

La Lettre de la S.C.M.



Juin 2022

Numéro 98

ISSN : 2112-4698

*Il n'y a point de plus cruelle tyrannie que celle que l'on exerce à l'ombre des lois
et avec les couleurs de la justice (Montesquieu)*

Éditorial par Bernard Beauzamy : *Se rendre utile*

Nous recevons fréquemment des demandes de stage, émanant de jeunes qui viennent nous voir : dans leur vie professionnelle future, ils aspirent à "se rendre utiles". C'est une triple erreur de raisonnement qui ne peut qu'inquiéter : ignorance et naïveté.

Tout d'abord, ce que souhaitent ces jeunes n'est pas de se rendre utiles : ils veulent être reconnus, ce qui n'est pas du tout la même chose. La profession la plus utile est celle d'agriculteur, qui nourrit l'humanité, mais c'est en même temps la plus décriée : on lui reproche de polluer et le taux de suicide y est particulièrement élevé. La société civile, à l'heure actuelle, est incapable de discerner ce qui lui est "utile" ; elle ne voit, en période d'obscurantisme, que ce qui va dans le sens de consensus artificiels et grotesques, le premier étant "se débarrasser du CO2".

Ensuite, si l'on veut se rendre utile, pourquoi faire des mathématiques ? Il n'y a que deux exemples, dans toute l'histoire de l'humanité, où la société civile ait fait appel à un mathématicien et cela s'est mal terminé pour lui dans les deux cas. Le premier est Archimède, tué par les Romains lors du siège de Syracuse (212 av. JC) ; le second est Alan Turing, qui a aidé les Alliés à déchiffrer la machine Enigma (1944) et qui s'est suicidé pour échapper aux poursuites que cette même société civile intentait contre lui (il était homosexuel). Entre Archimède et Turing, rien. Bien sûr, de nos jours, il y a quantité de pseudo-mathématiciens qui font quantité de pseudo-modèles pour résoudre tous les pseudo-problèmes que l'époque secrète, mais cela ne se compare pas, pas plus que les tressaillements adipeux d'une foule en boubou ne se comparent aux danseuses étoilées de l'Opéra de Paris.

L'origine et le plus grand développement des mathématiques se trouvent dans l'effort de guerre : cela remonte à Archimède et inclut le développement du GPS par le "Department of Defense" des USA. Se rendre utile, en la circonstance, consiste donc à améliorer la précision et la portée des armes. La SCM y a contribué de manière effective, au travers d'un contrat en cotraitance avec Matra BAé Dynamics : améliorer la précision d'un missile guidé par un autodirecteur à infra-rouge, en phase terminale.

Comme chacun sait, le guidage d'un missile n'est pas facile : la vitesse est élevée et les corrections de trajectoire sont brusques. On remédiait à la relative imprécision de l'impact en augmentant la charge explosive ; ainsi, même si le missile tombe un peu loin de sa cible, celle-ci sera détruite. Mais il y a des inconvénients : cela augmente le poids total et la possibilité de dommages collatéraux.

Grâce aux travaux de la SCM (formules de correction de nature probabiliste), la précision terminale a pu être considérablement améliorée. La presse n'a pas rendu compte de ce progrès, alors qu'elle l'aurait fait si nous avions creusé un trou pour y mettre du CO2.

Le jeune qui vient nous voir pour "se rendre utile" n'est pas conscient des applications des mathématiques ; pour lui, elles serviront à calculer le diamètre du trou, non à guider le missile. Et pourquoi s'adresser à la SCM ? C'est la troisième faute de raisonnement.

Les mathématiques telles que nous les concevons servent à décrire les lois de la Nature, qui existent de manière objective, et non à fournir des alibis intellectuels à des dirigeants incompetents et malhonnêtes. En période d'obscurantisme, la très grande majorité de la population va suivre les dirigeants dans leur incompetence et leur malhonnêteté, aidés en cela par les journaux et tous les organismes censés conseiller le gouvernement. Vouloir interpréter des données à la seule lumière des lois de la Nature est donc l'échec assuré, du point de vue de l'opinion publique en général ; seuls quelques donneurs d'ordre, qui ont réellement besoin d'un traitement objectif, manifesteront leur intérêt. Postuler à un stage à la SCM, pour un jeune qui veut "se rendre utile", est un non-sens. Au mieux, il en ressortira avec un sceau indélébile : incapacité à se plier à la discipline du "parti".

On peut vouloir travailler à la SCM, mais uniquement si on s'intéresse aux lois de la Nature, pour ce qu'elles sont objectivement, et non à l'image que l'humanité s'en fait. Comme disait Voltaire (Candide, 1759) : "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 ?"

Bernard Beauzamy

Andra

Nous avons terminé fin mai notre travail pour l'ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) : il s'agissait d'évaluer les possibles variations de température, en surface, au cours des décennies à venir, autour du site de Bure. Les installations souterraines où les déchets seront stockés ne sont évidemment pas concernées.

Tout à fait par hasard, et indépendamment des préoccupations de l'Andra, notre travail a mis en évidence un fait étonnant : sur les 70 dernières années, l'évolution des températures est la même partout en France. Nous avons extrait du site European Climate Assessment & Dataset (<https://www.ecad.eu/>) les séries chronologiques relatives à 12 villes, et tracé le graphe des variations de température (moyenne annuelle) sur 70 ans. Ces graphes sont identiques pour les 12 villes.

C'est assez surprenant, et va à l'encontre de ce que nous avons tous appris à l'école : la France a une grande diversité de climats (méditerranéen, océanique, montagnard, continental, etc.). Dans son livre "Histoire du climat depuis l'an mil", Emmanuel Leroy Ladurie pose la question de la taille des territoires qui sont homogènes du point de vue des variations climatiques. Il semble que ce soit le cas pour la France entière, et peut-être pour l'Europe de l'Ouest.

Par ailleurs, nous avons voulu rédiger pour l'Andra un document qui soit accessible au grand public : cela exige de définir correctement des termes comme "durée de retour" et "probabilité d'occurrence", qui sont souvent mal compris, d'où des querelles portant sur la définition même. Notre travail pour l'Andra se termine donc par un "glossaire", où nous donnons des définitions précises, avec des exemples. Ce glossaire, qui est d'intérêt général, sera prochainement mis en ligne sur notre site web. Les commentaires et les remarques sont les bienvenus.

Bouygues Energies et Services

Nous poursuivons notre collaboration avec Bouygues E&S, débutée en avril 2022. Le sujet concerne la maintenance du Tribunal Judiciaire de Paris et la constitution d'un système d'information recueillant toutes les données. Trois critères sont pris en compte : la durée de vie théorique des équipements (définie en principe par le fabricant), leur vétusté (constatée par inspection) et le taux de pannes (les diverses interventions sont enregistrées). L'utilisation des locaux est évidemment un paramètre essentiel. L'originalité de la démarche est qu'elle apparaît dès la mise en service du bâtiment et qu'elle cherche à être à la fois précise et exhaustive. Le rôle de la SCM est en particulier de vérifier que tel équipement, qui figure sur la liste des signalements, figure également sur celle des réparations, avec des explications suffisantes : nature de la panne, durée de la réparation, etc.

Bien des industriels n'ont pas ce souci de mémoire et ne se préoccupent pas des maintenances réalisées ; ils n'en gardent pas une trace précise, ce qui fait qu'au bout de dix ans personne ne sait plus quel est l'état réel du réseau ou du bâtiment. Nous avons récemment travaillé avec un grand industriel, spécialiste de la rénovation de voies ferrées : une locomotive, tombée en panne, a été renvoyée à l'atelier et est revenue sur le terrain, au bout de quelques jours, sans avoir été réparée. Il y a là un dysfonctionnement majeur dans la constitution du système d'information relatif aux maintenances.

Bouygues E&S nous a en outre adressé deux documents, qui concernent les exercices d'évacuation en cas d'incendie.

Le sujet rejoint nos préoccupations relatives aux capteurs. Depuis des dizaines d'années, sont progressivement apparus des matériaux non inflammables ; le nombre d'incendies s'est considérablement réduit. On ne voit plus guère, dans Paris, ces voitures de pompiers avec de grandes échelles ; le parc a été reconverti en "véhicules de secours", capables de prendre en charge les victimes d'une crise cardiaque (en 2010, la SCM a réalisé une étude statistique relative aux interventions, pour le compte de la Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris ; le but était un nouveau dimensionnement des casernes et des véhicules).

On continue cependant à exécuter des exercices d'évacuation, obligatoires, qui ne sont que des répétitions à l'infini de situations peu plausibles. La surveillance générale de l'état du bâtiment, la détection des incendies, puis l'aide à la décision pour l'évacuation du public et des collaborateurs, vont, de plus en plus souvent, être confiées à des systèmes automatisés. L'information provient de capteurs. La question se pose : comment sait-on qu'ils fonctionnent correctement ?

Jadis, tous les extincteurs équipant un bâtiment étaient déposés et vérifiés une fois par an, par un organisme spécialisé qui apposait sa signature. Pour les capteurs, aucune obligation de ce type. Lorsque le système automatisé, en cas d'incendie, va guider la foule vers une issue, comment être sûr qu'il le fait à bon escient, que le chemin est praticable et que l'issue n'est pas condamnée ?

Il y a là un recours à l'intelligence artificielle qui, sans vérification périodique, nous paraît dangereux. Des protocoles de vérification doivent être établis et mis en œuvre de manière régulière, tout comme on le faisait jadis avec les extincteurs.

Nous organiserons un colloque sur ce thème : six conférences en une journée, entre le 15 septembre et le 15 octobre ; la date précise n'est pas encore connue.

Big data

Il y a, à l'heure actuelle, une mode consistant à récupérer le plus de données possible, le plus souvent possible, y compris pour la surveillance des bâtiments et la prévention des catastrophes naturelles. Températures : pour surveiller 500 millions de km² (surface de la Terre), il faut autant de capteurs (à raison d'un capteur par km²) ; si on ajoute 5 couches dans l'atmosphère et 5 dans les océans (c'est le moins que l'on puisse faire), on obtient 5 milliards de capteurs ; chacun envoie une information toutes les minutes. Qu'en fera-t-on ? Idem pour la santé des populations. Population mondiale de 8 milliards, 20 paramètres par personne, on a 160 milliards de données par minute.

Les zéloteurs du big data, les fabricants de capteurs de toute espèce, vont s'exclamer : mais c'est fondamental ! On connaîtra ainsi les variations climatiques et l'état général de la planète et l'état sanitaire des populations. Les politiques prendront des décisions s'appuyant sur des données réelles, telle l'interdiction de circulation des automobiles, si l'on constate que la pureté de l'air est affectée et les difficultés respiratoires plus nombreuses.

Il faudra un équipement lourd, coûteux, et susceptible de multiples défaillances. Il ne donnera qu'une photographie instantanée, sans aucune référence à l'évolution historique ni aux possibles explications : c'est la porte ouverte à tous les abus, à toutes les décisions irrationnelles, à la propagation de toutes les peurs. On vous dit : cette épidémie a fait 300 morts hier ; quelle horreur ! il faut se confiner. On oublie de vous dire qu'il y a environ 1600 morts par jour en France, de mort naturelle, et que l'on a rencontré, par le passé, des épidémies beaucoup plus sévères. Retenons ceci : la donnée brute, sortie de son contexte, est de peu d'intérêt ; elle est souvent mauvaise conseillère.

L'utilisation irraisonnée d'énormes quantités de données, sorties de leur contexte, est dépourvue de tout pouvoir explicatif. Prenons l'exemple des températures, qui inquiète beaucoup les populations. On peut mesurer de multiples paramètres : annuellement, les moyennes, maxima et minima, ou bien mensuellement, ou par jour, par heure, etc. Une même journée peut être considérée comme très chaude (moyenne sur la journée) et très froide (minimum atteint). En jouant sur ces présentations, on en trouvera facilement une susceptible d'inquiéter le public. Si on fixe un critère qui paraît raisonnable, comme la moyenne annuelle, on s'aperçoit que l'évolution n'a rien d'inquiétant.

Méthode d'anticipation

À la demande d'une société financière suisse, nous avons mis au point une méthode d'anticipation des prix du "Brent", variété de pétrole de la mer du Nord. Elle utilise, comme données d'entrée, les cotations du Brent et de deux dérivés, enregistrés journalièrement. Si on se place à une date donnée, la méthode donnera une estimation du prix du Brent 5 jours après (une anticipation à 2, 3, 4 jours est également possible). Nous l'avons testée de multiples manières : nous plaçant à une date quelconque, utilisant uniquement les données disponibles à cette date, nous pouvons prévoir le prix du Brent 5 jours après et comparer avec la réalisation effective. Les tests que nous avons menés ont donné satisfaction, en période de hausse comme de baisse.

Nous pensons maintenant que la méthode peut intéresser les industriels et pas seulement les institutions financières. Expliquons ceci.

Notre méthode d'anticipation se présente de la manière suivante : il y a une variable Y qu'il s'agit d'anticiper et deux "paramètres d'appui", X_1 et X_2 . La méthode utilise l'espérance conditionnelle de Y , connaissant la loi conjointe de X_1 et X_2 après décalage temporel. C'est en définitive assez simple, pour quiconque est un peu familier avec les probabilités : quelques lignes de code de Visual Basic sous Excel suffisent.

La méthode est bien adaptée à une anticipation à court terme (une semaine maximum). La principale difficulté est le choix des paramètres d'appui ; deux situations se présentent :

- Ou bien on les cherche en utilisant une connaissance métier ; c'était le cas pour le Brent : le client nous a fourni 4 paramètres et nous en avons retenu deux ;
- Ou bien on cherche, un peu à l'aveugle, dans d'énormes bases de données, les paramètres les plus appropriés.

Dans le cas d'une utilisation industrielle, la variable de sortie Y est la variable d'intérêt pour le client ; ce peut être par exemple la qualité d'un acier ou les rejets en polluants. Les paramètres d'appui sont à rechercher parmi tous les paramètres enregistrés lors du fonctionnement du process.

Dans le cas du four d'incinération de déchets de SARP Industries, sur lequel nous avons travaillé l'an dernier, il y avait environ 130 paramètres enregistrés en continu ; la variable d'intérêt était les émissions de CO₂. Notre méthode permettrait une conclusion du type : voici deux paramètres qui, avec un décalage de 6 heures, conditionnent les rejets de CO₂.

L'anticipation d'une série chronologique peut se faire de manière rationnelle : il s'agit de mettre en évidence d'autres séries qui, après décalage temporel, vont être suffisamment corrélées avec celle qui nous intéresse (en d'autres termes, qui ont des caractéristiques de "précurseurs", même s'il ne s'agit pas de causalité) et d'utiliser ces précurseurs pour tirer des conclusions.

On sait par que les oiseaux fuient avant les séismes ; sans doute perçoivent-ils des signaux faibles, que les moyens humains ne savent pas capter. Si le phénomène est suffisamment clair et confirmé, on pourrait utiliser cette fuite comme un signal précurseur du séisme. L'interprétation logique est facile dans ce cas : les oiseaux auraient des sens plus aiguisés que les nôtres, et ils percevraient la propagation d'une onde sismique bien avant nos instruments. La notion de "précurseur" a un sens logique, même si on ne sait pas expliquer le lien et la vérification informatique, portant sur deux séries temporelles, est immédiate.

Recrutements

Bon nombre d'organismes et d'entreprises sortent de la torpeur où le gouvernement les a plongés depuis deux ans et l'activité reprend progressivement. Nous-mêmes sommes davantage sollicités et nous voici, pour quelques mois, en phase de recrutement. Il est intéressant de comparer la situation avec celle que nous avons connue il y a plus de 25 ans, lors de la création de la SCM.

À l'époque, le sujet de prédilection, pour les jeunes formés aux mathématiques, était l'analyse numérique, encore appelée calcul scientifique. On croyait connaître les lois fondamentales de la physique ; la résolution des problèmes devait se faire par "discrétisation" (découper un domaine et linéariser les lois). Cette approche était assurément naïve (bien des lois sont de nature probabiliste) mais n'était pas absurde.

Les candidats à un emploi d'ingénieur (bac+5) étaient étrangers à 75%, ne connaissaient que l'analyse numérique, étaient totalement ignorants des probabilités et largement incapables de s'intéresser aux problèmes de la vie réelle, s'ils ne sont pas présentés sous forme de discrétisation d'un problème bien posé.

En 2022, les candidats sont d'origine étrangère à 95% ; leur CV clame "je sais programmer en Python", splendide oriflamme que seule détient une élite. Ils sont tout étonnés lorsque l'employeur ne tombe pas à genoux en sanglotant, comme le Faust de Goethe : "instant arrête-toi, tu es trop beau".

Comme leurs ancêtres, ils ignorent tout des probabilités, et sont incapables de poser un problème : ils ne savent que programmer. La régression intellectuelle est claire : la réflexion a disparu, seule subsiste la programmation. Ils sont incapables de chercher à comprendre les besoins du donneur d'ordre et ils ramènent tout à une pensée unique qui n'existait pas il y a 25 ans : il faut sauver la planète et, pour cela, introduire pêle-mêle, en des proportions variables, l'intelligence artificielle, le big data, les économies d'énergie, tout ceci sous la forme d'un programme Python, bien sûr.

Compte-tenu du brassage de populations impliquées dans de tels projets, on peut annoncer que, d'ici peu, tous les textes sacrés de toutes les religions se fondront en un algorithme unique écrit en Python :

```
while "nombre de morts=0"  
print("tu ne tueras point")
```

Les pires candidats sont ceux qui ont achevé un doctorat : ils croient que cela leur donne une légitimité particulière ; en réalité, ils ne l'ont préparé que pour pouvoir se tenir à distance du monde réel pendant quelques années supplémentaires.

Il est inutile de chercher à discuter et à convaincre : toutes les explications à propos des attentes des employeurs sont données sur notre site web, mais aucun candidat ne prend la peine de les lire avant un entretien d'embauche. Nos besoins sont limités et nous finissons toujours par trouver quelqu'un qui sort du lot.

Un jour, un jeune diplômé, intéressé par nos activités, est venu nous voir ; il a demandé : "quelles lectures recommanderiez-vous ? Faut-il commencer par les quatre tomes des "Espaces Vectoriels Topologiques", de Bourbaki, ou par le cours d'analyse de Godement ?

Nous lui avons répondu : rien de tout cela n'est vraiment utile à notre activité. Vous devriez lire Victor Hugo, mais peut-être pas tout : seulement la Légende des Siècles. Peut-être pas tout : seulement le Cycle Héroïque Chrétien. Peut-être pas tout : seulement Aymerillot. Peut-être pas tout : seulement la dernière partie du poème, qui commence par "Ils refusèrent tous...".

En fait, il n'y a que quatre vers à lire, mais encore faut-il les comprendre :

*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 !*

Le jeune diplômé a cru à une boutade ; il est parti un peu décontenancé, non sans avoir demandé si nous avions une mutuelle, flèche de Parthe bien inutile, qui a manqué sa cible.

Encore plus récemment, un jeune est venu nous voir ; il a commencé par préciser qu'il ne savait pas programmer et qu'il ne souhaitait pas sauver la planète ; seule la musique l'intéresse. C'est un peu loin de nos activités, mais "plus rayonnants que l'archange céleste", nous lui avons proposé un stage !

Prendre son temps

Nous disons fréquemment que la réalisation d'une étude à caractère mathématique prend du temps, beaucoup plus que la simple programmation des algorithmes. Bien des gens nous demandent : mais enfin, comment est-ce possible ? Les mathématiques existent depuis environ 6 000 ans, et vous devriez avoir développé depuis longtemps des méthodes de résolution adaptées à tous les problèmes qui se rencontrent.

Cette question est pertinente et la réponse peut être donnée à plusieurs niveaux. Il est certain que si le problème consiste en la recherche des solutions de $f(x)=0$, on trouvera la solution rapidement, même si f est une fonction très complexe, au besoin en utilisant des routines numériques : elles ont fait récemment de très gros progrès.

Mais les problèmes qu'on nous soumet sont d'un autre ordre : la fonction n'est pas explicite et elle dépend d'un grand nombre de paramètres. On ne peut espérer explorer explicitement l'espace des configurations ; il faut faire des regroupements, hiérarchiser les paramètres, etc., et on n'est jamais complètement certain de la validité de l'approche retenue, qui comporte toujours une bonne part d'empirisme.

Comme nous l'avons déjà expliqué, l'approche aléatoire (de type "Monte-Carlo"), consistant à tester des points choisis au hasard, est totalement à proscrire. Elle consiste à croire qu'un dieu bienveillant guidera le choix des points tests vers les endroits qui méritent examen, mais cela relève de la paresse intellectuelle. Si on fait 10^9 tests et que l'espace des configurations comporte 10^{50} points, ce n'est plus de la bienveillance de la part du dieu, mais de la complicité ! Il mérite d'être poursuivi pour tromperie aggravée et escroquerie en bande organisée. Une démonstration de sûreté qui utilise les tirages de Monte-Carlo est à rejeter par principe.

Disons pour fixer les idées que le problème posé porte sur la recherche d'un minimum : c'est fréquent en pratique (minimiser les coûts, les rejets de polluants, etc.). Mathématiquement, on décrit habituellement ceci au moyen d'une fonction de plusieurs variables, ayant certaines propriétés de continuité, dérivabilité, etc. Mais rien n'assure que cette description soit la bonne, c'est-à-dire représente une réalité. Le premier point qui saute aux yeux est qu'elle néglige les incertitudes, pourtant essentielles dans la mesure de tous les phénomènes naturels ; savoir si cette simplification est abusive ou non relève de l'intime conviction de chacun. La prise en compte des incertitudes est (à juste titre) de plus en plus souvent réclamée par les Autorités de Sûreté ; c'est un travail complexe et qui prend du temps.

Le second point qui retient l'attention est que les fonctions utilisées sont supposées continues, alors que la Nature est essentiellement discrète (en particulier au niveau de la mécanique quantique). Enfin, en mathématiques, on ne peut optimiser qu'un seul critère à la fois, alors que le donneur d'ordre en réclame plusieurs simultanément.

Les mathématiques sont souvent présentées comme un langage, destiné à retranscrire les lois de la Nature. A ce titre, elles auraient vocation à être universelles : un Martien aurait les mêmes. Cette façon de voir est communément acceptée par les mathématiciens dans leur ensemble, sauf Von Neumann ; dans son petit livre "The Computer and The Brain", 1955, il compare le langage mathématique avec le "système de notation" utilisé par le cerveau humain et il conclut qu'ils sont fondamentalement différents. Plus près de nous, David Ruelle s'interroge "Is Our Mathematics Natural ?".

Nos mathématiques échouent à apporter des réponses à des questions simples et physiquement bien posées. Voici un exemple : pourquoi la Lune est-elle encore là ? La trajectoire est décrite par la loi de la gravitation universelle, mais la Lune aurait dû la quitter depuis longtemps, du fait des chocs avec les météorites. La même question se pose à propos de la stabilité du système solaire ; voir un article récent de Jacques Laskar (Séminaire Poincaré XIV, 2010, 221 – 246) ; l'auteur simplifie en considérant les planètes comme des points matériels ; nous ne savons pas si cette simplification est abusive ou non.

Un autre exemple est le formalisme mathématique utilisé en mécanique quantique, à partir d'espaces hilbertiens. Il est dû à Von Neumann, mais aurait dû évoluer : sur de nombreux points, il apparaît comme peu satisfaisant, apportant des réponses confuses et souvent contradictoires.

Les mathématiques sont effectivement destinées à décrire les lois de la Nature et elles y parviennent dans une large mesure, même si elles ne sont pas le langage absolu, immédiat et universel que beaucoup imaginent. Si imparfaites que soient nos connaissances en ce domaine, elles sont bien supérieures à ce que savent réaliser les autres disciplines. A ce jour, la SCM a résolu tous les problèmes qui lui ont été proposés, même si bien souvent la solution est imparfaite et si l'étude prend du temps.

Si l'humanité veut améliorer ses conditions de vie, son alimentation, ses sources d'énergie, sa résistance aux maladies, ce n'est pas de nouvelles théories mathématiques qu'elle a besoin, mais d'un retour au bon sens : qu'un Dieu bienveillant veuille bien descendre sur la Terre et distribuer de bonnes baffes à tous ceux qui les méritent !