

La Lettre de la S.C.M.



Septembre 2023

Numéro 103

ISSN : 2112-4698

*Le mathématicien n'est pas responsable du monde tel qu'il est (Von Neumann)
On ne fait pas boire un âne qui n'a pas soif (Laurent Schwartz)*

Éditorial par Bernard Beauzamy : Maintien des compétences

Beaucoup d'entreprises se plaignent d'une perte de compétences : départ à la retraite d'une génération, insuffisance de commandes pendant une longue période. On l'entend dire par EDF, la RATP, la SNCF et bien d'autres. Essayons d'analyser les faits. Que l'Etat ait une part de responsabilité est évident, mais les entreprises ont la leur. Les trois ci-dessus ont un rôle social et économique pérenne : on a toujours besoin d'électricité et de transports, au sens le plus large. Même si les orientations données par l'Etat sont souvent absurdes (et c'est presque toujours le cas), ces entreprises auraient la capacité de maintenir leurs compétences en définissant leurs propres projets. Mais elles ne le font pas. Prenons quelques exemples.

Dans les années 2020, DCNS (devenu depuis "Naval Group") avait un projet de petit réacteur nucléaire immergé appelé "Flex-blue" ; nous avons participé à ce projet, qui était de bonne qualité scientifique. Mais EDF s'est arrangé pour que le projet ne puisse aboutir, simplement parce qu'il s'agissait d'un réacteur de faible puissance, alors que la doctrine en vigueur était celle des grosses centrales. Les études avaient montré qu'il y avait un besoin pour ce type de réacteur et, à l'heure actuelle, de nouveaux projets sont dans les cartons. La doctrine de EDF était : nous attendons des commandes de l'Etat pour de gros réacteurs, nous ne faisons rien d'autre et nous nous opposerons à tout projet qui ne va pas dans ce sens.

Il y a quelques mois, nous avons été consultés par une filiale de la RATP, appelée "RATP Solutions Ville" : il était question d'un projet que la Ville de Paris devait lancer concernant les réseaux de vapeur et de froid, susceptibles d'alimenter les immeubles. La question était le dimensionnement de ces réseaux ; en mathématiques, cela s'appelle "recherche opérationnelle". Nous avons suggéré aux responsables de se doter d'un petit outil de simulation, permettant d'explorer les avantages et les inconvénients de diverses possibilités (un outil de simulation ne fait aucune optimisation ; il est donc simple à réaliser). Notre proposition était d'autant plus pertinente que Engie a déjà un tel outil, appelé "plateforme Nemo" (c'est du domaine public). Réponse immédiate et définitive des responsables : nous attendons le lancement de l'appel d'offres pour nous doter des compétences et des outils nécessaires. Pourtant, ils auraient pu se révéler utiles en de nombreuses circonstances. On n'imagine pas qu'un dentiste attende ses premiers clients pour acquérir les compétences et le matériel dont il a besoin.

Beaucoup d'entreprises ont des centres de recherche, qui se plaignent en permanence d'être sous-alimentés. La Direction Générale estime que la R&D a un coût, sans voir un instant que c'est là que se forment les compétences. La R&D n'a pas accès aux données de l'entreprise (notamment pannes, dysfonctionnements, etc. : tout ce qui serait susceptible de conduire à un réexamen de l'existant) et elle n'a pas non plus connaissance des besoins de l'entreprise. Celle-ci, en outre, interdit aux chercheurs tout contact avec l'extérieur, si bien qu'ils dépérissent à petit feu. Cette incapacité des entreprises à alimenter correctement leur R&D est ancienne et n'a fait que s'aggraver, parce que la récession fait qu'on ne s'intéresse plus qu'au court terme. Nous avons écrit un livre sur la question : "Gestion d'un programme de recherche", mais cela ne sert évidemment à rien.

Une autre façon de maintenir les compétences serait d'organiser des sessions de validation ; voir plus bas le paragraphe consacré au traitement de l'image. Des ingénieurs prennent leur retraite ? On leur demande de bien consigner leur savoir faire, et on organise des sessions où leur contribution est mise en concurrence avec le savoir-faire venant d'ailleurs, de manière à savoir ce qui marche et ce qui ne marche pas. C'est la démarche suivie par la DARPA aux USA pour valider les connaissances en robotique mobile ; elle n'a jamais cours chez nous.

On donnera raison à M. Proglgio lorsqu'il se plaint du mauvais traitement que l'Etat inflige à EDF, mais il est bien des situations où EDF n'a pas été capable de réagir, malgré sa taille et ses compétences. Et puis, soyons rationnels : que peut-on attendre d'une entreprise qui incite le consommateur à consommer le moins possible du produit qu'elle fabrique ? Il y a quelque part quelque chose qui ne tourne pas rond.

Nous, en mathématiques, n'attendons pas que l'Etat nous demande de démontrer un théorème pour nous en occuper, sans quoi nous risquerions d'attendre longtemps. Nous développons par anticipation les outils qui nous paraissent pertinents, à la lumière des besoins, souvent très vagues, que nous percevons. Comment améliorer la connaissance d'un process, à partir de données incomplètes et aberrantes ? Comment mieux organiser telle livraison ou telle tournée ? Ces problèmes se rencontrent tous les jours, pour quiconque a un minimum de curiosité intellectuelle ; bien loin de solliciter l'aide de l'Etat, nous nous réjouissons chaque jour qu'il nous laisse en paix.

Bernard Beauzamy

Le Crédit Lyonnais

En juin, nous nous attendions à des difficultés de trésorerie, du fait que certains organismes paient leur facture au terme d'un délai assez long (60 jours fin de mois, quelquefois). Nous avons sollicité LCL (Le Crédit Lyonnais), dont nous sommes clients depuis l'origine de la SCM, il y a 28 ans : pouvez-vous escompter (c'est-à-dire payer d'avance) une facture de près de 30 000 Euros, établie sur un organisme public ? Il s'est avéré que LCL en était incapable ; les collaborateurs racontent n'importe quoi et se contredisent mutuellement.

A défaut, nous avons demandé à la responsable de notre compte s'il était possible de disposer d'une autorisation de découvert d'environ 10 000 Euros. Réponse instantanée : rien n'est plus facile, je m'en occupe. Mais, quelques jours après, contradiction : impossible, vos fonds propres ne sont pas suffisants ; nous avons fait appel de cette décision, mais elle a été confirmée par écrit.

La responsable ajoute avec beaucoup de cynisme : revenez nous voir en fin d'année, si vos résultats se sont améliorés. En d'autres termes, le Crédit Lyonnais sera toujours là pour vous, si vous n'avez pas besoin de lui. Les entreprises seront bien avisées de retenir ce principe, que nous avons mis 28 ans à découvrir.

En définitive, les choses ont évolué favorablement : notre autre banque a accepté immédiatement l'autorisation de découvert, dont à ce jour nous n'avons pas eu besoin, les factures ayant été payées plus tôt que prévu.

La raison du refus de LCL est intéressante. La banque procède à une analyse du bilan instantané, sans se soucier ni du passé, ni de l'avenir. A aucun moment ils ne nous ont téléphoné pour demander quels étaient les projets en cours ; ils ont leur logique propre, d'où toute considération pour les entreprises clientes est exclue. Faites circuler ce slogan : "le Crédit Lyonnais sera toujours là pour vous, si vous n'avez pas besoin de lui".

Déliquescence

Un rapport de l'Académie des Technologies, daté de février 2023, s'intitule "La décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables". A priori, on aurait pu penser que l'Académie des Technologies était constituée de gens d'un certain âge, d'une certaine maturité, ayant une certaine indépendance intellectuelle et qui, avant de s'interroger sur les moyens de décarboner, se seraient interrogés sur la pertinence de cette action : eh bien ! pas un mot à ce sujet.

Cette incapacité des élites à remettre en cause les dogmes du moment est caractéristique d'une déliquescence générale, de la période d'obscurantisme où nous sommes désormais plongés. Nous l'avons déjà écrit : le CO2 est le Juif du 21^{ème} siècle : il faut s'en débarrasser, mais personne ne sait pourquoi. Dès 1933, quantité de rapports scientifiques, en Allemagne, soutenaient la doctrine de la pureté de la race comme aujourd'hui celle de la pureté de l'atmosphère et les entreprises qui appliquaient la doctrine se voyaient récompensées, comme aujourd'hui, par des contrats d'Etat. Mais, en 1945, les juges à Nuremberg n'avaient probablement pas lu toutes ces publications ; les entreprises ont été dissoutes et les responsables condamnés à mort.

*Jamais au criminel son crime ne pardonne ;
Mais gardez, croyez-moi, la vengeance au fourreau ;
Attendez ; ayez foi dans les ordres que donne
Dieu, juge patient, au temps, tardif bourreau !*

Victor Hugo : les Châtiments

AXA ou l'Art de l'Arrogance

Nous avons eu un entretien avec un responsable d'AXA ; il a commencé par nous informer que, chez AXA, tout se faisait en anglais ; il est bien connu que les mathématiciens s'expriment dans le patois du bas-Languedoc. Il nous a ensuite expliqué qu'AXA était présent un peu partout dans le monde ; il est bien connu que les mathématiques n'existent que dans un rayon de 160 m autour de la rue Lacépède. Et tout à l'avenant : toutes les phrases, toutes les informations, toutes les postures, sont destinées à prouver à l'interlocuteur qu'il n'est rien, tandis qu'AXA est tout. AXA, en peu de décennies, est parvenu à donner à l'arrogance les dimensions d'un art. Sans doute ont-ils un séminaire hebdomadaire, comme les Alcooliques Anonymes, où chacun vient présenter ses difficultés : là, j'ai failli être courtois avec untel, heureusement je me suis repris au dernier moment (applaudissements de l'auditoire).

On a envie de leur conseiller de lire Boileau (à M. le Marquis de Dangeau) :

*Cependant, à le voir avec tant d'arrogance
Vanter le faux éclat de sa haute naissance,
On dirait que le ciel est soumis à sa loi,
Et que Dieu l'a pétri d'autre limon que moi.*

Il n'en a pas toujours été ainsi : il y a bien longtemps, nous avons eu le privilège de déjeuner avec le fondateur, Claude Bébéar, qui était à la fois courtois et modeste.

Traitement de l'image

On peut interroger n'importe quel responsable : les techniques et les méthodes sont au point et le système peut tout faire : caméras dans le visible et l'infra-rouge, caméras hyper-spectrales, pour la vision de nuit, etc. Rien ne peut leur échapper, surtout pas une aiguille dans une botte de foin. Les satellites voient tout, y compris les trèfles à quatre feuilles dans les sous-bois.

Récemment, nous avons eu l'occasion de discuter avec des responsables de la SNCF, à propos de plans d'inspection des rails. Il semble qu'une question fréquente tient aux défauts de planéité (le rail peut présenter des bosses et des creux), ce qui accentue la fragilité. Aucun moyen technique n'existe pour les détecter : l'inspection par ultra-sons ne fonctionne pas. La SNCF envoie des êtres humains, qui marchent le long des voies et repèrent les défauts. Dans le même ordre d'idée, toujours selon la SNCF, aucun moyen n'existe pour détecter à temps un obstacle sur un passage à niveau et avertir le conducteur du train en approche (nous-mêmes avons travaillé sur cette dernière question et nous confirmons qu'elle n'a pas de solution fiable).

Cette opposition frontale entre les assertions des scientifiques et les besoins fondamentaux des utilisateurs se rencontre un peu partout. On n'empêchera pas les universitaires de clamer que leurs découvertes ont une validité universelle, ni les équipementiers de clamer que leurs équipements voient tout et tout le temps. La seule solution est que l'utilisateur final (en l'occurrence la SNCF) lance des campagnes de validation : voici des situations-type, montrez-nous comment vous les traitez. La compétition serait publique, tout comme les résultats, et on aurait une bien meilleure idée des difficultés et des remèdes possibles, au lieu du flou intégral qui règne actuellement. Ces validations participeraient en outre au maintien des compétences dont nous parlions plus haut. Mais, évidemment, bien des organismes les verront avec terreur. C'est comme en mécanique quantique : avant la mesure, on peut prétendre être partout ; après la mesure, finalement, il ne reste rien.

Von Neumann

Un livre vient de sortir, qui lui est consacré : "John von Neumann, l'homme qui venait du futur : biographie de l'un des plus grands génies du siècle", par Ananyo Bhattacharya. Nous aimerions dire du bien du livre, mais cela nous est difficile. Le livre s'égaré dans des détails sans importance, décrit sa famille, ses antécédents, sa vie au quotidien. Or, en sciences, il n'y a aucune corrélation entre le milieu familial et la réussite personnelle : Gauss était fils d'un jardinier. Le point négatif essentiel est que l'auteur n'a pas le niveau scientifique requis pour voir le lien entre les différents travaux de Von Neumann. En exergue du dernier chapitre, il y a une citation de Greta Thunberg, 2019 : "je suis ici pour dire que notre maison brûle". On ne voit vraiment pas ce qu'elle apporte, et Von Neumann n'aurait certainement pas partagé cette opinion. Il a au contraire écrit "Le mathématicien n'est pas responsable du monde tel qu'il est" ; nous complétons ceci par la déclaration de Laurent Schwartz "on ne fait pas boire un âne qui n'a pas soif".

Von Neumann, par essence, était un esprit curieux : à chaque fois qu'il voyait un problème du monde réel, il essayait de le mettre sous forme mathématique (on appelle cela aujourd'hui la modélisation). C'est lui, en particulier, qui est à l'origine du formalisme mathématique de la mécanique quantique, mais il n'est jamais cité à ce propos. Ce formalisme, aujourd'hui, gagnerait à être remis en cause, mais ce n'est jamais fait.

Autre exemple significatif : à la fin de sa vie, Von Neumann s'est intéressé au fonctionnement du cerveau humain, et son petit livre "The Computer and the Brain" se termine par ceci : le système de notation du cerveau humain ne correspond pas à nos mathématiques, qui pourraient n'être qu'un langage artificiel, un accident historique, comme le sont le français ou l'anglais.

Chose étonnante, le livre de Von Neumann n'est même pas cité dans l'ouvrage de Jean-Pierre Changeux et Alain Connes "Matière à pensée", qui prétend traiter du même sujet. Alain Connes devrait avoir entendu parler de Von Neumann, puisqu'il a eu la médaille Fields pour ses travaux sur les algèbres de Von Neumann. Jadis, cela s'appelait un parricide et cela avait son châtiement dans l'au-delà : "Le linceul était rouge et Kanut frissonna". Dans ce bas-monde, le châtiement est une gloire éphémère : on ignore les précédents et les suivants vous ignorent.

Nous-mêmes, à la lecture de "The Computer and the Brain" avons déposé en 1997 un projet de recherche auprès du Ministère de la Défense qui, à l'époque, avait une certaine curiosité intellectuelle et n'était pas encore inféodé aux grands industriels. Le projet a été accepté ; un groupe de travail s'est réuni et un article a été rédigé, dont la principale conclusion est que, dans le cerveau, l'information pourrait être stockée sous la forme de la désignation d'un chemin entre neurones. Nous l'avons soumis pour publication à diverses revues et la réponse a toujours été la même : nous n'y comprenons rien, donc nous ne pouvons pas le publier. Quiconque cherche un peu doit pouvoir trouver l'article quelque part sur notre site web.

Pour en revenir à Von Neumann, mort en 1957, on peut dire qu'il avait un talent inné pour aborder l'empirisme et essayer de le rendre plus scientifique. Dès 1947, il avait mis la communauté mathématique en garde contre les risques de dégénérescence, du fait du repli sur des problèmes internes à la discipline. Son texte est disponible sur notre site :

https://www.scmsa.eu/archives/Von_Neumann.pdf

Bien entendu, sa mise en garde n'a pas été suivie d'effet et on constate tous les jours les effets de la dégénérescence.

Conférences organisées par la SCM

Le 14 septembre : René Azoulai et Jean-Francois Zagury, Peptinov : Comment aider notre système immunitaire à lutter contre l'inflammation chronique ? La vidéo de la conférence est disponible sur notre chaîne YouTube.

Nous avons collaboré avec Peptinov : traitement probabiliste des données obtenues à partir des essais cliniques réalisés sur 24 patients en Phase I. Il y a peu de données et beaucoup de paramètres : on ne peut obtenir que des résultats grossiers.

Beaucoup d'erreurs sont commises, en épidémiologie, du fait d'une mauvaise connaissance des lois fondamentales des probabilités. Par exemple, si vous avez un million de personnes, à égalité entre les deux sexes, et si vous tirez au hasard mille personnes, la répartition de ce petit panel ne sera pas égale entre H et F ; la différence sera en général de l'ordre de \sqrt{n} avec ici $n=1000$, soit environ 32. Ceux qui ne sont pas convaincus peuvent procéder ainsi : générer aléatoirement 1000 Piles et Faces et compter combien il y en a de chaque sorte.

Une autre erreur, commise aussi bien par les physiciens que par les épidémiologistes, consiste à croire que, pour qu'une expérience ait une valeur, il faut qu'elle soit "répétable". Mais si vous jetez une pièce de monnaie cinq fois de suite (expérience parfaitement répétable), elle ne donnera pas les mêmes résultats à chaque fois. Il est complètement inutile d'expliquer ceci à un physicien : il ne vous écouterait même pas.

Prochaine conférence, jeudi 12 octobre 2023 : M. Christian Després, Chef de la Mission des Etudes et de la Recherche, SG/SHFDS/DPGC/PCRC, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Titre : "La gestion de crise dans le prolongement de la crise Covid 19, à l'aune de la cindynique SANCTUM et des défis de l'IA."

Le sujet est intéressant, et notre expérience (tempêtes, grêle, etc.) est que les risques naturels sont dans l'ensemble mal gérés, même lorsqu'une annonce à l'avance est possible, comme c'est le cas pour les inondations.

La présentation de Paul Deheuvels ("le climat : beaucoup de bruit pour rien"), en février dernier, a récemment dépassé les 100 000 vues sur YouTube. Nous prévoyons une suite, probablement en février 2024.

Il est fascinant de voir comment un pays tout entier peut se cristalliser sur un sujet totalement dépourvu d'intérêt. Faites une conférence "la culture de la pomme de terre" : il viendra 30 personnes et vous vous ferez insulter comme ennemi du genre humain. Faites la même conférence, avec pour titre "le climat et la culture de la pomme de terre" : il viendra 30 000 personnes et on vous regardera comme un bienfaiteur de l'humanité. Bien sûr, si la conférence s'intitule "le climat, la culture de la pomme de terre et l'intelligence artificielle", vous aurez 300 000 personnes et vous serez reçu à l'Elysée.

La conférence de M. Deheuvels a recueilli 3 000 commentaires, dont la moitié sont des insultes : des gens à qui personne n'a rien demandé, mais qui se croient investis d'une mission divine d'assistance à Planète en danger. Ils se réclament du GIEC, qui ne les a en rien mandatés et serait probablement gêné de voir les outrances commises en son nom.

On peut en rire, mais la virulence des attaques montre que, comme le disait Bertolt Brecht "le ventre est encore fécond, d'où naquit la bête immonde".

Informatique Quantique

Un Ministère (nous ne dirons pas lequel, mais c'est un gros) nous demande une analyse critique : l'informatique quantique est-elle susceptible de menacer la sécurité de la cryptographie, comme on l'entend dire un peu partout ?

Nous rendrons nos conclusions en décembre et nous publierons ce que le Ministère nous autorisera à publier. Nous pouvons déjà faire état de faits qui sont du domaine public :

-Le formalisme de la mécanique quantique, dû à Von Neumann (voir plus haut) est très académique et le lien avec les observations expérimentales est très difficile ;

-Erwin Schrödinger, dans son livre "Physique quantique et représentation du monde" explique clairement que la fonction d'onde d'un système regroupant plusieurs sous-systèmes ne permet aucune conclusion sur chacun d'eux individuellement. Or cela infirme le dogme de base de l'informatique quantique : mélanger des systèmes (on dit "intriquer") pour calculer plus vite. Il semble que les spécialistes actuels d'informatique quantique n'aient jamais lu Schrödinger : c'est un peu dommage ;

-La mécanique quantique est par essence probabiliste, et on ne voit pas comment elle pourrait permettre, de manière déterministe et sans erreurs, la factorisation de très grands nombres. Ceci est un cas particulier de l'objection fondamentale de Schrödinger ;

-Un rapport récent (2019) de la National Academy of Sciences (USA) dit ceci : "*Key Finding 1: Given the current state of quantum computing and recent rates of progress, it is highly unexpected that a quantum computer that can compromise RSA 2048 or comparable discrete logarithm-based public key cryptosystems will be built within the next decade*" ;

-Un article récent de Jin-Yi Cai (juin 2023), Université de Madison-Wisconsin (article disponible en ligne) montre que l'algorithme de Shor, le plus susceptible de cracker les algorithmes de cryptographie, n'est pas capable de factoriser les grands entiers, en présence du "bruit" intrinsèque à la mécanique quantique ;

-On ne comprend rien aux expériences qui sont faites (dualité onde-particule, dépendance dans le temps entre deux particules ayant interagi) et on ne voit pas comment on pourrait réaliser un appareil qui fonctionne à partir d'une absence de connaissances.

René Thom a eu l'occasion de qualifier la mécanique quantique de "plus grande escroquerie intellectuelle du 20^{ème} siècle", parce que l'on n'y comprenait rien. Malheureusement pour lui, il a très peu connu le 21^{ème}, puisqu'il est mort en 2002 : il aurait eu bien des occasions de réjouissance.

Il est satisfaisant de voir qu'un Ministère se préoccupe d'avoir un avis critique sur un sujet, au lieu de tout avaler, comme c'est l'usage. Chacun a en mémoire le "bug de l'an 2000", créé par les informaticiens pour se faire donner des crédits.

Faire peur aux gens est la meilleure façon de se faire donner des crédits. Déjà en 1910, à l'occasion du retour de la comète de Halley, l'astronome Camille Flammarion avait déclenché une panique, avec ce texte d'anthologie :

"Qu'il soit démontré que la comète de Halley, immense fuseau de gaz incomparablement plus vaste que notre planète, et dans lequel notre globe tout entier peut être perdu, comme un pois dans un tourbillon de vapeur, enveloppera entièrement notre

monde pendant une traversée de plusieurs heures, que la transformation du mouvement en chaleur, à cette vitesse de 72 km/sec, élèvera la température de l'air au degré de l'eau bouillante, que des orages formidables ébranleront l'atmosphère et secoueront le sol, que des courants intenses électrocuteront les êtres vivants, ou que le cyanogène empoisonnera nos poumons : aussitôt s'arrêtent, frappés de paralysie, tous les engrenages du système social. On s'émeut, on s'inquiète, on s'informe, on se convainc de la réalité du calcul astronomique, et devant cette certitude funèbre, on cesse déjà de vivre."

Archimède

Notre projet de nouvelle édition des œuvres d'Archimède, placée sous le haut parrainage de Lorenzo le Magnifique (1449-1492), avance bien et une première version devrait être disponible pour Noël.

Les élèves des lycées vont trouver un intérêt à découvrir les travaux d'Archimède. C'est difficile, compte-tenu des différences culturelles : il rédigeait pour ses collègues, mathématiciens de haut niveau, et non pour produire des outils pédagogiques.

Nous procédons par étapes bien identifiées : objets 2d (triangles, cercles, parabole, etc.), puis objets 3d (sphère, paraboléoïde, etc.), puis étude de la stabilité des corps flottants. A chaque fois, nous présentons l'approche d'origine, en modernisant le vocabulaire. Nous calculons des longueurs, des aires, des volumes et la position des centres de gravité.

Et il se passe ceci, vraiment incroyable : dès le début, nous tombons sur des problèmes difficiles, hautement non linéaires et résolus seulement de manière partielle. Autrement dit, l'élève, qui sera gavé de mathématiques académiques pendant les vingt années qui vont suivre, à qui on expliquera qu'on sait tout sur tout, qui se verra obligé d'apprendre le calcul différentiel, le calcul intégral, la physique des milieux continus, l'algèbre tensorielle et bien d'autres choses toutes plus stimulantes les unes que les autres, cet élève découvre d'un seul coup qu'en vérité on ne sait pas grand-chose, que les problèmes les plus simples restent largement ouverts. Et qui le lui dit ? Le plus grand génie que l'humanité ait jamais connu. Cela fait un choc. Cet élève-là risque, dans la suite de sa vie, d'avoir une approche des mathématiques qui ne sera pas académique. Faut-il s'en plaindre ?

L'approche d'Archimède repose en général sur des considérations de physique et de géométrie. Nous la mettons en parallèle avec une approche contemporaine : on dispose de coordonnées, on écrit des équations, on intègre, on dérive, etc. Que constate-t-on ? Dans presque tous les cas, l'approche d'Archimède est plus simple, plus claire, plus rapide que l'approche contemporaine. Elle prend moins de pages et on la comprend mieux.

Dans son travail sur l'équilibre des corps flottants, Archimède met en évidence la stabilité d'un tronc de paraboléoïde, sous certaines hypothèses. Il énonce un lemme : tel angle est aigu. Un dessin à main levée nous convainc que l'angle en question n'a aucune raison d'être aigu. Faisons appel à toutes les ressources des mathématiques contemporaines, aidées par un logiciel de calcul symbolique alimenté par des valeurs plausibles pour tous les paramètres. Calculons l'angle en question : nous trouvons $87^\circ < 90^\circ$. Mystère : comment Archimède a-t-il fait pour anticiper un tel résultat ?