

LA MALADIE D'ALZHEIMER • LES POUSSIÈRES D'ÉTOILES • LES NANOTUBES

Pour la Science

■ POUR LA

SCIENCE

Février 2001

édition française de

www.pourlascience.com

SCIENTIFIC
AMERICAN

Les rois des mers du Jurassique

Canada : \$ 8,75 / Belgique : 277FB / Suisse : 11FS

M 2687 - 280 - 38,00 F



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

TRIBUNE DES LECTEURS

SCIENCE ET ÉCONOMIE

Mauvaise année!

par Ivar Ekeland



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Jeux de texture

par Hervé This

POINT DE VUE

Les politiciens face à la vache folle

par Brigitte Chamak



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Les tunnels alpins

par Mario Sintzel et Gerhard Girmscheid



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ Vagues scélérates
■ Le calculateur prodige ■ La communication des muqueuses ■ La prothèse de la momie ■ La coloration des vitraux
■ Dans les filets de Scarlet ■ Le froid qui accélère
■ L'ADN en direct ■ L'intérieur de la neige ■ Les forêts, pièges à dioxyde de carbone? ■ Tête chercheuse ■ L'extinction des mammouths ■ Des bus chaotiques ■ Satellites par dizaines



ART ET SCIENCE

Un bouquet de Bruegel

par Gérard-Guy Aymonin

LOGIQUE ET CALCUL

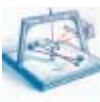
Ce qui est faux... peut être utile

par Jean-Paul Delahaye

VISIONS MATHÉMATIQUES

Le fond et l'informe

par Ian Stewart



IDÉES DE PHYSIQUE

La gravité à très courte distance

par Roland Lehoucq et Jean-Philippe Uzan



ANALYSES DE LIVRES

■ **Dinosaures. Enquête sur une disparition**, de Eric Buffetaut ■ **Le grain de blé, composition et utilisation**, de Pierre Feillet ■ **OGM, le vrai débat**, de Gilles-Éric Séralini.

Deux encarts d'abonnement entre les pages 18 et 19, un encart broché service lecteurs et une carte d'abonnement entre les pages 98 et 99. Un encart parrainage pour les exemplaires destinés aux abonnés. Un dépliant trois volets «Pour la Science vous recommande» sur tous les numéros.



Chaque mois, retrouvez le sommaire complet de la revue **en ligne** avec pour chaque article une bibliographie et un complément d'information.

www.pourlascience.com

Les maîtres des océans jurassiques

26

par Ryosuke Motani

Pendant que les dinosaures étaient les maîtres des continents, les ichthyosaures, des reptiles aux allures de poissons, régnaient sur les océans.



La maladie d'Alzheimer

34

par Peter Saint-George-Hyslop

On commence à élucider les mécanismes biochimiques responsables de cette maladie qui détruit inexorablement les capacités cognitives, et la vie elle-même.



La perception subliminale

42

par L. Ferrand et J. Segui

La perception non consciente d'images modifie notre comportement. Toutefois, qu'on se rassure, les manipulations mentales par messages subliminaux sont impossibles.



Les secrets des poussières d'étoiles

48

par Mayo Greenberg

De minuscules grains de poussière flottent dans l'espace interstellaire ; ils ont eu une influence notable sur l'évolution de notre Galaxie.



Les maladies de nos ancêtres

54

par O. Dutour et Y. Ardagna

Les ossements anciens présentent parfois des lésions ou des déformations ; le paléopathologiste dépiste ces indices et en déduit les maladies en cause.



Les marées noires naturelles

62

par Ian MacDonald

Dans le golfe du Mexique, du pétrole s'échappe naturellement des fissures du fond marin et se répand dans l'océan.

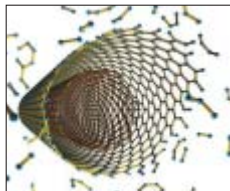


Les nanotubes en électronique

68

par P. Collins et P. Avouris

Plus résistants que l'acier, les nanotubes devraient améliorer la rapidité, l'efficacité et la longévité des composants électroniques.

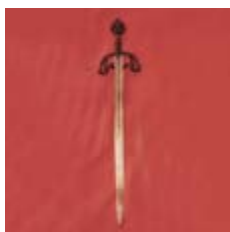


L'épée du Cid

78

par A.-J. Criado, J.-A. Martin, J.-M. Jiménez et R. Calabres

L'épée qui fut sans doute celle du Cid date du XI^e siècle. Elle a traversé les siècles malgré des réparations maladroites.



Un monde de spins

86

par Brian Hayes

Les physiciens continuent à étudier le modèle d'Ising, une représentation simplifiée de l'aimantation. Après de francs succès à une et deux dimensions, ils simulent le modèle à trois dimensions.



Vraies bonnes idées fausses

Qui se souvient d'Arnould Galopin, écrivain de science-fiction du tout début du siècle passé (XX^e) dont les ouvrages au label rouge et or pesaient lourdement dans les mains des lauréats des distributions de prix? Galopin, écrivain populaire, a eu une intuition étonnante. Écoutons son héros, *Le Docteur Oméga* : «Depuis Lavoisier il était bien évident que le poids d'un corps composé devait être égal à la somme des poids des corps composants. [...] Un jour, après avoir minutieusement pesé les différents minéraux qui devaient se combiner dans mon cubilot, je m'aperçus... que la balance indiquait un poids sensiblement inférieur à celui qu'elle aurait dû marquer.»

Le docteur Oméga, ne déduit pas du défaut de masse, comme Einstein le prédira après lui, que la masse manquante s'est transformée en énergie, mais qu'il s'est formé un corps de masse négative, donc repoussé par les autres masses. Notre bon docteur se servira de cette substance, qu'il dénomme *répulsite*, pour aller sur Mars, où il accomplira maints exploits gullivériens. Aux temps héroïques de la physique, où les plus folles intuitions se donnaient libre cours, où les physiciens inventaient des particules aux propriétés bizarres, n'en est-il pas un qui a suivi cette hypothèse d'une masse négative?

Les images subliminales sont nées aussi d'une fausse intuition. Un publicitaire espérait que des images, intercalées et non perçues consciemment de *Pop-Corn* et de *Coca-Cola*, inciteraient les spectateurs, durant l'entracte, à dévaliser les distributeurs. Cette hypothèse a fait long feu, mais elle a intéressé les chercheurs, qui ont montré que perception et conscience de cette perception sont deux activités distinctes (voir *La perception subliminale*, pages 42 à 47). L'ingéniosité des expériences ayant démontré ce phénomène de perception est admirable, tout comme les confirmations par l'imagerie cérébrale.

Nombre des intuitions mathématiques sont erronées et la communauté des mathématiciens met parfois quelques dizaines d'années à s'en rendre compte (voir *Ce qui est faux... peut être utile*, pages 100 à 105). Mais ces méprises dévoilent des pans de vérité que nous n'aurions pas abordés si nous ne les avions pas commises : là aussi, l'erreur peut être corne d'abondance.

Philippe BOULANGER



BLOC-NOTES

DIDIER NORDON

Ah, les braves genres

De La Rochefoucauld à Cioran, les moralistes s'accordent sur un point : vus de près, les prétendus hommes de bien sont, en général, de franches canailles. Énonçons ce constat sous la forme d'un aphorisme : les bonnes gens sont méchants.

Au vrai, ce n'est pas pour sa morale, trop banale, que j'avais fabriqué la formule ci-dessus, mais pour donner un exemple de phrase localement correcte et globalement incorrecte, ce qui est un paradoxe amusant – et pas banal, lui. Dire «les bonnes gens» est correct. Dire «les gens sont méchants» l'est également. Le mélange de masculin et de féminin obtenu en rapprochant ces deux tournures semble tellement incongru que je croyais incorrecte la phrase : «les bonnes gens sont méchants.» Manque de chance, elle est irréprochable et je n'ai aucun droit à l'expulser hors de la langue française. En effet, notre grammaire veut (en gros) que les adjectifs placés après gens soient masculins, et que ceux placés avant soient féminins sauf s'ils ne sont avant que par inversion. Le dictionnaire Robert tient ainsi pour correcte la phrase suivante : «Instruits par l'expérience, les vieilles gens sont prudents.»

Dire qu'il se trouve des beaux esprits pour prétendre que la langue française est la plus pure expression de la raison !

Experts en consensus

Si, sur tel ou tel problème complexe, les experts sont d'accord, le citoyen de base est soulagé : il n'hésite plus, il se range à l'avis unanime soutenu par ceux qui savent, et il est sûr d'avoir raison. Pourtant...

Un avis très majoritaire dans quelque collège d'experts s'impose aux autres experts du collège et les contraint plus rigoureusement que l'opinion majoritaire d'une société ne contraint les citoyens. Il est plus difficile à un expert de résister à la pression exercée par la masse de ses collègues qu'à un citoyen de résister au courant dominant.

C'est qu'un expert a tout à perdre s'il joue seul contre tous. Ses collègues savent de quoi ils parlent. À ne pas penser comme eux, il semble montrer qu'il sait non pas mieux (allons donc !), mais moins bien. En plus, camper seul sur ses positions, cela s'appelle «faire l'original», ce qui est la dernière chose que la société attend d'un expert. Elle a besoin de savoir, elle veut qu'il dise, et le rejette comme un rigolo

si elle a le sentiment qu'il cherche à se distinguer. Chez un expert, l'originalité est tout sauf une vertu. Proclamer son accord avec ses collègues lui donne une crédibilité beaucoup plus grande. Si, sans aller jusqu'au désaccord, il manifeste des doutes que ses collègues ne manifestent pas, il paraît peu sûr de lui. Là encore, il perd sa qualité, car le professionnalisme d'un expert s'exprime par son assurance. Ces inconvénients ne seront pas compensés si, par hasard, l'avenir lui donne raison. Être resté solidaire d'une profession qui s'est globalement trompée ne marginalise pas. Avoir été seul à ne pas se tromper marginalise et attire des inimitiés durables.

Le conformisme n'est pas moins à craindre chez un expert s'exprimant sur son domaine qu'il ne l'est chez un citoyen parlant hâtivement, mais sans y risquer son rôle social, d'un sujet qu'il connaît mal.



Parapluie, trampoline, surf

Un texte intellectuel se caractérise par son usage des citations. Or il n'y a guère que trois façons de citer.

La citation-parapluie, pour se couvrir. Exemple. Je juge que Finkelkraut occupe plus de place dans les médias que ses talents ne le justifient, mais je n'ose pas l'attaquer de face. Qu'à cela ne tienne ! Bouveresse l'a accusé de pratiquer le copinage. Je cite donc Bouveresse et, abrité derrière son autorité de professeur au Collège de France, je ne crains plus que Finkelkraut vienne me chercher noise.

La citation-trampoline. Prendre un texte d'un auteur canonique, Freud par exemple (c'est un de ceux avec qui elle réussit le mieux). Décortiquer le texte, le commenter, explorer longuement quelque piste extraordinaire ouverte par lui, puis revenir au texte et expliquer qu'on peut l'interpréter tout autrement, fouiller non moins longuement cette nouvelle voie,

revenir encore au texte pour analyser ses limites, montrer comment les dépasser, revenir encore et toujours au texte, décidément inépuisable, afin d'en souligner l'étonnante modernité, etc. À force de s'élançer depuis le texte, de retomber dessus, de rebondir de plus belle, le glossateur arrive tellement haut qu'il finit par passer pour aussi profond que Freud (dans ce cadre, profond et haut sont synonymes).

La citation-surf est répandue en sciences humaines. Pastichons (à peine, hélas). *Il y aurait toute une archéologie, au sens foucauldien, à repérer dans la déconstruction (Derrida) qui – sous l'effet de l'incertitude heisenbergienne conjuguée à l'incomplétude gödelienne, sous couvert de la relativité einsteinienne – a fait passer notre imaginaire (nous empruntons le terme à Gilbert Durand) d'une foi laplacienne dans le déterminisme jusqu'à ce sentiment moderne (Baudrillard) de complexité cher à Edgar Morin et fondateur de l'imaginaire social (Castoriadis) contemporain.* Quiconque recourt à la citation-surf démontre *ipso facto* que sa pensée coïncide avec l'ensemble vide. Inutile de s'imposer la pénible lecture de son livre, on peut le refermer sans manquer quoi que ce soit. Malgré son apparence désagréable, la citation-surf est donc, pour le lecteur, une aubaine.

La rosse... l'espace d'un matin

De Malherbe et Ronsard jusqu'à Aragon, la rose fait une belle carrière dans la poésie française. Pourquoi ? Pas pour son parfum. Ni pour sa grâce éphémère. Mais, tout simplement, parce qu'elle est une des rares fleurs dont le nom en français ne soit pas hideux. Le moins musicien des versificateurs renoncera à ces rimes pourtant faciles que lui offrent hortensia et pétunia, catleya et camélia, clivia et forsythia, magnolia et zinnia, kniphofia et kolkwitzia, gloxinia et rudbeckia, rhododendron et platycodon. Et si une inspiration malheureuse l'a conduit à orner une fin de vers d'un géranium, il choisira pour rimer un composé chimique plutôt qu'une fleur : chlorure de sodium est plus poétique que pélagonium ou podophyllum !

Un tel systématisme dans la laideur ne peut être dû au hasard : jalouse de leur beauté, la langue se venge des fleurs en les affublant de noms repoussants...



TRIBUNE DES LECTEURS

Air France vs SNCF

Difficile de résister à la chronique d'Ivar Ekeland *Voyage à Bast(i)a* (voir *Pour la Science*, décembre 2000), tant, sous une forme plaisamment didactique, elle illustre à merveille le vice fondamental de l'économie mathématique, régulièrement dénoncé par les plus grands économistes, (Marshall, Keynes, Mises...) : inventer des concepts imaginaires, au mépris des observations élémentaires, pour se livrer à des raisonnements formellement rigoureux, mais sans rapport avec la réalité.

D'abord cette manie des économistes de vouloir que toutes les manifestations de l'action d'une entreprise soient la conséquence explicitement voulue d'une stratégie rationnelle, alors que tous les praticiens savent d'expérience qu'il n'en est rien. C'est à la fois surestimer grossièrement la rationalité des agents économiques et sous-estimer tout aussi grossièrement les effets du hasard et des causes non économiques. Les retards ne font pas partie de la stratégie d'*Air France*, et la différence avec la SNCF n'est pas d'abord une différence de stratégie ; c'est que contrairement à la SNCF qui maîtrise presque tous les paramètres du trafic ferroviaire, *Air France* ne maîtrise que très imparfaitement les paramètres du trafic aérien. Les risques et l'incertitude y sont plus grands et donc les coûts de la sécurité très supérieurs. Qu'il n'y ait jamais de retard sur les lignes aériennes est tout simplement inenvisageable pour un coût raisonnable. La différence avec la SNCF est moins une différence de stratégie qu'une différence « naturelle » d'activité qui est pour l'économie une donnée exogène et limite le choix des stratégies possibles de chaque acteur.

De même pour la distinction entre « biens d'expérience » et biens ordinaires, Ivar Ekeland n'a-t-il jamais acheté d'œufs avariés ? Dans la réalité, le cas général est qu'on ne peut constater la qualité qu'après l'achat, surtout si les caractéristiques constitutives de cette qualité ne sont pas encore fixées au moment de l'achat, ce qui est le cas quand le processus de production du bien n'a pas encore été exécuté (on parle alors de « service »). Tous les biens réels répondent à la définition des biens « d'expérience », et ceux qui ne le seraient pas sont pure fiction. Si la théorie classique du monopole ne s'applique pas aux biens d'expérience, elle ne s'applique donc jamais dans le monde réel ! La théorie classique du monopole n'avait d'ailleurs pas besoin de cela pour être invalidée ! Plusieurs économistes pourtant néoclassiques (Stigler, Baumol) ont déjà montré qu'elle n'est vraie qu'en l'absence d'économies d'échelle et si le monopole n'est pas « contestable », autrement dit si le monopole est à la fois artificiel et protégé,

ce que seul peut être un monopole d'État comme la SNCF, mais plus *Air France*. Si cette théorie est le résultat « le mieux assuré de la modélisation mathématique en économie », que dire alors du reste ?

Bref, pour tenter de comprendre son infortune, Ivar Ekeland a fait appel à des concepts qui forment la base d'un divertissement intellectuel – l'économie mathématique – sans doute passionnant pour ses adeptes, mais trop étranger à la réalité pour être d'un quelconque secours, fût-ce psychologique...

Gérard DRÉAN, Jouy-en-Josas

Réponse d'Ivar Ekeland

On peut effectivement présenter *Air France* comme une victime de circonstances indépendantes de sa volonté. Il faudrait alors expliquer pourquoi *Air France* persiste à annoncer des horaires qu'elle sait ne pas pouvoir respecter, et pourquoi elle n'aborde pas le problème de front, en annonçant, par exemple, un tarif dégressif suivant l'heure de départ.

Par ailleurs, si vraiment les retards ne dépendaient que du trafic aérien autour de Paris, cela impliquerait qu'ils sont indépendants de la destination, c'est-à-dire que le Paris-Bastia est aussi souvent et aussi longtemps en retard que le Paris-Madrid, l'un et l'autre partant d'Orly. Il ne me paraît pas évident que ce soit le cas : autour de moi, ce jour-là, j'entendais dire qu'*Air France* était toujours à l'heure sur les vols internationaux.

Quant aux œufs, non, je n'en ai jamais acheté d'ariés : je ne les aime pas, et je fais donc attention à la date de péremption qui est inscrite sur la boîte.

Les réels en physique

Dans l'article *L'infini, pierre de touche du constructivisme* (voir *Pour la Science*, décembre 2000), Alan Carter s'interroge, en conclusion, sur l'usage des nombres réels en physique. Je me suis moi-même, à plusieurs reprises, prononcé sur ce sujet. En effet, d'une part, même si les nombres réels sont d'une redoutable efficacité (en particulier par l'intermédiaire des équations différentielles), il n'est pas possible de ne pas se demander s'ils sont bien les « nombres de la nature » ? D'autre part, le physicien, tout comme l'ingénieur, fait aujourd'hui largement (trop ?) appel à la simulation numérique, lors des activités de type expérimentation virtuelle.

Or l'ordinateur est, par essence, une machine tout à la fois limitée (ses « mots » ne contiennent qu'un nombre fini de bits, ses mémoires ne contiennent qu'un nombre fini de mots...) et discrète (l'information, pour y être manipu-

lée, doit être quantifiée et échantillonnée). Les nombres réels y sont très grossièrement représentés par les nombres dits « flottants », pour lesquels, en toute généralité, les opérations élémentaires ne sont pas internes et perdent leurs propriétés les plus élémentaires (comme l'associativité). Par conséquent, le continu et les divers infinis n'existent pas, numériquement parlant, dans nos machines. En général, cela conduit pour chaque opération élémentaire effectuée à une erreur d'arrondi et peut mener à des résultats complètement faux, par exemple, dans le cas des modèles non linéaires.

Alors, il semble qu'effectivement « les mathématiques du continu sont mal ajustées aux besoins véritables du physicien », il importe que la recherche fondamentale à mener sur ce sujet soit faite sans négliger le rôle de plus en plus important que les informaticiens théoriques et appliqués jouent dans l'ensemble de nos activités (l'outil n'est pas neutre...).

Jean-François COLONNA, Palaiseau.

Univers fini ou infini

J'ai été ravi de voir qu'un numéro entier de *Pour la Science* ait comme sujet l'infini (voir *Pour la Science*, décembre 2000). Pourtant, j'ai été également déçu que la question de la finitude ou l'infinitude de l'espace, dans le cadre du modèle standard du Big Bang, soit ignorée, bien qu'elle soit un thème fondamental de la cosmologie empirique d'aujourd'hui.

La Terre est-elle infiniment grande ? Non, elle est... ronde et finie. Ce qui n'est plus controversé. Or, dans la communauté des cosmologistes observationnels, nous nous interrogeons toujours sur la forme globale de l'Univers. Nous ne savons pas du tout si l'Univers (ou plutôt une hypersurface spatiale de celui-ci, en mots plus techniques) est fini(e) ou infini(e). Karl Schwarzschild en a parlé en 1900, et *Scientific American* en a fait une excellente revue en avril 1999.

Une analyse observationnelle plus récente, concernant les observations du fond diffus cosmique par le satellite COBE, démontre que la finitude de l'Univers reste toujours une question très abordable empiriquement, dans le cadre du modèle de Friedmann-Lemaître, (c'est-à-dire, où l'espace est toujours continu, sans bords, et presque homogène).

Boud ROUKEMA,
Observatoire de Paris-Meudon

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.



J.-M. Thiriet

Mauvaise année!

IVAR EKELAND

L'année boursière a été traumatisante. Toutefois, sur de longues périodes, les individus gagnent en Bourse 7% de plus que les épargnants de la Caisse d'épargne. Cette différence est la prime de risque.

Autant l'année 1999 avait été euphorique sur les places boursières, autant 2000 a été décevante. Le NASDAQ a perdu 39% depuis le début de l'année, le Dow Jones 6,2%, et si le CAC 40 ne perd «que» 0,6%, il faut se rappeler qu'en 1999 il avait gagné 51,12%. À la Bourse comme à la boxe, on appelle cela une correction et tous ceux que les performances de l'an dernier ont incité à placer leurs petites économies à la Bourse terminent l'année au tapis.

Pourquoi la Bourse a-t-elle chuté en 2000 alors qu'elle avait monté en 1999? Les explications foisonnent : c'est la bulle financière qui s'est dégonflée, ce sont les valeurs technologiques qui étaient surévaluées, c'est la nouvelle économie qui n'a pas tenu ses promesses, c'est le prix du pétrole, c'est la mauvaise tenue de l'euro. Effet comique garanti et inusable de l'avertissement après coup, si bien stigmatisé par Edgar Faure, qui disait d'un jeune et brillant énarque, promis à un grand avenir : «Giscard est excellent pour expliquer pourquoi cela n'a pas marché.»

Tout cela n'aide guère l'investisseur qui souhaiterait être prévenu, de manière à ne placer ses économies qu'à bon escient. Dans le même souci de précaution, le capitaine des pompiers, immortalisé par Christophe, dans «Le sapeur Camember», avait donné l'ordre que l'on essayât les lances la veille de chaque incendie. Pour louable que soit cette intention, elle est «logiquement irréaliste» : si l'on savait que demain il y aura un incendie dans la commune, l'on prendrait des précautions (et l'incendie ne se produirait pas), et si l'on savait que l'action X, cotée 100 F aujourd'hui, en vaudra 200 demain matin, bien fou qui la vendrait 100 F aujourd'hui.

Le vrai problème du détenteur d'une action, c'est l'incertitude : son action pourra valoir beaucoup plus (il suffit qu'une OPA soit annoncée), elle pourra aussi valoir beaucoup moins (il suffit que le PDG de la société annonce que les résultats seront moins bons que prévu). Le détenteur d'actions est un inquiet qui se sent à la merci de tout ; il n'a jamais été au Japon, mais

il écoute les informations tous les matins pour savoir où en est le *Nikkei* ; il a toujours évité les tribunaux, mais il suit le procès *Microsoft*. Il a d'heureuses surprises, comme la flambée des cours en début d'année, mais paradoxalement les bonnes nouvelles l'inquiètent presque autant que les mauvaises, car il craint de perdre ce gain. Ces variations imprévisibles constituent ce que les financiers dénomment le risque.

Il y a des placements sans risque. Mon argent à la Caisse d'épargne donne 3% nets d'impôts tant que je l'y laisserai (et tant que le taux ne changera pas), et je pourrai le retirer à tout instant (soit que j'en aie besoin, soit que j'aie trouvé mieux ailleurs). La plupart des placements boursiers sont risqués : si j'achète un portefeuille d'actions, je ne sais ni combien il me rapportera tant que je le conserve (les dividendes dépendent des performances de la société et de la politique de ses dirigeants) ni combien j'en tirerai le jour où je vendrai. Le portefeuille peut valoir plus, comme il peut valoir moins : ce risque est un des deux éléments d'appréciation que le financier utilise pour juger d'un placement, l'autre étant le rendement.

Hélas, le rendement réel d'un placement n'est connu qu'à la fin, quand on sait comment les cours auront évolué. Au moment d'investir, on se contente d'un rendement probable, qui peut être une moyenne calculée sur les années précédentes, ou une prévision faite par les analystes financiers, ou une combinaison des deux. Quoi qu'il en soit, ce rendement probable n'est en rien garanti, et l'investisseur devra donc tenir compte du risque inhérent au placement. Rendement probable d'un côté, risque de l'autre, ce couple détermine le comportement des investisseurs.

À rendement probable égal, les investisseurs préfèrent toujours le placement le moins risqué. Un portefeuille d'actions qui offre un rendement probable de 3% après impôts n'aura pas de clients, lesquels préféreront la Caisse d'épargne.

La différence entre le rendement probable d'un placement risqué et le rendement sans risque (ici 3%) est dénommée la prime de risque : elle est d'autant plus élevée que le placement est plus risqué. Ainsi, ceux qui investissent dans une *start-up* internet, dont le taux de survie à un an est de 1/4, en attendent des rendements très importants en cas de réussite, au moins 100% par an, de manière que le rendement probable soit de l'ordre de 25%, ce qui correspond à une prime de risque de 22%.

Cette notion de prime explique d'autres phénomènes apparemment paradoxaux. Il est, par exemple, avéré que, sur une longue période, il vaut mieux placer son argent à la Bourse qu'à la banque. Aux États-Unis, de 1926 à 1990, en dépit des nombreuses crises financières qui ont émaillé le siècle, la rentabilité moyenne des placements en actions, corrigée de l'inflation, dépasse de 7% le taux sans risque. En termes de rendements, il n'y a pas photo : avec une différence de 7% par an, 1F placé en actions pendant dix ans rapportera en moyenne autant que 2F sur un compte rémunéré. Pourquoi les gens s'obstinent-ils à porter leur argent dans les caisses d'épargne, alors qu'ils auraient un bien meilleur rendement en bourse?

La réponse est que les 7% de différence représentent la prime de risque, c'est-à-dire le rendement supplémentaire qu'il faut laisser espérer aux investisseurs pour qu'ils acceptent de faire moins (ou plus) qu'ils n'escomptaient. Certes, la plupart du temps, on fait plus : c'est la première fois depuis 1995 que le CAC 40 termine l'année en baisse. Mais quand on fait moins, cela peut faire très mal : nombre de valeurs phares de 1999 ont perdu 40 à 60% cette année. Pour celui qui a perdu la moitié de son argent en 1999, la perspective de le regagner dans cinq ou six ans n'est qu'une piètre consolation. Les placements sans risque, même à 3%, ont encore de beaux jours devant eux.



Jeux de texture

HERVÉ THIS

L'exploration d'émulsions qui gélifient conduit... à un gâteau au chocolat.

Les émulsions sont des sources inépuisables de découvertes culinaires. Toutefois, ici, elles ne seront qu'un point de départ, et nous conduiront à des systèmes physico-chimiques plus complexes, que chacun peut pourtant réaliser en cuisine.

Au fil des mois nous avons considéré plusieurs types d'émulsions. La vedette est évidemment tenue par la mayonnaise, le prototype de l'émulsion citée par tous les livres de «physique de la matière molle». Elle s'obtient par dispersion, dans l'eau, de gouttelettes d'huile stabilisées par les protéines du jaune d'œuf. Voilà le thème ; abordons maintenant les variations.

La première est la mayonnaise sans jaune d'œuf : on la confectionne comme la mayonnaise classique, mais on remplace le jaune par le blanc. En effet, le blanc d'œuf est composé de 90 pour cent d'eau et de 10 pour cent de protéines, qui ont le même type de propriétés «tensioactives» que les protéines du jaune. En pratique, la procédure est exactement la même que pour la mayonnaise habituelle : dans un bol, on ajoute goutte à goutte de l'huile à un blanc d'œuf, en fouettant. Au début, le blanc mousse, mais, progressivement, l'huile, divisée en gouttelettes de plus en plus petites par l'action du fouet, remplace l'air qui se trouve dans les bulles. Comme les bulles d'air, les gouttelettes d'huile sont stabilisées par les protéines du blanc d'œuf, car ces dernières sont déroulées par le cisaillement du fouet, de sorte que leurs parties hydrophobes viennent au contact de l'huile, les parties hydrophiles des protéines restant dans l'eau.

Deuxième variation : la mayonnaise sans œuf, que l'on obtient à partir d'un peu d'eau chauffée (ce peut être un fond de crustacé), d'une demi-feuille de gélatine que l'on y dissout, et d'huile que l'on introduit en la fouettant, tout comme on fouette une mayonnaise. Dans un premier temps, une émulsion blanche apparaît, les protéines apportées par la gélatine venant se placer à l'interface de l'eau et de l'huile, autour de chaque gouttelette. Puis, quand cette émulsion repose et refroidit, elle gélifie parce que les molécules de gélatine ont tendance à s'associer par leurs extrémités et à former un réseau au sein duquel l'émulsion est piégée.

Cette gélification s'observe au microscope par un effet indirect : au début de la prise en gel, les gouttelettes d'huile se fondent les unes aux autres (*voir la figure*), parce que les molécules de gélatine qui entourent les gouttelettes d'huile s'associent, ce qui crée des contraintes supplémentaires. Une fois le gel formé, il libère l'huile si l'on a la curiosité de le fouetter à nouveau (une mayonnaise classique, au contraire, se stabiliserait davantage) : quand on bat le gel, on dissocie le réseau, et les gouttelettes d'huile sont libérées.

Cherchons une nouvelle variation. Le principe de la mayonnaise à la gélatine est le suivant : nous avons formé une émulsion, qui s'est transformée en un gel «physique», c'est-à-dire un gel qui se défait quand on le chauffe, et se rétablit en refroidissant. Pouvons-nous nous amuser à changer quelques ingrédients, afin d'obtenir de nouvelles variations sur le thème ? Revenons à la mayonnaise au blanc d'œuf,

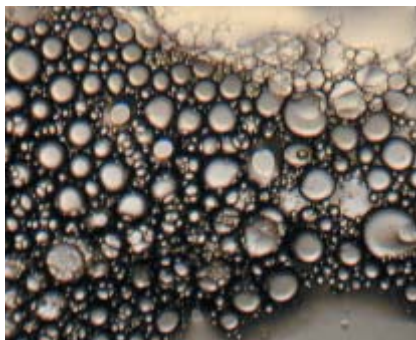
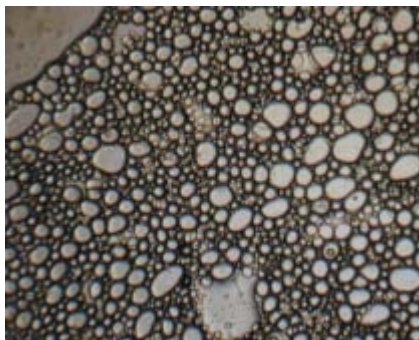
et cherchons à la faire gélifier. En termes moins prétentieux, il s'agit de cuire ! Cette fois, nous prévoyons la formation d'un gel chimique, permanent et non physique, comme avec la gélatine.

En pratique, essayons simplement de passer la mayonnaise au blanc d'œuf au four à micro-ondes pendant une minute environ, afin que les protéines qui entourent les gouttelettes d'huile s'associent : nous obtenons une sorte de masse coagulée où toute l'huile reste piégée. Nous retrouvons un système physique analogue à la mayonnaise gélifiée par la gélatine. L'huile est-elle bien tenue ? Pressons la masse : l'huile en sort.

Passons alors en cuisine et demandons à quoi peuvent bien servir ces jeux de texture, qui ne semblent bons qu'à faire des éponges à huile. À faire tenir les sauces ? Je vous propose plutôt l'idée suivante : remplaçons l'huile par du chocolat (il est composé d'une proportion notable de beurre de cacao) que nous laissons fondre dans une casserole avec un peu d'un liquide contenant de l'eau, tels du rhum, du café, du jus d'orange... Puis, quand la température de l'émulsion de chocolat ainsi formée est inférieure à la température de coagulation de l'œuf (62 °C), versons l'émulsion de chocolat sur un blanc d'œuf, en fouettant. Ayant formé l'émulsion de chocolat, cuisons la préparation au four à micro-ondes. Prédiction : les protéines du blanc d'œuf vont gélifier et emprisonner l'émulsion de chocolat.

Je vous recommande l'expérience : vous obtiendrez un délicat gâteau au chocolat ! Son goût est bien plus puissant que celui du chocolat, sans doute parce que le chocolat est dans un état dispersé, et sa texture est originale (on peut l'ajuster à volonté en modifiant les proportions d'eau et de chocolat). Je vous propose de le nommer «dispersion de chocolat»... et d'étudier comment, dans les trois systèmes considérés, la gélification perturbe l'émulsion.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 février 2001, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Ces deux photographies montrent la même zone d'une «mayonnaise à la gélatine», à deux instants successifs. La prise en gel a fait fusionner les gouttelettes d'huile voisines (leur diamètre moyen est de un dixième de millimètre sur l'image de gauche).