poincaré laisse filtrer son étonnement : «Le sujet s'éloigne un peu de ceux qui sont habituellement traités par nos candidats». Commentaire qui jette un doute sur le sérieux de l'entreprise : la bourse ne se prête pas à des développements mathématiques, pensent les universitaires, les mathématiques ne doivent pas se compromettre avec l'argent. Réapparaissent ainsi les critiques de Platon, rappelées par Plutarque, sur la dégradation des mathématiques lorsqu'elles deviennent appliquées, «les faisant descendre des choses intellectuelles et incorporelles aux choses sensibles et matérielles (...) où il faut trop vilement et trop basement employer l'œuvre de la main». Les mathématiques pour l'argent ? Pour la bourse ? Incongruité en 1900.

Le développement des marchés dérivés a pourtant donné raison aux utilitaristes modernes : l'usage des mathématiques en bourse a été validé par la

fécondité technique des applications innombrables que l'outil élaboré par Bachelier a permis de réaliser. Si, aujourd'hui, il est possible d'acheter des produits financiers qui permettent de bénéficier des hausses de marché, sans subir les conséquences des baisses, c'est parce qu'en 1900, quelqu'un a eu cette idée invraisemblable à l'époque, que l'on pouvait utiliser la théorie des probabilités pour modéliser les fluctuations boursières.

Que dit Bachelier ? Dans sa thèse de doctorat, il écrit : «Les influences qui déterminent les mouvements de la Bourse sont innombrables, des événements passés, actuels ou même escomptables, ne présentant souvent aucun rapport apparent avec ses variations, se répercutent sur son cours». Il ajoute : «La détermination de ces mouvements se subordonne à un nombre infini de facteurs : il est dès lors impossible d'en espérer la prévision mathématique».

Examinant ce «nombre infini de facteurs», Bachelier retrouve dans l'étude du marché boursier des considérations

que Gauss avaient déjà rencontrées : la somme de petits aléas indépendants. Les variations induites par cette somme d'aléas suivent la célèbre loi normale, dite «de Laplace-Gauss». Bachelier décrit alors la variabilité du marché au moyen de la dispersion gaussienne et calibre les variations boursières par la variance.

D'un point de vue dynamique, Bachelier invente le concept de rayonnement de la probabilité : «chaque cours rayonne pendant l'élément de temps vers le cours voisin une quantité de probabilité proportionnelle à la différence de leur probabilité (...) la loi qui précède peut, par analogie avec certaines théories physiques, être appelée la loi du rayonnement ou de diffusion de la probabilité». Diffusion : le mot est dit. Cinq ans avant Einstein, Bachelier invente le premier processus de diffusion connu : le mouvement brownien. Ainsi le premier mouvement brownien apparaît en finance avant d'être utilisé, avec le succès que l'on connaît, en physique.

Poincaré apprécie cette vision : «La manière dont Louis Bachelier tire la loi de Gauss est fort originale et d'autant plus intéressante que le raisonnement pourrait s'étendre avec quelques changements à la théorie des erreurs. Il le développe dans un chapitre dont le titre peut sembler étranger, car il l'intitule «Rayonnement de la probabilité». C'est en effet à une comparaison avec la théorie analytique de la propagation de la chaleur que l'auteur a eu recours. Un peu de réflexion (*sic*) montre que l'analogie est réelle et la comparaison légitime. Les raisonnements de Fourier sont applicables presque sans changement à ce problème si différent de celui pour lequel ils ont été créés. On peut regretter que l'auteur n'ait pas développé davantage cette partie de sa thèse». Partie que les universitaires américains développeront trois quarts de siècle plus tard. En examinant le comportement de la rente à la bourse de Paris, Bachelier a retrouvé la loi de Gauss et l'équation de la propagation de la chaleur.

L'utilisation intensive de processus de diffusion en finance de marché illustre l'importance qu'ont prise les mathématiques en Bourse.

Le choix de son sujet a porté préjudice à Bachelier : sa carrière universitaire s'en est ressentie. Après avoir eu beaucoup de difficultés à obtenir un poste de professeur de mathématiques, il a terminé sa carrière à l'Université de Besançon. Il meurt le 28 avril 1946. Six ans après, un universitaire américain, Harry Markowitz, soutient sa thèse sur la théorie du portefeuille, pour laquelle il obtient le prix Nobel d'économie. Comme dans certaines introductions en bourse, autres sont ceux qui sèment, autres sont ceux qui moissonnent.

THÉORIE DE LA SPÉCULATION,

Par M.L. BACHELIER

INTRODUCTION

Les influences qui déterminent les mouvements de la Bourse sont innombrables, des événements passés, actuels ou même escomptables, ne présentant souvent aucun rapport apparent avec ses variations, se répercutent sur son cours.

À côté des causes en quelque sorte naturelles des variations, interviennent aussi des causes factices : la Bourse agit sur elle-même et le mouvement actuel est fonction, non seulement des mouvements antérieurs, mais aussi de la position de la place.

La détermination de ces mouvements se subordonne à un nombre infini de facteurs : il est dès lors impossible d'en espérer la prévision mathématique. Les opinions contradictoires relatives à ces variations se partagent si bien qu'au même instant les acheteurs croient à la hausse et les vendeurs à la baisse.