

La Lettre de la S.C.M.



Septembre 2021

Numéro 95

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 : reprise d'activité

L'activité de la SCM a repris début août, avec une certaine vigueur : bon nombre d'entreprises ont décidé de ne pas attendre que le gouvernement les laisse en paix pour se remettre à travailler. Qui, en effet, est capable de dire à quel moment le gouvernement cessera de vouloir nuire à toute forme d'activité, ou de promouvoir des orientations dépourvues de sens ?

Les thèmes de travail, pour les entreprises, concernent une plus grande robustesse de l'organisation en général : que ce soient les process industriels, la logistique, etc. Il n'est pas question de calculer plus vite en faisant semblant de comprendre ce que l'on calcule, mais de comprendre pourquoi, dans le passé, tel process ne s'est pas déroulé convenablement, telle livraison a été retardée, etc. Globalement, cela signifie que l'entreprise concernée a été à l'encontre des lois de la Nature, par exemple elle se rend compte que tel métal vieillit et se fragilise plus vite qu'on ne le pensait, que tel réglage n'a pas donné satisfaction, etc.

Le métier de la SCM concerne la compréhension de ces lois, non pas dans leur structure intime, mais simplement par référence à des données disponibles. Il arrive souvent en effet que l'utilisation de certaines données remette en cause les consensus les mieux établis : avant Kepler, chacun considérait que l'orbite de Mars était circulaire, pour une raison très bien étayée : seuls le mouvement rectiligne et le mouvement circulaire sont, par leur perfection, acceptables pour un Dieu, quelle que soit la représentation que l'on s'en fait. Kepler, mathématicien impérial, a pu mener ses calculs à terme, mais pour de mauvaises raisons : il s'agissait d'améliorer le pouvoir de prédiction des horoscopes. Ce sont peut-être de mauvaises raisons, mais il en est résulté une vraie connaissance.

Pour nous, en 2021, les choses sont plus difficiles qu'elles ne l'étaient pour Kepler en 1604 : nous ne sommes pas mathématiciens impériaux et nous n'avons ni son talent ni sa persévérance. A l'époque, Rodolphe II était un protecteur des arts et des sciences ; aujourd'hui, nous sommes entrés dans une période d'obscurantisme et le gouvernement passe son temps à vouloir convaincre la population de l'intérêt de dogmes, qui s'écartent des lois de la Nature, comme la transition énergétique ou la lutte contre le CO2. Au besoin, il a recours à la force pour imposer ces dogmes, et, un peu partout, les institutions de recherche se voient imposer des choix politiques : ou bien vous faites la recherche que nous vous demandons, dans le sens que nous indiquons, ou bien vous n'aurez pas d'argent. La science, dit le gouvernement, doit se mettre au service de la société, dans le sens que demande l'électeur.

Si Kepler avait vécu sous Macron, celui-ci lui aurait enjoint de démontrer que l'orbite de Mars était circulaire et aurait fait saisir toutes les données prouvant le contraire.

Les lois de la Nature ne se contentent pas de se révéler au travers de la forme de l'orbite des planètes ; elles se manifestent, pour chacun d'entre nous, par des phénomènes comme le vieillissement, la rupture, les pannes, les maladies, etc. En général, on n'en connaît pas la cause précise et on est tenté, par une sorte d'arrogance très répandue, d'en rendre l'homme responsable. Si un volcan entre en éruption, les habitants de l'île y verront un châtimement pour leur manque de piété ; ils se mettront à prier et ne s'arrêteront que lorsque l'éruption s'arrêtera. Les modernes épidémiologistes ne raisonnent pas autrement, lorsqu'ils prétendent que la fin de l'épidémie de covid est conséquence des mesures gouvernementales.

Comprendre les lois de la Nature est généralement tout à fait hors de notre portée, qu'il s'agisse d'une éruption, d'une épidémie, ou de toute autre manifestation. On peut bien sûr se doter de modèles mathématiques élaborés pour la circonstance, mais ils n'ont pas plus de valeur prédictive que les dessins rupestres que pourrait tracer une tribu de sauvages ; Rodolphe II ne s'y serait pas laissé prendre et les aurait rejetés.

La meilleure attitude consiste à observer sans vouloir agir à toute force. L'observation est une attitude humble, honnête : combien de temps le phénomène a-t-il duré ? Où a-t-il commencé ? Qui en est affecté ? On parvient ainsi, en prenant des notes en diverses régions du globe, à une compréhension satisfaisante des effets du phénomène, suffisante au quotidien pour la plupart d'entre nous.

Prenons un exemple concret, pour illustrer ceci : les inondations. Elles résultent évidemment de lois de la Nature, mais personne n'est capable d'expliquer les règles qui régissent le déplacement de masses d'eau, d'air, la perméabilité des sols, etc. En revanche, l'observation permet de savoir quelles zones sont concernées et des capteurs convenablement disposés permettent d'alerter les populations suffisamment à temps pour qu'elles puissent prendre des précautions et, éventuellement, évacuer la zone. Dans de telles zones, on peut même avoir recours à des mesures préventives, comme construire sur pilotis. Il en va de même pour tout "péril" qui affecte l'espèce humaine : plutôt que de l'attribuer à une activité coupable, obtenue au travers d'explications factices et généralement malhonnêtes, se contenter d'observer le phénomène et en tirer toute conclusion qui peut nous être utile.

Bernard Beauzamy

Rétro-ingénierie

En 2020 (voir la Lettre 89, mars 2020), nous avons travaillé pour un grand Groupe automobile, dans le cadre de son programme "dommages et pertes d'exploitation", comme nous l'avions fait par le passé pour Monceau Assurances. En effet, il est d'usage qu'une compagnie d'assurance se réassure auprès d'autres, pour mutualiser les sinistres les plus importants. Ce Groupe, comme la plupart des grands Industriels, dispose d'une compagnie d'assurance interne, appelée la "Captive", et la question se pose de savoir quel rôle elle doit jouer. Dans l'étude que nous avons réalisée en 2020, nous avons conclu qu'il devait être renforcé. Très grossièrement, l'analyse des sinistres, des primes perçues, des remboursements effectués, permettait de conclure que la Captive percevait trop de primes et ne remboursait pas assez. La Direction Générale du Groupe partageait ce sentiment.

La question s'est donc posée de la fixation de "seuils", fondamentale en réassurance : il y a des seuils de franchise, des seuils de cession au marché, etc., généralement différents selon les branches d'activité. Pour y répondre, nous avons proposé la mise en œuvre de méthodes dites de "rétro-ingénierie".

La rétro-ingénierie est utilisée par EDF, depuis 40 ans, pour l'adaptation de la production électrique à la demande. Il s'agit de savoir quelles unités de production vont être utilisées à chaque instant. EDF procède à des allocations à long terme, à moyen terme, à court terme et, en cas d'urgence, à des réallocations immédiates (le consommateur ignore tout de ceci, qui est devenu une véritable science). Le point qui nous concerne ici est que, au moins une fois par an, EDF procède à une rétro-ingénierie, consistant à se demander (avec un recul de plusieurs mois) : les choix que nous avons faits à l'époque étaient-ils les bons ? D'autres choix étaient-ils possibles, permettant par exemple de produire à moindre coût, ou bien en assurant une plus grande quantité d'eau dans les barrages en été ?

Dans le cas de la réassurance, qui nous intéresse ici, la rétro-ingénierie consisterait à reprendre les calculs sur une année, à faire varier les seuils de cession au marché, tout en conservant les mêmes sinistres et les mêmes primes. On verrait ainsi, à la fin de l'année, si l'équilibre financier du Groupe s'est amélioré et si celui de la Captive a été menacé. Il n'y a pas véritablement de coût : tout se fait sur ordinateur, mais il faut avoir conservé la mémoire des événements et s'en servir de manière honnête : si on doit prendre une décision au 15 mars, n'utiliser que les informations connues à cette date et non celles qui se sont révélées ensuite.

La rétro-ingénierie pourrait concerner la plupart des entreprises, industrielles ou non, mais les dirigeants ont souvent pour habitude de se reposer sur leur "flair" et ils ne se posent pas la question de valider les choix qui ont été faits par le passé. En théorie, ce n'est pas incompatible...

Il ne s'agit pas non plus de simulations, qui consistent à introduire des événements imaginaires, à se demander par exemple "que se produirait-il si tel incendie se produisait chez tel sous-traitant, et en quoi ceci impacterait-il notre production ?". Pour la rétro-ingénierie, on ne garde en mémoire que les événements qui se sont effectivement produits, sans en imaginer de nouveaux.

Quantité de moyens existent, qui doivent permettre aux chefs d'entreprise d'être alertés sur les risques que certaines décisions font courir à l'entreprise ; le premier d'entre eux est la présence d'un "avocat du diable" qui préviendra : les choix retenus sont-ils convenablement étayés ?

Orcades Commodities SA

C'est une société basée à Genève, spécialisée dans la production d'outils quantitatifs destinés à aider les investisseurs, notamment dans le domaine du pétrole et de ses dérivés.

Les méthodes utilisées par les gestionnaires de fonds, en particulier pour prévoir l'évolution d'un indicateur, sont hautement scientifiques comme on va le voir. Tout d'abord, on extrait d'une base de données quelques centaines de séries chronologiques, en espérant qu'elles auront le moindre rapport avec le phénomène concerné, ensuite on les "touille" au moyen d'algorithmes qui mélangent allègrement les hauts des uns avec les bas des autres. Il y a quelques années, un institut spécialisé avait voulu faire une comparaison : lequel a le meilleur résultat : un enfant, le hasard (sous la forme d'un "fonds fléchettes"), ou bien un groupe de spécialistes ? Ce dernier, bien entendu, s'est révélé le plus coûteux et le moins performant.

L'ensemble de la profession se protège des investigations extérieures par un vocabulaire volontairement flou et incompréhensible, et Baudelaire avait dû suivre des cours de mathématiques financières quand il a écrit "o charme d'un néant follement attifé".

Rien de tout cela avec Orcade Commodities. L'objectif est parfaitement identifié : prévoir les variations du prix du "Brent" (pétrole de la mer du Nord), à partir des prix de 4 produits dérivés, dont les relevés nous ont été communiqués. Au départ, il s'agissait seulement d'une information de tendance : prévoir une hausse ou une baisse, sans valeur précise.

Il semblait logique qu'une information grossière, à savoir la tendance à la hausse ou à la baisse de la valeur, soit plus facile à obtenir qu'une information précise sur quelques jours. La plupart des gens considèrent que l'information fine est plus difficile à obtenir, du fait du niveau de détail. L'information grossière ne serait qu'un substitut lorsque l'information fine ne peut être obtenue. Comme disait Rutherford, "Qualitative is nothing but poor quantitative."

Ce point de vue est radicalement erroné : l'information fine porte généralement en soi une cohérence qui facilite l'identification, tandis que l'information grossière est dépourvue de cette cohérence.

De fait, dans le cas qui nous occupe, nous nous sommes vite rendu compte que la prévision de tendance était impossible. En revanche, plusieurs paramètres étaient si bien corrélés avec la variable d'intérêt, avec un décalage de quelques jours, qu'une prévision exacte devenait possible.

Notre approche est essentiellement probabiliste. Soit Y la variable d'intérêt (le prix du Brent) et soient X_1, X_2, \dots les paramètres susceptibles d'être explicatifs. Nous déterminons, en nous servant de l'ensemble de l'historique, la loi conjointe de (X_1, X_2) . Dans chaque cellule de cette loi, nous portons les valeurs prises par Y avec le décalage temporel requis ; la prévision sera la moyenne de ces valeurs.

Ce modèle, simple et robuste, utilise l'ensemble de l'historique pour la construction de la loi conjointe, et il peut être très ancien. On peut l'améliorer en tenant compte de la différence entre la prévision et la réalisation, pour un passé récent. Les résultats préliminaires sont satisfaisants, pour une prévision d'une semaine à un mois et la confrontation des prévisions avec la réalisation est immédiate.

CINav

Le Campus des Industries Navales (CINav) est une association dont le but est de recenser les besoins en main d'œuvre des entreprises liées aux industries navales. Il a identifié bon nombre de métiers "en tension" pour lesquels les entreprises ont des emplois vacants.

Jusque fin juillet, la SCM a assuré le secrétariat du CINav en gardant trace de toutes les actions : contacts avec les entreprises, labellisation de formations, annonces sur les réseaux sociaux, etc. Tout ceci a été synthétisé sous la forme d'un document de travail, intitulé "Le Campus des Industries Navales : présentation et activités", conçu pour recevoir la plus large diffusion. Notre collaboration avec le CINav est actuellement suspendue.

SARP Industries

Nous avons repris le travail pour SARP Industries, qui traite des déchets industriels sur son site de Limay. Notre précédent contrat datait de 2019 et visait à optimiser les performances du four, en mettant en œuvre notre méthode de "hiérarchisation de paramètres", qui réalise une classification des paramètres, par ordre d'importance décroissante sur une "variable d'intérêt" désignée par ailleurs. Pour une présentation détaillée, voir sur notre site web la fiche correspondante :

http://scmsa.eu/fiches/SCM_Hierarchisation.pdf

L'application de cette méthode n'avait pas donné de bons résultats : les paramètres étaient trop nombreux, le fonctionnement du four étant extrêmement complexe. Les résultats obtenus étaient peu exploitables.

La méthode de hiérarchisation s'applique bien lorsque chaque paramètre varie dans une plage bien définie, aussi étroite que possible. L'importance d'un paramètre se traduit par la mesure de l'aire sous une courbe, aire parfaitement bien définie, mathématiquement parlant. Imaginons maintenant qu'un paramètre X puisse prendre ses valeurs dans quatre plages différentes, correspondant à quatre modalités de fonctionnement distinctes (le jour et la nuit, l'été et l'hiver, etc.). Il sera bien difficile de dire lequel, parmi ces quatre ensembles de valeurs, a une influence sur la variable de sortie : ce peut être n'importe lequel des quatre, ou toute combinaison partielle.

Pour remédier à cette difficulté, nous préférons maintenant ne plus regarder le paramètre dans sa globalité, mais distinguer selon la plage de valeurs considérée. Ceci exige, bien entendu, qu'un histogramme ait été réalisé pour le paramètre en question, mais cela fait partie des précautions préliminaires que nous prenons systématiquement : elle permet de détecter les valeurs aberrantes. En d'autres termes, au lieu d'un paramètre hétérogène, on se retrouve avec quatre sous-paramètres homogènes, correspondant à quatre situations différentes.

Fonctionnement homogène

Une préoccupation que les Industriels rencontrent souvent est d'avoir, pour leurs process, un fonctionnement homogène : toujours les mêmes éléments en entrée, toujours les mêmes éléments en sortie. Cela nous aiderait beaucoup, car il est beaucoup plus facile d'optimiser un process stable qu'un process qui change tout le temps.

Prenons un exemple pour illustrer ceci : l'an dernier, nous avons travaillé pour ArcelorMittal, qui fabrique des plaques d'acier ("brames") L'industriel avait constaté une usure, jugée excessive, des rouleaux utilisés dans les laminoirs à chaud et nous avait confié des données afin de mieux comprendre les raisons de cette usure et, si possible, de la réduire. Il y avait deux "cages" et

deux rouleaux par cage. Nous avons répondu à la question et mis en évidence les paramètres à surveiller. Mais nos résultats auraient été plus précis et plus fiables si le laminoir opérait toujours sur les mêmes brames, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Naturellement, la variabilité en entrée correspond à une variabilité dans la demande : l'Industriel fait ce qu'on lui dit de faire. Si on lui apporte tel type de déchets, il le traite ; si on lui demande de fabriquer tel type d'acier, il le fabrique. Néanmoins, nous pensons que, dans toutes les situations où il n'y a pas urgence, il y a matière à "regroupement" : au cours de telle semaine on fait ceci, au cours de telle semaine on fait cela. De bien meilleurs réglages seraient possibles et il en résulterait un accroissement de la qualité, aussi bien qu'une baisse des coûts de production.

Pourquoi n'est-ce pas fait plus souvent ? Quelquefois, c'est impossible en pratique. Mais dans d'autres cas, c'est la tradition qui a imposé le mode d'organisation, et personne n'ose la remettre en question.

Un exemple très ancien illustrera ceci. Il y a bien des années, la SNCF, Direction de la Recherche, avait demandé à la SCM de réaliser une étude probabiliste à propos de l'augmentation des "efforts longitudinaux de compression", qui apparaîtrait si les trains de fret voyaient leur longueur s'accroître. Les ELC se manifestent lorsqu'un wagon vide est entre des wagons pleins ; si le train freine, le wagon vide est "écrasé". Si de plus la voie est en courbe, il y a un risque que le train se couche. La SNCF nous avait demandé une analyse probabiliste de ces diverses situations. Nous l'avons réalisée et, à la fin de l'étude, nous avons demandé naïvement : mais enfin, qu'est-ce qui empêche de mettre les wagons vides en queue de train ? Réponse catégorique de la SNCF : on accroche les wagons au train dans leur ordre d'arrivée.

Recommandation

Une autre recommandation que nous faisons aux Industriels est d'explorer, de manière active, le résultat en sortie d'une variabilité dans les valeurs d'entrée de leurs process. L'Industriel, c'est bien normal, a tendance à vouloir normaliser : mon process requiert 10 g/l de tel produit ; efforçons-nous de lui fournir exactement 10 g/l. Notre recommandation est : non, essayez de voir ce qui se produit avec 9 g/l ou au contraire avec 11 g/l. Vous aurez ainsi une bien meilleure compréhension du process ; vous risquez de tomber sur une configuration plus favorable et, de toute façon, la Nature, un jour ou l'autre, vous imposera des valeurs différentes de celles que vous souhaitez : autant s'y être préparé. Lorsque des Autorités de Sécurité sont supposées donner un avis, elles devraient s'assurer que cette obligation de variabilité est convenablement assumée. Cette démarche d'investigation systématique fait partie de la rédaction d'une Démonstration de Sécurité ; voir à ce sujet notre fiche :

http://scmsa.eu/fiches/SCM_DGS.pdf

Surveillance d'un process

De manière générale, les Industriels enregistrent quantité de paramètres sur leurs process, souvent en "flux tendu" : c'est de là que proviennent les gigantesques fichiers Excel qui nous sont remis. Des centaines de paramètres, enregistrés toutes les minutes depuis des années constituent un "trésor" dont l'Industriel, en général, ne perçoit pas l'importance. On peut en effet le considérer comme un vaste "plan d'expérience" : la Nature a fait varier un certain nombre de paramètres, et le résultat, qui a été enregistré, peut être exploité.

L'analyse fine du fichier Excel ne montrera pas seulement les vulnérabilités du process (il fonctionne moins bien dans tel ou tel cas), mais mettra en évidence des situations où le résultat est supérieur aux attentes, ou simplement différent. Bien entendu, il faudra analyser ces résultats et en déduire des configurations reproductibles.

Les méthodes mathématiques à utiliser pour cela sont habituellement de nature probabiliste : il s'agit de "lois conditionnelles" (la loi de telle variable, sachant telle situation) ; elles s'obtiennent par une simple extraction informatique à partir du fichier initial. Naturellement, certaines précautions doivent être prises, comme expliqué plus haut à propos de la hiérarchisation de paramètres. Nous ne pensons pas, de manière générale, qu'une quelconque de ces méthodes puisse être intégralement automatisée et nous ne recommandons pas l'usage aveugle de l'intelligence artificielle.

L'automatisation à l'aveugle, la normalisation excessive des process, ne sont pas non plus à recommander. La certification a pour effet de transférer la responsabilité sur un organisme externe, à partir de vérifications de forme et non de fond : des usines parfaitement bien certifiées ont parfaitement bien explosé. Il faut se souvenir que, en définitive, Satan conduit le bal ; il réclame à chaque instant une vigilance approfondie.

Monceau Assurances

Nous travaillons avec Monceau depuis de très nombreuses années, sur tous les métiers de l'assurance : amélioration de la politique commerciale, détection des fraudes, etc. En 2017-2018, nous avons créé un outil logiciel, afin de modéliser l'exposition du portefeuille de Monceau Assurances au risque "tempête" ; les outils existants étaient trop complexes et ne donnaient pas satisfaction. L'outil a en mémoire les principales tempêtes ayant affecté la France métropolitaine (force et direction des vents, durée, etc.) et les coûts associés. Nous effectuons actuellement une mise à jour et apportons diverses améliorations. L'outil sera utilisé surtout dans la négociation avec les "cédantes" : compagnies d'assurance qui souhaitent céder à Monceau, au titre de la réassurance, tout ou partie de leur risque tempête.

L'une des principales difficultés, pour construire ce genre d'outil logiciel, est le choix de la "granularité", au sens géographique : certaines données sont disponibles à l'échelle de la commune, d'autres du département. Certaines sont fournies avec une précision du km ; pour d'autres ce sera la centaine de m. Les données anciennes ne se recoupent pas avec les nouvelles, etc.

Le principe général reste probabiliste et consiste à découper chaque tempête en "tranches de vent" (vent entre 100 et 120 km/h, etc.) et à travailler sur l'effet de chaque tranche.

RATP

Nous poursuivons notre collaboration avec la RATP : étude des freinages d'urgence de la ligne 3 du métro. La RATP voudrait être sûre que, dans le cas d'une rampe (en montée), ces freinages sont bien conformes à un "seuil de décélération" qui a été fixé.

Deux approches existent désormais. L'approche traditionnelle de la RATP consiste à utiliser les données transmises par le système "Octys" : dans chaque métro, on enregistre la rotation de roues "libres" (c'est-à-dire non motrices et non freinées) ; on en déduit le déplacement du train puis, par une double dérivation, la valeur de la décélération. Nos travaux antérieurs ont montré que ce système était imprécis ; il ne donne pas toute satisfaction.

Le présent contrat a permis à la SCM de présenter une approche déduite des lois fondamentales de la physique, tenant compte de l'énergie cinétique de rotation ("masses tournantes"), que nous avions négligée dans un premier stade. Grossièrement, le freinage d'urgence se décompose en deux phases ; au cours de la première, le conducteur appuie sur un bouton, le moteur se déconnecte et le train se met "sur l'erre" (durée environ une seconde) ; au cours de la seconde, les mâchoires se serrent et le train ralentit jusqu'à l'arrêt complet. La SCM a construit des formules physiques précisant, pour chaque phase, la durée, la distance parcourue et l'évolution de la vitesse, en fonction des trois paramètres qui interviennent évidemment : la vitesse initiale, la pente, la masse du train (qui dépend du nombre de voyageurs).

La détermination de ces formules n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire ; en particulier, la question dont un support réagit à une force (point d'appui et orientation) était traitée dans les manuels modernes de manière confuse et contradictoire. Pour la trancher, nous avons eu recours au livre de Landau-Lifchitz : Physique Théorique, tome 1 : Cours de Mécanique, Editions de la Paix, Moscou, 4ème édition, 1988, bien connu de toute une génération de physiciens.

Les formules de la SCM permettront la certification de nouveaux matériels : elles permettent de calculer la force de freinage et la distance totale d'arrêt. Mais elles ne permettent pas la comparaison avec les informations provenant du système "Octys", car elles utilisent de manière fondamentale la masse du train (c'est évident : il s'agit de variations sur le thème " $F=M.\gamma$ ") et cette masse n'est pas connue dans les conditions ordinaires d'exploitation. La masse d'un train peut varier entre 140 et 200 tonnes, selon le nombre de voyageurs.

Par le passé, nous avons fait une analyse statistique portant sur les "mauvais freinages" relevés par le système Octys et nous l'avons renouvelée : elle n'a rien révélé de significatif ; ils se répartissent à part égale entre les diverses situations d'exploitation. Deux explications étaient possibles : 1) dans certains trains, c'est le système de FU qui est fondamentalement insuffisant, et il le restera quelles que soient les circonstances ; 2) le système de mesure (y compris le système de transfert de l'information) est entaché de défaillances aléatoires, indépendantes de la situation.

A la suite de nos travaux précédents, la RATP a fait équiper, par un prestataire externe, certaines rames (celles que nous avions désignées comme suspectes) de capteurs capables de mesurer une décélération, de manière précise et directe ; ces mesures ont montré que tous les trains freinaient correctement. Les anomalies sont donc à rechercher dans l'exploitation de l'information recueillie. L'analyse des données recueillies par Octys montre de nombreuses valeurs aberrantes, y compris sur des éléments intermédiaires, comme la vitesse à la fin de la phase 1.