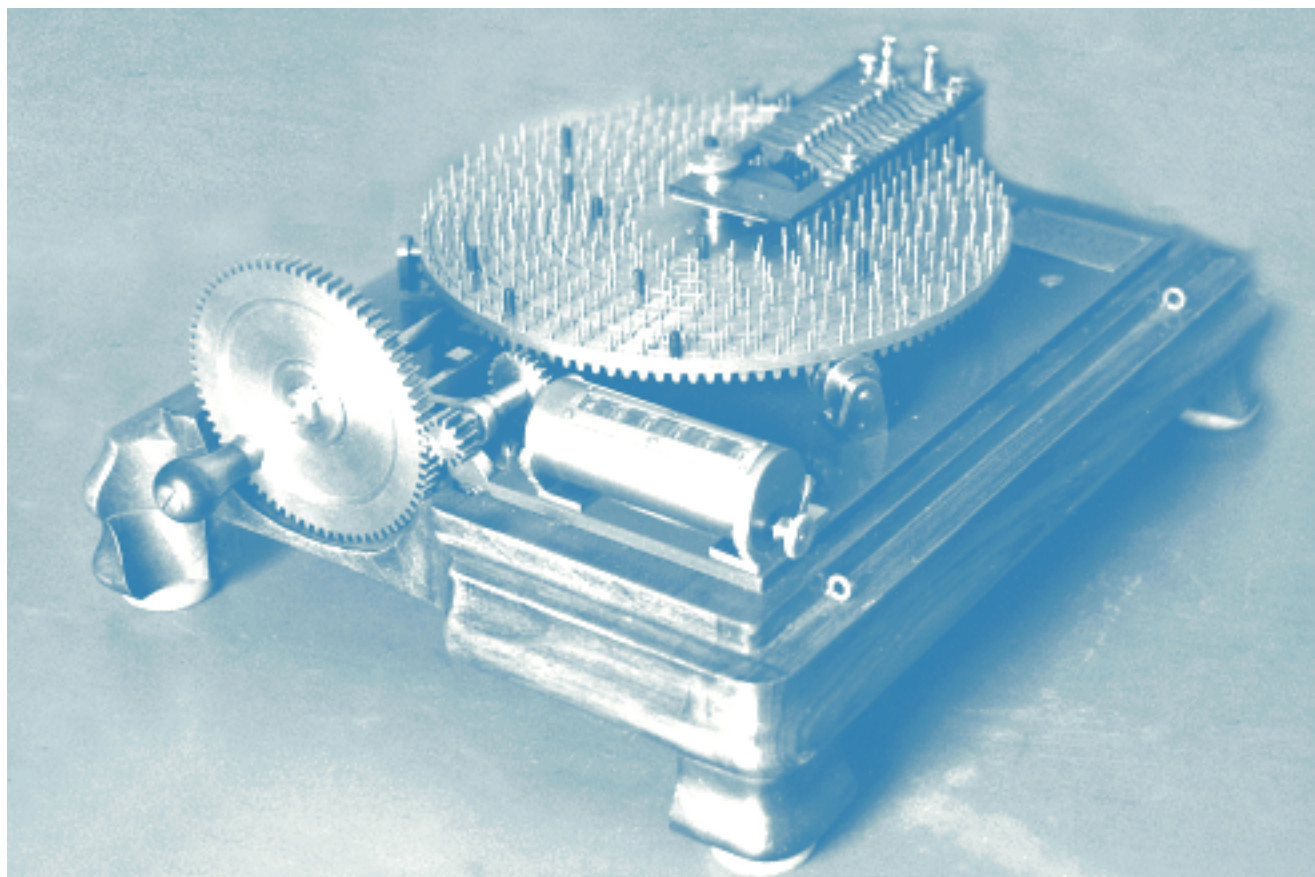




Hugh Williams

La machine à congruences des frères Carissan. Une manivelle fait tourner la roue dentée qui entraîne d'une part un compteur et d'autre part 14 couronnes de laiton, chacune avançant d'un picot à l'autre pour la rotation d'une dent de pignon (le compteur avance d'une unité à chaque rotation d'une dent). Avant de tourner la roue, toutes les couronnes sont en position «0». À chaque couronne est associé un nombre (19, 21, 23, 26, 29, 31, 34, 37, 41, 43, 47, 53, 55 et 59) matérialisé par autant de picots. Soit N le nombre à factoriser. On utilise la relation $N = x^2 - y^2$ et l'on cherche les conditions que doit remplir x pour

que y^2 soit un carré parfait. Si des valeurs permises de x sont 1, 7, 8, 13, 14 et 20 modulo 21, on place un capuchon métallique sur les picots n° 1, 7, 8, etc. de la couronne 21. De même pour les autres couronnes utilisées. On tourne la manivelle et quand les capuchons métalliques (les plots noirs) des différentes couronnes sont alignés, un contact électrique s'établit sous la barrette métallique, et un signal retentit. Le nombre indiqué sur le cadran a alors des chances d'être un carré parfait. La machine factorise des nombres de treize chiffres en moins de 18 minutes, tâche qui demanderait plusieurs jours à la main.

France et de Navarre pour leur demander s'ils connaissent la machine que nous recherchons. Au cours de l'été 1991, les 85 Carissan référencés sur notre liste reçoivent une lettre, où on leur demande tous les renseignements possibles sur cette machine et sur ses inventeurs.

Les premières réponses ne tardent pas à arriver, mais elles sont toutes décevantes. Enfin, nous recevons un appel téléphonique d'une des filles d'Eugène Carissan : la machine existe toujours et elle est entreposée près de Bordeaux. Apparemment, la machine est restée en possession de la famille jusque vers 1940, quand Jean Dubois, astronome et ami de la famille Carissan, la fit transférer à l'Observatoire de Floirac, près de Bordeaux. Elle y a été entreposée jusqu'en 1992.

Elle fonctionne parfaitement bien. La famille de l'inventeur, étonnée de voir trois chercheurs remuer ciel et terre pour retrouver la machine due au génie paternel a donné la machine au Conservatoire national des arts et métiers, où elle est désormais installée.

Avons-nous achevé – avec les honneurs – notre carrière de détectives ? Non, car il existe d'autres machines, notamment celle d'Édouard Lucas. On doit à ce mathématicien français les premières méthodes permettant de montrer de façon rigoureuse la primalité des entiers. Son résultat le plus connu est le test qu'il a établi pour prouver la primalité des nombres de Mersenne, c'est-à-dire des nombres que l'on peut écrire sous la forme $M_n = 2^n - 1$. Aujourd'hui, les programmes utilisés de par le monde pour trouver le plus grand nombre premier utilisent tous le test de Lucas (les mathématiciens trouvent régulièrement un nouveau « plus grand nombre premier » : le plus récent est $M_{2^{2976221}} = 2^{2^{2976221}} - 1$, composé de 895 932 chiffres).

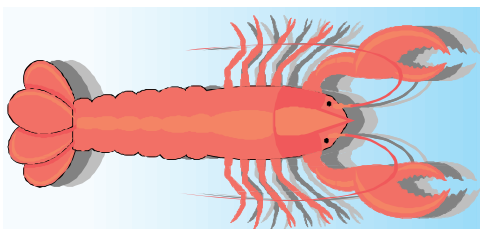
Lucas aurait utilisé son théorème pour prouver, à la main, la primalité de M_{127} , un nombre de 39 chiffres en base 10. Cela aurait représenté quelque 300 heures de travail. En fait, pour tester la primalité des nombres de Mersenne, Lucas s'est servi d'un échiquier inspiré des métiers à tis-

ser qui le fascinaient : il faisait glisser les lignes de chiffres à la façon dont le peigne tasse la laine sur le métier. Il y travaillait en base 2 : les 1 étaient représentés par des pions et les 0 par des cases vides.

En 1887, il écrivit qu'Henri Genaille, ingénieur aux Chemins de fer français et lui construisaient une machine mécanique pour tester la primalité des nombres de Mersenne (un « piano arithmétique »). Ils ont aussi collaboré à l'invention de plusieurs dispositifs de calcul, dont beaucoup sont au Musée du Conservatoire national des arts et métiers.

Malheureusement, Lucas est mort accidentellement, quelques semaines après cet article, à l'issue d'un banquet, et l'on a perdu la trace de la machine construite par Genaille et Lucas. Peut-être dort-elle dans quelque grenier ?

François MORAIN, ingénieur de l'armement, enseigne l'informatique à l'École Polytechnique.



Incertitude, ô mes délices,
Vers toi nous nous en allons,
Comme s'en vont les écrevisses,
À reculons, à reculons.

Guillaume Apollinaire

La grande peur de l'inconnu

CHRISTIAN WALTER

La peur de perdre, plutôt que l'espérance de gains, détermine le comportement des individus.

Comment se décide-t-on face à une alternative ? En théorie micro-économique, on suppose que les individus classent «rationnellement» leurs préférences en fonction de valeurs monétaires des différentes possibilités. Ainsi devant des éventualités dont ils connaissent les probabilités, ils choisiraient, indifférents aux risques, en fonction de l'espérance mathématique de gain (la somme des valeurs des différents gains possibles multipliés par leur probabilité). Penser ainsi ne tient pas compte de la psychologie des acteurs.

R. Shiller, de Yale, reprenant les travaux issus des arguments avancés par Maurice Allais, montre que les individus n'ont pas ce comportement calculatoire «rationnel». La rationalité doit inclure les motivations de l'individu. Ces travaux amènent à réviser certaines hypothèses de base utilisées dans les axiomatisations des comportements individuels. L'altération vient de la «peur de l'inconnu» ou de la «peur de perdre».

Le paradoxe d'Allais, que nous allons examiner, montre que les individus en situation de choix financiers préfèrent la sécurité quand ils se trouvent au voisinage de la certitude.

Examinons comment l'ordre des préférences des individus (dans ce cas entre deux perspectives aléatoires) est modi-

fié par la proximité de la certitude. Supposons que vous ayez à choisir entre les deux situations suivantes. Situation A : certitude de recevoir 1 million (espérance mathématique 1), ou situation B : 10 chances sur 100 de gagner 5 millions, 89 chances sur 100 de gagner 1 million, une chance sur 100 de ne rien gagner (espérance mathématique 1,39). Que choisissez vous ? Une majorité d'individus préfèrent l'hypothèse A bien que son espérance mathématique soit plus faible que celle de B.

Allons plus loin : vous devez choisir entre deux nouvelles options. Situation C : 11 chances sur 100 de gagner 1 million, 89 chances sur 100 de ne rien gagner (espérance mathématique égale à 0,11), ou situation D : 10 chances sur 100 de gagner 5 millions, 90 chances sur 100 de ne rien gagner (espérance mathématique : 0,5). Quelle option préférez-vous ? Dans cette alternative, la majorité préfère D à C).

Rationnellement, elle a tort ! B est à A ce que D est à C. En effet, dans le choix A/B, comme dans le choix C/D, on passe d'une situation à l'autre par la même opération de diminution de 11 chances pour le gain de 1 million, en répartissant ces 11 chances de la même manière, soit 10 pour le gain de 5 millions, et une seule

pour le cas «gain nul». La variation de l'espérance mathématique entre A et B et entre C et D est la même, égale à 0,39.

Préfère-t-on disposer de ce stock de 11 chances sur le seul gain intermédiaire de un million, ou bien préfère-t-on les répartir en 10 pour le gain maximum et une pour un risque de ne rien gagner ? La préférence de A sur B doit conduire à la préférence de C sur D et inversement. Or ce n'est pas le cas : les individus préfèrent A à B, mais préfèrent D à C. Il y a modification de l'ordre des préférences. Le second choix indique que les individus acceptent le déplacement des 11 chances, le premier indique exactement le contraire. Les préférences sont donc modifiées par la proximité de l'état certain A. C'est le paradoxe d'Allais, d'où découle la règle explicative, «la préférence pour la sécurité au voisinage de la certitude».

Tout se passe comme si les individus imaginaient que l'incertain contient le pire et que le pire adviendra, comme si l'inconnu était pour notre psychologie, chargé de l'inquiétude maximale, de l'angoisse la plus forte.

La situation est encore compliquée par l'existence de seuils monétaires psychologiques personnels qui donnent à une même valeur nominale des valeurs psychologiques différentes. Ainsi, le remplacement d'un million de francs par 100 francs, ou par 100 millions de francs, va changer les réponses des mêmes individus, dans le sens d'une angoisse croissante à la pensée de perdre une somme plus importante. Les études montrent qu'à l'approche d'un seuil psychologique de référence, la peur de perdre prédomine, tandis que l'éloignement de ce seuil produit, au contraire, une désensibilisation affective devant les gains ou les pertes.

Peur de l'inconnu, peur de perdre... Et si c'était la peur, plutôt que la rationalité, qui déterminait les comportements économiques individuels ?

LE PARADOXE DE MAURICE ALLAIS

	SITUATION A	SITUATION B	SITUATION C	SITUATION D
5 MILLIONS		10 CHANCES SUR 100	10 CHANCES SUR 100	10 CHANCES SUR 100
1 MILLION	CERTITUDE	89 CHANCES SUR 100	11 CHANCES SUR 100	11 CHANCES SUR 100
GAIN NUL		1 CHANCE SUR 100	1 CHANCE SUR 100	90 CHANCES SUR 100

	CHOIX ?
5 MILLIONS	10 CHANCES
1 MILLION	11 CHANCES
GAIN NUL	1 CHANCE

Le comportement des individus est modifié par la présence proche de la sécurité. La proximité de cette certitude modifie l'ordre des préférences en inversant le choix «rationnel». Les gens préfèrent A à B et, par conséquent, devraient préférer D à C, puisque, dans les deux cas, on distribue de la même façon 11 chances sur 100. Or C est préféré à D.



Culture scientifique et efficacité

PIERRE CASTILLON

L'ingénieur moderne assemble, au cours de son travail, différents savoirs orchestrés autour d'une compétence de base.

En quelques dizaines d'années, l'ingénieur est devenu réaliste et pluraliste. Réaliste parce qu'il intègre les coûts de sa recherche dans son évaluation de l'intérêt de son projet et que la pression de la rentabilité l'oblige à interroger tous les matins son miroir sur la valorisation de son travail. Nous le regrettons tous, mais la concurrence mondiale a réduit le coin de ciel bleu scientifique que l'ingénieur pouvait explorer il y a encore quelques années. Il n'y a plus de savants Cosinus dans nos laboratoires de recherches : ils ont pris...la tangente !

Pluraliste parce qu'il est un assembleur de techniques : l'ingénieur est aujourd'hui maître d'œuvre et aussi maître d'ouvrage. Cette nécessité est apparue avec la généralisation d'un outil informatique indispensable à la modélisation des phénomènes et au perfectionnement des procédés. Après l'informatique, l'ingénieur a appris à amalgamer d'autres disciplines. Ainsi, en prospection pétrolière, l'ingénieur associe les techniques optiques, les programmes informatiques de traitement d'image, la géologie et la géochimie, et des connaissances de mécanique ; le pharmacien utilise les mêmes techniques, en substituant la chimie fine et la physiologie à la géologie. La diminution des méga-gisements de pétrole et la nécessité d'optimisation des principes actifs imposent une recherche plus fine et à cette fin, des associations de compétence. D'où la constitution d'équipes pluridisciplinaires. Là aussi, plus de savant Cosinus travaillant isolé dans le silence de son officine.

Les considérations environnementales, les contraintes de sécurité, la pression des consommateurs amplifient les exigences dont il faut tenir compte en amont du développement. La culture de l'ingénieur s'est élargie.

Bel et bon. Nécessité fait loi. J'ai toutefois une certaine nostalgie des

spécialistes chevronnés de naguère. D'autant que je reste persuadé que la compétence initiale de base dans un domaine bien maîtrisé est une nécessité initiale pour l'efficacité du travail de l'ingénieur. La réalité reste d'exploration difficile et sans connaissance fine initiale, il n'est pas de bonnes réalisations.

La pluri-orientation vient avec l'expérience et il me semble désolant de voir certains ingénieurs papillonner trop jeunes et se disperser dans des orientations multiples. S'il est bon de connaître un minimum de gestion, cette connaissance peut être acquise plus tard dans le cours de leur carrière. L'industrie désire des ingénieurs immédiatement opérationnels et cette efficacité repose initialement sur des bases scientifiques et techniques solides.

Même l'informatique, indispensable, est devenue la langue d'Ésope. Les possibilités documentaires qu'elle procure ne remplacent pas les connaissances de base. Socrate s'inquiétait déjà de la prolifération de textes écrits ; cette prolifération incitait, selon lui, à la paresse intellectuelle et à la non-mémorisation : «L'écrit est un orphelin dont le père ne peut reporter» écrivait-il.

La découverte, ou plus modestement la résolution d'un problème, résulte d'une alchimie cérébrale encore mal connue, mais qui est le fruit d'une combinatoire personnelle des connaissances. Savoir que la documentation existe n'est pas suffisant. À cet égard, je suis dubitatif quant à l'efficacité de l'implantation d'*Internet* trop tôt dans le cursus scolaire, universitaire ou même dans l'entreprise. *Internet* est, pour l'industrie, un formidable atout si l'utilisateur maîtrise la technique et si son niveau de connaissance lui permet d'en tirer parti.

En une phrase, la pluridisciplinarité apparaît au cours de la carrière par des spécialisations successives où l'exigence de rigueur et de savoir-faire est préservée. Mon souhait en tant qu'industriel est que ces exigences soit maintenues dans l'enseignement universitaire et dans les écoles d'ingénieur.

Bien entendu, il nous faut insister sur les qualités de flexibilité, de créativité et d'innovation auxquelles ne prépare pas un savoir mémorisé : il faut privilégier les études permettant l'expérimentation, les remises en cause, les parcours d'obstacles. Citons là-dessus un ministre de l'Éducation nationale :

«Les délégués des différents ministères se sont trouvés d'accord sur tous les points essentiels : développement du côté expérimental de l'enseignement des sciences, la mécanique, la physique, la chimie ; suppression de toutes les questions qui n'ont pas un caractère scientifique élevé, ou qui ne comportent aucune application importante.»

De qui est ce texte, qui a des connotations actuelles ? De Paul Appell. Et il date de... 1904.

Confrontés à la mise au point de procédés et de produits, souvent même à leur prospection sur les marchés internationaux, les ingénieurs doivent assortir leurs capacités créatives d'un rôle d'interface avec les scientifiques de la recherche publique et universitaire, permettant d'assurer une valorisation efficace des avancées de la science. Il faut en citant encore Appell, «... que chacun travaille à développer sa compréhension, sa volonté, son initiative...»

Pierre CASTILLON est Directeur de recherche, technologie, environnement du groupe Elf Aquitaine.