

Société de Calcul Mathématique SA

Outils d'aide à la décision

depuis 1995



Des mathématiques pour les ingénieurs ?

Margaritas ante Porcos !



par Bernard Beauzamy

février 2025

Résumé Opérationnel

Dans l'état actuel des choses, l'immense majorité des ingénieurs, en France, n'a aucun besoin de mathématiques ; leur en proposer serait offrir de la confiture à des cochons ("*margaritas ante porcos*" : littéralement, des perles pour des porcs).

Ils n'ont aucune ambition et l'entreprise qui les emploie n'en a aucune, si ce n'est de sacrifier au politiquement correct pour obtenir des subventions. Ils se contentent de savoir programmer en Python ; ils admirent avec béatitude toutes les "innovations" consistant à réfléchir le moins possible, d'où résulteront à brève échéance leur licenciement et la ruine de l'entreprise. Leur univers se réduit à la décarbonation, à l'intelligence artificielle et autres sottises.

Les mathématiques sont là pour décrire les lois de la Nature. Il serait malsain de les proposer à des gens qui n'ont aucune envie de les connaître.

Nos propos ne concernent que les ingénieurs en France : à l'étranger, nombreux sont ceux qui estiment au contraire qu'un complément de formation en mathématiques serait bienvenu.

Nous énonçons ici six règles fondamentales pour l'approche des lois de la Nature ; elles étaient considérées comme évidentes au Siècle des Lumières (Voltaire les mentionne explicitement) ; elles étaient encore acceptées il y a vingt ans ; elles sont aujourd'hui condamnées vigoureusement et rejetées par la société civile dans son ensemble : les politiques, les journalistes, les entreprises et leurs ingénieurs.

Ces règles étant pour nous fondamentales, nous ne pouvons accepter dans notre discipline que ceux qui voudront bien s'y plier. Il en reste, bien sûr, mais peu nombreux ; comme disait le doux Virgile (Énéide) "*apparent rari nantes in gurgite vasto*". Le taux de rejet, selon les statisticiens, est de l'ordre de 95%.

Si Platon avait fait inscrire au fronton de son Académie "Que nul n'entre ici, s'il n'est géomètre", plus modestement, nous réclamerons que nul ne fréquente nos pratiques, s'il n'a un minimum de curiosité intellectuelle et d'honnêteté intellectuelle.

I. Introduction

Nous faisons ici un travail de synthèse et de vulgarisation sur les grands résultats de la pensée mathématique et leur utilité éventuelle pour les ingénieurs, sous deux aspects :

- Les aspects techniques : établir clairement les domaines où les mathématiques jouent un rôle essentiel ;
- L'apport de la pensée mathématique à l'art de l'ingénieur.

Commençons par nous demander : qu'est-ce qu'un ingénieur ? Du temps de Jules Verne (1828-1905), c'était un être merveilleux, omniscient et débrouillard, capable de se sortir des pires situations par sa capacité à tirer le meilleur parti des outils et équipements à sa disposition. Il aurait été capable de fabriquer une centrale nucléaire à partir de quelques bouts de bois et ferrailles tordues.

Cent cinquante ans plus tard, un ingénieur est celui qui a un diplôme de ce nom. Il se présente comme capable de programmer en Python et il ne sait rien faire d'autre. Il assume sa condition : son CV commence par "je sais programmer en Python". Il en est fier.

Le baccalauréat d'antan étant maintenant de niveau Bac-3, on peut estimer que Bac+5 est maintenant Bac+2 : l'ingénieur d'antan est maintenant du niveau du DEUG (Diplôme d'études universitaires générales). La question de l'apport des mathématiques n'a donc pas grand sens : le jeune diplômé estime que sa formation est terminée, puisqu'il sait programmer en Python ; nous estimons qu'elle n'a pas commencé. Le dialogue va être difficile, mais plus encore qu'on ne le croit. Essayons d'y voir clair ; demandons-nous d'abord quel est le rôle de l'ingénieur : celui qu'on voudrait lui faire jouer et celui qu'il joue réellement.

Une variante plus élaborée est la situation du titulaire d'un doctorat, qui représente en principe trois années d'études supplémentaires. Nous l'avons décrite dans notre article "la déformation par la recherche" [1] et nous n'y revenons pas ici : ces emplois n'existent que parce qu'ils sont largement subventionnés. Nous ne traitons ici que de l'économie réelle.

II. Le rôle de l'ingénieur

Par principe, un ingénieur est en contact avec un process industriel, dont il doit surveiller l'exécution, l'améliorer si possible, anticiper les pannes, noter les dysfonctionnements, etc. Tous les aspects de l'industrie sont concernés : chimie, BTP, énergie, environnement, métallurgie, santé, transports, etc.

En février 2021, les trois-quarts du Texas ont été victimes d'un black-out pendant plusieurs jours : les éoliennes n'ont pas fonctionné par temps froid. Coût estimé : 300 milliards de dollars, sans compter les centaines de vies perdues du fait que les services d'urgence ont été bloqués. Les ingénieurs en charge du sujet n'avaient pas fait leur boulot, à savoir :

- recenser les températures historiques : des températures plus basses avaient déjà été enregistrées ;
- vérifier que les éoliennes pouvaient fonctionner par temps froid, en les faisant fonctionner au Canada pendant quelques années.

Mais la frénésie consistant à installer des éoliennes partout était telle que les services d'étude ont donné raison aux politiques, sans aucune analyse critique.

C'est très simple : un toit qui s'envole, un pont qui s'effondre, un train qui déraille : les ingénieurs en portent la responsabilité ; ils auraient dû étudier correctement les circonstances de fonctionnement ou d'exploitation. Un ingénieur doit étudier et comprendre les lois de la Nature relatives à son domaine d'activité.

Les ingénieurs sont employés par les entreprises individuelles, mais aussi par les collectivités locales et les administrations. Par exemple, la Ville de Paris emploie des ingénieurs pour tout ce qui touche aux transports, à la construction, à l'environnement, etc.

Comme toutes ces questions relèvent des lois de la Nature et que les mathématiques sont là, par définition, pour transcrire les lois de la Nature, on peut estimer que tout ingénieur a besoin de mathématiques. Cette vision évidente et simpliste se révèle fausse dans 90% des cas. Il faut se souvenir de ce que disait Alphonse de Rothschild : *"il y a trois manières de se ruiner : les femmes, le jeu et les ingénieurs ; les deux premières sont les plus agréables, la troisième est la plus sûre"*.

III. Qu'en est-il en réalité ?

En réalité, la quasi-totalité des entreprises, administrations et collectivités locales estiment n'avoir pas besoin de mathématiques, pour deux raisons qui se rencontrent en général simultanément :

1. Elles ont déjà tous les outils nécessaires.

Nous avons écrit récemment à une grande entreprise du secteur du nucléaire pour nous enquérir de ses besoins ; réponse : nous utilisons la règle de trois et nous avons des tableurs Excel pour cela.

On ne peut qu'admirer la stupidité de la réponse : les lois de la Nature sont hautement non linéaires et presque toujours discontinues ; elles ne se réduisent pas à la règle de trois.

Dans d'autres cas, on nous dit : nous avons nos codes de calcul, très complexes, et nous jetons des runs au hasard, selon la méthode de Monte-Carlo.

Là encore, on admire la stupidité de la réponse : quand on ne sait pas résoudre un problème, s'en remettre au hasard est parfaitement absurde.

Dans les deux cas, le dénominateur commun aux deux réponses est : nous voulons réfléchir le moins possible, et le recours aux mathématiques nous y obligerait. Nous allons donc l'éviter.

2. Nous avons nos convictions

Bien sûr, c'est présenté sous la forme : nous avons déjà procédé à toutes les études nécessaires, nous avons consulté toute la bibliographie disponible, nous sommes parvenus à des conclusions et il est maintenant temps d'agir : le temps des études est dépassé.

Ce type d'attitude est constant en ce qui concerne l'environnement. Les responsables prétendent que les études ont déjà été menées. Lorsqu'on leur montre les erreurs de raisonnement, ou qu'on porte à leur connaissance des données qui contredisent leurs dogmes, ils refusent tout simplement de les voir. Ils ont bien entendu en interne quantité d'ingénieurs qui ont produit quantité d'études sur lesquelles s'appuient les responsables politiques ; nous y reviendrons.

Le point commun de ces deux explications est que nous sommes entrés, depuis 40 ans environ, dans une ère d'obscurantisme. Le dogme général consiste à réfléchir le moins possible ; simplifier les lois de la Nature et refuser de les voir sont deux facettes de la même situation.

IV. Qu'est-ce qu'une situation d'obscurantisme ?

Elles sont très faciles à reconnaître : toutes situations où les responsables refusent de voir les lois de la Nature et se retranchent derrière leurs convictions. C'est en particulier le cas, actuellement, pour tout ce qui touche à l'environnement et le meilleur exemple est celui de la décarbonation, devenue un objectif premier pour un grand nombre d'institutions (entreprises, administrations, collectivités locales).

Le dogme revendiqué est celui selon lequel la Planète serait en danger du fait de l'activité humaine ; le climat serait détraqué. Or le climat a toujours été variable, il ne l'est pas plus aujourd'hui que par le passé ; l'homme n'y est pour rien et n'y peut rien. Tout ceci a été clairement établi et démontré par un grand nombre de scientifiques, mais les responsables sont prisonniers de leurs croisades et refusent de voir les arguments qui s'y opposent : il est inutile d'y revenir.

Pour les entreprises, le dogme de la décarbonation les mène inéluctablement à la faillite : elles sont obligées de remplacer des process industriels, bien rodés depuis des dizaines d'années, par des process nouveaux, beaucoup plus coûteux, et dont le bon fonctionnement est incertain. Les clients, mécontents du prix et du résultat, se détournent des produits de l'entreprise.

Pour les collectivités locales et les administrations, la décarbonation se traduit par une augmentation des impôts et contributions diverses, par des restrictions de toute nature, portant sur la circulation, le BTP, l'énergie, etc. Dans tous les cas, le pauvre citoyen de base est mécontent : il ne peut plus se loger, sa facture d'énergie augmente, il ne peut plus circuler, etc.

Les périodes d'obscurantisme sont fréquentes dans l'histoire de l'humanité ; la plus longue, à notre connaissance, a duré 1 800 ans, entre Aristarque de Samos et Copernic : on croyait la Terre immobile, tout le reste tournant autour. Il y a une constante dans les périodes d'obscurantisme : l'humanité se donne une importance qu'elle n'a pas.

Elles peuvent être fort longues ; il n'y a pas d'indication que la période présente doive être brève, à ceci près qu'elle ruine le pays à court terme : ceci provoquera peut-être un sursaut.

Est cataloguée comme relevant de l'obscurantisme toute institution qui obéit au dogme, que celui-ci soit assumé ou imposé. Il existe d'innombrables façons de rédiger un bilan carbone "a minima" ; toute institution qui rédige son bilan "a maxima" en disant "voyez comme nous sommes vertueux" relève de l'obscurantisme et est condamnée à brève échéance.

V. Que fait l'ingénieur en période d'obscurantisme ?

Prenons un ingénieur qui travaille dans l'une de ces innombrables institutions qui ont décidé de décarboner. Son rôle est simple : il va participer à la décarbonation. Il est inutile de lui proposer des mathématiques : il n'en voudra pas, puisqu'il a déjà ses études et ses convictions. S'il jette un coup d'œil sur un raisonnement mathématique, il verra une contradiction entre les données et ses convictions : risque de schizophrénie. De plus, cela le mettra en porte-à-faux vis-à-vis de son employeur et sa carrière en souffrira. Son confort intellectuel et le bon déroulement de sa carrière veulent qu'il refuse.

Il y a quelques années, nous avons eu un contrat avec la Ville de Paris : il s'agissait d'estimer les émissions de polluants, par les véhicules, en fonction de la vitesse. Nous avons établi que la courbe a la forme d'un U, décroissante puis croissante : c'est évident, parce que si vous restez longtemps dans une artère, à très faible vitesse, vous polluez beaucoup. Mais la Mairie de Paris a refusé nos conclusions parce que, pour elle, toutes les études doivent montrer qu'il faut réduire la vitesse des véhicules. C'est un dogme auquel aucun raisonnement rationnel ne peut s'opposer. Les ingénieurs de la Mairie n'ont pas retenu nos conclusions.

Donc, l'ingénieur se cramponne à ses dogmes et à son confort intellectuel. Mais, un jour ou l'autre, l'entreprise, acculée à la faillite par sa politique de décarbonation, va licencier. L'ingénieur, qui a passé son temps à programmer en Python la politique de décarbonation de l'entreprise, se retrouve licencié : il est facile de trouver en Inde ou au Mexique des ingénieurs qualifiés qui feront la même chose à un coût bien moindre.

VI. Et c'est là que les mathématiques interviennent

L'ingénieur en décarbonation, s'il n'est pas trop stupide, comprendra aisément que ses malheurs proviennent du fait que l'institution qui l'emploie a méprisé les lois de la Nature, au profit de dogmes absurdes. Il va donc se dire : "soit, je vais être licencié, mais préparons l'avenir". Comment préparer l'avenir ? La réponse va de soi : en se souciant des lois de la Nature. Et on est bien obligé d'apprendre un peu de mathématiques pour y parvenir.

Et sur son CV, au lieu de "je sais programmer en Python", il mettra en première ligne "j'ai une formation en mathématiques, qui me permet de comprendre les lois de la Nature". Paulo majora canamus, comme disait Virgile.

VII. Les mathématiques et les lois de la Nature

N'allons pas trop vite : une telle description est admissible sur un CV, nécessairement simplifié, mais les mathématiques ne parviennent pas, dans la majorité des cas, à comprendre véritablement les lois de la Nature. Il s'agit d'un langage, créé pour cela, qui a évolué en 6000 ans (voir Arthur Koestler : les Somnambules [2]) mais dont les insuffisances sont évidentes. Nous n'avons que des connaissances empiriques, des lois simplifiées, dont la portée réelle est généralement inconnue. De plus, les mathématiques, discipline académique, sont généralement mal enseignées : il s'agit d'un débat dans lequel nous n'entrerons pas ici.

Il serait donc malhonnête de notre part de présenter au jeune ingénieur qui vient d'être licencié pour cause de décarbonation (ou qui est sur le point de l'être) les mathématiques comme un Graal, science merveilleuse qui le mettra définitivement à l'abri du besoin. La programmation en Python est sans doute une science exacte ; les mathématiques ne le sont pas : nous tentons de comprendre les lois de la Nature, en général nous n'y parvenons pas, mais nous avons tout de même quelques belles réalisations à notre actif, d'Archimède à Kepler. On citera ici Max Planck (Autobiographie scientifique) [3] : *"La science invite l'homme à apprendre ; la religion l'invite à agir"*. Les insuffisances assumées des mathématiques constituent un attrait supplémentaire, pour quiconque est doté de curiosité intellectuelle.

VIII. L'apport à une formation technique

S'il veut renforcer son CV en y faisant figurer une formation aux mathématiques, l'ingénieur pourra aborder quatre domaines, qui sont d'intérêt général pour toutes les institutions :

- La prise en compte des incertitudes, qui est réclamée aujourd'hui par toutes les Autorités de Sûreté, mais aussi par la population dans son ensemble. Il faut de solides connaissances en probabilités. Ces incertitudes portent sur les données recueillies, sur les lois physiques qui interviennent, mais aussi sur les objectifs, qui ne sont jamais uniques et invariables.
- La gestion des ressources, qui relève de cette branche des mathématiques appelée recherche opérationnelle. L'idée générale est qu'il faut tirer le meilleur parti possible des ressources disponibles, par exemple en réduisant les trajets, en rangeant mieux les containers, etc. Toute situation de la vie courante se prête à cette préoccupation : ne peut-on faire mieux avec les mêmes ressources, voire avec des ressources réduites ?
- Le vieillissement des équipements, des matériels, des matériaux, qui relève de lois de la physique mal connues : en général non-linéaires et discontinues. Le rôle de l'ingénieur sera ici de relever toutes les données disponibles et de tenter de les organiser pour en faire des lois.
- La cartographie des risques naturels, des pollutions, etc., qui correspond à un besoin très pressant de la société civile : aussi bien des citoyens que des collectivités locales et des entreprises.

Il s'abstiendra évidemment de mentionner sur son CV toute expertise en intelligence artificielle ou big data, sauf s'il veut être licencié à nouveau. La compréhension des lois de la Nature passe par la réflexion : il faut y consacrer du temps et ne pas se contenter de récupérer n'importe comment des données éparses et de mauvaise qualité, qu'on fera ensuite traiter par des boîtes noires, qu'on appellera réseaux de neurones, etc. Quoi que nous fassions en ces domaines, les Chinois, les Indiens et les Mexicains le feront aussi bien que nous, pour un coût très inférieur. Notre spécificité, qui fera que le CV sera retenu, est notre capacité à réfléchir, pas à programmer, pas à appuyer sur des boutons !

Mentionner quelques connaissances techniques générales, ou au moins un intérêt, à propos de sujets clairement identifiés comme importants socialement, ne peut nuire à personne.

IX. Un bienfait pour notre discipline

Cette volonté et cette nécessité de conquérir un nouveau public, qui, a priori, n'est pas ouvert aux mathématiques sera un bien pour notre discipline, nous obligeant à nous remettre en cause, dans notre manière d'enseigner et, plus généralement, de présenter nos activités. Les mathématiques, aujourd'hui, sont devenues une discipline trop académique, comme s'en inquiétait Von Neumann dès 1947 ; voir son article "Empirisme et dégénérescence en mathématiques" [4].

Un élitisme excessif devrait être évité à l'avenir. Il ne repose que sur des critères extrêmement stricts, limités à des capacités techniques internes à la discipline. De même, des assertions du style "les mathématiques sont l'honneur de l'esprit humain" (Jean Dieudonné, [5]) sont excessives.

Les mathématiciens n'ont pas à rougir du niveau de développement auquel notre discipline est parvenue depuis six mille ans. Il est évident que le développement des sciences de la Nature en général repose de plus en plus souvent sur un formalisme mathématique, qui est lui-même de plus en plus sophistiqué : relativité, mécanique quantique, etc. C'est à bon droit que René Thom ("Prédire n'est pas expliquer" [6]) critique ce formalisme, et qu'il déclare que la mécanique quantique est le plus grand scandale intellectuel du XXème siècle, parce que l'on n'y comprend rien.

Même pour décrire l'évolution de la fortune d'un joueur lors d'un jeu de pile ou face (situation que tout le monde comprend), on a besoin d'un arsenal mathématique très élaboré (Alexandre Khintchine, voir mon livre "Simple Random Walks" [7] pour une version quantitative).

Que les mathématiciens aient développé des théories très difficiles et très élaborées, c'est un fait, mais la valeur explicative de ces théories, en ce qui concerne les lois de la Nature, est imparfaite et discutable : nous avons donc tout intérêt à être plus modestes, lorsque nous nous adressons au grand public ou, plus spécifiquement, aux ingénieurs que nous essayons d'attirer vers notre discipline.

X. L'apport intellectuel des mathématiques

Venons-en à l'élément essentiel : l'apport intellectuel des mathématiques, pour une formation d'ingénieur. Il se résume à quelques règles simples, que nous énonçons ci-dessous.

On constate avec stupéfaction que ces règles étaient évidentes lors du Siècle des Lumières, encore acceptées des institutions il y a 20 ans, mais en totale contradiction avec ce qu'on entend communément aujourd'hui : à les énoncer, on est certain d'être insulté, ridiculisé, traîné dans la boue.

Ces règles ne sont pas propres aux mathématiques, mais concernent toutes les disciplines scientifiques ; peut-être, en mathématiques, avons-nous une certaine antériorité, qui fait que, pour nous, les règles sont plus strictes.

1. Règle 1.- Validité d'un résultat

La validité d'un résultat ne dépend que de la qualité des données d'entrée et de la rigueur des raisonnements. Elle est totalement indépendante de la personnalité de l'auteur (notoriété, titres académiques, nationalité, appartenance politique, religieuse, ethnique) et du mode de financement.

Laurent Schwartz racontait l'histoire d'un mathématicien qui avait massacré toute sa famille à coups de hache. On l'a enfermé dans un asile, où il a démontré de très beaux théorèmes sur les fonctions de la variable complexe. Ces résultats ont la même valeur que s'il avait été titulaire d'une chaire au Collège de France.

De même, la nature du financement est sans objet. Une étude payée par un Cartel n'a pas moins de valeur qu'une étude émanant des Adorateurs de Sainte Thérèse.

Toute référence à la notoriété de l'auteur, à ses actions passées, à sa nationalité, ses orientations politiques ou religieuses, à son dévouement à telle ou telle cause relève de l'obscurantisme et discrédite immédiatement le commentaire en question.

2. Règle 2.- Neutralité de l'investigation

L'investigation des lois de la Nature doit se faire avec un esprit neutre. Ces lois ne sont pas là pour plaire ou déplaire à l'espèce humaine.

Voltaire (Candide, [8]) :

"Quand Sa Hautesse envoie un vaisseau en Égypte, s'embarrasse-t-elle si les souris qui sont dans le vaisseau sont à leur aise ou non ?"

Par conséquent, pour toute investigation, vous devez retenir toutes les données pertinentes, et pas seulement celles qui vont dans le sens que vous souhaiteriez. Cela s'appelle l'honnêteté intellectuelle.

3. Règle 3. – La critique est nécessaire

Tout travail qui n'a pas été soumis à la critique d'une communauté compétente et libre de ses propos est absolument sans valeur.

Boileau (Art Poétique, [9]) :

*Craignez-vous pour vos vers la censure publique ?
Soyez-vous à vous-même un sévère critique.
L'ignorance toujours est prête à s'admirer.
Faites-vous des amis prompts à vous censurer ;
Qu'ils soient de vos écrits les confidens sincères,
Et de tous vos défauts les zélés adversaires.
Dépouillez devant eux l'arrogance d'auteur ;
Mais sachez de l'ami discerner le flatteur.
Tel vous semble applaudir, qui vous raille et vous joue.
Aimez qu'on vous conseille, et non pas qu'on vous loue.*

Pour éviter la diffusion et la critique, beaucoup diront : mais nos données sont absolument confidentielles. Les données peut-être, mais pas le problème sous-jacent. On peut toujours mettre les données sous forme générique et les soumettre à une communauté qualifiée.

Archimède [10] écrivait à ses amis pour solliciter leur avis sur ses travaux. La lettre qui suit a plus de 2200 ans et elle a été écrite par le plus grand génie que l'espèce humaine a jamais produit ; il est bon d'y prêter attention :

ARCHIMEDE A DOSITHEE, SALUT

Lorsque j'eus appris que Conon, le seul de mes amis qui me restait encore, était mort, que tu étais étroitement lié d'amitié avec lui, et très versé dans la géométrie, je fus grandement affligé de la mort d'un homme qui était mon ami et qui avait dans les sciences mathématiques une sagacité tout à fait admirable ; et je pris la résolution de t'envoyer, comme je l'aurais fait à lui-même, un théorème de géométrie, dont personne ne s'était encore occupé et qu'enfin j'ai voulu examiner. J'ai découvert ce théorème, d'abord par des considérations de mécanique, et ensuite par des raisonnements géométriques. Parmi ceux qui ont cultivé la géométrie avant nous, quelques-uns ont entrepris de faire voir comment il serait possible de trouver une surface rectiligne égale à un cercle ou à un segment de cercle. Ils ont ensuite essayé de carrer la surface comprise par la section d'un cône entier et par une droite, mais en admettant des lemmes difficiles à accorder. Aussi ont-ils été repris par plusieurs personnes comme n'ayant point atteint leur but. Mais je ne sache pas qu'il se soit encore trouvé une seule personne qui ait cherché à carrer la surface comprise sous une droite et une parabole. Ce que nous avons certainement fait aujourd'hui, car nous démontrons qu'un segment quelconque compris entre une droite et une parabole est égal à quatre fois le tiers du triangle qui a la même base et la même hauteur que le segment.

[...]

Comme j'ai écrit les démonstrations de ce théorème, je te les envoie. Tu verras comment il a été résolu d'abord par des considérations de mécanique, et ensuite par des raisonnements géométriques. Nous mettrons en tête de ce traité les éléments des sections coniques qui sont nécessaires pour démontrer ce théorème. Porte-toi bien.

La SCM, à de multiples reprises, a eu à travailler dans des domaines très confidentiels. Par exemple, à la demande du CEA/STXN, nous avons eu à analyser des bases de données pour hiérarchiser les paramètres qui y intervenaient. Nous n'avons jamais su de quoi il s'agissait, si ce n'est que le STXN s'occupe des chaudières des sous-marins nucléaires.

Dans les années 1995-2005, nous avons fait de nombreuses publications avec les ingénieurs de la Direction Générale pour l'Armement : algorithmes de fuite pour sous-marins ou interception de torpilles. Les articles étaient publiés dans un contexte banalisé : un chasseur et un lapin. A l'époque, les ingénieurs de la DGA recherchaient ces publications, pour la même raison qu'Archimède : soumettre les travaux à la critique.

4. Règle 4. – On ne peut à la fois être juge et partie

Cette règle, qui vient en complément de la précédente, est systématiquement appliquée pour les publications scientifiques, qui sont toujours soumises à un "referee". Elle est systématiquement ignorée en milieu industriel : ce sont les mêmes qui conçoivent les méthodes et qui portent un jugement sur leur validité.

5. Règle 5. - Il faut prendre son temps

L'investigation des lois de la Nature prend du temps : il faut commencer par recueillir des données, en examiner la pertinence et la précision, les analyser, les corriger au besoin, et en tirer des conclusions sous forme de lois.

Boileau (Art Poétique, [9]) :

*Un poème excellent, où tout marche et se suit,
N'est pas de ces travaux qu'un caprice produit :
Il veut du temps, des soins ; et ce pénible ouvrage
Jamais d'un écolier ne fut l'apprentissage.*

Kepler, initialement, pensait venir à bout de l'orbite de Mars en trois semaines ; il lui a fallu cinq ans. Ceci n'est pas propre aux mathématiques : il a fallu cinq ans à Victor Hugo pour écrire "les Misérables".

Si une entreprise, de type Startup, prétend pouvoir faire la démonstration de sûreté pour un nouveau réacteur nucléaire en quelques jours, avec l'aide d'un thésard et d'un logiciel jamais validé, une seule réaction : la poubelle. Il y a peu, nous avons été sollicités pour évaluer la qualité d'une telle rédaction et nous avons rédigé un rapport très critique, transmis à l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique (Vienne, Autriche) ; un haut responsable nous a rappelés le lendemain en riant : des projets comme celui-là, nous a-t-il dit, il y en a 82 ; aucun d'eux ne verra jamais le jour.

6. Règle 6. – Les conclusions doivent être complètes et honnêtes

Vous procédez à des investigations ; quel qu'en soit le résultat, vous avez l'obligation de rendre compte de tous les résultats.

Assurément, en période d'obscurantisme, ils vont déplaire et on va vous les reprocher. Si par exemple votre étude conclut que tel type d'éolienne n'est pas adapté à telles conditions climatiques, vous aurez contre vous vos collègues, vos supérieurs hiérarchiques, la direction générale, l'opinion publique et la presse : difficile de résister. Mais, d'un autre côté, dites vous bien que c'est Satan qui est en charge des lois de la Nature : la lutte est inégale.

Richard Feynman ("Vous voulez rire, M. Feynman", [11]) :

"Ce qu'il faut, c'est donner le maximum d'informations, toutes les informations nécessaires, pour que les autres puissent porter un jugement en toute connaissance de cause ; il faut surtout éviter de ne donner que les informations qui orientent le jugement dans une seule direction. [...]

L'expérience prouve d'ailleurs que de toute façon la vérité finit toujours par triompher : tôt ou tard, d'autres referont vos expériences et les confirmeront, ou les infirmeront : tôt ou tard, les phénomènes manifesteront leur accord ou leur désaccord avec votre théorie. Et même si momentanément vos expériences, ou votre théorie, vous valent des avantages et une certaine gloire, à long terme, votre réputation n'a rien à gagner à ce que l'on découvre que vous n'avez pas travaillé sérieusement."

XI. Que faut-il mettre dans une formation ?

Il y a quelques années, un jeune, ingénieur fraîchement diplômé, était venu me voir : que faut-il lire pour travailler à la SCM ? Faut-il commencer par Bourbaki, Espaces Vectoriels Topologiques, chapitres 1 à 4 ? Ou bien préférez-vous les cours de Dixmier ou de Choquet ? Ou bien encore le livre de Cartan sur les fonctions analytiques ?

Rien de tout cela, lui ai-je répondu. Il faut lire Victor Hugo [12] :

- Peut-être pas tout Victor Hugo, mais la Légende des Siècles ;
- Peut-être pas toute la Légende des Siècles, mais le Cycle Héroïque Chrétien ;
- Peut-être pas tout le Cycle Héroïque Chrétien, mais le poème Aymerillot ;
- Peut-être pas tout Aymerillot, mais ces quatre vers :

Grand Dieu ! que voulez-vous que je fasse à présent ?

Mes yeux cherchent en vain un brave au cœur puissant,

Et vont, tout effrayés de nos immenses tâches,

De ceux-là qui sont morts à ceux-ci qui sont lâches !

L'intéressé n'a pas compris mon propos. Il m'a demandé si nous avions une mutuelle et je l'ai jeté dehors. Les règles énoncées plus haut ne sont pas des règles techniques ; elles relèvent de la personnalité : curiosité intellectuelle, honnêteté intellectuelle. Si vous ne comprenez pas cela, "il est inutile de vous égarer aux rives du Gange" (Chateaubriand, Mémoires d'Outre-Tombe).

XII. Qui est responsable ?

L'intéressé n'est pas totalement responsable de cette déliquescence ; certes, il pourrait conserver un brin de personnalité, se dire qu'il a fait des études et que ces études ne le prédisposent pas à programmer (serait-ce en Python) des idées, des méthodes, que d'autres ont développées. L'art de l'ingénieur ne se réduit pas à la programmation. Mais le déclin intellectuel que nous subissons depuis au moins quarante ans fait que l'ambition n'est plus de saison. Plus personne ne se reconnaît dans cette citation de Saint-Exupéry (Citadelle, [13]) :

Une civilisation repose sur ce qui est exigé des hommes, non sur ce qui leur est fourni.

Tout en haut de l'échelle, on voit les responsables politiques engager le pays dans des croisades grotesques, entièrement dépourvues de fondement rationnel, dont la conséquence immédiate est de ruiner le pays. Comme le dit Victor Hugo ("Les Châtiments", [14]), ils y sont encouragés par les élus :

*Est-ce qu'ils vont changer, est-ce là notre compte ?
Ce pays de lumière en un pays de honte ?*

par les grands corps de l'Etat :

*La loi râlait, ayant en vain crié main-forte ;
Vous avez partagé les habits de la morte.
Par César achetés,
De tous nos droits livrés vous avez fait des ventes ;
Toutes ses trahisons ont trouvé pour servantes
Toutes vos lâchetés*

par les journalistes :

*Votre immonde journal est une charretée
De masques déguisés en prédicants camus,
Qui passent en prêchant la cohue ameutée
Et qui parlent argot entre deux oremus.*

par les organismes de formation, à commencer par les écoles d'ingénieurs, et par les employeurs, tous tête baissée devant les injonctions du pouvoir politique, si absurdes soient-elles.

Les responsabilités sont si largement partagées, de manière si ancienne, les résultats si largement acceptés, qu'il est vain de les prendre de front : vouloir tout changer du jour au lendemain.

XIII. Que peut-on faire ?

1. Pas de mendicité

Il faut d'abord éviter toute situation de mendicité. Il y a quelques années, la communauté mathématique du monde académique avait commandité une étude, faite par des consultants bien complaisants, d'où ressortait que la part des mathématiques dans le PIB de la France était de l'ordre de 10%. A l'époque, j'avais fait observer que la part des oculistes devait être de 50%, puisque la moitié des gens portent des lunettes.

Beaucoup d'emplois sont subventionnés, notamment en ce qui concerne la R&D, et beaucoup d'orientations industrielles ne subsistent que grâce aux aides qu'elles reçoivent. Si nous voulons attirer les ingénieurs vers de nouvelles orientations, il faut que celles-ci présentent un équilibre économique.

2. Les résistances

Il y aura deux sortes de résistance : celle des entreprises et celle des ingénieurs eux-mêmes.

- Les entreprises

Bon nombre sont habituées à un dialogue avec les autorités de tutelle, même si ce dialogue est dépourvu de contenu. Récemment, une entreprise du secteur agro-alimentaire nous a interrogés : elle avait constaté, dans le produit fini, la présence d'une substance particulière, susceptible d'être cancérigène, au terme d'un process de fabrication. Nous avons fait observer que cette substance se trouvait dans la Nature et que les animaux la mangeaient naturellement : il suffisait donc de documenter convenablement les éléments factuels disponibles. Mais les responsables, par pusillanimité, ont préféré continuer un dialogue à base de modèles mathématiques absurdes et sans contenu.

Beaucoup d'entreprises, on le voit actuellement, sont totalement incapables d'adresser directement les lois de la Nature. Pour elles, ce qui prime, ce sont les règlements édictés par les Autorités. Lorsque ces règlements sont absurdes, elles sont incapables d'en prendre conscience et, encore moins, de les remettre en cause.

- Les ingénieurs

Beaucoup n'ont tout simplement pas la personnalité, les capacités intellectuelles, pour être réellement ingénieurs : pour eux, programmer en Python est l'ambition ultime. Il ne servira à rien de leur présenter les attraits des lois de la Nature : ils veulent être au chaud derrière leur ordinateur.

3. Îlot de stabilité

La meilleure stratégie pour nous est celle que préconisaient Max Planck et Werner Heisenberg en 1933 [16] : créer des îlots de stabilité où les conditions de curiosité intellectuelle et d'honnêteté intellectuelle auront droit de cité. Il reste bon nombre d'entreprises qui se reconnaissent dans ces vertus et même qui considèrent qu'elles sont indispensables pour la survie à long terme. Comme disait Abraham Lincoln : *"On ne peut pas tromper tout le monde tout le temps"*.

Il faut, en construisant ces îlots de stabilité, éviter toute compromission : le but est la prise en compte des lois de la Nature et non les injonctions du pouvoir politique ou de la presse. Nous y accepterons volontiers les ingénieurs qui en acceptent la discipline. Mais les conditions actuelles, particulièrement difficiles, exigent une très grande vigilance : pas d'interférence du pouvoir politique, pas d'évaluation par des commissions, pas de subventions, de crédit d'impôt, etc., rien qui se rattache au politiquement correct et qui lui permette d'y mettre un œil.

Pour nous, les mathématiques sont un "vecteur de curiosité" ; un moyen, si imparfait soit-il, de décrire et comprendre les lois de la Nature. Tant mieux s'il reste beaucoup à faire !

Laissons Baudelaire conclure [16] :

*"Nous voulons, tant ce feu nous brûle le cerveau,
Plonger au fond du gouffre, Enfer ou Ciel, qu'importe ?
Au fond de l'Inconnu pour trouver du nouveau !"*

XIV. Références

- [1] Bernard Beauzamy : La déformation par la recherche
https://www.scmsa.eu/archives/BB_Deformation_Recherche_1999.pdf
Article publié dans la revue "Pour la Science", juin 1999, no 260.
- [2] Arthur Koestler : les Somnambules, 1959, 2010 réédition Les Belles Lettres
- [3] Max Planck : Autobiographie scientifique- Champs sciences (n° 247) réédition 2010.
- [4] John Von Neumann, 1947 "Empirisme et dégénérescence en mathématiques"
https://www.scmsa.eu/archives/Von_Neumann.pdf.
- [5] Jean Dieudonné : Pour l'honneur de l'esprit humain, les mathématiques d'aujourd'hui, collection Histoire et philosophie des sciences, Ed. Hachette, 1987.
- [6] René Thom : Prédire n'est pas expliquer, Champs Sciences, 2009
- [7] Bernard Beauzamy : Simple Random Walks, SCM SA 2020
https://www.scmsa.eu/livres/SCM_SRW_order.htm
- [8] Voltaire : Candide, Livre de Poche – réédition 2007
- [9] Nicolas Boileau : Art poétique, Livre de Poche – réédition 2012
- [10] Archimède, œuvres choisies. Editions de la SCM, 2024
https://www.scmsa.eu/livres/SCM_ARCH_order.htm
- [11] Richard P. Feynman : Vous voulez rire, Monsieur Feynman ! Editions Odile Jacob, 2000
- [12] Victor Hugo : Aymerillot. La Légende des siècles, Hetzel, 1859, 1 (p. 93-108).
- [13] Antoine de Saint-Exupéry : Citadelle, Livre de Poche – réédition 2000
- [14] Victor Hugo : Les Châtiments, 1853
- [15] Werner Heisenberg : La Partie et le Tout, Champs Sciences, réédition 2016
- [16] Charles Baudelaire : Les Fleurs du Mal : Le Voyage