

Norbert Wiener

Cybernétique et société. (1950)

dans Bounoux, Daniel (1993) Sciences de l'Information et de la Communication. Larousse, Paris. pp 442-454.

Cybernétique et société (1950)

NORBERT WIENER (1894-1964)

De formation mathématique, Norbert Wiener était professeur au MIT. Il avait travaillé pendant la guerre sur l'automatisation du tir antiaérien, et il s'intéressa toute sa vie à la conception de prothèses médicales. Les mathématiques sont pour lui comme une vaste métaphore, un immense échangeur permettant de superposer ou de rapprocher les phénomènes: la grille de lecture cybernétique ne fait appel qu'à la méthode axiomatique, qui enchaîne les phénomènes selon des séquences logico-mathématiques (la mathématisation du monde par la physique galiléo-cartésienne ne procédait pas autrement), et fait ainsi apparaître d'inattendus rapprochements entre les isomorphismes que cette méthode met en évidence.

Le premier effet de cette approche du réel est de congédier les distinctions reçues entre l'artificiel et le vivant, l'âme et le corps, la machine et l'esprit. La logique du raisonnement est indifférente à la matérialité des supports: ce n'est pas le hardware qui qualifie les phénomènes, mais la structure logique des événements ou des comportements.

Une nouvelle ontologie en résulte, fondée sur la relation (maître mot de ce nouveau paradigme, qui influencera profondément par exemple les psychiatres de l'école de Palo Alto). Du point de vue de la connaissance autant que de l'existence, la relation prime toujours sur le contenu (intérieur) d'un être ou d'un phénomène: ce contenu est d'ailleurs baptisé 'boîte noire'), et réputé inscrutable autrement qu'en termes d'entrées et de sorties (le couple fameux input/output). La cybernétique revendique donc une méthode comportementale d'étude, ou pour mieux dire: elle examine l'objet ou le sujet sous l'angle de l'information.

Parmi les nombreuses et importantes conséquences de cette nouvelle approche, nous relèverons particulièrement que:

- vivre, c'est communiquer ou échanger,
- la substance est remplacée par des modèles (patterns) stables sous le flot d'informations et d'énergie qui les traverse (tout corps vivant est un tourbillon plus proche de la flamme que de la pierre ...);
- l'homme de Wiener est « sans intérieur » (comme le dit Philippe Breton en sous-titre de son livre): au rebours du paradigme de Freud, hanté par le dépôt substantiel ou abyssal de l'inconscient au fond de chacun, ce dedans s'extravase avec la cybernétique, qui tente de penser ce contenu en termes de relations, ou qui tend du moins à brouiller grandement ces oppositions;
- le réel peut tout entier s'interpréter en termes de messages et en réseaux de médiations: dans le texte ci-dessous, Wiener va jusqu'à imaginer qu'on puisse un jour télégraphier un homme » (cette idée trouve une illustration saisissante, et pathétique, dans le beau film de Cronenberg *la Mouche*, 014 le savant s'amuse d'abord à voyager entre les deux « télépoles »)...

Au bilan, la cybernétique apparaît moins comme une discipline locale ou particulière que comme une interdiscipline, susceptible de les renouveler toutes. Et sa démarche incontestablement scientifique se double rapidement d'une dimension prophétique, ou idéologique (ce qui n'est pas forcément une tare).

Avec *Cybernétique et société* en effet (The Human Use of Human Beings), Wiener tire dès 1950 les leçons sociales, morales, politiques ou pédagogiques de son grand ouvrage de 1948, peu accessible aux non-spécialistes. Il faut pour comprendre cette démarche se replacer dans le contexte post-traumatique de ces années: Wiener se réfère lui-même à (Bergen-Belsen et Hiroshima), soit à la crainte très réelle que nos sociétés ne retournent au chaos, c'est-à-dire à l'entropie.

Ce pessimisme historique est né des ravages de la guerre bien sûr, qui se prolonge alors sous forme de « guerre froide », mais il a aussi sa racine dans le deuxième Principe de la thermodynamique, qui annonce depuis sa formulation en 1850 par Clausius, sur la base des travaux de Carnot sur la chaleur, l'inéluctable mort thermique de l'univers, soit le retour final à la désorganisation (à l'entropie) maximale. La seule façon de faire reculer celle-ci est de créer localement des îlots d'ordre ou de néguentropie, c'est-à-dire d'information.

On voit de la sorte que ce pessimisme est corrigé ou double d'un optimisme technologique: Wiener imagine toutes les façons par lesquelles, en communiquant mieux (donc en levant les obstacles au développement en tous domaines de l'information), les hommes étendront leur culture ou leur vie, ou lutteront contre le chaos et la barbarie. Son anarchisme rationnel annonce le dépérissement de l'Etat par l'autorégulation du social, conçue dans cet ouvrage sur le modèle d'un automate a-centré. Il faut à cet égard rappeler que Wiener, contrairement à von Neumann, se définit comme un antimilitariste militant, et que ses prises de position contribuèrent dès les années de l'après-guerre à l'émergence de la « problématique STS (Sciences – Techniques - Société, une prise de conscience généralement tardive et difficile pour les savants de haut niveau).

La métaphore du gouvernail qui figure au cœur de cette pensée, et dans le nom même qu'elle se donne, indique semble-t-il la proximité entre les multiples préoccupations de Wiener et l'actuelle sensibilité écologique: ne s'agit-il pas dans les deux cas de concevoir et de favoriser la complémentarité des contraires, et l'interdépendance des formes de la vie? Comme dit aujourd'hui Michel Serres, en reprenant la formule de Pascal, nous sommes embarqués... », et nous pouvons pour la première fois dans l'histoire apercevoir physiquement la forme de notre vaisseau: une petite boule bleue perdue dans un univers à la dispersion infinie et glacée. (Il est probable que la photo-satellite du vaisseau spatial Terre contribue à répandre cette nouvelle conscience écologique; une conscience que Serres identifie à celle des « lois du bord » dans l'Odyssée: contrairement à l'Illiade, où les guerriers ont toujours de la terre à brûler, l'espace du bateau est irremplaçable, et indestructible sous peine de suicide.) La cybernétique, soit l'art du gouvernement ou du pilotage à travers la **noise**¹ des forces contraires, anticipait largement sur ces récents développements.

¹ **noise**: querelle entre les vivants, mais aussi turbulence et bruit (cf. l'anglais noise) dans la nature ou parmi l'organisation en général. On lira sur la logique de ce mot, et celle de l'ordre à partir du bruit, la surprenante méditation de Michel Serres dans Genèse, qui s'ouvre par une analyse de la belle noiseuse selon le Chef d'oeuvre inconnu de Balzac (Genèse, Grasset, Paris, 1982).

Et son modèle pourrait donc servir à nos études de communications: partout où le savoir se cloisonne et se spécialise; partout aussi où l'autre est ce qu'il faut vaincre, et non pas convaincre. Philippe Breton, qui identifie la cybernétique à l'« utopie de la communication », souligne à cet égard qu'elle constitue la première idéologie sans adversaire (autre que l'inévitable bruit) - et de fait, il y eut dans l'anarchisme optimiste de Wiener beaucoup de civilité. Faut-il dans ces conditions l'accuser d'avoir doublé son projet d'une exigence de transparence totale ? Soupçonner Wiener d'aller dans le sens du Panoptikon carcéral décrit par Michel Foucault, ou pire du 1984 d'Orwell, est lui chercher une mauvaise querelle. Nous ne suivons pas Breton au-delà de la première partie de son ouvrage, utile et documentée; au lieu d' enrôler Wiener dans la longue tradition des utopistes, mieux vaut décrire avec Jean-Pierre Dupuy ou Pierre Lévy son épistémologie, et la descendance de ses idées dont on est loin d'avoir mesuré toute la fécondité.

Source: Norbert Wiener, *Cybernétique et société (The Human Use of Human Beings)*, traduction de Pierre-Yves Mistoulon, éditions UGE 10/18, Paris, 1954.

Chapitre premier - La cybernétique à travers l'histoire

Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, je me penche sur les nombreuses ramifications de la théorie des messages. À côté de la théorie de la technique électrique pour la transmission des messages, il y a un champ plus vaste qui englobe non seulement l'étude du langage, mais aussi l'étude des messages en tant que moyens de contrôle sur les machines et la société, le développement des machines à calculer et autres appareils automatisés analogues, certaines considérations sur la psychologie et le système nerveux, et une nouvelle théorie expérimentale de la méthode scientifique. Cette théorie élargie des messages est une théorie probabiliste, partie intrinsèque du mouvement qui doit son origine à Willard Gibbs et que j'ai décrite dans l'introduction.

Jusqu'à une date récente, il n'existait pas de mot pour désigner ce complexe d'idées, et afin de désigner le champ tout entier par un terme unique, je me suis vu dans l'obligation d'en inventer un. D'où le mot « cybernétique » que j'ai fait dériver du mot grec *kubernetes*, ou « pilote », le même mot grec dont nous faisons en fin de compte notre mot « Gouverneur ».

Par ailleurs, j'ai trouvé par la suite que ce mot avait été déjà employé par Ampère en référence à la science politique, et qu'il avait été introduit dans un autre contexte par un savant polonais, cet emploi dans les deux cas, datant des premières années du XIXe siècle.

J'ai écrit un livre assez technique, intitulé « La Cybernétique »², qui a été publié en 1948. Il me fut demandé d'en rendre les idées accessibles au public profane, et j'ai alors publié la première édition de « L'Utilisation humaine des êtres humains »³ en 1950. Depuis, ce sujet issu de quelques idées partagées par les Drs. Claude Shannon, Warren Weaver et moi-même est devenu un terrain de recherches bien établi. Pour cette raison, je saisis l'occasion qui m'est

² *Cybernetics*, éditions Hermann. Paris - New York. 1948.

³ Traduction littérale du titre original du présent ouvrage.

fournie par la réimpression de mon livre pour le mettre à jour et supprimer certaines insuffisances et fautes de logique.

En donnant la définition de la Cybernétique dans la première édition, j'ai classé les notions de communication et de régulation ensemble. Pourquoi l'ai-je fait? Quand je communique avec une autre personne, je lui transmets un message, et quand cette personne communique à son tour avec moi, elle me retourne un message de même nature qui contient des renseignements accessibles d'abord à elle et non à moi. Quand je contrôle les actions d'une autre personne, je lui communique un message, et bien que ce message soit de nature impérative, la technique de communication ne diffère pas de celle de la transmission d'un fait. En outre si je veux que mon contrôle soit efficace, je dois m'informer de tous messages émanant de la personne capables de m'avertir que l'ordre est compris et qu'il a été exécuté.

La thèse de ce livre est que la société peut être comprise seulement à travers une étude des messages et des « facilités » de communication dont elle dispose; et que, dans le développement futur de ces messages et de ces « facilités » de communication les messages entre l'homme et les machines, entre les machines et l'homme, et entre la machine et la machine sont appelés à jouer un rôle sans cesse croissant.

Quand je donne un ordre à une machine, la situation ne diffère pas fondamentalement de celle qui se présente quand je donne un ordre à une personne. En d'autres termes, dans la mesure où je suis conscient, j'ai connaissance de l'ordre qui a été donné et du signal d'acquiescement qui est revenu. Pour moi, personnellement, le fait que le signal, dans ses étapes intermédiaires, ait passé par une machine plutôt que par une personne ne doit pas être pris en considération et en aucun cas n'apporte de grand changement dans la relation existant entre le signal et moi. Ainsi, la théorie de la régulation dans les réalisations d'ingénieur soit par un humain, soit par un animal ou une mécanique, est un chapitre de la théorie des messages.

Naturellement, il y a des différences de détail dans les messages et dans les problèmes de régulation, non seulement entre un organisme vivant et une machine, mais aussi à l'intérieur de chaque catégorie plus étroite d'êtres. Le but de la cybernétique est de développer un langage et des techniques qui nous permettent effectivement de nous attaquer au problème de la régulation des communications en général, et aussi de trouver le répertoire convenable d'idées et de techniques pour classer leurs manifestations particulières selon certains concepts.

Les ordres par l'intermédiaire desquels nous exerçons notre contrôle sur notre entourage constituent une sorte d'information que nous lui communiquons. Comme toute forme d'information, ces ordres sont sujets à des perturbations dans la transmission. Ils parviennent avec moins de cohérence, et certainement pas avec plus de cohérence qu'au moment de leur émission. Dans le domaine de la régulation et des communications, nous luttons perpétuellement contre la tendance de la nature à détériorer l'ordonné et à détruire le compréhensible; la tendance, comme Gibbs nous l'a montrée, de l'entropie à s'accroître.

Une grande partie de cet ouvrage traite des limites des communications chez les individus et parmi les individus. L'Homme est plongé dans un monde qu'il perçoit par l'intermédiaire de ses organes des sens. L'information qu'il reçoit est coordonnée par son cerveau et son système nerveux, jusqu'à ce que, après le processus convenable d'emmagasinement, de collation et de sélection, elle soit diffusée à travers des organes de Faction, ses muscles généralement. Ceux-ci à leur tour agissent sur le monde extérieur, et également réagissent sur le système nerveux central par l'intermédiaire d'organes récepteurs tels que les organes terminaux de la sensation; et les renseignements reçus par les organes sensoriels se combinent à la prévision de renseignements déjà emmagasinés pour influencer sur l'action future.

Information est un nom pour désigner le contenu de ce qui est échangé avec le monde extérieur à mesure que nous nous y adaptons et que nous lui appliquons les résultats de notre adaptation. Le processus consistant à recevoir et à utiliser l'information est le processus que nous suivons pour nous adapter aux contingences du milieu ambiant et vivre efficacement dans ce milieu. Les besoins et la complexité de la vie moderne rendent plus nécessaire que jamais ce processus d'information et notre presse, nos musées, nos laboratoires scientifiques, nos universités, nos bibliothèques et nos manuels sont obligés de satisfaire les besoins de ce processus, ou, sinon, n'atteignent pas leur but. Vivre efficacement, c'est vivre avec une information adéquate. Ainsi, la communication et la régulation concernent l'essence de la vie intérieure de l'Homme, même si elles concernent sa vie en société.

Que l'étude des communications ait sa place dans l'histoire de la science, ce n'est ni un fait négligeable ou fortuit, ni un fait nouveau. Même avant Newton de tels problèmes furent communs en physique, particulièrement dans l'œuvre de Fermat, Huygens et Leibniz: chacun d'eux s'est intéressé à la physique dont le point d'aboutissement était non la mécanique, mais l'optique, la communication des images visuelles.

Fermat fit progresser l'étude de l'optique avec son principe de minimisation, selon lequel, sur toute portion suffisamment courte de son trajet, la lumière suit le chemin qu'elle met le moins de temps à franchir. Huygens développa la forme primitive de ce que l'on connaît maintenant sous le nom de « Principe de Huygens », en disant que la lumière se propage à partir d'une source en formant autour de cette source une sorte de petite sphère consistant en sources secondaires qui, à leur tour, propagent la lumière de la même façon que les sources premières. Leibniz, entre-temps, conçut le monde tout entier comme un assemblage d'êtres appelés « monades » dont l'activité consistait en la perception réciproque sur la base d'une harmonie préétablie, œuvre de Dieu, et il est parfaitement clair qu'il conçut cette interaction largement en termes d'optique, à part cette perception, les « monades » n'avaient aucune « fenêtre », de sorte que dans sa conception toute interaction mécanique ne devenait en fait rien de plus qu'une conséquence subtile d'une interaction optique. Un intérêt marqué pour l'optique et les messages est apparent dans cette partie de la philosophie de Leibniz et se trouve sensible dans l'ensemble de sa philosophie. Il joue un rôle important dans deux de ses idées les plus originales : celle de la « Characteristica Universalis », ou langage scientifique universel, et celle du « Calculus Ratiocinator », ou calcul par la logique. Ce « Calculus Ratiocinator », quoique imparfait, fut l'ancêtre direct de la logique mathématique moderne.

Leibniz, dominé par des idées de communication, est à plus d'un titre l'ancêtre intellectuel des idées contenues dans cet ouvrage, car il s'occupa également de calcul mécanique et d'automates. Mes vues dans cet ouvrage sont bien loin d'être leibniziennes, mais les problèmes auxquels je m'intéresse sont très certainement leibniziens. Les machines à calculer de Leibniz furent seulement une conséquence de l'intérêt qu'il porta à un langage du calcul, à un calcul rationnel, et du fait qu'il avait en tête, simplement, une extension de son idée d'un langage artificiel complet. Ainsi même dans sa machine à calculer, Leibniz se préoccupa surtout de langage et de communication.

Vers le milieu du siècle dernier les travaux de Clerk Maxwell et de son précurseur, Faraday, avaient attiré l'attention des physiciens une fois encore sur l'optique, science de la lumière, que l'on considérait alors comme une forme d'électricité, que l'on pouvait ramener au mécanisme d'un milieu étrange, rigide mais invisible, connu sous le nom d'éther, et qui, à cette époque, était supposé imprégner l'atmosphère, l'espace intersidéral et toute substance transparente. Les travaux de Clerk Maxwell sur l'optique consistèrent dans le développement mathématique d'idées qui avaient été exprimées antérieurement sous une forme convaincante mais non mathématique par Faraday. L'étude de l'éther soulevait certains problèmes dont les solutions étaient obscures, comme, par exemple, le problème du mouvement de la matière à travers l'éther. La fameuse expérience de Michelson et Morley, dans les années 1890, fut entreprise pour le résoudre et elle donna un résultat tout à fait inattendu, à savoir qu'il n'y avait simplement aucune façon de déterminer le mouvement de la matière à travers l'éther.

La première solution satisfaisante aux problèmes soulevés par cette expérience fut celle de Lorentz, qui fit observer que, si l'on concevait les forces donnant sa cohésion à la matière comme étant elles-mêmes électriques ou optiques par nature, l'on devait compter sur un résultat négatif de l'expérience de Michelson-Morley. Cependant Einstein, en 1905, traduisit ces idées de Lorentz sous une forme dans laquelle le caractère inobservable du mouvement absolu était un postulat de physique plutôt que le résultat de toute structure particulière de la matière. Pour notre étude, la chose importante est que, dans les travaux d'Einstein, la lumière et la matière sont placées sur le même plan, comme elles l'avaient été dans les écrits antérieurs à ceux de Newton, sans la subordination newtonienne de toutes choses à la matière et à la mécanique.

En expliquant ses vues, Einstein tient compte largement de l'observateur, qui peut être au repos ou en mouvement. Dans sa théorie de la relativité, il est impossible de faire intervenir l'observateur sans faire intervenir également l'idée de message, et sans, en fait, ramener à un stade quasi leibnizien la physique, qui, une nouvelle fois, tend vers l'optique. La théorie de la relativité d'Einstein et la mécanique statistique de Gibbs sont antithétiques, en ce qu'Einstein, comme Newton, raisonne encore essentiellement à l'aide d'une dynamique absolument rigide où n'entre pas l'idée de probabilité. Les travaux de Gibbs, au contraire, sont probabilistes au départ, mais les orientations divergentes de ces travaux représentent néanmoins un changement de point de vue en physique. Dans celui-ci le monde tel qu'il existe réellement est remplacé d'une façon ou d'une autre par le monde tel qu'il est observé et le vieux réalisme naïf de la physique fait place à quelque chose dont l'évêque Berkeley eût souri volontiers.

Là-dessus, il convient que nous revenions sur certaines notions concernant l'entropie, qui ont déjà été présentées dans l'introduction. Comme nous l'avons dit, l'idée d'entropie représente plusieurs des divergences les plus

importantes de la mécanique gibbsienne d'avec la mécanique newtonienne. Scion Gibbs, nous avons une quantité physique qui relève non du monde extérieur comme tel, mais de certaines catégories de mondes extérieurs possibles, et en conséquence de la réponse à certaines questions spécifiques que nous pouvons poser en ce qui concerne le monde extérieur. La physique devient alors, non pas la discussion sur un univers extérieur que l'on peut considérer comme la réponse globale à toutes les questions le concernant, mais un compte rendu des réponses à des questions de portée bien plus limitée. En fait, ce qui nous intéresse maintenant ce n'est plus l'étude de tous les messages possibles émis et reçus que nous pouvons envoyer ou recevoir, mais la théorie de messages bien plus spécifiques émis et reçus; et cela implique l'évaluation de la somme d'informations qu'ils nous fournissent, somme qui cesse d'être infinie.

Les messages sont eux-mêmes une forme de « modèle » (pattern) et d'organisation. En effet, il est possible de considérer les séries de messages comme ayant une entropie à l'égard des séries d'états du monde extérieur. De même que l'entropie est une mesure de désorganisation, l'information fournie par une série de messages est une mesure d'organisation. En fait, il est possible d'interpréter l'information fournie par un message comme étant essentiellement la valeur négative de son entropie, et le logarithme négatif de sa probabilité. C'est-à-dire, plus le message est probable, moins il fournit d'information. Les clichés ou les lieux communs, par exemple, éclairent moins que les grands poèmes.

J'ai déjà mentionné l'intérêt que portait Leibniz aux automates, intérêt partagé d'ailleurs par son contemporain Pascal, qui apporta une réelle contribution au développement de ce que nous connaissons de nos jours sous le nom d'additionneuse. Leibniz voyait, dans la concordance de l'heure par des horloges réglées simultanément, le modèle de l'harmonie préétablie de ses « monades ». Car la technique mise en application dans les automates de son époque était celle de l'horloger. Considérons l'activité des petites figurines qui dansent sur le dessus d'une boîte à musique. Elles se meuvent suivant un « modèle », mais c'est un « modèle » qui est réglé d'avance et dans lequel l'activité passée des figurines n'a pratiquement rien à voir avec le « modèle » de leur activité future. La probabilité qu'elles s'écartent de ce « modèle » est nulle. Il y a un message, bien entendu, mais il va du mécanisme de la boîte à musique aux figurines et s'arrête là. Les figurines elles-mêmes n'ont aucune trace de communication avec le monde extérieur, excepté cette étape irréversible de communication avec le mécanisme préétabli de la boîte à musique. Elles sont aveugles, sourdes et muettes, et ne peuvent en aucune façon faire différer leur activité du « modèle » établi conventionnellement.

A elles s'opposent les comportements de l'Homme, ou, bien entendu, de tout animal moyennement intelligent, tel un petit chat. J'appelle le petit chat et il lève la tête. Je lui ai envoyé un message qu'il a reçu par l'intermédiaire de ses organes sensoriels et dont il témoigne dans ses actes. Le petit chat a faim et pousse une plainte pitoyable. Cette fois, c'est lui qui envoie un message. Le petit chat donne un coup de patte à une bobine qui se balance. La bobine oscille vers la gauche, et le chaton l'attrape avec sa patte gauche. Cette fois, des messages d'une nature très complexe sont à la fois envoyés et reçus dans le propre système nerveux du petit chat par l'intermédiaire de terminaisons nerveuses situées dans ses articulations, ses muscles, ses tendons; et grâce aux messages nerveux envoyés par ces organes l'animal connaît la position et les tensions réelles de ses tissus. C'est seulement par l'intermédiaire de ces organes que l'habileté manuelle est rendue possible.

J'ai opposé le comportement prédéfini des petites figurines de la boîte à musique d'une part au comportement contingent des êtres humains et des animaux d'autre part. Mais nous ne devons pas supposer que la boîte à musique est le type de tout comportement mécanique.

Les machines plus anciennes, et en particulier les tentatives plus anciennes pour fabriquer des automates, opéraient sur la base d'un mécanisme d'horlogerie fermé. Mais les machines automatiques modernes telles que les engins téléguidés, les « proximity fuse », le mécanisme d'ouverture automatique des portes, l'appareillage de commande d'une usine de produits chimiques et le reste de la panoplie moderne des machines automatiques qui remplissent des fonctions militaires ou industrielles, sont dotées d'organes sensoriels, c'est-à-dire de récepteurs pour les messages venant de l'extérieur. Ceux-ci peuvent être aussi simples que des cellules photoélectriques qui se modifient électriquement quand un rayon lumineux les touche, et qui peuvent donc distinguer la lumière de l'obscurité, ou aussi compliqués qu'un poste de télévision. Ils peuvent mesurer une tension par le changement qu'elle produit dans la conductibilité d'un fil électrique qui y est soumis, ou ils peuvent mesurer la température au moyen d'un thermocouple, qui est un instrument consistant en deux segments en contact l'un avec l'autre et à travers lesquels passe un courant quand l'un des points de contact est chauffé. Chaque instrument, dans le répertoire du fabricant d'instruments scientifiques, est un organe sensoriel possible, et l'on peut lui faire enregistrer à distance ses observations par l'interposition d'un appareillage électrique convenable. Ainsi, la machine qui est conditionnée en vue de relations avec le monde extérieur reste actuelle.

La machine qui agit sur le monde extérieur au moyen de messages nous est également familière. Le mécanisme photoélectrique d'ouverture automatique des portes est connu de toute personne qui a passé par l'aérodrome d'Orly; il équipe bien d'autres constructions également. Quand un message consistant dans l'interception d'un rayon lumineux est envoyé, l'appareil, ce message actionne la porte, et l'ouvre de telle sorte que la personne peut la franchir.

Les échelons entre la mise en action d'une machine de ce type par des organes sensoriels et l'exécution par elle d'une tâche peuvent être aussi simples que dans le cas de la porte électrique; ou bien ils peuvent en fait atteindre tout degré de complexité voulu dans les limites de nos techniques de construction mécanique. Une action complexe est une action dans laquelle les données fournies (que nous appelons « alimentation ») pour obtenir une action sur le monde extérieur (que nous appelons « rendement ») peuvent provoquer un nombre important de combinaisons. Ce sont des combinaisons à la fois des données fournies sur le moment et des éléments enregistrés, pris parmi les données emmagasinées antérieurement (que nous appelons la « mémoire »). Celles-ci sont enregistrées dans la machine. Toutefois, les machines les plus compliquées que l'on fabrique, celles qui transforment les données d'alimentation en données de rendement, sont les machines à calculer électriques à grande vitesse dont je parlerai ultérieurement plus en détail. La détermination du mode de fonctionnement de ces machines est donnée par l'intermédiaire d'une sorte d'alimentation spéciale, qui consiste fréquemment en cartes perforées ou en bandes ou fils magnétiques, et qui détermine la façon dont la machine va fonctionner dans une opération, différente de celle dont elle aurait pu fonctionner, dans une autre opération. En raison de l'emploi fréquent de bandes perforées ou

magnétiques dans les processus de contrôle, les données dont on alimente Les machines, et qui indiquent le mode d'opération de l'une de ces machines pour combiner les informations, sont appelées le « programme ».

J'ai dit que l'homme et l'animal ont un sens kinesthésique, par lequel ils enregistrent la position et les tensions de leurs muscles. Pour qu'une machine soumise à des variations du milieu ambiant agisse efficacement, il est nécessaire que l'information concernant les résultats de sa propre action lui soit fournie comme faisant partie de l'information d'après laquelle elle doit continuer d'agir. Par exemple, si nous faisons fonctionner un ascenseur, il ne suffit pas d'ouvrir la porte extérieure parce que les ordres que nous avons donnés doivent faire en sorte que l'ascenseur soit au niveau de cette porte au moment où nous l'ouvrons. Il importe que le déclencheur permettant l'ouverture de la porte soit subordonné au fait que l'ascenseur est effectivement au niveau de la porte; autrement, quelque chose pourrait l'avoir arrêté et le passager risquerait de tomber dans la cage. Cette régulation d'une machine sur la base de son fonctionnement réel plutôt que sur celle de son fonctionnement prévu est fondée sur une « rétroaction » : des membres sensoriels sont actionnés par des membres moteurs et jouent le rôle de répéteurs et de moniteurs - c'est-à-dire d'éléments qui indiquent un fonctionnement. La fonction de ces mécanismes est de contrôler la tendance de la machine au dérèglement, en d'autres termes de produire une inversion temporaire et locale du sens normal de l'entropie.

Je viens de mentionner l'ascenseur comme exemple de rétroaction. Il y a d'autres cas où l'importance de la rétroaction est encore plus apparente. Par exemple, un canonnier reçoit une information de ses instruments et la transmet au canon, de sorte que ce dernier visera une direction calculée pour que le projectile atteigne la cible en mouvement à un moment donné. Or, le canon lui-même doit être utilisé quelles que soient les conditions atmosphériques. Dans certaines conditions, la graisse est chaude et le canon bascule facilement et vite. Dans d'autres, la graisse est gelée ou mélangée de sable, et le canon met du temps à répondre aux ordres qui lui sont donnés. Si ces ordres sont secondés par une poussée additionnelle donnée quand le canon peine pour exécuter ces ordres et prend du retard sur eux, alors l'erreur du canonnier sera diminuée. Pour obtenir un fonctionnement aussi uniforme que possible, il est d'usage de doter le canon d'un élément de contrôle de la rétroaction, qui lit le retard du canon par rapport à la position qu'il aurait dû occuper selon les ordres qu'il a reçus, et qui utilise cette différence pour lui imprimer une poussée additionnelle.

Il est vrai que l'on doit prendre des précautions pour que la poussée ne soit pas trop forte, car si die l'est, le canon va dépasser la position requise et devra y être ramené en une série d'oscillations qui peuvent fort bien s'amplifier de plus en plus et aboutir à une instabilité désastreuse. Si le système de rétroaction est lui-même contrôlé - si, en d'autres termes, ses propres tendances à l'entropie sont freinées par des mécanismes de régulation encore différents - et maintenu dans des limites suffisamment rigoureuses, cela ne se produira pas, et l'existence de la rétroaction accroîtra la stabilité du fonctionnement du canon. En d'autres termes, le fonctionnement deviendra moins subordonné à la résistance au glissement; ou, ce qui revient au même, au ralentissement occasionné par la dureté de la graisse.

Quelque chose de très apparenté à cela se produit dans l'action humaine. Si je prends mon cigare, je ne bouge pas volontairement un muscle défini. En effet, dans bien des cas, je ne sais pas quels sont ces muscles. Ce que je fais, c'est changer en action un certain mécanisme de rétroaction; c'est-à-dire un réflexe dans lequel la quantité qui m'a empêché de prendre le cigare est changée sur un ordre nouveau et plus important, donné aux muscles retardataires, quels qu'ils soient.

De cette façon, un contrôle volontaire suffisamment uniforme permettra que le même effort soit accompli à partir de positions initiales largement différentes, et indépendamment de la diminution de contraction due à la fatigue des muscles. Pareillement, quand je conduis une voiture, je n'exécute pas une série d'ordres dépendant seulement de l'image mentale que j'ai de la route et de l'acte que j'accomplis. Si je trouve que la voiture se déporte trop vers la droite, cela me fait la ramener vers la gauche. Ce geste dépend du fonctionnement réel de la voiture, et pas simplement de la route; et il me permet de conduire avec une efficacité à peu près égale une légère Austin et un poids lourd, sans avoir eu à développer des habitudes distinctes pour la conduite des deux véhicules. J'aurai davantage à dire sur ce point dans le chapitre de cet ouvrage consacré aux machines spéciales, où nous allons discuter du service qui peut être rendu à la neuropathologie par l'étude des machines comportant des défauts de fonctionnement analogues à ceux qui se manifestent dans le mécanisme humain.

Ma thèse est que le fonctionnement physique de l'individu vivant et les opérations de certaines machines de communication les plus récentes sont exactement parallèles dans leurs efforts identiques pour contrôler l'entropie par l'intermédiaire de la rétroaction. Dans les deux cas, il existe des récepteurs sensoriels formant un stade de leur cycle de fonctionnement: c'est-à-dire que, dans les deux cas, il existe un appareil spécial pour recueillir l'information venant du monde extérieur à de faibles niveaux énergétiques, et la rendre valable dans le fonctionnement de l'individu ou de la machine. Dans les deux cas, ces messages extérieurs ne sont pas recueillis à l'état brut mais, par l'intermédiaire des forces de transformation internes de l'appareil (qu'il soit vivant ou inerte), sont alors transformés en une nouvelle forme valable pour d'autres étapes du fonctionnement. Chez l'animal, comme chez la machine, ce fonctionnement est rendu efficace sur le monde extérieur et non pas seulement pour une action virtuelle, à l'aide d'un mécanisme central de régulation. Ce complexe de fonctionnement est ignoré de l'homme moyen et ne joue pas le rôle qu'il devrait jouer dans notre analyse habituelle de la société, car, de même que les réponses physiques individuelles peuvent être envisagées selon cette conception, de même peuvent l'être les réponses organiques de la société elle-même. Je ne veux pas dire que le sociologue ignore l'existence et la nature complexe des communications dans la société, mais jusqu'à une date récente, il a eu tendance à oublier à quel point elles sont le ciment qui donne sa cohésion à l'édifice social.

Nous avons vu dans ce chapitre l'unité fondamentale d'un complexe d'idées qui jusqu'à une date récente n'avaient pas été suffisamment rapprochées les unes des autres, que ce soit la conception contingente de la philosophie introduite par Gibbs modifiant les conventions traditionnelles newtoniennes, l'attitude augustinienne vis-à-vis de l'ordre et de la conduite qui est exigée par cette conception ou la théorie des messages parmi les hommes, les machines et dans la société considérée comme une suite d'événements dans le temps. Le « message » bien que

contingent en lui-même, s'efforce en effet de freiner la tendance de la nature à la désorganisation en appliquant ses attributs à diverses fins bien définies. [...]

Chapitre V - Organisme et message

Le présent chapitre contiendra un élément de fantastique. Le fantastique a toujours été au service de la philosophie et Platon ne rougissait pas de se servir de la métaphore de la caverne. Le Dr J. Bronowski, entre autres, a signalé que les mathématiques constituent la plus colossale métaphore imaginable et doivent être jugées par le succès de cette métaphore.

Dans la métaphore à laquelle je consacre ce chapitre, l'organisme est considéré comme message. L'organisme s'oppose au chaos, à la désintégration, à la mort, tout comme le message au bruit. Pour décrire un organisme, nous n'essayons pas d'en analyser chaque molécule et de le cataloguer bribe par bribe, mais plutôt de répondre à certaines questions qui révèlent le modèle: un modèle de plus en plus significatif et moins probable à mesure que l'organisme devient, pour ainsi dire, plus pleinement organisme.

Nous avons déjà vu que certains organismes tels que l'homme, tendent un moment à maintenir et souvent même à élever le niveau de leur organisation, partie intégrante du courant général d'entropie croissante, de chaos croissant, et de différenciation. La vie est une lie çà et là dans un monde mourant. On connaît le processus par lequel nous autres, êtres vivants, résistons au courant général de corruption et de dégénérescence, sous le nom d'*homéostasie*.

On ne peut continuer à vivre dans l'environnement très spécial qu'on conduit avec soi que jusqu'à ce qu'on commence à s'affaiblir plus vite qu'on ne se reconstitue. On meurt alors. Si notre température corporelle augmente ou baisse de 0,5 degré autour de son niveau normal de 37, nous commençons à le sentir, et si elle augmente ou baisse de 5 degrés, il ne nous reste plus qu'à mourir. L'oxygène, le gaz carbonique et le sel de notre sang, les hormones élaborées par nos glandes endocrines, sont tous réglés par des mécanismes qui tendent à s'opposer à tout changement malencontreux de niveau. Ces mécanismes, connus sous le nom d'homéostasie, sont des mécanismes d'action en retour tels qu'on peut en trouver, amplifiés, chez les automates mécaniques.

C'est le modèle maintenu par cette homéostasie qui est la pierre de touche de notre identité personnelle. Nos tissus changent à mesure que nous vivons: la nourriture que nous mangeons, l'air que nous respirons deviennent chair de notre chair et os de nos os, et les éléments momentanés de notre chair et de nos os traversent tous les jours notre corps avec nos excréments. Nous ne sommes que les tourbillons d'un fleuve intarissable. Non substance qui demeure, mais modèles qui se perpétuent.

Un modèle est un message et peut être transmis comme un message. N'est-ce pas ainsi que nous employons notre radio pour transmettre des modèles de son, et notre poste de télévision pour transmettre des modèles de lumière? Il est aussi amusant qu'instructif de considérer ce qui arriverait si nous avions à transmettre le modèle entier du corps humain, du cerveau humain avec ses souvenirs et ses communications croisées, de sorte qu'un récepteur instrumental

hypothétique pourrait réorganiser convenablement ces messages et serait capable de poursuivre les processus préexistant dans le corps et l'esprit, et de maintenir l'intégrité exigée par cette continuation grâce à un processus d'homéostasie.

Pénétrons dans le royaume de la science-fiction. Il y a quelque 45 ans, Kipling écrivit un petit récit très remarquable. On se passionnait alors pour les vols des frères Wright, mais l'aviation n'était pas encore devenue affaire de tous les jours. Intitulé *Avec le courrier de nuit*, ce récit prétend rendre compte d'un monde tel que celui d'aujourd'hui, où l'aviation est devenue pratique courante et l'Atlantique un lac qu'on traverse en une nuit. Kipling suppose que, grâce à l'aviation, le transport a uni la terre à tel point que la guerre est périmée et que toutes les affaires internationales vraiment importantes se trouvent entre les mains d'un Organisme de Contrôle Aérien, responsable non seulement du trafic aérien, mais aussi de « tout ce que cela implique ». Ainsi Kipling imagine que les diverses autorités locales ont été peu à peu obligées d'abandonner leurs droits ou qu'elles les ont laissés tomber en désuétude, si bien que l'Autorité centrale de l'Organisme de Contrôle Aérien a repris ces responsabilités. Kipling nous présente là une image assez fasciste, compréhensible en raison de ses hypothèses intellectuelles, même si le fascisme n'est pas condition nécessaire de la situation envisagée. Son millénaire est celui d'un colonel de l'armée britannique revenu des Indes. De plus, avec son amour des dispositifs, assemblages de roues qui tournent bruyamment, il a mis l'accent plus sur l'extension du transport physique que sur celle du langage et des idées. Il ne semble pas comprendre que là où portent la parole et le pouvoir de perception de l'homme, s'étendent aussi le contrôle et, en un sens, l'existence physique de l'homme. Voir le monde entier et lui donner des ordres équivaut presque à l'ubiquité. Ces réserves étant faites, Kipling témoigne là d'un don de pénétration propre aux poètes et la situation qu'il a prévue tend rapidement à devenir actuelle.

Pour comprendre que le transport d'information importe plus qu'un simple transport physique, imaginons en Europe un architecte surveillant l'édification d'un immeuble aux Etats-Unis. Je suppose, bien entendu, un personnel compétent d'ingénieurs, conducteurs de travaux, etc., sur le chantier. Dans ces conditions, sans transmettre ni recevoir aucun produit matériel, l'architecte peut prendre une part active à la construction de l'immeuble. Il établit ses plans et ses devis, comme d'habitude. Même actuellement, on n'a pas à transmettre au chantier les plans sur le papier même ayant servi au trace dans le cabinet de l'architecte. L'ultrafax offre le moyen de transmettre en une fraction de seconde le facsimilé de tous ces documents, les copies reçues étant des plans aussi exacts que les originaux. L'architecte peut être informé de la progression du travail par des documents photographiques quotidiens ou horaires, qui peuvent lui être retransmis par ultrafax. Les conseils ou remarques qu'il tient à adresser à son représentant sur le chantier peuvent être transmis par téléphone, ultrafax ou télétype. Bref, la transmission physique de l'architecte et de ses documents est effectivement remplaçable par la transmission sous forme de messages de communication n'impliquant le transport d'aucune parcelle de matière d'une extrémité à l'autre de la ligne.

Considérons les deux types de communication: transport matériel et transport d'information seule. A l'heure actuelle, on ne saurait se rendre d'un endroit à l'autre que par le premier type - et non sous forme de messages. Cependant, même maintenant, la communication de message sert à transmettre jusqu'aux extrémités du monde une extension de

nos sens et de nos capacités. Nous avons déjà suggéré dans ce chapitre que cette distinction entre transport matériel et transport de messages n'est théoriquement ni permanente ni infranchissable.

Ainsi pénétrons-nous au cœur du sujet de l'individualité humaine. Ce problème et celui de la barrière séparant une personnalité d'une autre est aussi vieux que l'histoire. [...] En résumé, l'individualité du corps est celle de la flamme plus que celle de la pierre, de la forme plus que celle d'un fragment matériel. Cette forme peut être transmise ou modifiée, ou doublée, bien qu'à présent nous ne puissions la doubler que sur courte distance. Quand une cellule se divise, ou quand l'un des gènes portant notre patrimoine corporel et mental se scinde pour préparer la division réductionnelle d'une cellule germinale, on constate une séparation de matière conditionnée par le pouvoir de reproduction que possède un modèle de tissu vivant. S'il en est ainsi, il n'existe pas de distinction absolue entre les genres de transmission utilisables pour envoyer un télégramme d'un pays à l'autre et les modes de transmission théoriquement possibles pour un organisme vivant tel que l'être humain.

Admettons alors que l'idée selon laquelle on pourrait imaginer non seulement le voyage par train ou avion, mais aussi par télégraphe, n'est pas absurde en soi, si loin qu'elle doive être de sa réalisation. Les difficultés sont énormes, bien entendu. On peut évaluer l'ordre de grandeur de l'information significative contenue dans les gènes d'une cellule germinale et déterminer ainsi la quantité d'information héréditaire comparée à l'information apprise que possède un être humain. Pour que ce message ait sa pleine signification, il doit communiquer au moins autant d'information que tous les volumes d'un dictionnaire encyclopédique. Si l'on compare, par exemple, le nombre des atomes de carbone asymétrique contenus dans toutes les molécules d'une cellule germinative avec le nombre de points et traits nécessaires au codage d'un dictionnaire encyclopédique, on trouve qu'ils forment un message encore plus énorme et cela paraît encore plus impressionnant si l'on songe à ce que doivent être les conditions de la transmission télégraphique d'un tel message. Toute scrutation de l'organisme humain doit être un sondage à travers toutes ses parties et tendre plus ou moins fortement à détruire les tissus qu'il traverse. La conservation de la stabilité d'un organisme pendant qu'une de ses parties est lentement détruite, dans l'intention de le reconstruire avec d'autres matériaux, entraîne une diminution de son degré d'activité, ce qui, à notre avis, s'opposerait, dans la plupart des cas, à la vie même du tissu.

Autrement dit, l'impossibilité de télégraphier, d'un endroit à l'autre, le modèle d'un homme est due probablement à des obstacles techniques, en particulier à la difficulté de maintenir en vie un organisme au cours d'une reconstitution aussi complète. Elle ne résulte pas d'une impossibilité quelconque de l'idée elle-même. Quant au problème de la reconstruction totale de l'organisme vivant, on a peine à en imaginer une plus radicale que celle subie effectivement par le papillon au cours de sa métamorphose. Si j'ai exposé ces idées, ce n'est pas dans le désir d'écrire un récit d'anticipation scientifique avec la possibilité de télégraphier un homme, mais parce que cela peut nous aider à comprendre que l'idée maîtresse de la communication est la transmission des messages. La transmission physique de la matière et des messages n'est qu'un moyen concevable d'atteindre ce but. Il serait bon de reconsidérer le critère donné par Kipling quant à l'importance du transport dans le monde moderne et de l'examiner du point de vue d'une circulation qui dépasse moins la transmission de corps humains que celle de l'information humaine.