

La Lettre de la S.C.M.



Décembre 2019

Numéro 88

ISSN : 2112-4698

La vérité ne fait pas tant de bien en ce monde que ses apparences n'y font de mal (La Rochefoucauld)

Éditorial par Bernard Beauzamy : Flux d'informations

Lavater a dit "Dieu préserve ceux qu'il chérit des lectures inutiles" (cité par Baudelaire dans "Petits poèmes en prose", 1868) ; il dirait sans doute aujourd'hui "des informations inutiles", et ceci inclut toutes les sottises que déversent sur nous, en permanence, les téléphones, les journaux, la télévision, etc. Le glissement de terrain le plus insignifiant, en Papouasie septentrionale, nous est infligé à longueur de journée, s'il peut incriminer les forages d'une multinationale ou bien la déforestation par les agriculteurs. Le souhait de l'humanité semble être que chacun soit connecté à tous les autres, que chacun ait, en temps réel, connaissance de tout ce qui se passe partout sur la surface du globe et, bientôt, sur les planètes avoisinantes. C'est absurde, d'autant que, pour l'essentiel, ces informations sont à la fois sans intérêt, fausses et manipulées.

L'actualité n'est pas seule en cause ; les historiens se mettent à réécrire l'histoire selon les critères qui les arrangent, si bien qu'il est devenu pratiquement impossible d'avoir une vue objective même d'un passé récent, comme le Premier empire, et a fortiori d'un passé plus ancien, comme la civilisation grecque. L'historien moderne est incapable de présenter un fait ; il faut qu'il le modifie pour montrer que, pour lui, l'époque actuelle est un progrès.

Toutes les informations destinées à des hommes sont donc à prendre avec circonspection. A l'inverse, on pourrait penser que les informations émanant de machines, d'appareils de mesure, de capteurs, en bref tout ce qu'on appelle "données", sera plus fiable. Il n'en est rien ; nous allons le voir.

Tout ceci est réjouissant pour un mathématicien : les données sont nécessaires à notre travail ; l'analyse préliminaire des signaux recueillis par les récepteurs fait partie des contrats que nous traitons.

On constate, de manière générale, toutes sortes de bizarreries, d'incohérences, de malhonnêtetés ; c'est en vérité assez naturel, parce que les données recueillies le sont dans le but de faire passer une vérité que l'on voudrait sans controverse.

Dans le domaine du climat, il y a de moins en moins de capteurs, que ce soit de température ou de concentration en CO2. Les zones couvertes sont insignifiantes, mais la doctrine du "réchauffement climatique" est considérée comme bien établie. Dans ces conditions, les capteurs ne servent plus à rien. Les religions ne se sont jamais propagées grâce à des données : il n'y a pas de capteurs de miracles au voisinage des églises.

On me dira que tout ne se réduit pas à des polémiques de société ; un certain nombre de capteurs servent à alimenter des décisions techniques, comme par exemple le guidage d'un véhicule autonome ou le bon fonctionnement d'un process industriel. Les responsables ont tout intérêt à avoir des systèmes de mesure et d'information qui soient les plus fiables possible.

Eh bien non ! Dans l'immense majorité des cas que nous avons rencontrés, les systèmes de capteurs ont été mal définis ; ils recueillent, plus ou moins bien, des quantités d'information qui se révèlent inexploitable.

La mode est au GPS pour émettre des informations de position et à la fibre optique pour la transmettre. Sauf à passer pour le dernier des ploucs, on utilisera une fibre optique à effet Raman. Un fabricant de gants pour moto les équipera de GPS, pour vérifier que le gant gauche et le gant droit ne s'éloignent pas trop l'un de l'autre. Bref, plus c'est technologique, plus cela émet de gigabits, plus cela plaît. Personne, ensuite, ne se préoccupe de valider et d'exploiter. Récemment, pour un transport de containers, nous avons mis en évidence que certains trajets prenaient des années et s'étendaient sur 300 000 km, sans que cela émeuve les responsables, qui n'avaient, auparavant, jamais traité les données.

Tout véhicule autonome qui se respecte (c'est-à-dire : qui est subventionné) est, par définition, bourré de capteurs : caméras, dans le visible et dans l'infra-rouge, radars, lidars, etc. Si l'un quelconque de ces équipements est en panne, les spécialistes savent y remédier, au moyen d'une théorie appelée "hybridation". C'est très utile : prenons six ou dix personnes qui parlent en même temps, disent éventuellement des bêtises, mais pas les mêmes et pas au même moment : il faut en extraire un discours cohérent. Il existe beaucoup de théories académiques qui prétendent y parvenir.

Tout ceci est bel et bon pour la SCM : en 25 ans, nous avons développé nombre d'outils pour détecter les données incohérentes, les dysfonctionnements d'équipements, etc., et tout nous porte à croire que les 25 suivantes verront cet arsenal progresser.

Comme disait La Fontaine ("le chat et le renard") :

Le trop d'expédients peut gêner une affaire ;
On perd du temps au choix, on tente, on veut tout faire.
N'en ayons qu'un, mais qu'il soit bon.

Bernard Beauzamy

Orano Mining

Entreprise française spécialisée dans l'extraction de l'uranium, elle en est le deuxième producteur mondial et fournit des concentrés pour l'industrie nucléaire. L'une de ses principales mines, au Niger, est à ciel ouvert : l'usine de Somaïr (Société des mines de l'Air).

Notre contrat porte sur la détermination des paramètres qui influent le plus sur le bon fonctionnement de l'usine. Cette "hiérarchisation de paramètres" permet de mieux surveiller le process (le rendre le plus stable possible) et de l'optimiser (tirer le meilleur parti des installations).

La discussion avec les spécialistes d'Orano nous a permis de voir que notre méthode ne donnait pas satisfaction si, parmi les paramètres testés, certains varient trop peu (trop forte concentration de données sur la médiane). Dorénavant, nous insérerons un test préliminaire, visant à mieux évaluer la répartition des données. Nous avons perfectionné la méthode de hiérarchisation : elle travaille directement sur les données brutes, quel que soit le nombre de chiffres significatifs.

Il y a ici une question de fond : si un paramètre varie très peu, mettons entre 1 et 1.00001, cela peut signifier qu'il est constant et que les variations sont simplement des fluctuations de mesure. En ce cas, il n'influera sur rien. Mais, pour nous, les variations, si faibles soient-elles, doivent être prises en compte : elles peuvent être réelles. S'il s'avère que, dans ces conditions, le paramètre semble jouer un rôle important, cela incitera l'industriel à le mesurer plus précisément.

Cet exemple met bien en évidence la nécessité du dialogue avec les spécialistes, au sein de l'entreprise concernée : nous ne voyons que des données brutes et n'avons aucune compréhension du process industriel. Nous avons actuellement beaucoup de contrats de type "hiérarchisation de paramètres" (voir plus bas, avec le CEA et avec ArcelorMittal) ; nous pensons qu'il est bon, dans chaque cas, de prévoir plusieurs réunions de restitution et de bien laisser à l'industriel le temps de réfléchir à la portée des résultats. En particulier, il est utile de prévoir une réunion trois mois après l'achèvement du travail.

Andra

L'Andra gère le projet français CIGEO (Centre industriel de stockage géologique) : stockage profond des déchets radioactifs et à longue durée de vie, produits par l'ensemble des installations nucléaires actuelles.

La seconde partie de notre travail porte sur la surveillance de la concentration en hydrogène (produit par "radiolyse"). Notre principale conclusion est que, en phase d'exploitation du stockage, la ventilation suffit à limiter toute concentration ; il suffit alors de prévoir des capteurs mobiles pour la surveillance en cas de panne de ventilation. Ceci s'inspire de notre programme de travail "dysfonctionnement de capteurs", où nous avons analysé le réseau TELERAY de l'IRSN : il faut éviter de mettre des capteurs partout et tout le temps et n'en mettre que là où il faut et quand il le faut.

Techniquement, les simulations sont nécessaires, mais nous avons recommandé à l'Andra de ne les utiliser que de la façon la plus grossière possible : pour montrer que l'on ne s'approche jamais significativement des seuils fixés.

De manière générale, plus les calculs sont précis et plus ils sont contestables. Les Industriels ont du mal à le comprendre ; pour eux, un résultat précis est préférable à un résultat grossier.

On ne peut que souhaiter bonne chance au projet CIGEO : la plupart des "grands projets", apparus au cours des dernières décennies, ont finalement été abandonnés, quel que soit le besoin social réel.

Produits d'hygiène

Pour un grand industriel américain de la santé, nous avons construit un simulateur de l'ensemble de l'outil de production ; il a été validé en juillet, après quelques modifications. Il nous a permis de faire des recommandations destinées à améliorer la quantité produite, grâce à une simple modification de l'ordre d'alimentation des machines : changement purement logique, portant sur la chaîne de commande et non sur le "hardware". Selon les circonstances, le gain indiqué par le simulateur va de 2% à 6%, ce qui est énorme pour un process qui produit un milliard d'unités par an.

Une autre modification envisagée consiste à ne pas attendre que les réservoirs soient vides avant de les remplir, mais exigera la mise en place de capteurs spécifiques, au demeurant assez simples et peu coûteux. On peut aussi essayer de suivre les flux transitant par les divers tuyaux, pour en déduire le niveau de remplissage des réservoirs : un stock est l'intégrale d'un flux. Mais, en pratique, il est rare qu'une telle méthode fonctionne de manière satisfaisante.

CEA/STXN

Le CEA/STXN nous a demandé d'analyser une base de données, avec nos méthodes de hiérarchisation de paramètres, pour voir si notre exploration recouvrait la connaissance métier des spécialistes du sujet (voir Lettre précédente).

La seconde partie de l'étude porte sur la reconstitution d'une variable, à partir des paramètres jugés influents au cours de la première partie. Ceci se fait habituellement à partir de méthodes académiques, comme la régression linéaire, dont nous montrons ici qu'elle donne de très mauvais résultats. C'est particulièrement évident, parce que les variables ont été normalisées par le CEA pour être entre 0 et 1, et la reconstitution par régression ne possède évidemment pas cette propriété.

La reconstitution par lois de probabilités conditionnelles est simple à mettre en œuvre et donne de bons résultats. Nous l'avons déjà utilisée, dans le passé, dans le cadre d'un contrat avec Matra BAe Dynamics (maintenant MBDA), pour l'amélioration de la précision d'un missile en phase terminale. L'intérêt de ce type de méthode est, en particulier, qu'elle peut être mise en œuvre très rapidement : les résultats sont stockés sous la forme de "tables de correction" du type "si condition 1 et condition 2 et...", alors faire ceci ou cela.

Comme dit plus haut, le CEA a initialement normalisé toutes les variables pour qu'elles restent entre 0 et 1. Cela fait disparaître toute "connaissance métier" et les difficultés mentionnées plus haut dans notre contrat avec Orano Mining. Lorsque le donneur d'ordre normalise les variables, il en prend la responsabilité.

Lors de la dernière réunion, les responsables du CEA ont posé une question qui revient souvent : nous sommes principalement intéressés par les situations où le 1er paramètre se trouve entre certaines valeurs, pouvons-nous modifier les intervalles de variation pour faire un "zoom" sur cette situation ? La réponse est négative : dans une étude à caractère probabiliste, la taille des intervalles doit être décidée sur la base de considérations externes (précision attendue, par exemple), et non selon les circonstances. Par contre, il est légitime de faire deux études séparées : si le paramètre est inférieur à 1/2 et s'il est supérieur à 1/2.

Nous sommes très contents d'avoir pu travailler avec le CEA/STXN sur ces questions et d'avoir pu présenter ces approches probabilistes aux spécialistes. Jusqu'à un passé récent, les physiciens n'utilisaient que des méthodes déterministes, avec pour objectif de calculer le plus finement et le plus rapidement possible. Mais, comme nous l'avons déjà dit à de nombreuses reprises, les méthodes déterministes ont beaucoup de mal à gérer les incertitudes.

ontainers

Un Industriel du transport aérien nous a demandé d'analyser des données GPS émanant de ses containers : la base comportait plusieurs giga-octets de données. L'étude préliminaire que nous avons réalisée a montré beaucoup d'anomalies : temps de trajet s'étendant sur des années, couvrant plusieurs centaines de milliers de km, etc.

Un système d'information de ce type sert en général à normaliser la prestation attendue : dire par exemple que, du point A au point B, il faut en général 8 jours ; si l'on dépasse 10, alerte. Nous avons donc proposé de réaliser cette analyse spécifique pour une sous-famille de trois produits, portant sur trois itinéraires, à titre exploratoire. Mais l'industriel nous répond qu'il doit d'abord revoir le système d'information. Ceci est une erreur : il faut définir l'objectif avant le format des données. Comme disait Sénèque "à celui qui ne sait pas où il va, il n'y a pas de vents favorables".

oop de France

Nous avons continué le travail pour Coop de France Déshydratation, qui nous a remis plusieurs bases de données. Elles portent sur les rejets de polluants dans l'atmosphère ; il s'agit d'en faire une étude statistique, dont les résultats seront communiqués aux industriels qui participent à l'étude, de manière à définir et normaliser les meilleures pratiques. Nous avons déjà rencontré cette préoccupation d'animation d'une communauté lorsque nous avons travaillé pour l'ISSF (industriels du nickel), il y a quelques années.

Dans un premier temps, nous avons fait de nombreuses suggestions quant à l'organisation des bases de données, qui, pour le moment, ne sont pas normalisées. Un exemple est l'utilisation d'abréviations, qu'il faut standardiser. Des unités communes, une nomenclature commune, constituent la première étape pour les échanges au sein d'une communauté. C'est bien le rôle de Coop de France que de les proposer aux entreprises.

Dans un deuxième temps, on verra quelles sont les entreprises qui obtiennent les meilleurs résultats et comment elles s'y prennent. La principale difficulté est d'obtenir un taux de réponse suffisant de la part des industriels. Il faut pour cela leur simplifier le travail, en fournissant des listes brèves de questions types, avec des réponses prédéfinies. L'erreur à ne pas commettre est d'envoyer des questionnaires comportant des centaines de pages : personne ne répond. On commencera par un petit questionnaire très simple et on montrera aux entreprises l'usage que l'on fait de leurs réponses.

tlantic

Le Groupe Atlantic, qui fabrique en particulier des appareils de chauffage, nous a demandé d'analyser le nombre d'appels reçus par le Service Après-Vente : y a-t-il un lien avec la température ambiante ; est-il suffisamment clair, suffisamment déterministe, pour que l'on puisse l'utiliser pour une anticipation ?

Si par exemple Météo-France annonce qu'il fera 0°C dans une ville donnée, la semaine prochaine, pouvons-nous en déduire le nombre d'appels qu'aura à traiter le SAV à cet endroit et à ce moment ? L'intérêt pour l'industriel est évident : cela lui permet de mieux gérer les effectifs du SAV et de prévoir les pièces détachées en conséquence (nous avons rencontré cette dernière préoccupation dans un contrat pour Peugeot il y a quelques années : anticiper les appels à la garantie).

La question est intéressante en soi, mais la réponse n'est pas simple. Atlantic nous a fourni des données pour deux produits, sur deux départements, sur une dizaine d'années, et nous nous sommes procuré les données de température. Nous avons montré que le lien était loin d'être entièrement déterministe : pour une température donnée, il y a une grande variabilité des appels au SAV, pour un même produit et pour une même zone.

Techniquement, il n'est pas possible d'extrapoler le nombre d'appels au cours des années pour une température donnée, parce qu'ils sont trop peu nombreux et trop variables. Nous avons travaillé sur la ventilation des appels en fonction de la température ; il s'agit d'une loi de probabilité conditionnelle portant sur la répartition en pourcentage, en fonction de la température ; la méthode est donc assez complexe. Pour la valider, nous avons comparé nos pronostics, établis sur des données incluant 2018, avec ce qui s'est passé début 2019 et, dans l'ensemble, la méthode donne d'excellents résultats.

Nous avons proposé au Groupe Atlantic la réalisation d'un dispositif d'alerte, analogue à ce que nous avons réalisé pour Peugeot : si, au cours d'une période donnée, les appels sont trop nombreux, compte tenu de la température, cela peut signifier un défaut dans la fabrication ou dans l'installation des équipements. La variabilité en fonction de la température permet d'établir un "intervalle de confiance" pour le nombre d'appels attendus ; la sortie de cet intervalle peut signifier une baisse de qualité du produit.

rcelorMittal

Nous avons repris la collaboration avec la R&D du Groupe ArcelorMittal, située à Maizières-les-Metz ; notre précédent contrat datait de 2011-2012. La question posée, mathématiquement parlant, est, là encore, celle d'une hiérarchisation de paramètres, pour une meilleure compréhension d'un phénomène inévitable : l'usure de rouleaux de laminage de brames d'acier. Il s'agit de mettre en évidence les paramètres prépondérants, afin de mieux les contrôler et de prévoir des vérifications et maintenances préventives. Nous allons également développer un simulateur, qui permettra de réduire l'usure.

Ici, et cela répond bien à nos attentes, le contrat prend la forme d'un "accord de prestations de services" entre AMMR (Arcelor-Mittal Maizières Research) et la SCM ; il s'étend sur une durée suffisante pour permettre les échanges et les discussions. En outre, AMMR a déjà financé une thèse sur ces questions ; les résultats nous en ont été communiqués et le thésard participera à l'avancement des travaux.

ours de probabilités

D'octobre à décembre, nous avons assuré un cours de probabilités à destination des ingénieurs, une séance par semaine. Nous avons présenté les principales applications : estimation des risques, phénomènes extrêmes, détection de données aberrantes, reconstruction de données manquantes, etc.

Vingt-cinquième anniversaire de la SCM

Le 25^{ème} anniversaire de la SCM sera fêté les mardi 25 et mercredi 26 février 2020, sous la forme d'un colloque, dont le titre est "Les lois de la Nature" et le sous-titre "Qu'on le veuille ou non, Satan conduit le bal".

Des conférences prestigieuses et diverses réjouissances sont prévues, dont l'inauguration d'un "biglotron" en vraie grandeur. Le biglotron d'origine a été conçu par Pierre Dac dans les années 1960, mais le nôtre a été grandement perfectionné pour répondre aux besoins de notre époque : il est capable d'absorber une grande quantité d'énergie et d'émettre une grande quantité de CO2.

Déchets

Tous les jours, les médias nous inondent d'informations alarmistes : les océans seraient emplis de déchets en plastique, au point que les petits poissons pourraient à peine nager. Conclusion sans nuance : nous devons immédiatement cesser toute production de plastique et les politiques légifèrent à cet effet avec beaucoup d'énergie.

C'est clairement l'exemple d'une décision absurde et irréfléchie, prise sans s'être à aucun moment préoccupé des faits. Il faudrait au contraire :

-Vérifier que le plastique est effectivement présent dans les océans, en quantités significatives. Les associations qui cherchent à émouvoir l'opinion sont, dans l'ensemble, d'une très grande malhonnêteté et on ne peut leur faire confiance ;

-Vérifier que ce plastique peut effectivement causer des dommages à la faune et à la flore : ce n'est en rien évident ;

-Vérifier que ce plastique provient bien de chez nous : ce n'est pas évident non plus. En France, les déchets de ce type sont collectés, puis incinérés.

-Si, au terme de ces vérifications, on constate que l'industrie française a une part de responsabilité, il faut encore analyser les solutions de remplacement avant de prendre une décision.

Il y a une cinquantaine d'années, dans nos campagnes, chacun venait au quotidien chercher le lait dans une "laitière", récipient généralement en aluminium. La crémère versait un litre, au moyen d'une louche. Il fallait ensuite laver le récipient avant l'utilisation suivante. Bien sûr, le lait n'était pas pasteurisé et il ne se gardait pas très longtemps. Chacun conviendra que les bouteilles de lait pasteurisé, à usage unique, sont un progrès, aussi bien de confort que d'hygiène. On peut acheter plusieurs bouteilles d'un seul coup et le lait, de meilleure qualité, se garde plus longtemps. Bien sûr, la bouteille vide va à la poubelle.

On assiste, sur ce sujet comme sur beaucoup d'autres, à des offensives médiatiques consternantes, que les politiques reprennent sans aucune réflexion, bien que, à l'évidence, elles soient dommageables à nos entreprises comme à notre mode de vie. Les journalistes voudraient un "retour à la nature", dans ce qu'elle a de plus contradictoire avec la civilisation.

On ne peut reprocher aux journalistes leur stupidité : elle est dans leurs gènes. Rien ne nous empêche de ne pas écouter leurs messages et de fonder de nouveaux journaux, en espérant qu'ils seront de meilleure qualité.

On ne peut reprocher aux politiques leur sensibilité à l'opinion publique : elle est dans leurs gènes. Rien ne nous empêche de les renvoyer à la prochaine élection et d'essayer de faire éclore des partis politiques qui sauront analyser les faits avant de prendre des décisions : aucun ne le fait actuellement.

On peut par contre reprocher aux industriels leur pusillanimité. Ils ne savent pas se défendre ; lorsqu'ils le font, c'est pour donner des gages à leurs adversaires, en admettant leurs arguments et en se plaçant sur le terrain même où ceux-ci les attendent. Ils ont, en particulier, bien accepté la doctrine des "économies d'énergie", si stupide et si dommageable à notre civilisation.

Au sortir de la seconde guerre mondiale, les industriels étaient vus comme des sauveurs ; la reconstruction du pays et le progrès technique ont assuré à chacun un bien-être jamais vu auparavant : l'opinion publique le sait très bien.

Mais, progressivement, les journalistes et les politiques, très orientés "bobos-écologues", ont voulu remettre en cause la civilisation industrielle, dans toutes ses composantes : production d'énergie (abandon des sources classiques, fiables, au profit d'énergies intermittentes très coûteuses), restrictions dans les transports (taxes de toute nature, interdictions multiples), prise en considération des déchets, rejets, "empreintes carbone", etc. En bref, nous sommes coupables d'exister.

Dans un pays aussi jacobin que la France, tout ce qui vient de l'Etat reste "parole d'évangile" pour les entreprises ; cela a permis un développement rapide quand le message était intelligent, mais cela ruine, maintenant qu'il est devenu parfaitement idiot, celles-là mêmes qui y adhèrent. Elles obéissent à des slogans absurdes, alors que, sauf celles qui sont nationalisées, elles n'y sont en rien contraintes. Le résultat est une perte de compétitivité, une baisse du niveau de vie et un chômage généralisé.

Concrètement, si les entreprises parvenaient à sortir de la pusillanimité dans laquelle elles se sont enfermées, elles devraient exiger, sur tous les sujets de société que nous mentionnons (et en particulier celui des déchets) qu'un travail scientifique préliminaire soit fait avant toute décision : collecter les données, les rendre publiques et les analyser de manière contradictoire. Il faudrait avoir le courage de contester, y compris devant les tribunaux, toute décision prise de manière prématurée et irréfléchie. On doit réclamer le retour à une démarche rationnelle, publique et transparente, fondée, comme au pénal, sur le principe du contradictoire.

On comprend évidemment que les entreprises soient à l'écoute de l'opinion publique et souhaitent avoir "bonne presse". Mais ce ne sera le cas que si elles font du politiquement correct et, en ce cas, la faillite survient à très court terme ; on le voit pour toutes celles qui s'occupent d'énergies intermittentes.

Rappelons le vers de Thomas Gray :

"The paths of glory lead but to the grave".

La SCM vous présente ses meilleurs vœux pour l'année 2020, qui sera toute pleine de carbone et d'énergie !