

# Des formes de savoir citoyennes

Longtemps la technique a servi de pôle de référence afin de légitimer la notion de progrès. Désormais, elle fait souvent figure d'objet repoussoir. Technophiles et technophobes s'affrontent ainsi, autour de la signification à prêter à la technique, en un combat parfois douteux.

Plutôt que d'imposer à la technique un rôle symétriquement inverse de signe d'histoire ou de signe de désespoir, il serait sans aucun doute plus profitable pour chacun de comprendre que la technique n'existe pas en soi, qu'elle relève de choix politiques et mérite d'être réfléchi collectivement. En l'occurrence, tout en explorant les arcanes de la mécanique, par conséquent de savoirs scientifiques et techniques, par l'intermédiaire de l'analyse de la simulation numérique, l'objectif de Jean-François Sigrist, ingénieur et chercheur industriel, est bien celui-là : rectifier les mystères fabriqués autour des apports des dynamiques techniques en pointe dans les recherches contemporaines et rappeler que les citoyennes et les citoyens disposent d'un certain pouvoir – celui de la parole qui choisit –, sur les savants, les experts et les décideurs.

C'est en effet avec un mélange de cynisme et d'incrédulité que beaucoup réagissent souvent aux propos concernant les algorithmes, par exemple, focalisant l'attention des médias. Les uns en parlent afin de dominer les « ignorants », les autres ne veulent pas s'emparer de ce mode de connaissance et de construction conceptuel en prétextant son abstraction par rapport au monde vécu et les derniers voudraient pousser les « arriérés » à devenir « intelligents » en leur enseignant ce qu'ils devraient savoir, à partir de ce partage trop ordinaire de l'organisation du monde social.

Il est patent que ces trois modes d'approche d'un rapport hiérarchisant entre le savoir (scientifique et technologique) et le peuple relèvent du même présupposé : il y a d'un côté « ceux qui savent » et de l'autre « les ignorants ». Des premiers aux

seconds, on invoque les ténèbres de la routine et de la superstition, ce qui revient à légitimer leur position dominante et leurs rapports avec les gouvernants.

Justement, la première préoccupation de Jean-François Sigrist n'est pas d'affirmer doctement la validité des savoirs et des démarches scientifiques et techniques contemporaines. Il ne cherche pas non plus à maintenir un modèle pédagogique classificatoire, exposant seulement des connaissances brutes à ceux qui devraient se contenter d'apprendre. Il propose, à ceux qui sont prêts à tenter l'aventure, de s'exercer à comprendre ce que ces savoirs signifient en tenant compte du contexte dans lequel ils sont avancés et des imaginaires auxquels ils sont confrontés : cinéma, dessin, peinture, photographie... En facilitant la rencontre avec les usages du savoir scientifique et technique – objets utilisés quotidiennement, simulation aux fins d'applications industrielles –, à l'intérieur de la culture du temps, il interrompt l'automatisme de la machine sociale du savoir qui ne cesse de partager le monde entre ceux qui sont « informés » ou « cultivés » et ceux qui sont « à la traîne ».

En cela, l'esprit de cet ouvrage est entièrement tissé des rapports entre la description du monde mathématique et physique appréhendé par les savoirs et les techniques et le déchiffrement des significations culturelles spécifiques qu'il est possible de leur attribuer. Ces significations renvoient alors moins à des jeux d'optimisme ou de pessimisme ou à des fonctions d'accompagnement de l'ordre pédagogique, voire à des discours catastrophistes ou à une morale précautionneuse du moindre mal, qu'au double exercice de l'effort de culture scientifique et de la prise de parti politique, au droit de la cité entière.

Christian RUBY  
Philosophe

# Regard sur une technique

« L'art de la prédiction est une chose difficile  
– surtout lorsqu'elle concerne le futur... »

Niels Bohr  
Physicien danois

Cet ouvrage de *technologie*, au sens de discours scientifique sur une technique ou un art, s'intéresse à la *simulation numérique*\*<sup>1</sup>. Celle-ci est utilisée par les ingénieurs de l'industrie et par de nombreux chercheurs dans de nombreux domaines scientifiques afin de comprendre différents phénomènes physiques ou de concevoir des objets utilisés quotidiennement. Elle mobilise la puissance des ordinateurs afin de représenter le monde qui nous entoure au moyen de modèles mathématiques. Ceux-ci sont constitués des équations formulées afin de rendre compte d'observations. La simulation numérique résulte d'une construction humaine, engagée dans sa forme moderne depuis le XVII<sup>e</sup> siècle. À cette époque, le physicien anglais Isaac Newton et le mathématicien allemand Gottfried Leibniz ont développé les concepts mathématiques donnant accès à une représentation abstraite du mouvement. Au XXI<sup>e</sup> siècle, la simulation numérique s'intègre dans la famille des techniques numériques. L'un de ses premiers usages concerne la *mécanique*, science du mouvement et de l'énergie, contribuant à comprendre le monde.

Comme toute connaissance, la mécanique constitue aussi une ouverture, au-delà des mathématiques et des sciences physiques, à la philosophie ou à l'histoire. Sous la forme d'une écriture avec la lumière et le mouvement, elle dialogue non moins avec les arts visuels (cinéma, dessin, peinture, photographie, etc.), auxquels nous nous référerons parfois en vue d'illustrer notre propos. La mécanique est aussi un

---

1. Les termes en bleu suivis d'un astérisque sont explicités dans le glossaire en fin d'ouvrage.

mode de pensée du monde qui peut contribuer à l'action politique, à l'organisation de la vie économique, etc., en un mot, aux choix de société. Nous entamerons notre exposé avec elle, avant d'ouvrir notre propos à d'autres domaines (astrophysique, météorologie et climatologie, biomécanique, etc.).

La notion de *modélisation* est le fil conducteur de cet ouvrage. Un modèle renvoie à une représentation abstraite d'un processus (physique ou autre, par exemple biologique, économique, démographique, psychologique, etc.). Élaboré au moyen d'*équations\** ou de *données\**, il permet de comprendre ou d'expérimenter – et de prédire potentiellement les évolutions du processus observé. Partant d'exemples issus de la physique et de l'ingénierie, par conséquent, nous élargirons notre propos en réfléchissant sur les tentatives de modélisation de processus humains. Cela nous conduira à évoquer entre autres l'*intelligence artificielle\**. Avant d'en arriver à ce point, nous montrerons ce qu'est un modèle mathématique, quelles formes il peut prendre, comment il sert une simulation numérique et comment cette dernière est utilisée par les ingénieurs. Nous utiliserons ce cadre afin d'évoquer comment d'autres sciences, comme certaines sciences humaines, utilisent aussi des modèles et des simulations, ces dernières pouvant être, comme en mécanique, fondées sur des équations ou des données.

Comprendre permet de décider et d'agir. Cet ouvrage de technologie veut aussi contribuer à faire connaître simulation et modélisation numériques – et certains de leurs principes, utilisations, limites, promesses et enjeux. Chaque lecteur désireux de s'intéresser à cette technique et à ses applications peut donc trouver ici une introduction à leur compréhension. Elle ne requiert cependant pas de connaissances scientifiques particulières.

L'ouvrage est en partie issu de l'expérience de son auteur, ingénieur et chercheur industriel, ayant contribué pendant près de vingt ans au développement de modèles mathématiques et de méthodes numériques pour des applications intéressant la construction navale. L'exposé emprunte de nombreux exemples à ce domaine et à d'autres, afin de montrer comment sont conçus, développés et utilisés les algorithmes de simulation. Ils servent des applications industrielles... et beaucoup d'autres, qu'un seul ouvrage ne saurait couvrir de façon exhaustive !

Le regard que nous proposons se veut le plus large possible. Dans un contexte où certaines applications des techniques sont présentées de façon anxiogène, nous souhaitons montrer des applications qui *beneficient* concrètement aux humains du XXI<sup>e</sup> siècle. Nous n'éludons cependant pas de légitimes questions associées à l'utilisation des techniques numériques... et à leurs finalités.

Trois sources d'informations ont alimenté cet objectif :

- des articles et ouvrages scientifiques directement liés à la mécanique et aux mathématiques utilisées par les ingénieurs. Ces références ont accompagné une expérience acquise dans ce domaine et dont nous transmettons quelques principes ;

- des échanges avec des chercheurs, ingénieurs ou scientifiques utilisant la simulation numérique dans l'industrie ou à des fins de recherche. Avec eux, nous avons porté un regard sur leur pratique scientifique et la façon dont la simulation numérique y contribue – ou la modifie ;

- des lectures complémentaires, ouvrages, journaux et sites Internet généralistes, dont les références sont données en bibliographie et en note de bas de page. Elles concernent des sujets dépassant le cadre de la mécanique et nous avons cependant trouvé intéressant de les mettre en relation avec elle afin d'élargir notre réflexion.

L'ouvrage est structuré en sept chapitres consacrés à un thème dont un résumé est proposé en préambule. Les quelques formules mathématiques employées – car il faut apprendre aussi à les utiliser –, sont accessibles avec un niveau de première ou deuxième année en sciences. Il n'est pas nécessaire de les connaître avant d'entrer dans le propos. L'exposé les commente en langage clair et explique ce qu'elles représentent. Au demeurant, il est aussi possible de lire l'ouvrage sans s'attarder sur les questions théoriques, placées, dans ce dessein, dans des encadrés. Nous donnons aussi quelques définitions dans un glossaire en fin d'ouvrage ; les termes ou abréviations concernés sont repérés dans le texte par un **astérisque\***.

L'exposé prend parfois volontairement quelques chemins de traverse pour être, espérons-le, agréable à lire :

- des annexes proposent des exemples d'utilisation de la simulation numérique dans différents domaines. Ils peuvent être lus indépendamment du reste, dans l'ordre que choisira le lecteur ;

- des figures assorties de légendes informatives proposent d'approfondir la rencontre avec quelques personnalités scientifiques dont il est question dans le texte ;

- des propos rapportés d'entretiens ou extraits d'ouvrage et de conférences illustrent l'exposé. Ils sont isolés dans le texte. Les contributeurs qui ont bien voulu apporter leur témoignage ou leur expertise sont nommés par leur fonction et sont remerciés ci-après pour leur disponibilité et leurs précieux éclairages. Les sources relatives à des propos tirés de média généralistes ou de conférences sont précisées en notes de bas de page ou mentionnées dans le texte.

Les algorithmes qu'utilise une simulation numérique réalisent une succession rigide d'opérations mathématiques et informatiques. Il faut peut-être tout le talent

d'écrivain de Georges Perec (1936-1982) pour leur insuffler vie et humour. Avec *L'Art et la manière d'aborder son chef de service pour lui demander une augmentation*, il nous donne les clés d'un algorithme qui garantit à coup sûr le succès de cette entreprise... Perec aimait beaucoup la complexité et écrit néanmoins dans son ouvrage [PER 73] : « il faut toujours simplifier... ».

La *réalité* est toujours plus complexe que ce que nous pouvons écrire dans un livre. L'exposé que nous proposons simplifie ainsi beaucoup des bases scientifiques et des aspects techniques de la simulation numérique. Si certaines notions ont été simplifiées, éventuellement au-delà du raisonnable pour les experts du domaine, c'est afin de les rendre accessibles au plus grand nombre, encourageant le lecteur ou la lectrice à aller plus loin. Les simplifications résultent autant de choix conscients... que d'ignorance, qui dans sa forme assumée peut être conçue comme l'une des qualités nécessaires à la recherche scientifique [FIR 14]. Dans tous les cas, elles relèvent de notre responsabilité – et ne sauraient engager les contributeurs, personnalités ou organisations, sollicités au cours du travail de recherches accompagnant la rédaction de cet ouvrage. Toute remarque concernant une erreur ou une approximation est la bienvenue : il suffit de contacter l'auteur *via* son site Internet<sup>2</sup>.

---

2. Disponible à l'adresse : <http://www.eye-pi.fr>.