

APPRÉHENDER LA COMPLEXITÉ

L'INGÉNIEUR, FÉDÉRATEUR D'UN MONDE DURABLE

Depuis des siècles, l'être humain décompose la complexité du monde pour mieux le comprendre, cherchant des solutions spécifiques aux problèmes rencontrés. Mais face aux enjeux interconnectés d'aujourd'hui, une approche plus globale et inclusive s'impose. L'ingénieur joue alors un rôle clé, entre technique, économie et éthique, pour construire un monde résilient et durable, au service de tous. Explications avec Vanessa Bohé (ECLy 99), docteure en mécanique des matériaux et longtemps responsable R&D dans l'industrie des voiles de bateau.



Vanessa Bohé
(ECLy 99)

Également ingénieure ENSTA et docteure en mécanique des matériaux, Vanessa est coach professionnelle certifiée et a travaillé quinze ans dans l'industrie des voiles de bateau. Sportive de haut niveau en voile monotype habitable, elle accompagne aujourd'hui dirigeants et organisations à mieux s'épanouir et à développer un leadership plus conscient d'eux-mêmes.

Depuis le XVI^e siècle et l'avènement des sciences, l'être humain – et particulièrement en Occident – a tenté de découper un monde complexe en sous-parties compliquées afin de pouvoir les expliquer et les prédire. Dans cette démarche, les échecs ou difficultés sont surmontés par l'expérimentation, la recherche et le développement de nouveaux modèles, aussi sophistiqués soient-ils, pour résoudre les problématiques rencontrées.

Prenons pour exemple le chavirage de Bernard Stamm en 2004 sur la Transat anglaise, à la suite de la perte de sa quille. Des études menées par la société HDS, spécialisée dans la conception et le dimensionnement de structures composites, ont montré que les quilles en composite étaient susceptibles de « flotter », c'est-à-dire d'entrer en vibration à cause d'instabilités hydro-élastiques. En réponse, des modèles ont été créés pour anticiper ces phénomènes, en intégrant des modes de torsion et de flexion jusque-là ignorés. Bien que cette solution ciblée repose sur des recherches avancées en aéronautique et ait permis de résoudre un problème technique compliqué, son objectif était de traiter exclusivement la question de la quille, sans prendre en compte les impacts connexes ni les intégrer dans une réflexion plus large.

À CHAQUE PROBLÈME SA SOLUTION

Durant des années, la médecine s'est construite autour de ces approches focalisées sur la résolution de problèmes spécifiques. Aujourd'hui, elle évolue vers des considérations plus globales et systémiques. De grandes écoles comme Centrale Lyon proposent d'ailleurs des doubles diplômes ingénieur / médecin pour répondre à ces enjeux complexes et améliorer la prise en charge des patients. De la même manière, l'industrie s'est développée en structurant la résolution de problèmes ou de besoins en tâches unitaires et contrôlables de manière tangible. Le taylorisme, puis le lean management ont permis aux entreprises de croître et facilité l'avènement d'une société de consommation avec des produits abordables. Cette recherche d'optimisation entre satisfaction client et rentabilité a encouragé le travail en flux tendu, l'internationalisation de la production, la

conquête des marchés, le lobbying, les pressions politiques et la mise en place de contre-pouvoirs tels que les syndicats, les associations de consommateurs ou spécialisées, comme celles liées à l'écologie, aux regroupements agricoles, à la fabrication française, etc., et les organismes de contrôle.

À chaque problème, réel ou perçu, correspond une solution. Cet empilement de problèmes et de solutions a engendré des enjeux de plus en plus interconnectés et systémiques, où chaque modification dans le système agit tel un effet papillon, déstabilisant l'ensemble.

BIENVENUE DANS LA COMPLEXITÉ

Dans ce monde devenu complexe, les causes et les effets sont souvent difficiles à identifier, à comprendre et à isoler. Les enjeux sont parfois contradictoires et les solutions peuvent être multifactorielles, situationnelles et systémiques.

Un exemple technologique illustre parfaitement cette complexité : la reconnaissance faciale. La loi du 19 mai 2023, adoptée pour préparer les Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024, autorise pour la première fois l'introduction de solutions d'intelligence artificielle dans la vidéoprotection. Un réseau de 100 000 caméras couplées à une IA d'analyse d'image – prouesse à la fois technique et technologique – a été déployé afin d'identifier huit comportements considérés comme à risque, tels que le non-respect des sens de circulation, les mouvements de foule, la présence d'armes, de colis abandonnés ou encore de départs de feu.

Ce déploiement de moyens, longtemps contesté par la Cnil, pose des problématiques qui peuvent s'avérer antinomiques et met en lumière des polarités en tension : sécurité des individus et lieux publics contre liberté de mouvement, sécurité en temps de paix contre sécurité en temps de guerre, innovation et puissance informatique contre sobriété et réduction de l'empreinte écologique, croissance économique contre respect du vivant, croissance à court terme contre stabilité à long terme.

Le monde du complexe nous invite à trouver une troisième voie. Il nous pousse à sortir du « ou » exclusif pour adopter une >>>

Parfait exemple d'une technologie propre et durable, l'aile Wisamo de Michelin s'articule autour de trois composantes clés : une enveloppe gonflée qui se hisse et s'affale autour d'un mât télescopique, pilotée via une interface automatisée.



Solution durable et résiliente pour les voiles de bateau

L'industrie des voiles de bateau est un secteur d'innovation constant, poussé par la quête de performance dans des compétitions comme la Coupe de l'America ou le Vendée Globe. Des concepts comme le 3DL (voile composite moulée en une pièce) et le 3DI (fibres microfilamentées pour une meilleure répartition et légèreté) illustrent cette évolution. Cependant, cette recherche de performance s'est longtemps faite sans considération écologique, utilisant massivement carbone, Kevlar et résines.

En 2008, Vanessa Bohé avait réalisé comme *proof of concept* une voile en fibres naturelles, résine thermoplastique et film écosourcé. Mais elle n'avait pas su convaincre, tout comme le projet de recyclage des matériaux composites en collaboration avec Paprec Recyclage. Trop onéreux, pas assez performant, pas prioritaire... trop tôt !

Malgré ses limites en coût et performance, elle posait déjà les bases d'une réflexion durable. Aujourd'hui, deux grandes voies émergent. La première vise à décarboner le transport maritime avec des innovations comme l'aile Wisamo¹ de Michelin (enveloppe gonflable pilotée automatiquement), la SolidSail des Chantiers de l'Atlantique ou les ailes de traction d'Airseas², réduisant la consommation de fuel des cargos de 20 %. Ces solutions mobilisent intelligence artificielle, robotique et matériaux avancés, tout en réinventant routes et pratiques maritimes.

La seconde explore des matériaux recyclables et à moindre impact, comme les tissus laminés écosourcés développés par Trilam Sailcloth³ avec le soutien de l'Ademe, ou les procédés d'Alpha Recyclage Composites⁴ pour séparer et valoriser les composants des voiles en fin de vie.

Ces efforts combinés montrent une transition vers des solutions durables, même si leur développement à grande échelle pourrait soulever des enjeux éthiques, économiques ou environnementaux. Le temps et l'évaluation de leurs impacts globaux détermineront leur contribution positive aux défis de sobriété et de durabilité auxquels nous sommes confrontés.

1. <https://wisamo.michelin.com/fr/>

2. <https://airseas.com>

3. www.trilam.com/technologie-1

4. www.arcomposites.com

vision inclusive en « et ». Élever notre niveau de conscience individuelle, collective, systémique devient alors essentiel pour prendre des décisions éclairées intégrant les enjeux de chacune des parties, en dépassant les peurs sous-jacentes.

L'INGÉNIEUR, PILIER DE LA RÉSILIENCE ET DE LA DURABILITÉ

Quel rôle peut jouer l'ingénieur, quelle posture peut-il adopter et quels enjeux doit-il relever dans un monde marqué par la complexité croissante ?

Ses compétences sont multiples : expert des techniques et technologies, il possède un sens analytique et une capacité de recul qui lui permettent de tisser des liens systémiques entre des problématiques et enjeux divergents ou pouvant être perçus comme tels. Par ses « super pouvoirs », l'ingénieur peut-il favoriser l'émergence de modèles plus résilients et durables ? Peut-il donner davantage de hauteur aux processus de réflexion, de conception, de prise de décision et aux orientations techniques et technologiques ?



Expert des techniques et technologies, l'ingénieur possède un sens analytique et une capacité de recul qui lui permettent de tisser des liens systémiques entre des problématiques et enjeux divergents.

L'ingénieur peut-il clarifier et rendre accessibles les enjeux complexes pour que chacun puisse en avoir une meilleure compréhension et agir avec davantage d'impact ? Au fil des siècles, il a contribué à comprendre notre monde par une approche méthodique et pragmatique, permettant la conception de systèmes toujours plus sophistiqués. Le défi d'aujourd'hui n'est-il pas d'ouvrir cette compréhension à l'altérité, à ces liens tangibles et intangibles ? En tant que manager, l'ingénieur n'est-il pas cet acteur discret mais essentiel, reliant les mondes de l'économie, de la technique et du vivant, entre le présent et les futurs possibles, aussi incertains soient-ils ? Ne peut-il pas être l'artisan de modèles éco-

nomiques et de management relevant d'une prise en compte de la complexité, plus inclusifs, intégrant réussite économique et productive, responsabilité sociale et éthique mais également impacts territoriaux et environnementaux ? Dans cette vision, l'ingénieur bâtirait un monde du « et » : un monde prospère et résolument humain, aux bénéfices des générations actuelles et futures. ▢

Pour aller plus loin...

- « Maîtrise des instabilités hydro-élastiques de surfaces portantes : application navale », thèse de doctorat, Rémy Balze, École Centrale de Lyon, 2012.
- « Travail des enfants : la lutte de Nestlé et de Nike », *Change the Work*, juillet 2018.
- « Fast fashion : comment en est-on arrivés là ? », *National Geographic*, avril 2024.
- « Shein : "Derrière les t-shirts à 2 euros ou les robes à 9 euros se cache un système d'exploitation d'une rare violence" », *Le Monde*, juin 2023.
- « La mondialisation des chaînes de valeur : entretien avec Ariell Reshef et Gianluca Santoni », *Ressources en sciences économiques et sociales*, novembre 2020.