Société de Calcul Mathématique SA
Outils d'aide à la décision
depuis 1995

Quel usage des probabilités dans la vie réelle ?

Quel apport pour la GN ?

Exposé devant le Pôle Judiciaire de la Gendarmerie Nationale, II

par Bernard Beauzamy

20 mai 2025

I. Présentation générale

Objectif : décrire un phénomène physique dont on ne peut pas – ou ne souhaite pas – connaître les lois déterministes sous-jacentes : elles sont trop compliquées, on ne les maîtrise pas, on ne dispose pas des données nécessaires pour les alimenter.

Exemple : le débit d'un fleuve. Impossible de le déterminer de manière précise à partir d'un ensemble de lois physiques (modèles pluie-débit, etc.).

Avantages

- Très facile à mettre en œuvre ;
- Très peu coûteux (en temps d'exploitation et en financement).

Inconvénients

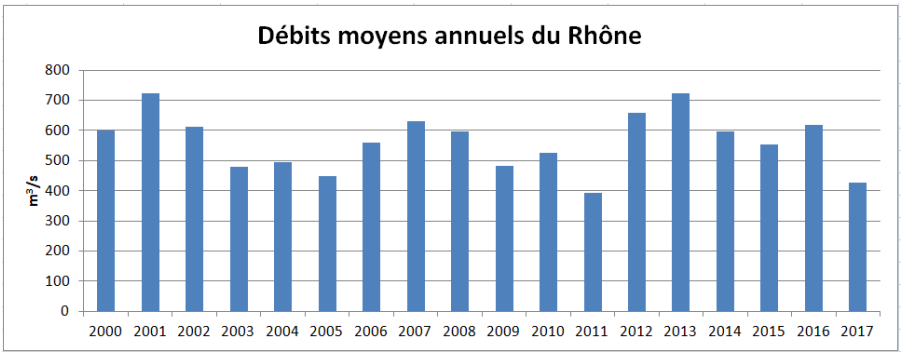
- Ne donne aucune information déterministe précise ;
- Requiert un historique de données, souvent peu disponible ou de mauvaise qualité ;
- Mal vu de Claude Bernard (mais il est mort) et des ingénieurs, qui aiment bien calculer vite sur 20 chiffres significatifs, alors que les données relatives au phénomène ne sont connues qu'à 10% près.

II. Mise en œuvre de la méthodes probabiliste

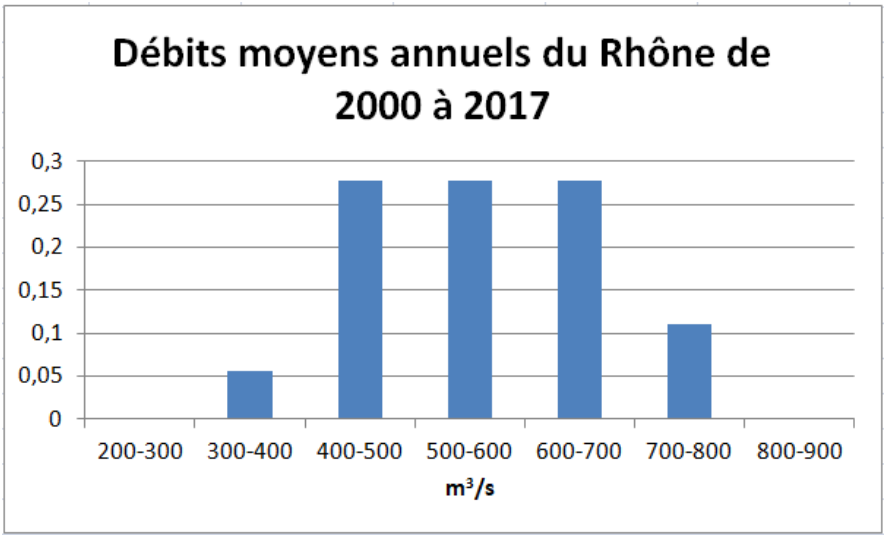
A. Etape 1 : constitution d'un histogramme

Bien distinguer entre série chronologique et histogramme.

Série chronologique :



Histogramme



Ne pas confondre avec le débit en fonction de la date.

B. Règles à observer

Est-ce $a \leq X < b$ ou $a < X \leq b$?

Peut faire une grosse différence, si les données sont peu nombreuses.

Exemples :

- nombre de cancers au voisinage d'une centrale nucléaire ;
- leucémie infantile au voisinage des lignes HT, etc.

Quelle taille pour les classes ?

- Elle doit être la même pour toutes ;
- Ne pas tricher avec les échelles logarithmiques !

Règle (honnêteté intellectuelle)

Démontrer en faisant plusieurs variantes que les choix retenus n'influent pas sur le résultat.

C. Bénéfice immédiat de l'histogramme

- permet de voir l'aspect général de la loi ;
- de détecter les valeurs aberrantes ;
- de constater qu'il y a des valeurs manquantes.

D. Fonction de répartition

Elle est définie par la formule :

$$F(x) = P(X \leq x).$$

E. Probabilités conditionnelles

En général, on ne s'intéresse pas à un phénomène Y tout seul, mais à ses occurrences en fonction d'un autre phénomène X.

Exemple : taux de crimes dans une région donnée.

On a un tableau d'observations conjointes des deux phénomènes :

no essai	param X1	param X2
1	0,213	0,245
2	0,309	0,282
3	0,371	0,347
4	0,211	0,257
5	0,348	0,345
6	0,214	0,236
7	0,108	0,214
8	0,207	0,249
9	0,245	0,292
10	0,262	0,290
11	0,638	0,502
12	0,296	0,345
13	0,077	0,101
14	0,280	0,229
15	0,230	0,251

On en déduit la loi conjointe :

X1\X2	0,05 , 0,1	0,1 , 0,15	0,15 , 0,2	0,2 , 0,25	0,25 , 0,3	0,3 , 0,35	0,35 , 0,4	0,4 , 0,45	0,45 , 0,5	0,5 , 0,55	0,55 , 0,6
0,05 , 0,1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1 , 0,15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0,15 , 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2 , 0,25	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
0,25 , 0,3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0,3 , 0,35	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
0,35 , 0,4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0,4 , 0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,45 , 0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5 , 0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,55 , 0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,6 , 0,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0,65 , 0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,7 , 0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Puis la loi conditionnelle de l'un sachant l'autre. Par exemple, ici, si on suppose que X_1 est entre 0.05 et 0.1 (première ligne du tableau), alors nécessairement X_2 est entre 0.1 et 0.15 (une seule valeur non-nulle sur la ligne).

Bénéfices

Extrêmement simple à construire : tri informatique pour réaliser le tableau.

Inconvénients

Les mêmes que précédemment.

F. Notion d'Indépendance

Notion essentielle pour l'étude des probabilités dans le monde réel

Définition Wikipedia, **radicalement fausse :**

"L'indépendance est une notion probabiliste qualifiant de manière intuitive des événements aléatoires n'ayant aucune influence l'un sur l'autre. Il s'agit d'une notion très importante en statistique et en théorie des probabilités."

Radicalement faux : l'indépendance signifie que la connaissance de l'un n'apporte aucune information sur l'autre.

Les fleuves Amazone (au Brésil) et la Volga (Russie) n'ont pas d'influence l'un sur l'autre, pourtant leurs débits ne sont pas indépendants.

Si le débit de la Volga est fort, on est au printemps dans l'hémisphère austral, donc en automne dans l'hémisphère boréal, et le débit de l'Amazone sera faible : la connaissance de l'un donne une information sur l'autre.

Lorsque des experts font des calculs où figure une hypothèse d'indépendance, se méfier ; voir premier exposé. Destination :

G. Hiérarchisation de paramètres

On est en présence d'un process Y, sur lequel peuvent influer de nombreux paramètres, $X_1, X_2, \ldots$

Question : déterminer ceux qui ont la plus grande influence sur Y.

Par exemple, quels paramètres influent le plus sur le taux de criminalité ? revenu moyen ? âge ? origine ethnique ? etc.

Erreur à ne pas commettre : calculer un coefficient de corrélation, car celui-ci ne détecte que des corrélations linéaires.

Or deux variables peuvent être très corrélées sans que la dépendance soit linéaire : exemple évident : X et X^2.

Règle : si vous voyez un rapport d'expertise où une dépendance est calculée à partir d'un coefficient de corrélation : à la poubelle.

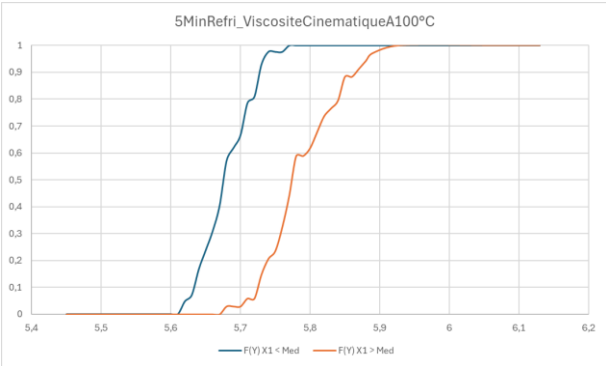
H. Méthode probabiliste très simple pour la hiérarchisation

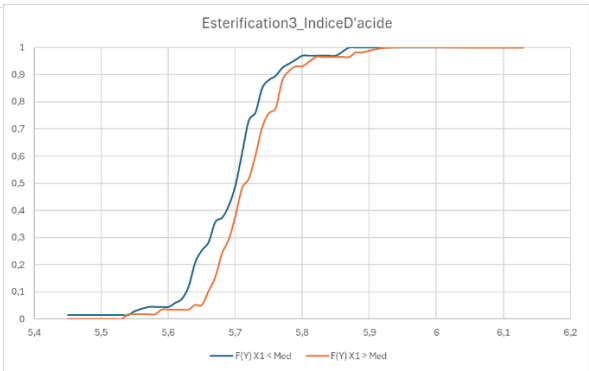
Méthode introduite par la SCM, pour s'affranchir des défauts du coefficient de corrélation.

Pour chaque paramètre, on détermine sa médiane (valeur telle que l'échantillon se divise en deux parties égales : autant inférieures à la médiane, autant supérieures à la médiane).

On détermine la loi de probabilité de Y sachant $X > m$ et sachant $X < m$, et les fonctions de répartition associées et on les compare pour les divers paramètres.

Exemple :





Plus l'aire entre les deux courbes est grande, et plus le paramètre est influent.

Bénéfices

Très facile à mettre en œuvre

Difficultés

Il faut faire attention : la méthode devient non-significative si toutes les données ou presque sont concentrées au voisinage de la médiane.

Si un paramètre est constant, il n'a aucune influence sur quoi que ce soit !

III. Les probabilités dans le monde réel

A. Le jeu de Pile ou Face

Commençons par la situation la plus simple : le jeu de Pile ou Face.

Celui qui gagne reçoit un Euro de celui qui perd.

Question : évaluer la fortune de chaque joueur au bout de N parties.

Si $X_n = \pm 1$ désigne le gain du joueur A à la $n^{ème}$ partie, son gain (valeur relative) au bout de N parties est défini par :

$$S_N = \sum_{n=1}^{N} X_n$$

Réponse généralement entendue : le jeu étant équilibré (pas de trucage), $S_N \to 0$ lorsque $N \to +\infty$: les gains et les pertes se compensent.

Radicalement faux !

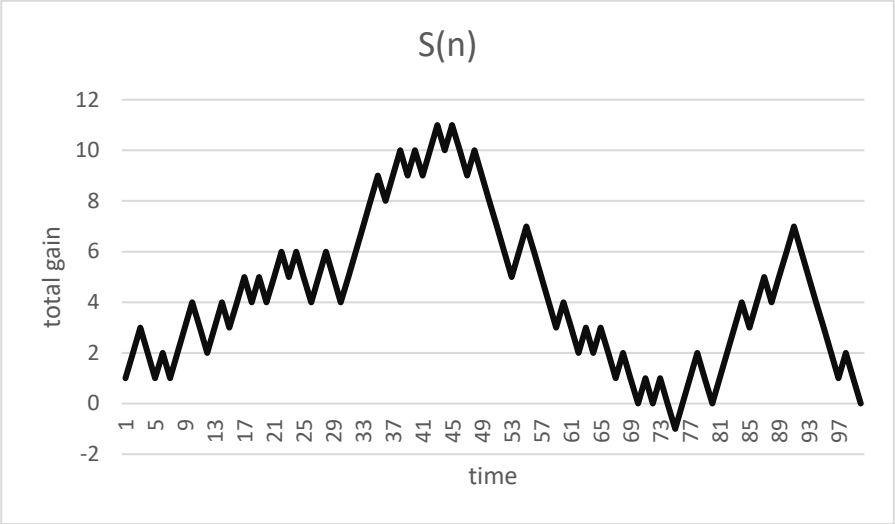
Ce qui est juste, c'est que la moyenne tend vers 0 :

$$\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} X_n \to 0$$

c'est une conséquence simple de la loi des grands nombres.

Par contre, la fortune S_N ne tend pas vers 0, bien au contraire, elle procède par larges oscillations.

Viendra un moment où A aura gagné un milliard d'Euros et un autre moment (peut-être avant, peut-être après) où il aura perdu un milliard d'Euros.



On peut s'interroger : mais enfin, A ne peut pas gagner tout le temps !
Existe-t-il une courbe de sécurité ?

La réponse est donnée par un théorème dû au mathématicien russe Alexandre Khintchine, 1924, connu sous le nom de "loi du logarithme itéré".

Définissons la fonction $\varphi(x) = \sqrt{2xLog(Log(x))}$

alors la limite supérieure du quotient $\dfrac{S_N}{\varphi(N)}$ vaut $+1$ et la limite inférieure vaut -1.

Une démonstration quantitative est donnée dans mon livre "Simple Random Walks"
https://www.scmsa.eu/livres/SCM_SRW_order.htm
L'approche se fait en termes d'énergie ; elle est plus simple que la démonstration d'origine.

On ne peut qu'admirer ceci : il faut une formule mathématique extrêmement complexe pour rendre compte d'un phénomène physique très simple : le jeu de pile ou face !

A retenir : la Nature ne recherche **JAMAIS** un équilibre ; elle procède **TOUJOURS** par grandes oscillations.

Si trois espèces animales coexistent sur un territoire, elles ne parviendront jamais à un équilibre, mais l'une ou l'autre sera dominante à un moment ou à un autre.

Les modèles habituels des économistes, reposant sur la recherche d'un équilibre, sont entièrement dépourvus de valeur (mais il est inutile de discuter).

Remarque très importante : l'exigence de répétabilité qu'on associe souvent à toute expérience scientifique (Claude Bernard la mentionne) est une sottise : lorsque vous jetez 5 fois une pièce, vous n'obtenez pas 5 fois de suite la même suite de P, F.

Ceci est encore plus vrai au niveau de la mécanique quantique.

B. Répartition de populations

Prenons deux villes identiques, toutes deux de 10 000 habitants, par exemple.
Admettons que l'apparition de cancers soit due au hasard.

Le nombre de cancers dans les deux villes, du fait des lois du hasard, diffèrera d'un facteur proportionnel à $\sqrt{N}$, où N est l'effectif. Ici, $\sqrt{10000} = 100.$

Il est donc "normal" que, entre les deux villes, il y ait une différence significative ; il ne faut pas en déduire que l'une est plus dangereuse que l'autre, contrairement à ce qu'on voit souvent.

Idem, si parmi une population de 5 000 hommes et 5 000 femmes vous choisissez un sous-échantillon au hasard, il ne comportera pas un nombre égal d'hommes et de femmes.

C. Estimation d'un taux de risque

Laplace, Théorie Analytique des Probabilités, 1812.

On observe un phénomène qui ne peut prendre que les valeurs 0 et 1.

0 : accident ; 1 : tout va bien.

La probabilité d'avoir un accident est inconnue. On l'appelle "taux de risque" ; puisqu'on ne la connaît pas, on la considère comme une variable aléatoire, qu'il s'agit d'estimer. On va se servir de l'historique pour l'estimer.

On fait N répétitions indépendantes de l'expérience ; sur ces N, on constate n accidents.

Par exemple, si vous avez fait 1 000 expériences et constaté 10 accidents, vous pouvez considérer que le taux de risque est 10/1000 = 0.01, mais il pourrait aussi bien être 0.015 ou 0.007 : on n'en sait rien.

On saura seulement, à partir du retour d'expérience, estimer la probabilité de chacune des valeurs.

La densité de probabilité du taux de risque, sous forme continue, s'écrit :

$$f_{n,N}(\lambda) = c\lambda^n (1-\lambda)^{N-n}$$

où c est une constante de normalisation :

$$c = \frac{(N+1)!}{n!(N-n)!}.$$

En prenant l'espérance, on obtient pour le taux de risque l'estimation de Laplace :

$$E_{n,N}(\lambda) = \frac{n+1}{N+2}.$$

Cette forme de la densité de probabilité est très satisfaisante en pratique. A partir du relevé des observations (nombre d'objets défectueux), nous avons une estimation de la probabilité qu'un objet soit défectueux. Elle diffère de ce que les gens croient habituellement, à savoir $\frac{n}{N}$.

D. La Cartographie

C'est une préoccupation essentielle de la société civile : cartographie des nuisances, des ressources, des pollutions, etc.

Pour la Gendarmerie : si on trouve des traces d'arsenic sous les semelles d'un suspect, cela nous renseigne-t-il sur son itinéraire ?

En pratique, on dispose de relevés, faits en un certain nombre de points.

Il n'y a jamais assez de relevés ; ils sont entachés d'incertitudes.

Question posée : étant donné ces relevés, que peut-on attendre en un point où aucun relevé n'a été fait ?

Toutes les approches à ce jour font des hypothèses de modèle, souvent très strictes (propagation linéaire, etc.). Les résultats sont donc artificiels et dépendent des modèles utilisés, d'où d'innombrables litiges et querelles d'experts.

Dans le cadre d'un contrat avec Framatome (2003), la SCM a élaboré une méthode, appelée "Probabilistic Experimental Hypersurface" (EPH), qui propage l'information avec des hypothèses minimales : plus on s'éloigne du point de mesure, moins l'information est fiable. Ceci se traduit par une décroissance de l'entropie.

Voir notre livre "Probabilistic Information Transfer" :
https://scmsa.eu/livres/SCM_PIT_order.htm

Nous avons actuellement un contrat avec le BRGM sur ces questions ; un article est disponible (document public) :
https://www.scmsa.eu/archives/BRGM_SCM_Cartographie_2024_12_21.pdf

L'EPH a été utilisée lors de plusieurs litiges :

- Apparition de la pollution dans un port, suite au naufrage d'un pétrolier ;

- Détermination de la crue de projet à retenir, lors de la construction d'une ligne TGV devant franchir deux rivières.

Dans chaque cas, le litige provenait de l'utilisation de modèles contradictoires et l'EPH y a mis fin.

E. Lois de Gauss

La loi de Gauss n'apparaît que pour décrire le comportement d'une moyenne d'événements indépendants de même loi (théorème "central limite").

Il faut insister sur ceci : cela ne concerne que la moyenne (voir jeu de pile ou face, plus haut), et les événements doivent être indépendants et de même loi.

Ce n'est jamais le cas en pratique : il y a toujours des phénomènes de fatigue ou bien d'apprentissage.

Autrement dit, dans l'immense majorité des cas, toutes les conclusions reposant sur des modèles utilisant la loi de Gauss sont à rejeter :

Les phénomènes naturels ne suivent jamais une loi de Gauss.

IV. En résumé : avantages et inconvénients des méthodes probabilistes

A. Quelle différence entre probabilités et statistiques ?

Les statistiques supposent que la loi du phénomène est connue et qu'on dispose d'un échantillon de taille suffisante (exemple typique : panels utilisés pour prévoir les résultats d'une élection).

Les méthodes probabilistes sont à mettre en œuvre dans les situations où la loi du phénomène n'est pas connue d'avance. C'est toujours le cas dans les exemples vus ici.

B. Les hypothèses de modèle

Dans n'importe quelle situation, on est obligé de faire une hypothèse de modèle, sans quoi on ne peut rien dire.

Mais plus cette hypothèse est stricte et plus le travail est facile : si tout est linéaire, on n'a pas besoin de se fatiguer.

Si au contraire vous dites simplement que l'information est décroissante, vous devez d'abord définir l'information et ce que vous entendez par décroissante.

C. Honnêteté intellectuelle

Quelle que soit l'hypothèse que vous faites, vous devez montrer que vous êtes conscient de cette hypothèse et ne pas chercher à la dissimuler.

Vous devez en outre (cela s'appelle une analyse de sensibilité) essayer de montrer que le résultat serait à peu près le même si l'hypothèse de départ était modifiée.

D. Avantages des méthodes probabilistes

- Très simples à mettre en œuvre : en général, se résume à des tris informatiques ;
- Très peu coûteuses en termes d'équipements et de matériels ;
- Permettent une compréhension grossière des lois de la Nature.

E. Inconvénients

- Ne donnent jamais de résultats précis sur une situation précise ;
- Requièrent des données de bonne qualité : pré-traitement nécessaire ;
- Très mal vues des ingénieurs, qui préfèrent calculer avec 20 chiffres significatifs, même lorsque rien ne le justifie (chaque époque a ainsi ses habitudes de pensée).

F. Philosophie générale

Très simple : quand quelque chose est incertain, on prend acte de cette incertitude et on n'essaie pas de la remplacer par des données artificielles et factices.

Très complexe : les lois de la Nature sont beaucoup plus complexes qu'on ne le croit. Lorsqu'on s'écarte du tout linéaire, on ne comprend plus rien.

Remettent en cause des idées profondément acceptées : exigence de répétabilité, idée de l'évolution vers un équilibre.

G. En conclusion

De toute façon, les Autorités de Sûreté, les Autorités judiciaires, et la population tout entière demandent systématiquement : comment tenez-vous compte des incertitudes ?

Besoin de plus en plus pressant à l'heure actuelle, où la population évalue en permanence les "risques" auxquels elle se croit soumise.

Pour répondre à la question : prise en compte des incertitudes, les méthodes probabilistes s'imposent, qu'on le veuille ou non.

V. Utilisations possibles des probabilités par la Gendarmerie Nationale

A. Première contribution

Répondre à la question très légitime soulevée initialement par Charles Sauleau.

Méfiance à l'égard des vérités annoncées par les experts.

Utilisation fréquente de :

Voir exposé no 1. Ajouter ceci, qui est de bon sens :

Règle. – Une règle de décision ne doit jamais reposer sur des données simulées.

B. Seconde contribution : se méfier de l'IA

1. Un article sur le site de la GN

Nous faisons ici référence à l'article :
https://www.gendarmerie.interieur.gouv.fr/pjgn/recherche-et-innovation/publications-scientifiques/intelligence-artificielle/l-impact-de-l-intelligence-artificielle-dans-la-conduite-de-l-enquete-judiciaire

L'article n'est pas signé. Il dit :

"Dans le cadre de la conduite d'une enquête, nous nous trouvons devant le même problème théorique que celui de la résolution d'une équation complexe (du quatrième degré que l'on apprend à résoudre au lycée) qui comporte de nombreux facteurs inconnus et dont on recherche une solution.

"En appliquant la méthode de Ferrari (1522-1565) la résolution s'opère en une vingtaine d'étapes. En utilisant un logiciel adapté en quelques millisecondes. Je gage que la plupart d'entre nous opte pour l'emploi d'un logiciel dédié. […]. Tout comme pour l'IA , la majorité d'entre nous ne maîtrise pas la conception de l'outil logiciel de résolution. En revanche nous faisons confiance à la machine, car nous pouvons vérifier le résultat, en remplaçant « x » par une des solutions directement dans l'équation."

L'auteur dit aussi "système d'apprentissage automatique qui va rechercher des corrélations entre données d'entrées et résultats".

Nous avons vu plus haut ce qu'il fallait penser des corrélations.

2. Notre analyse

Dans le cadre d'une enquête criminelle complexe, on se trouve devant un problème qu'on ne sait pas résoudre. Il est dangereux d'en laisser la solution à une "boîte noire" dont on ne maîtrise rien. Elle vous désignera des suspects bien suspects selon les critères du moment (Dreyfus était un suspect parfait). On s'apercevra ensuite que le suspect était ailleurs et la Gendarmerie perdra en une journée toute la crédibilité qu'elle a mis des années à acquérir.

3. Nécessité d'une vigilance quant aux idées à la mode.

Actuellement, la SCM a un contrat avec le Ministère des Finances : veille scientifique relative à l'informatique quantique.

Par le passé, nous avons eu un contrat avec la SNCF : possibilités d'utilisation des piles à combustible à bord des trains ?

A l'heure actuelle, la mode est aux méthodes utilisant d'innombrables données, le "big data", généralement non pertinentes et non vérifiées. On les fait traiter par des algorithmes qui ont été définis à partir de situations antérieures, dont la pertinence n'est nullement avérée. Les lois de la Nature sont toujours simplifiées à l'extrême, le but avoué du système étant de permettre à l'utilisateur de réfléchir le moins possible et d'avoir un résultat le plus vite possible.

Il s'agit d'une mode de civilisation, comparable à toutes les superstitions du passé. Comme disait Victor Hugo :

L'honnête homme recule et s'accoude à l'écart[1]

[1] *Victor Hugo : Les Châtiments*

C. Troisième contribution

Suggestions du Gl Bruno Jockers, email du 08/03/2025 :

"L'inférence statistique pourrait apporter une aide précieuse :

- pour des enquêtes criminelles très complexes (Chevaline) où il faut déterminer des hypothèses à partir d'une multitude de données ;

- pour la criminalité sérielle (type délinquance itinérante) ;

- pour un projet que nous avons lancé il y a quelques années : l'analyse prédictive de la criminalité (à tester par exemple au niveau d'un département) ;

- et peut-être y aurait-il des applications à explorer dans la préparation des grands rassemblements de personnes et de l'ordre public."

Prenons ces suggestions une à une.

1. Enquêtes très complexes

Nous-mêmes avons eu une contribution en ce sens, en montrant (??) que, à l'occasion de l'affaire AZF, il y avait eu plusieurs explosions et non une seule ; voir notre exposé devant l'IRCGN, ref. plus haut.

Ceci reposait sur l'exploitation de témoignages assez nombreux (recueillis par la Gendarmerie Nationale) et d'assez bonne qualité. Mais nous ne prétendrons pas avoir "montré" quoi que ce soit ; simplement nous dirons ceci : après exploitation de ces témoignages, l'hypothèse de l'existence de plusieurs explosions apparaît plausible.

Dans le cas d'une enquête unique, très complexe, ou très peu d'éléments sont disponibles, l'apport des probabilités ne se justifie pas (cf. l'affaire Dreyfus), sauf pour réfuter les assertions des experts (cf. exposé 1).

2. Criminalité sérielle

Là, par contre, l'utilisation de méthodes probabilistes permet facilement de déterminer les situations "à risque", c'est-à-dire celles sur lesquelles on concentrera les investigations. Nous-mêmes avons fait cela très souvent pour des compagnies d'assurance : détermination des profils de fraude.

3. Analyse prédictive de la criminalité

Il faudrait pour cela utiliser des méthodes comme l'EPH, décrite plus haut, sans biais de modèle. Les prédictions faites par des experts reposent toujours sur des modèles élaborés pour la circonstance et on fait dire ce que l'on veut à ces modèles. Exemple évident : la propagation des épidémies.

On pourrait essayer sur un exemple précis et bien documenté : les incendies d'origine criminelle. Recenser les occurrences, documenter les paramètres qui interviennent et essayer d'en déduire des prévisions.

Nous avons fait quelque chose de ce genre pour la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris en 2010. La BSPP étudiait une reconfiguration de ses véhicules et de ses casernes : moins d'incendies, beaucoup plus d'appels pour crise cardiaque. Quelle évolution prévoir ?

4. Préparation des grands rassemblements

A partir du moment où les populations sont importantes, les méthodes probabilistes trouvent toute leur place.

VI. En conclusion

(tenant compte des remarques faites par les participants, 20/05/2025)

A. Du bon usage des probabilités

- Il ne faut jamais remplacer les données existantes, lorsqu'elles sont imprécises et imparfaites, par des données précises et factices : on modifie la situation et on fausse la prise de décision ;

- La GN doit apporter au juge tous les éléments en sa possession, y compris le doute sur les données, si doute il y a ;

- Il faut apporter au juge tous les éléments du raisonnement et pas seulement une conclusion ; tous les éléments de raisonnement doivent pouvoir être analysés de manière critique. Une "boîte noire" désignant un coupable est totalement inacceptable pour la GN ;

- Il faut avoir le courage de mettre clairement en évidence les hypothèses que l'on fait : de telles hypothèses sont nécessaires à la conduite du raisonnement. Il ne faut pas chercher à les dissimuler ;

- Il faut, aussi souvent que possible, procéder à des analyses de sensibilité, c'est-à-dire montrer que le résultat ne dépend pas, ou dépend peu, des hypothèses faites.

B. Utilisation des résultats obtenus

Les méthodes probabilistes sont parfaitement adaptées à la prise de décision déterministe en environnement incertain.

Par exemple, la ville de Villiers le Bâcle, commune de l'Essonne, a été, il y a quelques années, victime d'orages spectaculaires : le réseau d'évacuation des eaux a été saturé et la commune partiellement inondée. Elle se demande : une telle situation est-elle exceptionnelle, ou bien devons-nous prévoir une amélioration du réseau ? Les méthodes probabilistes permettent de répondre à la question.

Notre conclusion a été : la probabilité qu'il ne se passe rien sur 5 ans est forte (0.7), donc pas d'urgence ; par contre, sur 10 ans, elle tombe à 0.5 ; on ne peut pas se permettre de ne rien faire.

Notre article (document public), précédé d'une introduction par le Maire de la ville, est disponible ici :
https://www.scmsa.eu/archives/SCM_VLB.pdf