



La grand'peur de la science

JEAN-JACQUES DUBY

Ne dites pas à ma mère que je suis un scientifique, elle me croit pianiste dans un bordel.

Même si tout est encore loin d'être pour le mieux dans le meilleur des mondes possible, il faut être aveugle pour ne pas constater que les hommes n'ont jamais vécu aussi longtemps, en aussi bonne santé, avec un tel niveau de vie et autant de loisirs qu'aujourd'hui. Et il faut être malhonnête pour ne pas reconnaître que la science a apporté une contribution essentielle à ce progrès, et encore plus pour affirmer qu'elle s'y oppose. Pourtant, à l'heure où les espérances des encyclopédistes du XVIII^e siècle et la foi des positivistes du XIX^e devraient trouver une éclatante justification par les faits, la science et les scientifiques perdent leur prestige et leur autorité. Si cela peut consoler Jacques Seguela, il est plus honorable aujourd'hui d'être publicitaire que chercheur atomiste ou généticien...

Les scientifiques pourraient s'accommoder de cette perte de statut social, qu'ont connue d'autres professions avant eux : les instituteurs n'ont plus auprès de leurs concitoyens le prestige des hussards noirs de la Troisième République, cela ne les empêche pas d'être conscients de leur mission et fiers de leur contribution dans la société. Le problème est que les jeunes sont, eux, sensibles à ce déclin, et qu'ils se détournent des études scientifiques pour aller vers d'autres voies qui, espèrent-ils, leur apporteront plus de prestige et d'argent, et à coup sûr moins d'opprobre. Le pourcentage de bacheliers scientifiques a chuté de 55 pour cent en 1980 à 50 pour cent en 1990 et 46,6 pour cent en 1997. Le mouvement semble s'accélérer avec l'arrivée des classes creuses dans l'enseignement supérieur : en trois ans, entre les années scolaires 1994-1995 et 1997-1998, les effectifs du premier cycle universitaire ont diminué de 6,7 pour cent, mais les DEUG sciences ont baissé de 9 pour cent et les sciences «dures» (mathématiques, physique, chimie) de 16 pour cent. Pourtant, les besoins en cadres scientifiques sont toujours aussi élevés.

Cette modification de l'échelle des valeurs sociales est incontestablement liée à la montée en puissance des valeurs écologiques. Pour le maître à penser du mouvement écologique, Hans Jonas, le progrès scientifique met en péril jusqu'à l'existence de l'humanité : «Science et technique sont la cause même du danger, et ils ne faut pas compter sur elles pour combler les chausse-trappes qu'elles-mêmes creusent». H. Jonas va jusqu'à dénier toute valeur à la vérité scientifique, et ose affirmer que «l'opinion utile est de préférence une opinion fausse». Fort heureusement, peu de gens lisent H. Jonas, mais son parti pris antiscientifique fait des émules jusque chez les décideurs politiques : pour les Ministres de l'Environnement de l'OCDE réunis à Vienne en janvier 1991, l'absence de certitudes scientifiques est tout au plus un «prétexte» qui ne saurait de toute façon justifier qu'ils ajournent leurs décisions.

Selon le principe que, pour être lu, mieux vaut parler des trains qui sont en retard que de ceux qui arrivent à l'heure, certains journalistes entretiennent cette crainte du progrès scientifique et technique. Les exemples abondent de ce qu'il faut bien appeler de la désinformation, que ce soit la soi-disant «catastrophe écologique» de Seveso en juillet 1976, qui n'a laissé aucune séquelle, ni humaine, ni environnementale ; la «mort des forêts» au début des années 1980, qui n'était qu'un affaiblissement de la végétation dû à la conjonction de plusieurs facteurs climatiques, sylvicoles, phytosanitaires et pas seulement environnementaux ; la «mort du Rhin» annoncée à la suite de l'incendie de l'usine Sandoz à Bâle en novembre 1986, alors qu'un an après la faune du fleuve était revenue à son niveau antérieur. Dans les cas exceptionnels où des démentis sont publiés, ce n'est pas en première page ni en ouverture du journal télévisé de 20 heures.

Une autre forme de désinformation, plus insidieuse, consiste à faire grand cas de travaux scientifiques non validés,

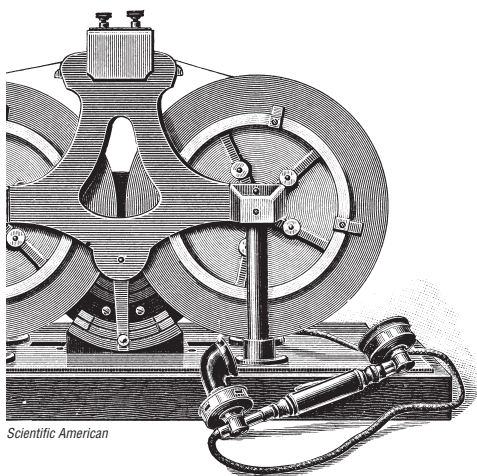
et controversés de préférence, tournant ainsi au désavantage de la science ce qui devrait être à son honneur, à savoir le processus – parfois long et pénible, mais toujours rigoureux – d'élaboration de la vérité scientifique. C'est ainsi qu'un grand quotidien national a accordé la plus grande place à la fusion froide et à la mémoire de l'eau, théories dont on ne peut pas dire qu'elles ont changé les bases de la physique autant qu'elles étaient censées le faire. En dernier ressort, une telle relativisation de la vérité scientifique incite la société à considérer sur un pied d'égalité l'astronomie et l'astrologie, la médecine et les grigris, la prévision et les prédictions.

Nos sociétés modernes ont de plus en plus besoin de risque zéro, d'assurances absolues. Les adversaires de la science, qui dénigrent ses valeurs, sont pourtant les premiers à la vilipender si elle n'apporte pas de réponse à toutes les questions qu'elles posent. Ceux-là même qui professent le «pieux mensonge» somment les scientifiques de leur fournir des certitudes, faute de quoi ils les accusent d'être au mieux des incapables, au pis des apprentis sorciers menant l'humanité à sa perte. Pascal leur avait répondu par avance, même s'il s'adressait alors à un père provincial des jésuites : «Vous exigez de nous, au nom de nos principes, ce que vous nous refusez au nom des vôtres.»

Ce qui est en jeu, ce n'est pas seulement l'ego d'une corporation, c'est le devenir d'une activité humaine qui, jusqu'à aujourd'hui, a été un moteur du progrès de l'humanité. C'est à juste titre que les scientifiques s'inquiètent, qu'ils lancent l'appel de Heidelberg, qu'ils publient des livres au titre provocateur (Gerald Holton, *The Rebellion against science at the end of the twentieth century*, Addison Wesley, 1996).

Scientifiques de tous les pays, unissez-vous !

Jean-Jacques DUBY est directeur général de l'École supérieure d'électricité.



Scientific American

Mémoires magnétiques

JAMES LIVINGSTON

L'enregistrement magnétique a 100 ans. Aujourd'hui omniprésent, ses débuts furent difficiles.

La plupart des informations, données informatiques, films, chansons, messages des répondeurs téléphoniques, sont aujourd'hui stockées sur des supports magnétiques ; ceux-ci enregistrent les mots, les nombres, les images, les sons sous la forme d'arrangements invisibles des pôles Nord et des pôles Sud de minuscules aimants.

Au cours des dernières décennies, les enregistrements magnétiques ont eu une influence notable sur la société, jusqu'en politique : dans les années 1970, les enregistrements réalisés dans le bureau ovale de la Maison-Blanche ont contraint Richard Nixon à démissionner de son poste de président des États-Unis.

Plus discrets, les enregistrements magnétiques des ordinateurs conservent la trace des personnes et de leurs biens. En cet Âge de l'information, ils ont des applications domestiques, médicales, industrielles et financières. D'autres sup-

ports, tels le papier ou les disques optiques, sont très répandus, mais les enregistrements magnétiques ont un avantage considérable : ils sont effaçables et réutilisables.

Pourtant, l'enregistrement magnétique, découvert il y a 100 ans, a mis plusieurs décennies avant que l'on n'en trouve des applications intéressantes. Les raisons sont multiples : la science du magnétisme est restée longtemps mal maîtrisée, les applications concrètes manquaient, des obstacles économiques et politiques ont entravé son essor. Puis, à partir de 1950, les applications n'ont cessé de se multiplier.

Deux cents ans avant notre ère, les magiciens de l'empereur de Chine fabriquent des boussoles en utilisant de la magnétite, une pierre riche en fer, qui a les propriétés des aimants. Pourtant, il faut attendre le XIX^e siècle pour que l'on commence à comprendre le lien entre électricité et magnétisme, et

à utiliser les aimants dans les télégraphes, les téléphones, les générateurs, les transformateurs ou encore les moteurs.

LES PREMIERS ENREGISTREMENTS

À la fin du XIX^e siècle, les premiers enregistrements de la voix se font... entendre. Valdemar Poulsen, un ingénieur danois, baptise son dispositif le télégraphone. Employé à la Compagnie de téléphone de Copenhague, il pense que les personnes qui téléphonent aimeraient enregistrer leurs conversations. Ainsi met-il au point un dispositif qu'il fait découvrir à quelques amis : il tend une corde à piano en travers de son laboratoire ; il fait glisser un électro-aimant sur le fil et commence à crier dans un combiné de téléphone relié à l'aimant. Le microphone transforme les vibrations mécaniques

Telebladet-Tele Danmark



1898
Valdemar Poulsen, ingénieur danois, invente le premier dispositif d'enregistrement magnétique du son sur des fils ou sur des bandes en acier, le télégraphone (en haut).

Corbis-Bettmann



1915
Le *Lusitania* est coulé. Les Alliés craignent que les Allemands n'utilisent les télégraphones pour enregistrer des messages qui ne leur sont pas destinés.

UPI/Corbis-Bettmann



1900
François-Joseph, empereur d'Autriche, enregistre sa voix sur un télégraphone, à l'Exposition de Paris, où le dispositif fait sensation.

EMTEC Magnetics



1928
Fritz Pfeumer, chimiste autrichien, invente un nouveau dispositif : les enregistrements sont réalisés sur des bandes légères recouvertes de particules aimantées.

transmises par les mots en un signal électrique qui alimente l'électro-aimant. Le champ magnétique est modulé par l'intensité et par la hauteur de la voix ; il est « imprimé » dans le fil d'acier.

Lorsque l'aimant est arrivé au bout du fil, Poulsen le ramène au point de départ et remplace le microphone par un écouteur. Quand on fait à nouveau glisser l'électro-aimant le long du fil, le dispositif restitue le son enregistré : le champ imprimé dans le fil est détecté, cette information est transformée en un signal électrique (par induction électromagnétique), lequel est transformé en vibrations mécaniques : on entend faiblement la voix de l'inventeur.

Poulsen perfectionne son invention, notamment en enroulant le fil autour d'un cylindre. Il dépose plusieurs brevets. Malheureusement pour lui, personne ne prête attention à son invention. Le télégraphone est exposé à l'Exposition de Paris, en 1900. Il remporte un vif succès ; l'empereur François-Joseph d'Autriche enregistre un message, le plus ancien enregistrement magnétique connu.

Poulsen n'est pas le premier à enregistrer et à reproduire la voix humaine. Plus de 20 ans auparavant, Thomas Edison avait breveté un phonographe : les sons y étaient gravés dans des sillons de profondeur inégale, creusés dans une feuille d'étain enroulée autour d'un cylindre. Les cylindres en cire, puis les disques de plastique ont remplacé les cylindres d'Edison. Le phonographe était déjà répandu lorsque Poulsen découvre son télégraphone. Le son produit est meilleur que celui du gramophone, mais une cinquantaine d'années s'écouleront

avant la floraison de l'enregistrement magnétique. Plusieurs facteurs économiques et techniques ont entravé son développement.

La Société américaine de téléphone AT&T refuse d'utiliser les télégraphones, estimant qu'elle perdrait un tiers de son marché si les utilisateurs apprenaient que les conversations pouvaient être enregistrées, et les premières applications des enregistrements magnétiques sont les dictaphones. L'amélioration du télégraphone est freinée parce que l'on maîtrise mal les principes physiques du dispositif. Depuis l'invention du téléphone, on sait qu'un son peut être converti en un champ électrique, puis en un champ magnétique, mais on ne comprend pas comment des champs magnétiques peuvent être enregistrés sur un support (par exemple dans une corde de piano). De surcroît, la qualité de la restitution des sons par un télégraphone est médiocre.

En fait, les principales difficultés sont d'ordre politique. Parmi les quelques télégraphones vendus, certains sont installés dans les deux stations de communication transatlantique basées sur la côte Est des États-Unis (l'une dépend de la Société allemande *Telefunken*). Or la marine allemande a commandé des télégraphones pour ses sous-marins.

Lors de la Première Guerre mondiale, les militaires soupçonnent ces deux stations de transmettre des informations militaires aux sous-marins allemands qui sillonnent l'océan Atlantique. Les télégraphones serviraient à enregistrer des messages secrets qui seraient ensuite réacheminés par télégraphie sans

fil à grande vitesse, ce qui déformerait les sons. Ces signaux, captés par les sous-marins, seraient enregistrés par un télégraphone ; en ajustant la vitesse de défilement de la bande, on pourrait entendre correctement le message. Les soupçons sont encore renforcés quand un télégraphiste du New Jersey découvre que les sons mystérieux qu'il a enregistrés deviennent un message en morse quand on fait défiler la bande magnétique plus lentement que la normale.

En 1915, les deux stations radio de la côte Est sont fermées par le gouvernement américain. L'armée américaine s'est elle-même équipée de 14 télégraphones, mais ils ne fonctionnent pas correctement. Progressivement les enregistrements sur support magnétique sont mis aux oubliettes, aux États-Unis, pour une vingtaine d'années.

UN AVENIR MEILLEUR EN EUROPE

L'Europe prend le relais. Au cours des années 1920, les amplificateurs électroniques améliorent l'écoute, et l'Allemand Kurt Stille perfectionne la capacité d'enregistrement des télégraphones. Il parvient à réduire la taille des cylindres d'enregistrement : sur un petit tube de 20 centimètres de longueur, il enregistre toute une symphonie.

La Société britannique d'images *Ludwig Blattner* achète les brevets du procédé Stille et met au point un dispositif d'enregistrement magnétique, nommé *blattnerphone*. Destiné à l'enregistrement de bandes sonores de



1930

Ce dispositif d'enregistrement magnétique, le *blattnerphone*, est utilisé par la chaîne de radio-diffusion britannique, BBC, pour rediffuser ses émissions. Les changements de bobines (de lourdes bandes d'acier) mobilisent deux personnes.

1936

L'orchestre philharmonique de Londres est enregistré, à Ludwigshafen, par un magnétophone ; le support est une bande de plastique recouverte d'oxyde de fer.



1947

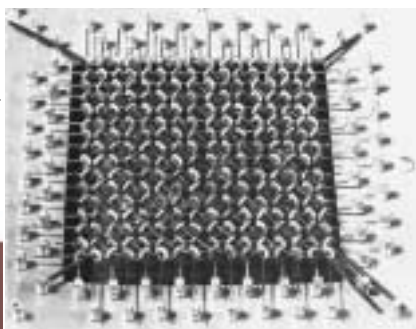
Bing Crosby chante pour la radio. Son programme est l'un des premiers à être enregistré sur bandes magnétiques avant d'être diffusé. Auparavant les émissions étaient toutes en direct.



1933

Adolf Hitler devient chancelier d'Allemagne. La Gestapo utilisera les bandes magnétiques pour enregistrer les interrogatoires.

Mitre Corporation Archives



1952

L'ordinateur Whirlwind I a une mémoire centrale de 32 octets.

1956

Le premier prototype de magnétoscope est ici en démonstration. L'équipement est complexe, et le support utilisé est une bande magnétique de cinq centimètres de largeur.



IBMPEX Archive

IBM Corporation



1957

La technique du disque dur est mise au point pour le stockage des données informatiques, et la Société IBM produit le premier disque dur en 1957. Un dispositif ultérieur (ci-dessus) est équipé de 50 disques, ce qui représente une capacité totale de stockage de 56 mégaoctets.

films, il est en fait utilisé par la radio, alors en plein développement. La radio-diffusion britannique, BBC, est créée en 1931 ; elle utilise un blattnerphone pour la retransmission mondiale de ses émissions, et pour conserver la trace des discours et des événements

importants. Le blattnerphone mesure 1,5 mètre de hauteur et de largeur, et plus de 50 centimètres de profondeur. Il pèse près d'une tonne. Les émissions sont enregistrées sur des bandes d'acier qui défilent devant les têtes de lecture à une vitesse de l'ordre de un mètre par seconde. Une demi-heure d'enregistrement nécessite environ un kilomètre et demi de bande. Le blattnerphone sera utilisé jusqu'en 1945.

LA MACHINE DE PFLEUMER

En 1925, Stille et ses collègues construisent un dispositif qui combine un dictaphone et un répondeur téléphonique. Contrairement à la Société AT&T, les sociétés européennes de téléphone autorisent la connexion de dispositifs d'enregistrement magnétique à leurs lignes de téléphone. Toutefois les difficultés économiques du moment empêchent le développement de ces machines. En 1933, une version améliorée de la machine de Stille est mise sur le marché par la Société Lorenz. La police nazie, la Gestapo, achète en quantité ces dispositifs pour espionner les conversations téléphoniques et enregistrer les interrogatoires des prisonniers. Tandis que la radio américaine ne diffuse que des émissions en direct, les radios européennes émettent des programmes enregistrés sur support magnétique.

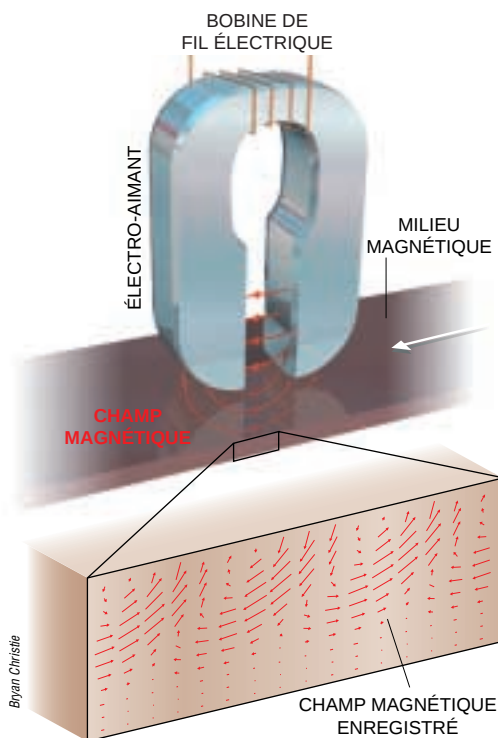
Malgré ces succès européens, les enregistrements sur support magnétique ont un inconvénient notable : ils nécessitent d'immenses bandes (ou des fils) d'acier pesant, et ces fils d'acier sont de médiocres supports. Une étape cruciale est franchie, en 1927, quand le chimiste autrichien Fritz Pfleumer met au point un nouveau support : une bande

de papier recouverte de particules aimantées. Ce chimiste cherche à fabriquer du papier doré pour les embouts de cigarette en dispersant des petites particules de bronze dans de la colle et en appliquant le mélange sur le papier à cigarette. Il comprend qu'il pourrait procéder de la même façon avec des particules d'acier. En 1928, il construit un enregistreur qui fonctionne avec de telles bandes de papier. La machine de Pfleumer est si séduisante que la Société AEG lui achète tous ses brevets en 1932.

Cette société travaille avec I. G. Farben (aujourd'hui BASF) pour rechercher d'autres types de particules et de bandes. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des bandes de plastique recouvertes de particules d'oxyde de fer. Leurs recherches aboutissent à la fabrication du «magnétophone», exposé pour la première fois au public, à Berlin, en 1935, et l'ancêtre des dispositifs utilisés aujourd'hui.

Ces succès européens piquent au vif les ingénieurs d'AT&T, qui recommencent à travailler sur l'enregistrement magnétique. Ces travaux n'aboutissent pas immédiatement à des produits commercialisés, mais ils fournissent des magnétophones utilisés pendant la Seconde Guerre mondiale. Plusieurs sociétés américaines travaillent ensemble sur un projet conduit par Semi Begun, un ingénieur qui a travaillé avec Stille avant de fuir l'Allemagne nazie en 1935. Des milliers de bandes magnétiques sont produites pour l'enregistrement de messages diffusés dans les avions ou dans les bateaux, voire sur les champs de bataille.

Les Alliés qui surveillent les messages des Allemands savent que ceux-ci ont des dispositifs d'enregistrement plus



Bryan Christie

LES ENREGISTREMENTS MAGNÉTIQUES stockent des sons, des images ou des données informatiques. Les informations sont d'abord transformées en courant électrique, qui circule dans une bobine enroulée autour d'un électro-aimant. Le champ magnétique de l'électro-aimant (en rouge sur l'agrandissement) varie en fonction du temps et est imprimé dans le milieu magnétique qui se déplace par rapport à l'aimant.

National Archives and Records Administration



1959

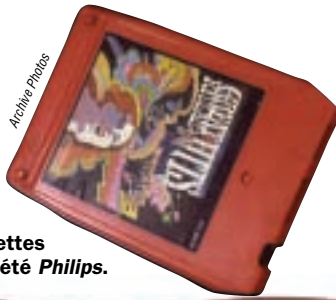
Nikita Khrouchtchev, premier secrétaire du Parti communiste de l'URSS discute avec Richard Nixon, président des États-Unis, tout en visitant une exposition d'équipements ménagers, à Moscou. Ce «débat» autour d'une casserole a été enregistré sur une bande vidéo.

Donal Philby, FPG International



1971

Les premiers disques souples apparaissent. Ils mesurent huit pouces. Viendront ensuite les disquettes 5,25 pouces (à gauche), puis celles de 3,5 pouces.



1963

Premières cassettes audio de la Société Philips.

1974

Richard Nixon démissionne de la présidence des États-Unis, après que des enregistrements ont révélé le scandale du Watergate.



UPI/Corbis-Bettman

performants, mais il n'en découvrent le détail qu'au cours des derniers mois de la guerre. Quand les troupes américaines prennent d'assaut les studios de la station Radio-Luxembourg, ils trouvent un magnétophone qui diffuse un des derniers discours d'Hitler, enregistré sur une bande de Pfléumer. Les Américains démontent plusieurs des dispositifs confisqués et les expédient par bateau vers les États-Unis.

Les recherches sur les enregistrements magnétiques reprennent après la guerre. En 1948, la Société *Ampex* produit une version améliorée du magnétophone, et la Société *3M* fabrique de meilleures bandes magnétiques. En quelques années, les fils disparaissent au profit des bandes magnétiques, et les programmes de radio enregistrés se multiplient. Ces bandes sont faciles à manipuler, ce qui explique leur succès : on enregistre une chanson plusieurs fois et l'on diffuse le meilleur enregistrement, ou encore on efface les passages qui ne sont pas satisfaisants.

CINÉMA, TÉLÉVISION, ORDINATEURS

Les bandes sonores des films sont désormais enregistrées sur des bandes magnétiques, support qui autorise des enregistrements successifs de certains passages, le mélange des dialogues et des effets sonores. En 1951, les bandes sonores de la quasi-totalité des films produits à Hollywood sont enregistrées sur des bandes magnétiques.

La télévision est aussi un grand consommateur de bandes magnétiques sonores, et attend impatiemment les enregistrements magnétiques vidéo. Toutefois, les ingénieurs ont une difficulté

technique à résoudre : le défilement de la bande d'un enregistrement audio nécessite la reproduction de signaux dont la fréquence atteint 20 000 cycles par seconde (c'est la limite détectable par l'oreille humaine), un enregistrement vidéo doit traiter beaucoup plus de données. Pour produire l'illusion d'un mouvement continu, la télévision délivre 25 images par seconde (30 aux États-Unis), chacune étant constituée de plusieurs centaines de lignes horizontales contenant elles-mêmes plusieurs centaines de points. Au lieu de se contenter d'accélérer le défilement de la bande, les ingénieurs montent la tête de lecture sur une roue, ce qui augmente la vitesse relative de défilement de la bande par rapport à la tête de lecture. La Société *Ampex* commercialise le premier magnétoscope en 1956.

Les progrès réalisés dans les enregistrements magnétiques ne touchent pas seulement les variétés, le cinéma ou la télévision. Les ordinateurs en bénéficient également. Un des tout premiers ordinateurs, *Whirlwind I*, est mis au point par l'Institut de technologie du Massachusetts au cours des années 1940-1950. Il a une mémoire centrale constituée d'un arrangement bidimensionnel de tout petits aimants de ferrite. Ces petits aimants sont aimantables dans deux directions opposées, l'une représentant 0, l'autre 1. Les mémoires d'autres ordinateurs sont des bandes (*UNIVAC I*, le premier ordinateur commercialisé aux États-Unis), des tambours ou des disques (rigides ou souples).

Dans les années 1970, les circuits intégrés remplacent les mémoires centrales, mais les disques magnétiques rigides restent le principal moyen de stockage des données informatiques. Récemment, les capacités de stockage sur les

disques ont notablement augmenté. Après les couches de particules d'oxyde de fer, on a fabriqué des films minces d'alliages enrichis en cobalt, dont les propriétés magnétiques sont meilleures que celles des oxydes. Ainsi, malgré la concurrence de l'enregistrement optique (le disque optique), l'enregistrement magnétique, sous toutes ses formes, reste la principale méthode de stockage des données électroniques.

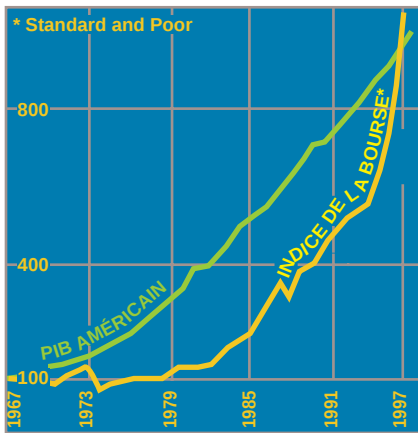
Depuis les années 1950, les produits accessibles au grand public se sont multipliés, notamment les magnétophones compacts à cassettes, les caméscopes et les magnétoscopes (la location des films enregistrés sur cassettes vidéo rapporte souvent plus d'argent que leur projection dans les salles de cinéma).

Toutefois, la possibilité d'enregistrer facilement et à l'insu des personnes concernées leurs conversations et leurs actes soulève des questions éthiques, car la mémoire d'un assemblage de particules magnétiques est bien plus fiable et plus objective que celle d'un cerveau humain. Bien que l'équilibre entre la recherche de la vérité et le respect des droits de la personne humaine soit fragile, l'invention de Poulsen a certainement apporté davantage de bienfaits que de préjudices.

James LIVINGSTON est professeur à l'Institut de technologie du Massachusetts, dans le département des sciences de l'ingénieur.

Marvin CAMRAS, *Magnetic Recording Handbook*, Van Nostrand Reinhold, 1988.

***Magnetic Recording : The first 100 Years*, sous la direction de E. Daniel, C. Mee et M. Clark, IEEE Press, 1998.**



La Bourse... ou la vie (du PIB)?

BERNARD GUERRIEN • SOPHIE JALLAIS

Sur le long terme, baisses et hausses de la Bourse suivent le PIB. Toutefois les fortes baisses sont atténuées par l'État, car elles pénalisent l'économie.

Lorsqu'un indice boursier baisse de 4 pour cent, 5 pour cent, ou plus, on apprend que x milliards de francs sont «partis en fumée», alors que, quand le même indice augmente, personne ne prétend que y milliards de francs ont surgi du néant! La hausse serait-elle normale, et pas la baisse? Le gros bon sens suggère que les gains ne peuvent indéfiniment s'accumuler, au-delà de ce qui résulte de la croissance de l'économie.

Les actions cotées en Bourse représentent des droits de propriété sur une fraction d'une entreprise, droits portant sur la valeur des entreprises – elle-même dépendante de leur production – et sur les dividendes qu'elles distribuent ou sont susceptibles de distribuer.

Les détenteurs «propriétaires» revendiquent une part du «gâteau» que constitue la production – le PIB, si l'on considère le pays dans son ensemble. Or les fluctuations du PIB sont faibles (une croissance moyenne annuelle autour de deux pour cent en Europe, ces dernières années), nettement moindres que celles du marché boursier pris dans son ensemble (CAC 40 ou Dow Jones).

QUE DICTE LE BON SENS?

Si la production augmente annuellement de 2-3 pour cent, comme les actions représentent un droit sur une part de cette production, alors on peut penser que la rémunération qu'elles procurent va, en moyenne, augmenter de la même valeur. Il est vrai qu'à cette croissance du produit peut s'ajouter celle de la part dévolue aux propriétaires (c'est ce que les économistes appellent un «effet de structure»).

Ainsi, en France, on a constaté, ces 20 dernières années, un rétrécissement de la part des salaires dans le PIB, qui est passée de 76 pour cent à 66 pour cent, celle des «revenus de la propriété» augmentant en conséquence. Toutefois, cette variation de la répartition est très lente. En outre, on n'a pas observé, pendant la même période, un phénomène semblable aux États-Unis, où les fluctuations boursières sont du même ordre qu'en France.

Or personne – ou presque – ne trouve à redire lors des périodes d'euphorie où l'indice grimpe (l'indice CAC 40 a augmenté de 46 pour cent entre juillet 1997 et juillet 1998!). Tout le monde pourrait-il gagner «beaucoup plus», sans que la taille du «gâteau» augmente, ou sans que la part du revenu des propriétaires fasse un brusque bond, au détriment de celle des salariés?

La hausse, comme la baisse, est virtuelle. Supposons, par exemple, qu'en janvier 1997 j'achète une action Alcatel à 810 francs et que le cours de cette action s'élève, six mois plus tard, à 1 320 francs. Ai-je gagné 510 francs? Non! Je n'ai rien gagné tant que je n'ai pas revendu mon action. Supposons que je décide d'attendre avant de vendre. Le 19 août suivant, le cours de l'action Alcatel chute à 570 francs. Ai-je perdu 750 francs? Non, tant que je ne vends pas. Les hausses et baisses sont virtuelles.

En fait, les variations boursières se traduisent essentiellement par une répartition entre les intervenants à la Bourse. Quand quelqu'un vend un titre dont le prix a augmenté, il réalise un gain; mais ce gain est fait «sur le dos» de celui qui achète. Évidemment, l'acheteur espère un gain

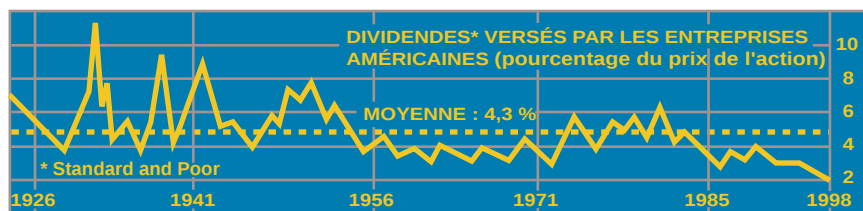
futur. Si la hausse se poursuit – ce qui est le cas tant que cet espoir est partagé par les intervenants en Bourse – et si l'acheteur vend avant que l'espoir ne disparaisse, il récupère sa mise, et même plus, «sur le dos» du nouvel acheteur. Ce qui est recherché, c'est la plus-value (différence entre le prix de vente et le prix d'achat), et non le rendement des titres (rapport entre les dividendes et la valeur des titres), car ce rapport diminue en période de hausse boursière.

Toutefois, même ceux qui se laissent griser par cette fuite en avant sentent que la hausse ne peut durer indéfiniment. Il suffit qu'un événement soit interprété par certains comme annonciateur d'un retournement de tendance pour que celle-ci ait lieu: la baisse est aussi normale que la hausse, dont elle corrige les «excès».

LES EFFETS SUR LA CROISSANCE

Les fluctuations boursières modifient la répartition entre propriétaires des droits sur le gâteau (constitué par la production), mais elles peuvent aussi avoir un effet sur sa taille. Notre détenteur d'un portefeuille d'actions qui voit la Bourse monter se sent plus riche – même virtuellement. Il est alors incité à plus consommer ou investir, ce qui a un effet sur la production et sur l'emploi. Cet effet expliquerait en partie la croissance américaine de ces dernières années. En période de baisse boursière, on assiste à l'effet opposé, puisqu'il y a alors «appauvrissement» (virtuel).

Cela explique les mesures destinées à rétablir la confiance: règles de sécurité imposées aux institutions financières, sauvetage par la collectivité des établissements en faillite, intervention directe de l'État dans l'activité économique. Ces interventions semblent aller de soi, du fait du caractère prétendument «anormal» des baisses de la Bourse, alors qu'elles ne le sont pas plus que ses hausses. Sur le long terme, la Bourse suit le PIB, personne n'espère mieux... sauf les joueurs.





Thierry Parant/Roland Durand

Fils et grumeaux

HERVÉ THIS

Ils se forment parce que l'eau diffuse lentement dans les gels et dans les empois.

Les grumeaux? La honte du cuisinier! À son désespoir, ils apparaissent dans les sauces qu'il lie à la farine, telles les sauces béchamel. Les auteurs d'ouvrages de cuisine préconisent diverses façons de les éviter : certains conseillent de faire d'abord un roux, par cuisson de beurre et de farine, puis d'y ajouter du lait, froid selon certains, bouillant selon d'autres ; pour d'autres encore, on devrait suivre la méthode inverse, qui consiste à verser le roux dans du lait, froid ou bouillant selon les écoles.

Quelle méthode adopter? Osons gâcher un peu de farine, de beurre et de lait pour tester les quatre possibilités : nous découvrons alors que la formation des grumeaux est une question de vitesse. Quand on ajoute progressivement le roux au lait ou le lait au roux, les grumeaux n'apparaissent pas. En revanche, quand on mélange les deux ingrédients d'un coup, des grumeaux se forment, surtout quand on verse le roux dans le lait bouillant.

Cette expérience nous donne une méthode, mais elle n'explique pas le phénomène. Poursuivons l'étude en simplifiant la situation : le beurre sert principalement à cuire la farine, afin d'éviter son goût fade par création de molécules

aromatiques (le brunissement correspond aux réactions chimiques qui forment ces molécules aromatiques), mais il n'est pas la cause des grumeaux, qui s'obtiennent également par mélange de farine et d'eau. Pourquoi? La farine est principalement composée de grains d'amidon, eux-mêmes formés de molécules d'amylose et d'amylopectine. Ces deux molécules sont des polymères, c'est-à-dire des enchaînements (linéaires pour l'amylose et ramifiés pour l'amylopectine) de molécules de glucose. Ces molécules sont peu solubles dans l'eau froide, mais elles le sont dans l'eau chaude : les grains d'amidon gonflent alors, formant un gel que l'on nomme un empois.

Cette description nous donne alors une première piste, pour la compréhension des grumeaux : un bloc de farine qui tombe dans de l'eau chaude s'entourerait-il d'une couche empoisée qui limiterait alors la diffusion de l'eau vers le cœur sec du grumeau? L'explication est insuffisante, car si l'eau diffuse dans la périphérie des grumeaux, pourquoi n'atteindrait-elle pas aussi leur cœur?

Nous avons vu que tout est affaire de vitesse. Pour mesurer cette vitesse d'empesage, simplifions encore le problème : faisons un grumeau à une seule dimension et dont on puisse observer le cœur. À cette fin, plaçons de la farine dans une éprouvette et versons de l'eau au-dessus de la farine (si l'eau est colorée, on suit sa diffusion dans la farine en observant un front coloré). Ce système, à la température ambiante, montre que l'eau s'infiltre très lentement dans la farine : moins d'un millimètre par heure.

Quand on chauffe l'eau à l'aide d'une résistance chauffante, l'eau fait gonfler les grains, et c'est la diffusion de l'eau dans la partie empoisée qui limite la progression du front coloré. La vitesse de diffusion atteint alors plusieurs millimètres par heure.

Conclusion : c'est la lenteur de la diffusion de l'eau dans la périphérie empoisée des grumeaux qui explique que le cœur reste sec. Quand l'eau a diffusé et empoisé les grains d'amidon, ceux-ci, soudés, font une couche qui ralentit tant la diffusion vers le cœur sec que celui-ci reste sec. Autrement dit, un

bloc de farine d'un centimètre de diamètre tombant dans l'eau chaude s'empesé sur un ou deux millimètres, en périphérie, mais le cœur reste sec pendant un temps supérieur aux durées courantes de préparation culinaire.

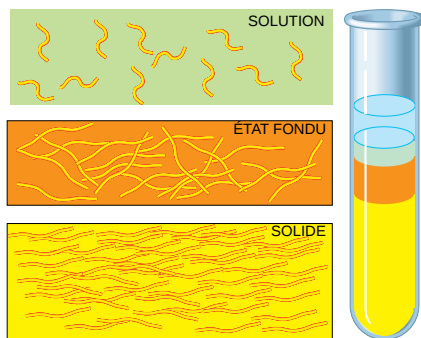
Comment se débarrasser des grumeaux? Aucune physique fondamentale n'est nécessaire pour le savoir : il suffit de diviser les grumeaux, à l'aide d'un fouet, par exemple, en blocs plus petits que l'épaisseur de la couche empoisée.

Cette théorie des grumeaux de farine s'applique-t-elle à des grumeaux d'autres types? Par exemple, les cuisiniers savent que les feuilles de gélatine doivent tremper dans l'eau froide avant d'être utilisées dans un liquide chaud : celui qui contrevient à cette règle obtient des fils aussi difficiles à éliminer que des grumeaux. Ces fils seraient-ils composés d'un cœur sec et d'une gaine où les molécules d'eau et de gélatine sont mêlées? Pour le savoir, mesurons d'abord la diffusion de l'eau dans une gelée froide en déposant de la poudre de café en un point de la surface : une zone colorée hémisphérique s'étend à une vitesse d'un centimètre par jour environ : c'est très lent.

Puis répétons l'expérience que nous avons faite avec la farine, mais en remplaçant cette dernière par de la gélatine. On observe alors que le front de l'eau colorée ne s'enfonce que très lentement dans la gélatine... mais un nouveau phénomène apparaît : sous la couche où la gélatine est en solution, le matériau est à l'état fondu.

De même, dans un bouillon chaud, une feuille de gélatine qui n'a pas trempé se dissout mal et conserve une partie centrale fondue, dont les molécules adhèrent entre elles, formant les redoutables fils. En revanche, quand la feuille a trempé, l'eau a lentement diffusé jusqu'au cœur, et le chauffage provoque la dissolution : point de fils!

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 22 décembre 1998, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Des fils apparaissent quand on place une feuille de gélatine dans l'eau chaude, parce que l'eau ne diffuse que lentement dans la feuille et que, au centre de la feuille, la gélatine est à l'état fondu. On observe ce phénomène quand on chauffe l'eau (en bleu) qui recouvre de la gélatine dans un tube : les molécules d'eau diffusent et forment une solution sur une très petite épaisseur (en vert), tandis que la chaleur qui est transmise à la gélatine fond cette dernière (en orange).