



HAL
open science

Matière et information dans la cybernétique : une lecture critique de Katherine Hayles

Mathieu Triclot

► **To cite this version:**

Mathieu Triclot. Matière et information dans la cybernétique : une lecture critique de Katherine Hayles. Journée EDIIS, Ediis, Lyon 1, Jun 2005, Lyon, France. hal-01526670

HAL Id: hal-01526670

<https://hal.science/hal-01526670v1>

Submitted on 1 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Matière et information dans la cybernétique : une lecture critique de Katherine Hayles
Mathieu Triclot
Journée d'études EDIIS, Lyon 1
Lyon, 10/06/2005

[Je veux commencer par remercier Pierre Crepel de m'avoir invité à cette journée d'études.]

Introduction (7')

Mon intervention a pour titre : « matière et information dans la cybernétique ». Je suppose que, même sans bien forcément connaître ce que c'est que la cybernétique, vous faites, face à un tel sujet manifestement démesuré, preuve d'une sorte de scepticisme poli. Et, vous avez raison de penser que, tel quel, le sujet est beaucoup trop ambitieux. Je dois donc vous expliquer ce qui motive le choix d'un tel sujet : matière et information.

Le point de départ de cette intervention est, une fois n'est pas coutume l'irritation, que j'ai conçue à la lecture d'un essai, relativement récent, de Katherine Hayles qui comporte de longs passages sur la cybernétique. Dans ce texte qui s'intitule *How we became posthuman* (Comment nous sommes devenus posthumains), *virtual bodies in cybernetics, literature, and informatics*, Hayles propose une étude de la notion d'information qui mélange, de façon tout à fait habile, des considérations d'histoire des sciences et d'études littéraires.

Pour ce qui intéresse notre sujet, Hayles avance trois thèses.

Premièrement, l'information est aujourd'hui considérée comme une entité dématérialisée. Je la cite : « L'information est conçue comme une sorte de fluide incorporel qui peut circuler entre différents substrats sans aucune perte de signification ou de forme ». Hayles cite de manière convaincante des auteurs Hans Moravec ou Marvin Minsky, le premier étant un spécialiste de robotique, le second d'intelligence artificielle, qui défendent effectivement l'idée que l'information existe indépendamment des différents substrats dans lesquels celle-ci peut s'incarner. Il s'agit d'une conception de l'information qui a effectivement court dans le courant dominant en sciences cognitives, et plus particulièrement en intelligence artificielle, qu'on appelle le courant fonctionnaliste. Je ne conteste pas ce point.

En revanche, la deuxième thèse de Hayles me paraît beaucoup plus douteuse, et c'est celle-ci que je choisis de discuter. Katherine Hayles cherche à montrer que cette conception de l'information, fondée sur la mise entre parenthèse de sa dimension matérielle, c'est-à-dire de son incorporation, prend sa source dans le discours des cybernéticiens au tournant des années 1940-1950 aux Etats-Unis. Cette thèse me paraît tout à fait discutable. Je vais essayer de vous montrer qu'elle relève d'une lecture erronée et largement anachronique de la cybernétique qui manque l'intérêt crucial des cybernéticiens pour la dimension matérielle de l'information. On ne peut pas reprocher aux cybernéticiens d'avoir abstrait artificiellement l'information de la matière.

Enfin, Hayles propose une dernière thèse. La nouvelle conception de l'information constituée à partir de la cybernétique conduirait à mettre en crise les catégories fondamentales du sujet, et particulièrement du sujet politique. En effet, si l'information circule d'un corps à l'autre sans perdre sa définition, l'identité du sujet de l'humanisme libéral classique, qui est fondée sur la possession du corps propre et la distinction nette entre le moi et son extérieur, cette identité éclate au sein d'une multitude de couplages informationnels.

Cette thèse typiquement post-moderne peut vous paraître un peu farfelue, mais j'insiste sur le fait qu'il existe aux Etats-Unis un champ d'étude qui n'est pas négligeable sur les rapports entre technique et subjectivité. On trouve des études qui sont tout à fait réussies comme celle de Sherry Turkle sur les communautés de hackers, de Paul Edwards sur la genèse de l'informatique, ou dans un registre plus militant et féministe les essais de Donna Haraway par exemples. Le texte de Hayles appartient à cette tradition américaine qui mélange études littéraires, histoire des sciences, études féministes et radicalité politique.

Je m'en tiendrai ici à la discussion de la seconde thèse, historique, de Hayles qui m'intéresse dans la mesure où elle me semble largement répandue. Je pense par exemple, dans un registre tout à fait différent, au texte de Philippe Breton que vous connaissez peut-être sur *l'histoire de l'informatique*. Dans son chapitre dédié à la cybernétique et à la notion d'information, Breton associe l'information à la forme par opposition au sens et à la matière.

Pour rendre justice à la thèse de Hayles, il faut noter que celle-ci prétend qu'il existe au sein du groupe cybernétique des tensions entre plusieurs visions de l'information. Mais, Hayles situe les tenants de l'information incarnée du côté du psychanalyste Lawrence Kubie, qui occupe en fait un rôle tout à fait marginal dans la construction de la cybernétique et qui sert en général aux autres de punching-ball philosophique.

Je crois que Hayles a manqué le fait que l'opposition entre deux conceptions de l'information, une information désincarnée et une information pensée comme expression de propriétés matérielles, est en réalité, non seulement centrale dans les débats de la cybernétique, mais aussi que la balance penche largement en faveur de la seconde option.

J'ai construit mon intervention sur la discussion d'un point que Hayles laisse assez largement de côté et qui est la question de l'analogie entre l'information et l'entropie. Nous verrons que celle-ci sert de passerelle pour penser la dimension physique de l'information. Je dirai ensuite quelques mots d'une autre analogie célèbre, entre l'ordinateur et le cerveau, qui est commentée par Hayles, à mon avis de manière largement erronée.

Auparavant, et pour finir cette introduction, je veux vous indiquer en quelques mots de quoi il s'agit lorsque je parle de cybernétique. Le terme cybernétique est inventé par le mathématicien américain Norbert Wiener. C'est le titre de l'ouvrage, *Cybernetics*, qu'il publie en 1948 et qui porte sur deux domaines qui sont le fruit de la guerre : la théorie des télécommunications d'une part et les débuts de l'informatique d'autre part. A partir des concepts issus de ces deux milieux techniques, les cybernéticiens ont cherché à construire selon le mot de Wiener, une « science du contrôle et de la communication chez les vivants et les machines ».

La cybernétique se présente donc comme un programme de recherche interdisciplinaire qui associe des mathématiciens portés sur la physique comme Wiener ou John Von Neumann, des spécialistes du vivant comme Arturo Rosenblueth ou Warren McCulloch, et des représentants des sciences humaines, comme le couple formé par les anthropologues Gregory Bateson et Margaret Mead. Au fur et à mesure du développement du groupe cybernétique, d'autres personnalités viennent s'agréger, comme Roman Jakobson, par exemple, le célèbre linguiste, mais on trouve aussi des psychologues ou des psychanalystes, comme Lawrence Kubie que j'ai mentionné précédemment.

Qu'est-ce qui rassemble des gens aussi divers ? Le projet de créer un langage commun pour aborder des terrains qui échappaient jusqu'ici à la science. Les deux concepts clés de la cybernétique sont d'une part le concept de feedback ou de rétroaction et d'autre part le concept d'information ou de traitement de l'information. Ces deux concepts ont partie liée

puisque la rétroaction ou le contrôle s'exerce en fonction des informations qui sont traitées par l'organisme ou la machine, traitement qui inclut lui-même des boucles de rétroaction. Pas de traitement de l'information sans feedback, pas de feedback sans traitement de l'information.

Le problème central de la cybernétique est d'offrir une modélisation du comportement des organismes vivants fondée sur les mathématiques, la logique ou les sciences de l'ingénieur.

Examinons maintenant comment cette discipline, qui a connu son heure de gloire au tournant des années 1940-1950, a construit ce fameux concept d'information.

Information et entropie (24')

Je vous propose de commencer par examiner l'analogie entre information et entropie. Qu'est-ce qui nous intéresse dans le rapport entre information et entropie ? Cette analogie a pour effet de considérer l'information comme une quantité physique ; proposition qui va évidemment à rebours, disons au moins à première vue, des thèses de Hayles. On pense l'information comme un constituant des systèmes physiques.

Ce que Hayles ou Breton ne prennent, à mon avis, pas suffisamment en compte de manière générale, c'est le fait que la cybernétique se présente explicitement comme un département de la physique. Pour dire les choses en bref, la cybernétique c'est une sorte d'extension, qui a échoué par ailleurs, des méthodes de la physique et notamment de la physique statistique, via la théorie des télécoms, à d'autres domaines, à commencer par la biologie.

Sur la question du rapport entre information et entropie, on doit lire le *Cybernetics* de 1948 comme la suite du petit livre de Schrödinger de 1944, *What is Life ?*. Cette idée d'une sorte de réconciliation entre la physique statistique et la biologie, vous la trouvez exprimée de façon constante dans les premiers chapitres de *Cybernetics*.

Prenons donc la question du rapport entre information et entropie comme une sorte de test : jusqu'à quel point les cybernéticiens parviennent-ils à inscrire l'information dans le champ de la physique ?

Le premier temps de la réponse passe par la *théorie mathématique de la communication* de Claude Shannon. En 1948 Shannon publie sa *théorie mathématique de la communication*, c'est-à-dire une étude systématique des problèmes de télécoms. Comment est-ce que je peux coder au mieux les messages pour les faire transiter sur des lignes de communication, notamment lorsque celles-ci sont bruitées ?

Dans ce cadre, Shannon propose une définition mathématique de la quantité d'information ; définition qui n'a d'ailleurs rien d'original puisqu'on la trouve déjà, dans les années 1920, dans les travaux d'ingénieurs comme Nyquist ou Hartley. Le véritable apport de Shannon ce sont d'une part ce qu'on appelle les théorèmes de codage et d'autre part la mise en forme systématique de ce qui n'était qu'ébauché dans les travaux antérieurs. Shannon offre un cadre puissant et robuste pour résoudre les problèmes de télécommunication.

Comment définir mathématiquement la quantité d'information d'un message reçu ? L'idée maîtresse est que l'information exprime la quantité de choix qui a été opérée au moment de la production du message. Autrement dit, plus le message que je reçois est incertain de mon point de vue, plus sa quantité d'information est considérée comme étant élevée. A l'inverse, si

je reçois un message dont je peux deviner à l'avance une grande partie du contenu, la quantité d'information est faible (songez à un discours de Chirac).

Pour exprimer cette propriété de manière mathématique, on considère que le message est produit par un processus de sélection parmi un ensemble de messages possibles. La quantité d'information sera donc fonction du nombre de messages possibles. Shannon choisit, pour des raisons qui sont liées au codage, le logarithme binaire du nombre de messages. Si nous prenons le cas le plus simple possible, la transmission d'un symbole parmi deux symboles équiprobables, nous obtenons l'unité d'information, le bit, soit $\log_2 2 = 1$. A l'inverse, si je ne dispose que d'un symbole à transmettre, l'information est nulle. De manière générale on dira que la fonction de Shannon exprime le nombre de symboles binaires minimum requis pour coder un message. Ce résultat peut être généralisé dans le cas d'une transmission continue et non plus discrète, ce qui donne des problèmes d'échantillonnage, et dans le cas d'une transmission bruitée, ce qui donne les fameux théorèmes de codage.

La formule de Shannon possède un certain nombre de propriétés intéressantes, comme l'additivité, qui sont censées rendre compte des qualités que l'on prête spontanément à la transmission d'information. Vous noterez cependant que l'information au sens de Shannon ne prend absolument pas en compte la signification des messages. Une suite de symboles envoyée au hasard aura probablement, avec la fonction de Shannon, plus d'information qu'un message porteur de sens, dans la mesure où celui-ci possèdera une certaine redondance, ce qui permet au final une transmission plus économique.

Qu'est-ce que tout cela peut bien avoir à faire avec l'entropie ? Il se trouve que Shannon choisit d'appeler sa fonction exprimant la quantité d'information « entropie ». Je cite Shannon : « Des quantités de la forme $H = - \sum p_i \log p_i$ jouent un rôle central dans la théorie de l'information [...]. On reconnaîtra dans la forme de H celle de l'entropie définie dans certaines formulations de la mécanique statistique, où p_i est la probabilité d'être dans la cellule i de son espace de phase. H est alors, par exemple, le H du fameux théorème de Boltzmann. Nous appellerons $H = - \sum p_i \log p_i$ l'entropie de l'ensemble des probabilités p_1, \dots, p_n . »

On le voit la dénomination « entropie » est justifiée par des raisons formelles. Wiener dit ça très bien : dans les deux cas on cherche à exprimer les différents états possibles d'un système. Plus il y a d'états possibles, plus la quantité mesurée est élevée. Dans le cas de la fonction de Shannon ce sont les messages possibles, dans celui de la fonction de Boltzmann ce sont les complexions microscopiques possibles pour un état macroscopique donné.

Pour autant l'analogie formelle entre ces deux entropies ne suffit pas à fonder une analogie réelle. Reste à résoudre, non seulement la question du signe, pour faire de l'information comme le veut la cybernétique une quantité opposée à l'entropie, mais aussi la question des unités : l'entropie est une affaire de chaleur et d'énergie, ce qui n'a a priori rien à voir avec le nombre de digits binaires requis pour encoder un message. Rien ne garantit donc que les deux quantités possèdent un quelconque lien réel.

Pour comprendre comment cette analogie formelle a pu être interprétée comme une relation réelle, il faut faire un détour par une autre tradition théorique. La doctrine cybernétique de l'information comme quantité physique opposée à l'entropie ne peut fonctionner qu'en mettant en relation deux traditions qui jusqu'ici s'ignoraient : la tradition de l'ingénierie des télécoms d'une part et celle de ce qu'on appelle en physique le démon de Maxwell d'autre part.

On sait que l'appellation « entropie » pour la quantité d'information a été suggérée à Shannon par John Von Neumann qui connaissait les travaux publiés par Léo Szilard à la fin des années

1920. En 1929, c'est-à-dire tout à fait dans la même période que les travaux de Nyquist et Hartley, mais apparemment sans en avoir connaissance, Szilard publie un article qui s'appelle « de la diminution de l'entropie dans un système thermodynamique par l'intervention d'êtres intelligents », article qui revient sur le problème du démon de Maxwell et prétend lui apporter une solution en montrant que l'information, Szilard emploie à l'époque le terme « intelligence », que le démon doit utiliser pour réduire l'entropie du système a en réalité un coût. Le physicien Szilard propose donc dans le cadre d'une réflexion sur l'expérience de pensée du démon de Maxwell une définition de l'information qui est tout à fait analogue à celle qu'on trouve en théorie des télécoms et qui repose, comme on l'a vu, sur le principe d'un choix binaire.

L'apport de la cybernétique a consisté à rapprocher ces deux traditions. Je vous propose d'examiner brièvement l'histoire du démon de Maxwell, avant d'essayer de voir comment la cybernétique s'inscrit dans cette histoire là.

En règle générale, on considère que l'histoire du démon de Maxwell comporte trois périodes.

La première période voit la définition du problème par James Clerk Maxwell. Le démon fait son apparition dans une lettre de 1867 à Peter Guthrie Tait, mais la formulation canonique de l'expérience de pensée se trouve dans l'ouvrage de 1871, *Théorie de la chaleur*. Le principe est le suivant : on a un gaz à une température uniforme, dans un cylindre qui est divisé en deux parties A et B séparées par un petit trou. On imagine un être capable de voir les molécules de gaz une par une et qui opère une sorte de tri, laissant passer les molécules rapides de A vers B et les molécules lentes de B vers A. Sans produire de travail, mais en exerçant simplement sa capacité de choix, ce petit être sera capable d'élever la température de B et de diminuer la température de A ce qui contredit la seconde loi de la thermodynamique. Il faut noter que Maxwell ne parle jamais de démon et il suggère même qu'on puisse remplacer son petit être par une valve. C'est en réalité, William Thomson, le futur Lord Kelvin qui imagine en 1874 une petite armée de démons chargés de trier individuellement les molécules. A quoi sert tout ce dispositif ? Le but de Maxwell est tout à fait clair. Il s'agit, je le cite, de « montrer que la seconde loi de la thermodynamique n'a qu'une certitude statistique ». Autrement dit, si je postule un être qui soit capable de voir individuellement toutes les molécules, je peux violer la seconde loi. Celle-ci ne vaut que pour de larges quantités de matière. Ailleurs, Maxwell explique de manière imagée que « la seconde loi de la thermodynamique a le même degré de vérité que la proposition qui affirme : si vous jetez un seau plein d'eau à la mer, vous ne pouvez pas récupérer cette même eau. » Je laisse de côté volontairement de côté la question du contexte théorique dans lequel s'inscrit cette première formulation du démon, mais j'attire votre attention sur le fait que chez Maxwell aussi bien que chez Thomson jamais le démon n'est pris comme un problème à résoudre. Le démon viole la seconde loi, et alors... celle-ci n'a de validité que statistique.

En revanche, les deux phases suivantes dans l'histoire du démon, sont caractérisées, pour des raisons qui ne sont pas mon problème ici, par le fait que le démon de Maxwell est considéré comme une énigme à résoudre.

L'énigme va connaître deux résolutions successives qui chacune implique de manière différente la notion d'information. L'article de Szilard de 1929 présente le principe d'une première solution au problème du démon de Maxwell, solution qui sera parachevée par le travail de Léon Brillouin, avec la publication en 1956 de *la science et la théorie de l'information*. Les tenants de la solution Szilard-Brillouin exorcisent le démon en montrant que l'acquisition d'information a un coût physique qui était ignoré dans les formulations

initiales de Maxwell. Pour réduire l'entropie, c'est le vocabulaire de Brillouin, le démon doit prélever de l'information qui se transforme en néguentropie. Mais le prélèvement d'information génère en réalité de l'entropie ce qui permet de préserver la seconde loi qui affirme que pour un système isolé l'entropie ne peut spontanément, c'est-à-dire sans travail, décroître. Je laisse de côté le détail du modèle de Szilard et Brillouin.

Cette première résolution va connaître un succès important avant d'être contestée par une seconde résolution qui se fonde sur les progrès de l'informatique théorique. Des auteurs comme Charles Bennett font faire valoir, à partir des années 1970, que la mesure ou l'acquisition d'information peut en réalité se faire sans coût entropique. Ce n'est pas donc plus la mesure, mais son effacement, c'est-à-dire la remise à zéro de la mémoire du démon qui permet de sauver la seconde loi dans cette dernière phase de l'histoire.

On voit donc se dégager tout un corpus théorique dans lequel l'information prend une signification physique, que ce soit au niveau de l'acquisition ou de la destruction de l'information. Comment est-ce que la cybernétique s'insère dans ce tableau ?

Il y a une sorte de piège. En effet, historiquement, la cybernétique appartient à la deuxième phase de l'histoire du démon, celle de Szilard et de Brillouin. Brillouin dans ses premiers articles ne fait pas mystère du fait que l'impulsion à travailler sur le sujet lui est venue de la lecture de Wiener.

Mais la solution de Brillouin a été largement lue comme une sorte de cheval de Troie du subjectivisme en physique, c'est-à-dire d'une position qui consisterait à intégrer, via le calcul des quantités d'information, la situation de l'observateur dans la théorie physique. Il s'agit d'une position idéaliste qui comprend l'entropie comme une quantité subjective relative au savoir que possède un observateur à propos d'un système physique. Brillouin explique dans ses grands articles de l'année 1950 qu'il s'agit de renouveler le principe d'incertitude et que le physicien dans son laboratoire joue le même rôle que le démon. Je le cite : « Chacune des observations [du physicien] se fait au dépend de la néguentropie de son environnement. » Au fond, le démon fournit le modèle d'une situation physique dans laquelle on prend en compte l'effet des mesures du physicien.

Il est bien connu que Popper, par exemple, au nom de son réalisme, a littéralement vomit ce genre d'interprétation. Il a consacré plusieurs articles à la question, et puis on trouve un long développement à ce sujet dans son autobiographie intellectuelle, *la quête inachevée*. Je cite Popper : « L'édifice qui a été construit sur l'argument, à mon avis, non valide, de Szilard, et sur des arguments du même type donnés par d'autres, continuera, j'en ai peur, à grandir. Et nous continuerons à entendre que « l'entropie – comme la probabilité – mesure le manque d'information » et que les machines peuvent être mues par le savoir. On continuera à produire de l'air chaud et de l'entropie, j'imagine, aussi longtemps qu'il y aura des subjectivistes pour fournir une quantité équivalente de non-savoir. »

Je parlais de piège tout à l'heure parce que si l'équivalence entre information et entropie, ou néguentropie, se lit comme un procédé d'idéalisation ou de subjectivisation de la physique, j'ai perdu mon temps depuis le début. Je cherche à vous montrer que la cybernétique ne peut pas être comptée parmi les disciplines qui mettent entre parenthèses la dimension matérielle de l'information et les processus d'incorporation, et je me trouverais contraint en définitive d'adopter une position largement idéaliste qui fait de l'état des systèmes matériels le résultat de l'information qu'un observateur possède à leur sujet.

Je veux essayer de vous montrer que l'analogie entre information et entropie, loin d'idéaliser la matière, peut être lue comme un instrument pour matérialiser la pensée. C'est précisément ce que la cybernétique a tenté de faire.

Je vous propose pour finir d'examiner les textes de Wiener qui se rapportent à la question du démon et au rapport entre information et entropie, textes dont nous avons vu qu'ils constituaient le point de départ des travaux de Brillouin. J'ai été vraiment très surpris en travaillant sur cette question pour vous la présenter aujourd'hui de voir à quel point les différences sont grandes entre les positions de Wiener et de Brillouin. Comme tout le monde, j'avais tendance à considérer que Wiener présentait une version simplement moins élaborée des positions de Brillouin. Cette interprétation ne résiste pas, comme je veux vous le montrer maintenant, à une lecture attentive des textes.

Je choisis de commenter le passage extrait de la fin du deuxième chapitre de *Cybernetics* qui porte sur la question du démon de Maxwell. Chronologiquement, il s'agit du premier texte de Wiener sur la question en 1948, avant *Cybernétique et Société* en 1950 et un autre article en 1950. Des conclusions absolument similaires peuvent être tirées à propos de ces autres textes.

L'argument de Wiener est construit de façon originale. Après avoir rappelé brièvement la situation du démon de Maxwell, Wiener commence par expliquer que dans un gaz à l'état d'équilibre il est facile de montrer que le démon ne peut pas opérer. C'est une position qui peut paraître paradoxale dans la mesure où Wiener a l'air de considérer que le démon ne pose pas un véritable problème. Il y a des enseignements utiles à tirer de la situation du démon, mais celui-ci n'est jamais considéré comme un véritable défi aux lois de la physique.

L'argument de Wiener fonctionne en deux temps.

Premièrement, nous dit-il, il ne faut pas considérer uniquement l'entropie du gaz, mais l'entropie totale du système formé par le gaz et le démon. Si l'entropie du gaz peut certes décroître du fait de l'activité du démon, il n'en va de même de l'entropie du démon, ce qui équilibre l'entropie totale. Wiener reprend ici un argument qui a été avancé par Lewis et Randall en 1923 et qui mettait l'accent sur l'entropie du démon lui-même. Il faut donc considérer le système dans son ensemble : gaz + démon.

Or, explique Wiener, deuxième temps de l'argument, sur le long terme l'entropie du démon ne peut que croître. En effet l'acquisition d'information ne peut se faire sans une forme au moins minimale de couplage énergétique. Ce qui a pour effet que « sur le long terme, le démon de Maxwell est sujet à un mouvement aléatoire fonction de la température de son environnement et comme Leibniz le dit de ses monades, il reçoit énormément de petites perceptions évanouissantes qui le plongent dans une sorte de vertige, le rendant incapable de perceptions claires. Il cesse alors d'agir comme un démon de Maxwell. »

Autrement dit, si le démon peut bien fonctionner pendant un temps, tant que le système n'a pas atteint l'équilibre, il est, à terme, condamné à être emporté à son tour par la dégradation du système qu'il forme avec le gaz. Wiener retrouve ici un argument avancé par Smoluchowski en 1912 qui avait montré que n'importe quel système mécanique conçu pour jouer le rôle du démon se retrouverait nécessairement soumis, à terme, du fait de ses échanges énergétiques avec le gaz à des mouvements aléatoires rendant impossible sa fonction de sélection.

Le démon de Maxwell ne peut donc fonctionner en tant que tel que pour un certain temps. C'est la thèse de Wiener. Pendant ce temps, il transforme effectivement de l'information en entropie négative. Mais sa propre entropie ne peut qu'augmenter corrélativement, suite à quoi

il devient lui-même instable. La position de Wiener présente donc une sorte de tiers terme entre la position de Brillouin et les solutions récentes comme celle de Bennett. Comme chez Brillouin, Wiener s'inquiète du coût de la mesure, puisque c'est via la mesure que le démon est désorganisé. Comme chez Bennett le problème concerne l'impossibilité pour le démon de maintenir ou de retrouver son état initial.

On a là une solution originale qui repose sur une distinction entre le temps court pendant lequel le démon peut effectivement fonctionner, à la Brillouin en quelque sorte, transformant de l'information en entropie négative, et le temps long pendant lequel le démon se retrouve selon l'expression de Wiener « déconditionné ».

Qu'est-ce qui intéresse Wiener dans cette affaire ? Ce n'est manifestement pas la dimension subjective de l'entropie en physique. Le problème n'est jamais quel est le rôle de l'observateur et comment comprendre l'introduction des probabilités en physique, de façon subjective ou bien objective, mais plutôt, comme on va le voir, qui sont les démons, c'est-à-dire quels systèmes, notamment biologiques, peuvent jouer de façon transitoire le rôle de démons de Maxwell.

De fait la question des probabilités en physique est tranchée pour Wiener depuis le premier chapitre de *Cybernetics* : l'usage des probabilité est certes fonction de notre connaissance insuffisante de l'ensemble des paramètres, mais il reflète en réalité pour Wiener la nature même de l'univers. Je cite un passage de *Cybernétique et Société* particulièrement explicite : « « Ainsi le hasard (*chance*) a été admis, non pas simplement comme un instrument mathématique pour la physique, mais comme une partie de la chaîne et de la trame [de l'univers]. [Il faut reconnaître] un élément fondamental de hasard dans la texture de l'univers lui-même. »

Si la philosophie naturelle de la physique tend naturellement pour Wiener en faveur d'une interprétation objective des probabilités, à commencer par l'idée que l'entropie est une mesure de la désorganisation et l'information une mesure d'ordre, à quoi sert le démon dans le contexte de la cybernétique ?

Il sert le grand projet de la cybernétique, ici absolument congruent avec celui de Schrödinger quoi qu'avec des méthodes renouvelées : étendre l'empire de la physique au vivant. Je cite la fin du passage : « il n'y a aucune raison de supposer que des démons métastables ne puisse exister en réalité ; de fait, les enzymes sont peut-être bien des démons de Maxwell métastables, diminuant l'entropie, sans doute pas en séparant les particules lentes des particules rapides, mais par quelque autre processus équivalent. Nous pouvons aussi bien regarder les organismes vivants, comme l'Homme lui-même, sous ce jour. Certainement l'enzyme et l'organisme vivant sont chacun métastables : l'état stable d'un enzyme est d'être déconditionné et d'un vivant d'être mort. »

Le démon n'est donc pas l'observateur, le démon c'est la cellule, l'enzyme, l'organisme. Le démon est à chasser du côté de ces systèmes biologiques métastables, capable de renverser pour un temps le cours de l'entropie, et de maintenir leur ordre ou homéostasie à travers le désordre et par le désordre.

Le premier chapitre de *Cybernetics* opère la liaison entre trois thèses qui forment le canevas de l'interprétation physique de l'information dans la cybernétique :

Premièrement notre univers est fondamentalement contingent et se caractérise par des processus irréversibles. Deuxièmement, la communication est un processus orienté dans le temps et qui relève d'un traitement statistique. Enfin, troisièmement, dans un tel univers on assiste à des phénomènes d'évolution ou d'émergence, le hasard génère des formes dont certaines peuvent persister. L'information est donc une forme transitoire, précaire, gagnée sur

le hasard. Pour la cybernétique, l'information c'est une manière de décrire la quantité d'ordre ou de structure d'un système matériel.

Je cite la fin de la préface à *Cybernétique et Société*, intitulée justement « l'idée d'un univers contingent » : « Dans la mesure où l'entropie s'accroît, l'univers et tous les systèmes clos de cet univers, tendent naturellement à se détériorer et à perdre leur caractère distinct, pour passer de l'état le moins probable à l'état le plus probable, d'un état d'organisation et de différenciation dans lequel des distinctions et des formes existent, à un état de chaos et d'indifférence. Dans l'univers de Gibbs l'ordre est le plus improbable et le chaos le plus probable. Mais alors que l'univers comme un tout, si tant est que l'univers forme un tout, tend à se détériorer, il y a des enclaves locales dont la direction semble opposée à celle de l'univers dans son ensemble et pour lesquelles il existe une tendance limitée et temporaire à l'accroissement de l'organisation. La vie trouve abri dans certaines de ces enclaves. Ce point de vue est le cœur de la cybernétique et c'est à partir de lui que la nouvelle science a commencé son développement. »

Si je résume : l'expérience de pensée du démon de Maxwell permet donc d'inclure l'information comme paramètre dans la description d'un système physique. Le procédé est au fond susceptible d'une double lecture : soit on considère l'entropie comme essentiellement subjective, et l'on fait alors en quelque sorte du savoir un paramètre des systèmes physiques, soit on pense l'information comme l'expression d'un ordre matériel précaire qui ne peut que gagner provisoirement contre l'entropie ou le bruit. Telle est la conception de Wiener qui se comprend, à mon avis bien mieux, comme une tentative de traiter de manière physicaliste de l'information que comme un avatar du subjectivisme en physique.

Je conclus avec deux remarques.

Premièrement, je crois que l'on pourrait aboutir à une conclusion similaire, c'est-à-dire le fait que les cybernéticiens n'ont pas cherché à dématérialiser l'information, en étudiant la seconde grande analogie cybernétique, c'est-à-dire l'analogie entre l'ordinateur et le cerveau. On peut montrer que John Von Neumann notamment a mené une critique systématique serrée de l'option fonctionnaliste qui considère l'organisation de l'information indépendamment de ses supports matériels. Cette critique mène à une problématique de l'auto organisation qui me paraît tout à fait convergente avec les options de Wiener que nous venons d'étudier.

Deuxièmement, il me semble que l'on pourrait caractériser les antinomies de la notion d'information au moyen des concepts de code et de signal. Si l'on conçoit l'information sous la catégorie du codage on s'intéresse alors à la dimension formelle, symbolique et combinatoire des données, ce qui permet de laisser de côté les questions portant sur la matière et l'énergie. C'est exactement ce qui se passe dans la théorie de Shannon. A l'inverse si l'on conçoit l'information sous la catégorie du signal on s'intéresse à ce moment là au couplage entre information, matière et énergie avec l'idée de chercher à comprendre l'apparition de structures complexes à partir d'éléments simples non ordonnés.

Du côté de l'information code, on gagne en efficacité puisque la doctrine permet de faire l'économie de considérations complexes et de se concentrer sur la dimension formelle du traitement de l'information. Du côté de l'information signal, on gagne une certaine profondeur philosophique, c'est-à-dire que l'on se refuse à penser abstraitement les propriétés du code hors de l'organisation matérielle et l'on cherche à montrer comment les propriétés du code émergent à partir du signal.

Je crois que la construction de la notion d'information dans la cybernétique peut se lire à travers cette antinomie entre code et signal. Il me paraît tout à fait clair que les cybernéticiens

non seulement ne se sont jamais contentés de la seule dimension du code, mais qu'ils ont cherché à penser le code à partir du signal. La cybernétique pose la question vive de savoir comment concilier le matérialisme et le discours de l'information.