

De l'accident d'Ariane 5 au monde virtuel

L'accident qui nous a privés d'Ariane 5, et surtout des quatre satellites Cluster qui constituaient sa précieuse charge scientifique, sont une bonne occasion de revenir sur le colloque « Virtualité et Réalité dans les sciences », organisé par un groupe de physiciens souhaitant réfléchir sur les interrogations fondamentales suscitées par leur discipline. Les textes de ces rencontres sont disponibles. Il est d'autant plus intéressant de les lire aujourd'hui que l'un des orateurs, Philippe Quéau, s'y montre prémonitoire. Réfléchissant sur un autre accident informatique, celui des hélicoptères américains abattus par des F-16 au-dessus du nord de l'Irak, il écrit : « *Lorsque les techniques du virtuel servent à simuler le monde réel, elles ajoutent de ce fait de nombreux artefacts « virtuels » aux erreurs classiques venant du « réel ». La confusion de la « réalité » et de sa représentation virtuelle ne fait que s'accroître par l'introduction d'erreurs humaines, accidentelles ou structurelles (comme des bogues de programme informatique). Il devient alors pratiquement impossible d'analyser, surtout en temps d'urgence, l'origine de la panne. Ce qui est le plus grave, c'est qu'il devient même impossible de distinguer le niveau de réalité de cette panne, puisqu'elle peut affecter précisément la représentation qu'on se fait de la réalité.* » C'est exactement ce qui

s'est passé le 4 juin 1996 lorsque, à H_0 plus 36,7 secondes, le calculateur du système de référence inertielle d'Ariane 5 est devenu inopérant. Du fait de sa défaillance, il a transmis des informations de diagnostic au calculateur principal de la fusée, qui les a interprétées comme des données de vol et les a utilisées pour ses calculs. Ainsi trompé, il a envoyé aux tuyères l'ordre de procéder à une correction importante de trajectoire par rapport à une déviation qui, en fait, ne s'était jamais produite. On connaît la suite : les tuyères des deux moteurs à propergol solide se braquaient, provoquant le basculement brutal du lanceur qui, à H_0 plus 39 secondes, se désintégra sous l'effet des charges aérodynamiques.

La commission d'enquête note dans son rapport : « *Lors de la conception du logiciel du système de référence inertielle d'Ariane 4 et d'Ariane 5, il a été décidé qu'il n'était pas nécessaire de protéger le calculateur de la centrale inertielle contre un arrêt de fonctionnement dû à une valeur excessive de la variable liée à la vitesse horizontale, laquelle protection a été prévue pour plusieurs autres variables du logiciel d'alignement. Cette décision de conception a été prise sans que l'on analyse ou comprenne parfaitement les valeurs que cette variable particulière pourrait prendre lorsque le logiciel d'alignement est auto-*

risé à fonctionner après le décollage. »

Un accident virtuel

A cause de cette erreur de conception et de spécification du logiciel, un sous-système a envoyé une information complètement fautive, induisant dans le calculateur central une *représentation de la réalité* tout aussi fautive qui a amené, en dernier lieu, à la destruction du lanceur. Voilà qui peut être médité par ceux qui pensent le virtuel comme absolument séparé du réel. Le virtuel a des conséquences dans le réel parce qu'il est le produit de l'homme, à jamais imprévisible. On peut donner des exemples plus triviaux : un chirurgien qui opère à distance un malade, à l'aide de robots télécommandés, dans une salle d'opérations bien réelle ; un général qui commande, sur le champ de bataille virtuel, le départ de missiles sol-sol, dont l'explosion sera bien réelle ; ou une téléconférence, rassemblant dans une salle virtuelle des participants éloignés de milliers de kilomètres, mais dont les décisions auront des conséquences bien réelles.

Ce lien entre virtuel et réel n'est pas univoque. Il est toujours bon de rappeler aux fanatiques de l'informatique que leurs machines ne pourraient pas exister sans une infrastructure industrielle puissante. La chimie du silicium, qui

exige le passage par des intermédiaires chlorés, n'est pas de l'industrie légère. Elle est grosse consommatrice d'eau et d'électricité. Cette électricité bien sûr indispensable à la bonne marche des « machines virtuelles ». Les Américains de la Côte Ouest en ont fait l'expérience tout récemment : le 8 août, *America on Line*, le principal moyen d'accès à Internet aux États-Unis, tombait en panne pendant une journée complète, privant ainsi de connexion des millions d'utilisateurs ; c'était le monde virtuel qui s'écroulait pour eux. Et le 10, neuf États étaient totalement privés de courant suite à un incident sur un nœud du réseau électrique, nouveau signe de la dégradation des infrastructures en Amérique. Los Angeles et San Francisco vivaient de gigantesques embouteillages suite à la panne des feux de circulation. Là encore, le monde virtuel était parti en fumée...

Au-delà de cette dépendance logistique, triviale, mais souvent oubliée, il existe une limite beaucoup plus fondamentale au virtuel, que Philippe Quéau n'oublie pas de souligner. Pour lui, ces limites des mondes virtuels « *viennent essentiellement de leur nature conceptuelle, et du fait qu'ils sont définis et composés par la pensée logico-mathématique, formelle, abstraite. Cela les réduit nécessairement aux seules structures*

qui se prêtent à une telle formalisation. Le virtuel, qui est d'essence logico-mathématique, peut-il rendre compte de ce qui constitue la substance même de la réalité, peut-il saisir dans ses filets mathématiques les poissons du réel ? » (C'est nous qui soulignons.) La réponse est bien sûr non. Pas plus qu'un ensemble fixe d'équations, que soutendent quelques axiomes, le virtuel ne peut prétendre à atteindre la vérité, la réalité. Car celles-ci sont essentiellement changeantes. Le phantasme de ceux qui créent des êtres virtuels en se prenant pour Dieu, pensant être en mesure de contrôler tous les paramètres, est aussi futile et puéril que celui de Laplace.

Dire cela n'est pas condamner le virtuel, bien au contraire. Il peut même être très utile, en devenant un outil pour décrire ou penser l'espace-temps bien supérieur à ce qu'étaient en leur temps la perspective ou la géométrie descriptive. Philippe Quéau ne nous dit rien d'autre lorsqu'il remarque : « *Les images de synthèse sont essentiellement des représentations visibles de concepts abstraits. Elles nous donnent le moyen d'explorer de façon perceptible ces univers conceptuels.* »

Revisiter la caverne

Davantage encore, en nous forçant à prendre conscience des limites de notre appareil de perception, le virtuel peut jouer un peu, toutes proportions gardées, le rôle qu'avaient tenu les illusions d'optique qui ont longtemps servi de champ de réflexion à ceux qui étudiaient la façon dont notre cerveau « voit ». Le virtuel deviendrait alors, non pas une voie d'accès vers un monde sous-jacent, que nous devinons « comme dans un miroir brouillé », mais précisé-

ment un moyen supplémentaire pour nous convaincre de l'existence de ce monde, celui de l'immuable changement. Car le virtuel efface toute certitude quant à nos sens. Il met en doute la tranquille certitude des informations que ceux-ci nous transmettent. Et ce faisant, il va sans doute forcer — c'est en tout cas la vision optimiste de Quéau — un nombre plus grand de personnes à renoncer à l'« objectivité » des positivistes à laquelle nous sommes encore tant, y compris parmi les scientifiques, à croire.

Et Philippe Quéau trouve des accents dignes du *Voyage d'hiver* de Schubert : « *Toujours il faut s'arracher aux campements provisoires que toute image et toute pensée proposent, et reprendre la route, laisser derrière soi les métaphores les mieux connues, les idées les plus aimées, pour s'ouvrir aux abîmes impensables, insondables. Le virtuel ne fait que nous rappeler, à sa manière et de façon plus adéquate à notre temps sans doute, notre obligation d'errance, il nous encourage à continuer d'avoir l'esprit vagabond.* »

Revisitant le mythe platonicien de la caverne avec des lunettes virtuelles, Philippe Quéau affirme : « *Ce qu'il faut, c'est voir. Et voir, c'est chercher à voir, derrière toutes les images, derrière toutes les représentations, derrière toutes les visions, ce qui ne se laisse pas voir, mais qui se laisse chercher.* »

Vous l'aurez compris, Philippe Quéau pense le virtuel en philosophe. Nous avons particulièrement insisté sur sa présentation car elle touchait des points fondamentaux qui nous semblent mal ou peu pensés dans le monde scientifique aujourd'hui. D'autres auteurs se sont chargés de présenter l'aspect plus « opérationnel » du virtuel dans le travail scientifique. Pierre Darrilat nous compte ainsi les êtres physiques virtuels qui naissent lorsque les physiciens déclarent

« tout se passe comme si... » Et c'est ainsi que Neptune, le positon ou les bosons faibles sont apparus dans des modèles, bien avant leur découverte effective. Etienne Guyon nous offre son regard d'expérimentateur pour opposer

la simulation à la modélisation, celle-ci possédant « une beaucoup plus grande autonomie par rapport au réel qui l'a inspirée » que celle-là.

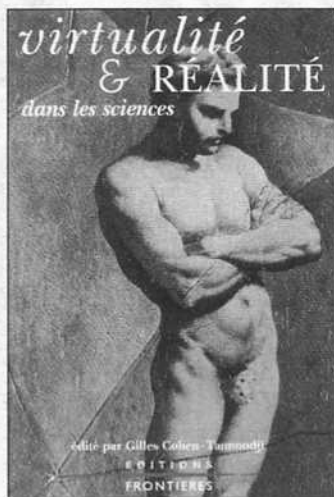
Il se livre ensuite à un éloge de « l'expérience modèle », qui permet à la liberté créatrice de l'esprit humain de se faire jour. Lorsque le chercheur a une vision d'un phénomène naturel, « *l'expérience modèle sert (...) à rendre concrète et opérationnelle cette vision. De « l'expérience de coin de table » au « calcul sur le dos d'une enveloppe », ces étapes sont presque toujours présentes lors d'une véritable percée scientifique. Ainsi, lorsque Poncelet dessine pour la première fois la roue qui portera*

son nom, il le fait au dos d'une invitation de mariage. A travers cette courbe mal dessinée, qui a pris la liberté de se détacher du réel, c'est l'idée qui s'incarne, qui fait sa première incursion dans le monde réel. »

Etienne Guyon, qui a dirigé le Palais de la Découverte avant l'Ecole Normale Supérieure, pense toujours en pédagogue et vulgarisateur. Il voit très justement dans l'expérience modèle un « instrument d'initiation et de formation » : si l'expérience modèle est le temps de la vie scientifique qui contient le moment de la création, alors c'est sans doute ce qu'il convient de développer au maximum.

Cependant, Etienne Guyon n'oublie pas d'avertir ceux qui croiraient aveuglément dans les résultats de leurs modèles : « *On a filtré, dans le modèle, le réel avec un objectif particulier. Et on ne saurait minimiser le risque, particulièrement dans le cas des expériences numériques, de n'obtenir en fin de compte que ce que l'on s'attend à trouver en oubliant d'autres variables cruciales cachées, dont dépendrait même la solution du problème posé !* »

Quelle leçon, au moment où certains physiciens de l'atmosphère, au nom de leurs modèles de circulation générale et de l'effet de serre additionnel qu'ils en déduisent, voudraient interrompre le développement du tiers monde et réduire le niveau de vie occidental. Etienne Guyon se situe dans la droite ligne de Pasteur qui, s'il vantait les « idées préconçues » (les hypothèses que Newton se refusait à faire), déclarait aussitôt qu'il fallait les passer au crible de l'expérience : « *cet effort de modélisation (...) ne prend son sens que dans un dialogue serré avec l'expérience réelle.* » **Emmanuel Grenier**



**Virtualité et réalité
dans les sciences**
Editions Frontières,
202 pages, 120 francs.