

melle et pompeuse que si une quantité augmente, alors une autre quantité qui dépend de la première peut également augmenter, et que si un peuple est frustré, la probabilité qu'il se révolte est supérieure à celle d'un peuple non frustré.

L'intervention était une forme d'intimidation et de mystification : la plupart des gens ne sont pas en mesure de critiquer un texte technique mathématique. Enfin il y avait abus d'autorité : n'accorde-t-on pas un crédit supérieur aux lauréats du prix Nobel?

LA PRESSE, L'UNIVERSITÉ ET LES INSTITUTIONS

Quand j'ai écrit à S. Huntington, tout d'abord il ne m'a pas répondu, mais le 27 juillet 1987, il déclarait à un journaliste du *New Republic* (Fareed Zakaria, qui était à l'époque un étudiant de sciences politiques à Harvard, devenu depuis rédacteur en chef adjoint de la revue *Foreign Affairs*) qu'un mathématicien, étranger aux sciences sociales et politiques, ne comprenait pas le sens technique des termes qu'il avait employés.

Il ajoutait qu'à l'époque étudiée (avant les années 1960), «c'est un fait» (sic) qu'il n'y avait pas eu d'émeutes, de grèves, de perturbations, en Afrique du Sud. Était-ce exact? Les archives des journaux montrent toutefois que, durant toute la décennie 1950, l'Afrique du Sud a été agitée par des contestations, des émeutes, la police tirant sur les manifestants. Les perturbations culminèrent quand plus de 50 personnes furent tuées à Sharpeville, en mars 1960. Ce massacre fut rapporté dans les journaux du monde entier, plusieurs jours de suite. Donc S. Huntington fabrique une réalité personnelle qu'il fait passer pour un fait.

Pis encore, le *New Republic*, en lui donnant la parole, exposa ses lecteurs à une falsification de l'histoire, sous l'autorité du président de la Société américaine des sciences politiques, directeur du Centre des affaires internationales à Harvard. Malgré mes remarques, le *New Republic* ne publia aucun rectificatif.

Que F. Zakaria ait également méconnu la situation en Afrique du Sud démontre une faillite systématique de l'enseignement à l'Université Yale où l'étudiant avait passé quatre ans, et de l'Université Harvard, où il avait ensuite suivi les cours de l'école de sciences politiques.

Se fondant sur des «équations» et des quotients semblables à celui qui définit l'indice de frustration, S. Huntington prétend comparer des pays aussi variés que l'Afrique du Sud, la France, la Belgique, les Philippines, le Liban, le Maroc, etc., et établit des «corrélations» à trois



décimales près à partir de 26 pays. Regrouper la France et la Belgique avec l'Afrique du Sud et d'autres pays comme les Philippines, dans des «corrélations» de «frustration» et d'«instabilité» fondées sur le produit national brut, l'ingestion de calories, téléphones, médecins, journaux et radios, est absurde, et ne peut mener qu'à l'incompréhension de ces pays.

Cette incompréhension est particulièrement grave quand elle est communiquée aux agences d'État par leurs consultants et quand elle est transmise à des étudiants qui occuperont des postes officiels ou deviendront des journalistes entraînés à penser suivant le mode de S. Huntington.

Certains spécialistes des sciences sociales, dont S. Huntington, construisent leur propre réalité. Ils sont en position de donner à cette réalité une force politique (consultant pour le gouvernement), journalistique (par l'entremise d'articles dans des journaux ou revues) et formative dans les classes comme à Yale ou Harvard. Cette réalité acquiert une certaine force en partie parce qu'elle est certifiée comme étant scientifique par certaines organisations comme l'Académie des sciences. Nous sommes donc conduits à douter de la validité des certifications par ces organisations, en ce qui concerne les sciences sociales.

LA RESPONSABILITÉ INDIVIDUELLE

Le monde scientifique peut-il supporter la perte de crédibilité que fait encourir l'utilisation dans l'enseignement, dans la presse, ou par l'État, d'opinions contestables sous des apparences de science?

Le cas de S. Huntington est loin d'être isolé : j'ai eu l'occasion d'analyser plusieurs affaires, y compris des controverses concernant le virus VIH. Dans toutes ces controverses, on retrouve les mêmes problèmes : suppression d'information ; rapports tendancieux ; refus du droit de réponse ; incapacité de distinguer entre un fait, une opinion et une hypothèse ; pressions personnelles, sociales et académiques, parfois avec des enjeux financiers...

L'évaluation critique des résultats est l'un des critères qui a fait progresser la science. L'institution scientifique, responsable du bon fonctionnement du monde scientifique, a également la responsabilité de la crédibilité des travaux publiés ; elle doit donc non seulement permettre, mais encourager la dissémination d'évaluations critiques. Les revues scientifiques ont un rôle crucial à jouer : non seulement leurs systèmes de rapporteurs doivent être extrêmement fiables et précis, mais elles doivent clairement faire état des débats et controverses, sans parti pris, sous peine de se transformer en journaux d'opinion.

Dans les cas que j'ai étudiés en détail (par exemple dans mon livre *Challenges*), j'ai vu les institutions soutenir leurs hautes personnalités et cacher leurs travers. Les grandes revues internationales font de même et se transforment en instruments de propagande. Que les rédacteurs ne se rendent peut-être même pas compte explicitement de leurs biais en certaines occasions ne fait que renforcer la condamnation que je porte à leurs égards.

Certaines forces sociologiques et culturelles aux États-Unis font aussi que certains débats sont dirigés vers le système judiciaire, témoignant d'une abdication de responsabilité de la part des institutions scientifiques. Par là même, la teneur des débats est faussée, et les standards scientifiques classiques sont rejetés, voire remplacés. Dans ces occurrences, les institutions sont déficientes. Il ne reste alors que la responsabilité individuelle pour maintenir les standards scientifiques classiques. Que faire pour maintenir un climat qui permet de discuter clairement, ouvertement, et avec documentation, des problèmes causés par des transgressions aux normes scientifiques classiques?

Serge LANG est mathématicien à l'Université Yale et membre de l'Académie américaine des sciences.

Serge Lang, *Challenges*, éditions Springer, 1998.



Pierre Combar

Le moteur des frères Niépce

HORST HARDENBERG

Nicéphore Niépce et son frère Claude ont construit un moteur à combustion interne, qui aurait pu fonctionner avec de l'essence et du gasoil.

Nicéphore Niépce est le père de la photographie, mais il fut aussi un pionnier en matière de moteur à combustion interne. En 1806, avec son frère aîné Claude, ils installent un moteur sur un petit bateau qu'ils font voguer sur la Saône. C'est le premier bateau à moteur du monde. Ils précèdent ainsi les futurs «inventeurs» de plus de 20 ans.

En ce temps là, peu de machines à vapeur fonctionnent en France. Les frères

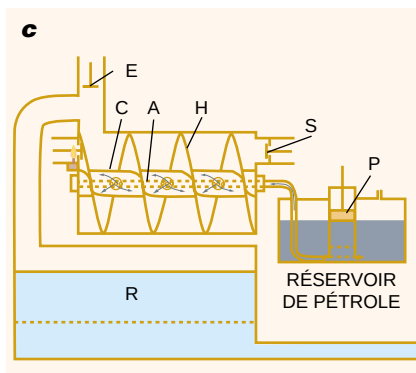
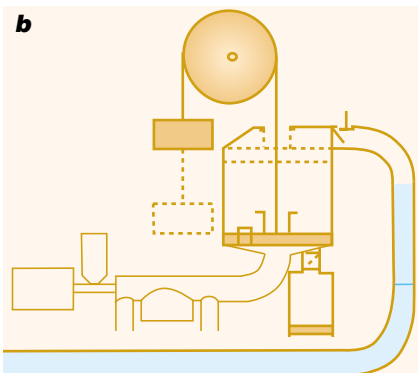
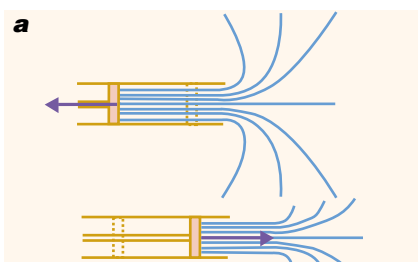
Niépce en connaissent les inconvénients : ils sont volumineux, parce qu'ils nécessitent une chaudière et un condenseur pour la vapeur. Comment fabriquer un moteur d'une puissance équivalant à celle des machines à vapeur, mais qui serait moins volumineux et consommerait moins de carburant ?

On ignore lequel des deux frères découvrit le principe de leur moteur, ou si ce dernier fut le fruit de travaux et de réflexions menés en commun pendant plusieurs années. Nicéphore était le scientifique qui analysait les phénomènes expérimentaux et Claude était l'ingénieur qui apporta son savoir technique à la résolution des difficultés mécaniques ; la mise au point requit une année et demie de labeur.

Le moteur fut nommé pyræolophore (du grec *pyros*, le «feu» ; *aiolos*, Éole, air ou vent ; et *phorein*, porter). Le moteur a été décrit dans un brevet ; il était consti-

tué de plusieurs mécanismes très compliqués, dont on comprend difficilement le fonctionnement. Claude, qui avait mis au point la plupart de ces mécanismes, ne savait-il pas trouver les solutions simples ou avait-il voulu dérouter les éventuels imitateurs ?

L'un des principaux éléments de ce moteur était un volumineux cylindre, équipé d'un piston qui aspirait l'air nécessaire à la combustion. La chambre à combustion était l'autre partie essentielle du moteur : le combustible y était injecté par de l'air comprimé et immédiatement enflammé par une mèche d'amiante incandescente. Le carburant utilisé était un mélange de charbon pulvérulent et de poudre de résine (dans la proportion de quatre cinquièmes pour un cinquième). La résine facilitait la mise à feu. Contrairement à ce qui est parfois rapporté, le carburant n'était pas du lycopode, une plante dont les spores donnent une poudre très inflammable.



1. La propulsion du bateau équipé du moteur des frères Niépce repose sur un mouvement d'aspiration et d'expulsion de l'eau : l'aspiration n'est pas directionnelle, tandis que l'éjection l'est, et l'impulsion d'éjection est supérieure. Dans le premier moteur, un piston contrôle l'admission d'air de combustion et l'échappement des gaz brûlés (en position haute, le mélange du carburant et d'air est enflammé, et la pression résultante des gaz brûlés expulse l'eau à l'arrière du bateau ; ensuite la soupape d'échappement est ouverte, le piston retourne à sa position la plus basse et l'eau redescend). Dans leur second moteur, le piston est remplacé par une hélice (H), montée sur un axe creux (A), qui tourne dans un cylindre horizontal (C) et fait entrer l'air par une soupape (S). Juste avant que cette soupape ne se ferme, une pompe (P) injecte le pétrole contenu dans le réservoir dans l'axe creux, percé de petits trous : le pétrole est pulvérisé en fines gouttelettes et mélangé à l'air contenu dans le cylindre. La flamme d'une lampe met le feu au mélange lors d'une brève ouverture de la valve qui obstrue le cylindre principal. Lors de la combustion, la pression augmente dans le réservoir de l'eau (R), de sorte que le niveau de l'eau baisse : l'eau est expulsée à l'arrière du bateau. Ensuite la soupape d'échappement (E) est ouverte, et l'eau remonte.

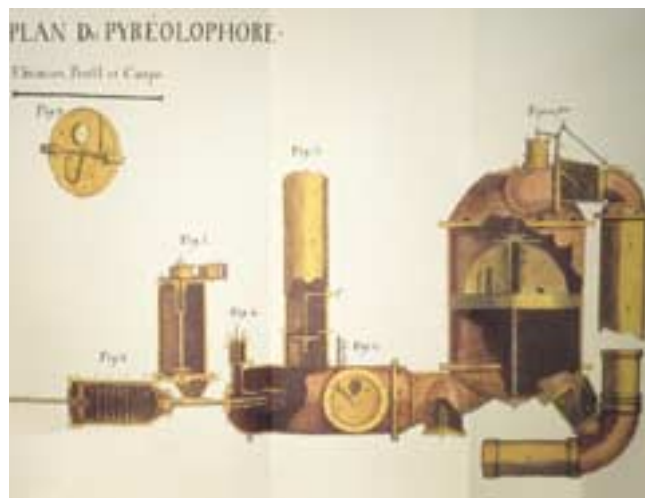
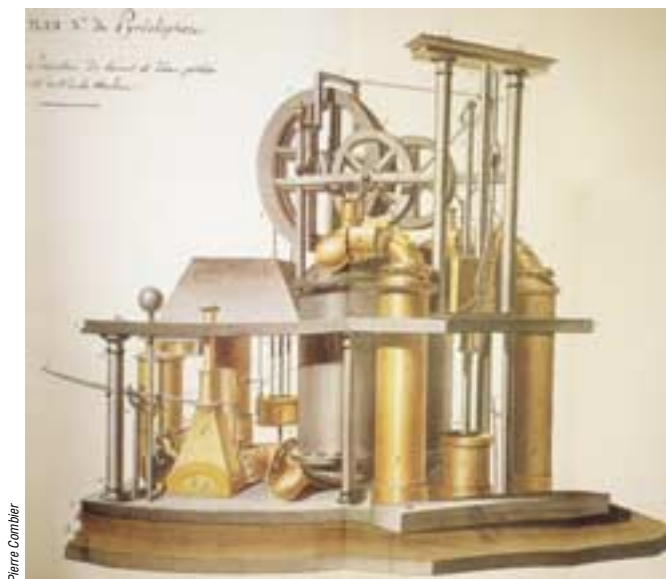
LE PROPULSEUR

Le moteur propulsait un bateau en aspirant, puis en expulsant de l'eau. Ce n'était pas une méthode nouvelle : le médecin anglais John Allen avait déposé un brevet de moteur en 1729 et, à Bâle, le professeur de physique Daniel Bernoulli avait émis les mêmes idées vers 1730, dans un ouvrage récompensé par l'Académie des sciences de Paris.

Comment un mouvement alternatif de l'eau crée-t-il une force résultante de propulsion ? On peut simplifier en disant que le bateau avance en raison de la différence de vitesse des flux entrant et sortant, et de leur direction (voir la figure 1a).

D'après les inventeurs, leur bateau se déplaçait à environ cinq kilomètres par heure, soit deux fois plus vite que le courant de la Saône. Malheureusement, il n'y eut d'autres témoins de cette première que les deux frères eux-mêmes !

Le moteur fit sensation, et Claude Berthollet et Lazare Carnot firent une com-



2. Ces plans du pyrélolophore ont été réalisés par les frères Niépce. Ils représentent leur premier moteur, celui qui a propulsé un petit bateau, sur la Saône, en 1806.

munication sur ce sujet à l'Institut de France, ce qui n'empêcha pas l'innovation de tomber dans l'oubli. Le pyrélolophore sera même totalement négligé dans l'histoire des moteurs. Il n'eut aucune influence sur l'évolution des moteurs à combustion interne ultérieurs : même si sa consommation de carburant était inférieure à celle des machines à vapeur, ces dernières restaient intéressantes pour la propulsion des bateaux ; de plus, la méthode de propulsion utilisée dans le pyrélolophore était moins appropriée que l'emploi d'hélices.

Comme le montre le succès du moteur à gaz d'Étienne Lenoir qui date de 1860 et qui fut le tout premier moteur industriel à explosion, il y avait seulement une demande pour les moteurs de faible puissance, à laquelle les machines à vapeur ne répondaient pas. Or, le pyrélolophore ne pouvait pas, non plus, satisfaire cette demande.

Peu de temps avant que leur brevet ne vienne à expiration en France, les frères Niépce ont voulu perfectionner leur moteur. Leurs efforts se sont concrétisés par un brevet anglais, déposé en 1817 : le moteur était fondé sur le même principe, mais utilisait un système de combustion modifié. La principale modification concernait le carburant : «Nous préférons les huiles essentielles.» Toutefois, l'utilisation du pétrole n'est pas mentionnée, bien que Nicéphore ait obtenu d'excellents résultats avec ce carburant. Le nouveau pyrélolophore n'a jamais fonctionné, victime de l'inconstance de Claude, qui préférait passer d'une invention à une autre plutôt que d'en achever une.

Nicéphore avait tort quand il affirmait que cette découverte «inscrirait leur nom dans la postérité». De surcroît, ils n'ont pas été les inventeurs du moteur à combustion interne, comme l'ont prétendu certains de leurs biographes. En

fait, il n'y a pas d'inventeur de ce moteur, pas plus qu'il n'y a eu d'inventeur de l'automobile, car ces «inventions» ont été le résultat d'une évolution où les travaux de nombreux physiciens, chimistes, ingénieurs et techniciens se sont combinés pour aboutir aux moteurs modernes. Il n'y a eu que des inventeurs de composants particuliers ou de procédés nouveaux.

Quand on recense les divers moteurs à combustion interne, on constate que celui de frères Niépce n'était pas le premier, comme cela est parfois mentionné dans la littérature scientifique. On ignore si les frères Niépce connaissaient le moteur à hydrocarbures de Robert Street (1794), le moteur à gaz de Philippe Lebon (1801) et celui d'Isaac Rivaz (1805). Toutefois, aucun de ces modèles n'a pu les inspirer, car le principe de leur moteur était entièrement différent.

LA CONTRIBUTION DES FRÈRES NIÉPCE

Quelle fut donc la contribution des frères Niépce à la mise au point du moteur à combustion ? Ils ont introduit plusieurs nouveautés, notamment l'usage du pétrole, terme qui désignait alors les fractions légères et moyennes des distillats. Toutefois, l'usage du pétrole était peu répandu, parce que sa production annuelle était infime (elle n'atteignait même pas la quantité que l'on consomme aujourd'hui en une minute). Les frères Niépce ont également inventé une nouvelle méthode d'introduction du pétrole, que l'on pourrait qualifier de méthode par injection directe à durée contrôlée.

En outre, Nicéphore fit plusieurs observations originales au cours des expériences préliminaires de 1816 et 1817 : la fraction liquide du pétrole est le combustible le plus efficace ; le combustible

doit être introduit à l'état liquide et non pas vaporisé (on ignorait encore qu'un liquide inflammable finement pulvérisé brûle aussi vite et aussi complètement qu'un mélange de vapeur d'hydrocarbures et d'air) ; le carburant liquide doit être injecté sous pression pour que l'atomisation soit suffisante et l'évaporation rapide ; l'injection du pétrole par de l'air comprimé donne de meilleurs résultats ; en évitant tout contact des combustibles liquides avec des surfaces chaudes, on empêche la décomposition thermique ; une flamme est plus efficace pour déclencher la combustion qu'une mèche incandescente. Malheureusement, Nicéphore n'a transmis toutes ces observations essentielles qu'à son frère.

En 1862, Alphonse Beau de Rochas déposait un brevet où l'excellente idée du moteur à quatre temps (utilisée dans la plupart des moteurs modernes) était noyée dans un fatras de considérations inutiles. Comme l'inventeur ne payait pas la redevance annuelle, son brevet ne fut même pas publié.

Vingt ans plus tard, et six ans après la construction d'un moteur à quatre temps, on redécouvrit que Beau de Rochas en avait décrit le principe. Il fut célébré à la mesure de cette invention, bien qu'il ne contribuât en aucune façon à sa réalisation. De même, Nicéphore Niépce aurait pu être cité comme l'un des pères des moteurs à carburants liquides, mais personne n'a été informé de ses résultats.

Horst HARDENBERG est professeur de thermodynamique des moteurs Diesel à l'Université de Stuttgart. Il a tenu une conférence sur le pyrélolophore lors du colloque international Nicéphore Niépce, une nouvelle image, organisé par le Conseil régional de Bourgogne, en janvier 1998.



La mastication

HERVÉ THIS

Comprenant comment nous mâchons, nous concevrons différemment les plats.

Kellog – oui, celui des petits déjeuners – préconisait une hygiène de vie fondée sur la mastication approfondie : «*Masticate, masticate.*» Son idée n'était pourtant qu'un avatar d'une vieille tradition orientale, qui voulait que chaque bouchée de riz (complet) soit mâchée cent fois. Une fois, dix fois, cent fois... mais, au fait, pourquoi mastiquons-nous ? Bien sûr, la mastication divise les aliments, formant des bouchées si petites que, lubrifiées par la salive, elles descendent facilement dans le système digestif. Toutefois Jons Prinz et Peter Lucas, à l'Institut odontologique de Londres, ont identifié une autre fonction : sans le savoir, nous mâchons jusqu'à ce que les fragments alimentaires soient liés par la salive en une bouchée compacte, que nous avalons en minimisant le risque que de petites particules fassent une fausse route, vers le canal respiratoire. À chaque aliment correspondrait ainsi un nombre optimal de mouvements masticatoires.

En affirmant que «les animaux se repaissent, l'homme mange», Jean-Anthelme Brillat-Savarin voulait oblitérer notre composante animale, celle-là même qui dérangeait les Précieuses : elles mirent les mousses à la mode, parce que ces dernières leur évitaient «le mouvement disgracieux de la mastication». Pourtant, un bon croustillant ! Un gluant ! Un craquant ! Pour profiter de l'éventail que nous offre l'univers culinaire, acceptons notre humaine condition et tournons nos particularités physiologiques à l'avantage de la gourmandise.

La mastication divise les aliments en morceaux de diamètre inférieur à celui du pharynx. Toutefois nous poursuivons la division bien au-delà de cette limite : notre organisme de mammifère, qui dépense beaucoup d'énergie, utilise la mastication pour diviser les aliments et augmenter la surface totale, accessible aux enzymes digestives ; indirectement la mastication accélère l'assimilation.

J. Prinz et P. Lucas ont créé un modèle de la mastication pour savoir comment la salivation assurait la cohérence des particules formées, au cours de la mastication. Leur modèle recense les diverses forces qui s'exercent sur les particules alimentaires : des adhérences entre particules et des adhérences des particules

aux surfaces buccales ; ces forces dépendent de la sécrétion de salive et de la quantité de jus exprimée par la mastication.

Lors des mouvements de la bouche, les petits morceaux sont moins divisés que les gros. D'autre part, quand un fragment est divisé, il l'est en un nombre de morceaux qui dépend des caractéristiques mécaniques de l'aliment. Pour simplifier la modélisation, les deux physiologistes britanniques ont supposé que chaque particule était divisée en particules sphériques et ils ont calculé la force de tension superficielle totale.

Enfin les deux chercheurs ont admis que les particules s'agglomèrent quand la force d'adhérence des fragments, dans une bouchée, est supérieure à la force d'adhérence des fragments à la paroi de la bouche. À l'aide d'un ordinateur qui calculait numériquement les diverses forces et en utilisant des valeurs des divers paramètres tirées d'études de physiologie humaine, ils ont alors déterminé la cohésion des bouchées sur 150 cycles masticatoires et pour deux aliments aux comportements très différents : des carottes crues, qui se brisent très lentement, et des noix du Brésil, qui se divisent bien plus rapidement.

Le calcul a montré que la cohésion des bouchées, initialement faible, augmente rapidement, devient maximale

après une vingtaine de cycles, puis diminue quand les particules sont de plus en plus divisées.

Comment tester le modèle proposé ? Les cohérences calculées ont été comparées à des cohérences mesurées sur des bouchées qui ont été recrachées après avoir été mâchées : l'accord entre la théorie et la pratique est assez bon, mais les nombres de cycles masticatoires effectivement effectués sont un peu supérieurs aux nombres calculés, sans doute parce que nous ne sommes pas seulement des machines à absorber de la nourriture : «Le Créateur, en obligeant l'homme à manger pour vivre, l'y invite par l'appétit, et l'en récompense par le plaisir» ; ayant du plaisir à manger, nous prolongeons ce plaisir en mastiquant plus que les simples besoins de la cohésion des fragments.

MODÈLE ET CUISINE

Que déduire enfin du modèle, en pratique culinaire ? Que les caractéristiques des aliments peuvent déclencher ou réduire la mastication, au choix. Tout d'abord, on observera que l'ajout de composés qui fluidifient la salive (les tanins, par exemple) ou l'augmentation de la concentration en liquides exprimables par les dents, en réduisant la cohérence, devraient allonger la mastication : le mangeur profitera davantage du plat qu'il consomme. Est-ce pour cette raison que les gourmands boivent du vin (qui contient des tanins) avec les mets ?

À l'inverse, des épaississants devraient accélérer l'absorption : c'est gênant pour l'industrie qui en utilise dans les produits allégés, notamment, car une moindre mastication s'accompagne d'une moindre libération de molécules aromatiques et savoureuses. Plus généralement, l'hypothèse d'une détection automatique, par l'organisme, de la cohérence idéale des bouchées, donne des idées au cuisinier qui jongle avec le collant, le gluant, le sec, l'absorbant...



Répartition des fragments d'aliments au début (en haut) et à la fin de la mastication d'un aliment (en bas).

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 avril 1997, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.