



La place de l'ingénieur au sein de la société civile

par Bernard Beauzamy

PDG, Société de Calcul Mathématique SA

Exposé fait devant les élèves de l'Ecole d'Ingénieurs de la Ville de Paris, 2014, texte révisé en mai 2021

La place de l'ingénieur au sein de la société civile est aujourd'hui remise en cause. On voit des décisions de nature scientifique (par exemple dans le domaine de l'environnement) prise par des comités de citoyens tirés au sort.

Je vais me placer du point de vue de la société civile dans son ensemble : qu'attend-on d'un ingénieur ? Essentiellement deux qualités : l'honnêteté et la clarté.

1. L'honnêteté

Elle est difficile à définir, mais on peut mettre en évidence des contre-exemples :

En 1996, une Anglaise, Sally Clark, a perdu un enfant : mort subite du nourrisson. Elle a eu à nouveau un enfant l'année suivante, avec la même fatalité. Arrêtée, elle a été condamnée, en novembre 1999, à la prison à vie pour le meurtre de ses deux enfants, sur la base d'un unique témoignage, celui d'un pédiatre, Sir Roy Meadow, qui avait assuré que la probabilité que ce double décès soit dû à une cause naturelle était de $(1/8500)^2$. En octobre 2001 (personne n'est pressé), la "Royal Statistical Society" émit un avis, exprimant sa "préoccupation" ("concern") à propos d'une mauvaise utilisation des statistiques par la justice en cette occasion. Un appel a remis Sally Clark en liberté en 2003, mais pour des raisons de procédure : certains relevés de microbiologie n'avaient pas été transmis en bonne forme. Elle ne s'est jamais remise de sa condamnation et des trois années passées en prison, et est morte d'alcoolisme aigu en 2007. Le pédiatre n'a jamais été véritablement inquiété. Son calcul était faux, mais le point essentiel est qu'il n'était pas qualifié pour le faire, et que personne n'aurait dû le lui demander : on ne demande pas à un pédiatre de connaître la théorie des probabilités, mais ledit pédiatre ne reconnaîtra jamais ses limitations en ce domaine : il croit savoir.

La première émergence significative des probabilités dans le monde judiciaire, en France, est venue avec l'affaire Dreyfus. Passons sur les multiples facettes, et mentionnons simplement qu'un dénommé Bertillon avait établi qu'un texte écrit par Dreyfus était "proche" d'un bordereau" et avait fabriqué, pour étayer sa conviction, tout un "système" où il démontrait que la probabilité de coïncidence était infime. En 1904, la Chambre Criminelle de la Cour de Cassation a demandé au mathématicien Henri Poincaré ce qu'il fallait penser du "système Bertillon". Poincaré ridiculise le système Bertillon, et écrit "le calcul des probabilités ne devrait pas empêcher les savants d'avoir du bon sens". Mais, là encore, Bertillon était complètement convaincu de son système, et malgré le désaveu cinglant de la Chambre Criminelle de la Cour de Cassation, n'a jamais voulu reconnaître son erreur.

L'expérience montre que, à chaque fois que cela leur est possible, les experts font dire à leur discipline beaucoup plus qu'elle ne le peut en réalité. Dans l'affaire AZF, des experts judiciaires sismologues avaient cru que leur discipline permettait de dater l'explosion à la milliseconde près et de la localiser au millimètre près, tout ceci à partir des indications fournies par un unique capteur en mauvais état. Nous avons expliqué que la chose était impossible par principe.

On peut dire, de manière simplifiée, sur tous les cas de ce type, que :

- Les connaissances scientifiques sont insuffisantes pour conclure ;
- Les experts s'expriment tous avec assurance et même arrogance ;
- Le système judiciaire ne leur accorde qu'un crédit limité.

En général, si un ingénieur est honnête, personne n'est content. En effet depuis quarante ou cinquante ans, les politiques, mais aussi les grandes entreprises, ont des positions préliminaires très affirmées. Par conséquent les études qu'elles demandent sont simplement destinées à valider les intuitions ou décisions des dirigeants.

Un exemple typique de l'idéologie dans laquelle nous vivons en ce moment à Paris consiste à dire : il faut absolument réduire la place de l'automobile. On demande aux ingénieurs des études démontrant que l'utilisation de l'automobile provoque des accidents ou qu'elle est mauvaise pour la santé. Elles sont fondamentalement malhonnêtes, car elles ne prennent pas en compte l'utilité sociale de l'automobile : 70 % des salariés vont travailler en voiture.

Si l'ingénieur insiste sur le fait qu'il faut tenir compte de la totalité des paramètres, son employeur ne sera pas content et sa carrière va en souffrir. S'il se cantonne à la demande que l'employeur a formulée, on le lui reprochera, quelques années après, lorsqu'on s'apercevra de l'erreur de conception.

Si un politique croit pouvoir utiliser l'étude dans un sens différent de ce qu'elle dit (par exemple en modifiant certaines conclusions ou en omettant certaines hypothèses), le scientifique a le devoir de lui écrire pour rectifier.

Cela nous est arrivé une fois, avec la Ville de Paris. Pour l'Agence d'Ecologie Urbaine, nous devons vérifier le bon fonctionnement d'un logiciel, censé simuler les diminutions de CO2 en cas de restrictions de trafic. Nous avons constaté que ce logiciel était entaché de grosses erreurs de méthodologie et c'est ce que nous avons écrit dans notre rapport. L'Agence d'Ecologie Urbaine a ensuite fait procéder à ses propres tests et est arrivée aux mêmes conclusions. Mais par la

suite un nouveau directeur de l'AEU est arrivé, et il nous a écrit qu'il se démarquait de nos conclusions. Nous avons communiqué nos travaux à l'Inspection Générale des Services.

Prenons un exemple pour bien faire comprendre cette notion d'honnêteté intellectuelle. Vous avez un champ, et vous contactez un géologue pour savoir s'il y a du pétrole dans ce champ. Evidemment, vous souhaitez qu'il y ait du pétrole, mais il peut y avoir trois réponses possibles de la part de l'expert : oui, non et je ne sais pas. Il devra donner la réponse la plus honnête possible. S'il n'y a pas de pétrole, autant le savoir : cela vous évitera de forer pour rien. Si vous êtes l'expert, et si vous donnez une réponse de complaisance, assurant qu'il y a du pétrole alors qu'il n'y en a pas, il s'agit d'une fraude, et cela vous retombera dessus un jour.

Il arrive que l'on ne sache pas et dans ce cas-là le travail de l'expert est de définir un protocole d'investigation : quelles données complémentaires seraient nécessaires ? Mais il ne faut pas en abuser, comme le font souvent les jeunes ingénieurs. En fait, on a presque toujours assez d'information pour conclure de manière grossière. Dire "je ne peux pas conclure parce que je n'ai pas assez de données", c'est botter en touche, c'est de la lâcheté. La décision sera prise de toute façon, et elle sera prise par d'autres.

Je conseille de lire Richard Feynman, physicien qui a eu un prix Nobel dans les années 70. Il a fait une conférence très intéressante devant les étudiants du California Institute of Technology, intitulée "science et pseudo-science" ; elle est disponible sur notre site web. Voir <http://scmsa.eu/archives/feynman.htm>

2. La clarté

Les étudiants d'une école d'Ingénieurs ne risquent pas que l'on mette en cause leur honnêteté, parce que personne ne comprend rien à ce qu'ils disent.

Récemment, j'ai été invité aux exposés de fin d'année d'une école et j'ai constaté qu'on ne comprenait rien. Deux étudiants ont commencé leur exposé en expliquant que le résultat de leurs recherches était 0,8, mais sans expliquer de quoi il s'agissait. Ensuite, ils ont continué avec un tableau incompréhensible rempli de chiffres ; tout cela n'avait aucun sens. Immanquablement, ce travail termine à la poubelle. Personne ne le lit.

Par le passé, nous avons eu à la SCM en stage une étudiante et le sujet de recherche portait sur les restrictions de circulation. Elle a fabriqué quantité de formules auxquelles on ne comprenait rien. Je lui ai indiqué qu'une chose intéressante ressortait tout de même : l'une d'elles montrait que lorsque l'on réduisait la vitesse des automobiles, il n'y avait pas nécessairement réduction du CO₂ émis, parfois c'était même l'inverse. La raison est évidente : en réduisant la vitesse, on reste plus longtemps sur une même artère. J'ai demandé à cette étudiante et à un ingénieur de la SCM un petit rapport de trois pages sur le lien entre vitesse et émissions de CO₂. Le rapport qu'ils ont rédigé était incompréhensible. J'ai fini par le rédiger moi-même et ce rapport a été repris par le journal Autoplus, deux chaînes de télévision et une radio.

Le mal est profond, mais ce n'est pas nécessairement de leur faute ; les enseignants insistent sur l'aspect technique. On considère que les étudiants sont juste bons pour faire des calculs, ce qui est extrêmement réducteur.

Si vous vous contentez de faire des calculs, vous êtes à la merci de celui qui spécifie les calculs, vous n'êtes que des exécutants, ce qui n'est pas très valorisant sur le plan social. Par contre, si vous êtes capables de rédiger correctement, vous arriverez à un niveau plus élevé dans la hiérarchie, c'est-à-dire que vous serez capables de vous faire comprendre par le donneur d'ordre, le politique ou le responsable dans l'entreprise.

A la limite, si vous vous contentez de faire des calculs, un jour ou l'autre on vous virera et on vous remplacera par un logiciel. C'est aussi la raison de la crise chez les ingénieurs : le fait qu'un grand nombre de formules et de calculs qu'utilisent les ingénieurs sont maintenant intégrés dans des logiciels gratuits.

Voici des conseils très pragmatiques :

Quand vous rédigez un rapport, il doit y avoir un résumé opérationnel au début. Vous devez être certains que ce résumé soit compréhensible par quelqu'un qui ne connaît rien au sujet. Essayez de montrer votre rapport à vos grands parents ou à vos amis. Autrement dit, à des gens qui sont totalement extérieurs au sujet.

L'exposé doit toujours commencer par un rappel du besoin : pourquoi est-ce que nous travaillons sur ce sujet ? D'où vient-il, quel est l'historique ? Il faut ensuite faire l'état du sujet.

Faites comme si ce résumé opérationnel devait être lu par quelqu'un qui est à la fois bête et méchant : quelqu'un qui va couper le budget, supprimer le poste. Le rapport doit le convaincre du contraire.

A la fin, vous devez faire figurer une conclusion, éventuellement avec réserves.

Voici un exemple de travail que nous avons réalisé récemment. Nous avons été sollicités par la société COSEA (filiale de Vinci Construction Grands Projets) qui a construit le prolongement de la ligne à grande vitesse entre Paris et Bordeaux.

Toutes les infrastructures, y compris les ponts, étaient achevées ; la question était de l'impact des crues majeures de la Vienne et de la Creuse, qui se rejoignent là où passe la ligne. Il y avait des divergences de calcul entre la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), qui avait réalisé un calcul de débit différent de celui fait par COSEA. Selon les chiffres de la DREAL, il aurait fallu faire de gros travaux pour faciliter le passage de l'eau en cas de crue.

Utilisant les données historiques des crues depuis 1792, nous avons repris l'ensemble des calculs et notre rapport a été accepté par la Direction Départementale des Territoires.

Il ne faut pas donc croire que les pouvoirs publics soient bornés par principe. Un dossier bien documenté et bien présenté sera écouté.

S'agissant de l'aspect oral, il est particulièrement complexe. Il faut retenir la chose suivante : plus l'exposé est court, plus il est difficile à faire. Ne vous précipitez pas sur l'aspect technique du résultat. Retenez bien les règles suivantes, quelle que soit la durée de l'exposé :

- Prenez le premier tiers du temps pour présenter le besoin, l'origine du sujet ;
- Le deuxième tiers, c'est l'état de l'art. Grossièrement, vous expliquez quelles sont les méthodes qui ont été mises en place avant vous ;
- Le dernier tiers, et ce dernier tiers seulement, va ensuite présenter votre contribution.

Les plus mauvais à cet exercice ont toujours été les thésards. Ils passent trois ans à faire un travail de recherche. Lorsqu'ils le présentent, ils évoquent brièvement la question qui leur a été posée, et passent immédiatement à la façon dont ils y ont répondu. Ils n'évoquent jamais l'origine du problème, ce qui a pour résultat de rendre leurs explications sans intérêt.

Pour conclure, je vais présenter un texte tout à fait admirable ; il s'agit d'un sujet technique, en l'occurrence le niveau de vie comparatif à Lille en 1850.

Mais commençons par voir ce qu'aurait fait la SCM en pareil cas. Nous menons des études sérieuses, convenablement documentées, requérant plusieurs mois d'ingénieur, appuyées par toutes les ressources possibles des statistiques et par tous les moyens de calcul existants.

Nos travaux emporteront-ils la conviction ? Evidemment non ; tout au plus peut-on dire qu'ils contribueront à un débat scientifique. Ceux qui acceptent ce débat les liront et y puiseront une argumentation ; les autres continueront à défendre une position opposée, qu'aucun argument basé sur des études ne pourra entamer.

Nos textes sont-ils mal écrits ? Non, pas précisément : ils sont écrits comme tous les rapports de ce type. Il y a des données, des graphiques, des raisonnements, des conclusions. Pourrait-on mieux les écrire ? Sans doute, mais marginalement, et cela ne changerait rien à leur pouvoir de conviction.

En 1851, Victor Hugo participe à ce que nous appellerions aujourd'hui "une commission d'enquête parlementaire", à propos de la condition ouvrière. Avec des collègues, il se rend à Lille où il passe quelques heures. Il rédige ensuite un compte-rendu, destiné à l'Assemblée. Il ne disposait que de peu de données : celles qu'il avait recueillies lui-même, mais il en fait un usage statistiquement significatif qui est intéressant. Il était seul, et le texte a été rédigé en quelques jours, évidemment sans graphes, sans moyen de calcul et sans bases de données.

Nous, si nous devions travailler sur le même sujet, nous y consacrerions des mois d'ingénieur ; nous examinerions les variations du revenu moyen, de l'espérance de vie, d'un quartier à l'autre, d'une année sur l'autre. Nous chercherions des corrélations avec des variables explicatives et nous rechercherions les données aberrantes. Nous écririons un rapport d'une centaine de pages, aussi bien fait que possible, bourré de chiffres, de graphes, de courbes. Et il n'emporterait pas la conviction.

Quand on lit le texte de Hugo, toute contestation est impossible, et même inconcevable. L'opposition s'effondre, et, pire encore, elle s'anéantit. On ne peut pas discuter, et on ne peut même pas imaginer une discussion.

Le texte s'appelle "les caves de Lille" ; il est disponible ici :

http://www.scmsa.eu/archives/Hugo_Caves_de_Lille.pdf

Voici un extrait.

Messieurs, quand nous sommes allés à Lille, mes honorables compagnons de voyage et moi, la loi des logements insalubres y avait passé ; voici ce qu'elle avait laissé derrière elle, voici ce que nous avons trouvé.

La première cave où nous nous sommes présentés est située Cour à l'eau, n° 2. Je vous dis l'endroit. Bien que la porte fût toute grande ouverte au soleil depuis le matin, car c'était une belle journée de février, il sortait de cette cave une odeur tellement infecte, l'air y était tellement vicié que, sur sept visiteurs que nous étions, nous ne fûmes que trois qui pûmes y descendre. Un quatrième qui s'y hasarda ne put dépasser le milieu de l'escalier, et de même que cela était arrivé en 1848 au préfet de Lille accompagnant M. Blanqui, il s'arrêta comme asphyxié au seuil de la cave et fut obligé de remonter précipitamment. Nous trouvâmes dans cette cave au pied de l'escalier une vieille femme et un tout jeune enfant. Cette cave était si basse qu'il n'y avait qu'un seul endroit où l'on pût s'y tenir debout, le milieu de la voûte. Des cordes sur lesquelles étaient étalés de vieux linges mouillés interceptaient l'air dans tous les sens. Au fond il y avait deux lits, c'est-à-dire deux coffres en bois vermoulu contenant des paillasses dont la toile, jamais lavée, avait fini par prendre la couleur de la terre. Pas de draps, pas de couvertures. Je m'approchai d'un de ces lits, et j'y distinguai dans l'obscurité un être vivant. C'était une petite fille d'environ six ans qui gisait là, malade de la rougeole, toute tremblante de fièvre, presque nue, à peine couverte d'un vieux haillon de laine ; par les trous de la paillasse sur laquelle elle était couchée, la paille sortait. Un médecin qui nous accompagnait me fit toucher cette paille. Elle était pourrie. La vieille femme, qui était la grand'mère, nous dit qu'elle demeurait là avec sa fille qui est veuve et deux autres enfants qui reviennent à la nuit ; qu'elle et sa fille étaient dentellières ; qu'elles payaient dix-huit sous de loyer par semaine, qu'elles recevaient de la ville tous les cinq jours un pain, et qu'à elles deux elles gagnaient dix sous par jour. À côté du lit, près de l'enfant malade, il y avait un grand tas de cendre qui exhalait une odeur repoussante. [...]

Et au milieu de tout cela le travail sans relâche, le travail acharné, pas assez d'heures de sommeil, le travail de l'homme, le travail de la femme, le travail de l'âge mûr, le travail de la vieille, le travail de l'enfance, le travail de l'infirme, et souvent pas de pain, et souvent pas de feu, et cette femme aveugle, entre ses deux enfants dont l'un est mort et l'autre va mourir, et ce filetier phthisique agonisant, et cette mère épileptique qui a trois enfants et qui gagne trois sous par jour ! Figurez-vous tout cela, et si vous vous récriez, et si vous doutez, et si vous niez... Ah ! vous niez ! Eh bien, dérangez-vous quelques heures, venez avec nous, incroyables ! et nous vous ferons voir de vos yeux, toucher de vos mains les plaies, les plaies saignantes de ce Christ qu'on appelle le peuple ! [...]

La force des choses, qui est le travail d'en haut, tend à détruire la misère. Eh bien ! à la force des choses, ajoutons l'effort des hommes, à l'action providentielle, unissons l'action sociale, et nous triompherons. [...] Messieurs, la situation presse, hâtez-vous, avisez ! nous vous adjurons au nom des périls publics. Ah ! songez-y, quand les temps sont proches, quand l'heure est venue, quand la mesure est comble, savez-vous ce qu'il y a de plus éloquent, ce qu'il y a de plus irrésistible, ce qu'il y a de plus terrible pour commencer les révolutions, ce n'est pas M. Thiers signant la protestation des journalistes de 1830, ce n'est pas M. Odilon Barrot agitant les banquets de 1847, ce n'est pas Chateaubriand, ce n'est pas Lamartine, ce n'est pas même Mirabeau, ce n'est pas même Danton, c'est un enfant qui crie à sa mère : j'ai faim !

En 2019, nous avons eu un contrat avec l'Andra (Agence Nationale des Déchets Radioactifs). Il s'agissait de l'équipement en capteurs pour le futur site de stockage "CIGEO". On peut développer tout un argumentaire technique, pour expliquer que le site sera parfaitement suivi, mais la population aura du mal à comprendre cet argumentaire. Nous avons donné à l'Andra le conseil suivant : dites que, à proximité du site, on pourra construire une école et que nous mettrons nos enfants dans cette école. Toute discussion s'arrêtera aussitôt.