

L'écriture et le réchauffement de la Terre

Philippe Matherat

GET - Télécom-Paris - Comelec / CNRS - LTCI (UMR 5141)

<http://matherat.net/>

Automne 2007

L'électronique numérique est une discipline qui pose des questions intéressantes en relation avec l'écrit. On peut les aborder par une interrogation de l'opposition habituelle entre :

- le *matériel* (les composants électroniques, qui pèsent, encomrent, consomment, chauffent...),
- et le *logiciel* (les programmes informatiques, ou les contenus multimedia, ce qui se stocke et se transmet) aussi appelé *immatériel*.

Actuellement, concevoir un circuit électronique numérique, un composant d'ordinateur, c'est-à-dire du matériel, se fait en écrivant un texte dans un langage de programmation. Ces langages sont un peu spécifiques (*HDL : Hardware Description Language*), mais non fondamentalement différents des langages utilisés pour le logiciel. L'industrie transforme ce texte en matière (puce de Silicium) de façon déterministe. Toute la fonctionnalité est dans le texte de description. D'ailleurs, une autre voie est possible : on peut utiliser ce texte comme un programme d'ordinateur classique pour *simuler* le composant électronique. D'une certaine manière, on peut donc dire que tout composant matériel est du logiciel.

Inversement, tout logiciel a besoin de matériel pour fonctionner. Il n'est pas question de se passer de l'électronique pour faire fonctionner les programmes seuls, ou les multimedias seuls. Si on les nomme immatériels, c'est qu'ils sont dans une large mesure indépendants de leurs supports. Mais le support matériel leur est nécessaire en toutes circonstances. C'est clair en anglais où le préfixe "e-" dans *e-mail* ou *e-business* (par exemple) est là pour *electronic-* et non pour le "i-" de *im-matériel*. Quand on rencontre le préfixe "i-" en anglais dans le contexte des nouvelles technologies, il s'agit soit du "I" qui veut dire *Je*, soit de *i-nternet*.

Dans ces conditions, la question n'est pas simple de trouver comment caractériser la différence entre matériel et logiciel. Une piste peut venir de notre remarque sur la simulation. En effet, lorsqu'on simule un matériel (à l'aide d'un programme sur un autre matériel, par exemple simuler un Mac avec un logiciel sur un PC ou l'inverse), le résultat est un objet qui globalement (matériel + logiciel) :

- est plus lent (temps physique mesuré en secondes),
- chauffe davantage (dissipation thermique mesurée en Joules ou kiloWatttheures).

Nous avons là des critères quantitatifs, physiques. Nous pouvons constater (et en faire la théorie) que plus l'implémentation d'une fonction de calcul est logicielle et plus elle est lente et plus elle chauffe. On peut appeler ce critère quantitatif *logicialité* et dire que c'est le logiciel qui chauffe. Cela peut paraître paradoxal, mais il est clairement établi qu'un circuit électronique spécialisé est plus rapide et chauffe moins que la même fonction implémentée par un programme (sur n'importe quel processeur de la même génération technologique). C'est la *structure logique* qui a pour conséquence

une *dissipation* [1]. En fait, c'est un moyen de relier la *logique de l'écrit* avec le temps physique et la dissipation thermique.

Pour un ordinateur, la consommation d'électricité est exactement égale à la production de chaleur car toute l'énergie consommée est dégradée (dissipée). La participation du calcul dans le changement climatique commence à ne plus être négligeable puisqu'il est estimé que 1,2% de la consommation électrique nationale des USA est due aux centres informatiques [2], et encore ce chiffre ne prend pas en compte tous les centres de Google, dont le nombre de serveurs est estimé à 450 000. (Google installe ses nouveaux centres de serveurs à proximité des barrages hydro-électriques afin de profiter de tarifs plus avantageux.)

Cette dissipation thermique de l'écrit peut paraître énigmatique si l'on reste dans les oppositions classiques :

Logiciel	/	Matériel
Esprit	/	Corps
Psychique	/	Somatique

Lorsque la structure logique d'un algorithme cause la dissipation thermique, s'agirait-il d'un effet psycho-somatique ? Si on ajoute :

Essence	/	Apparence
Pensée	/	Écriture

on s'aperçoit que l'écriture est à la fois en haut à gauche (logiciel) et en bas à droite, dans ce dualisme. Ceci conduit à des contradictions ou bien des circularités qu'on a du mal à gérer, et qui en tous cas ne nous éclairent pas beaucoup lorsqu'il s'agit de trouver comment distinguer le matériel du logiciel.

Cette difficulté apparaît à chaque fois que l'on essaye de raisonner sur des objets qui en représentent d'autres. Les images par exemple sont dans ce cas. Nous avons alors en effet un couple représentant/représenté, et le représentant peut lui-même être représenté. Le représenté peut aussi être représentant. Le texte écrit de notre exemple précédent est dans cette situation.

La solution consiste-t-elle à supprimer le dualisme ? Probablement non. Mais il faut être conscient des circularités afin de ne pas se leurrer sur les fondations d'un système logique, ou ne pas être conduit à des contradictions qu'on n'est pas forcément prêt à soutenir.

Cherchons comment avancer, pour traiter notre question, en explorant les pratiques scientifiques dans les mathématiques et les sciences de la nature.

Mathématiques et langages logiques

Il est probable que le dualisme platonicien est une conséquence de l'invention de l'écriture, par l'intermédiaire des mathématiques. Bertrand Russell suggère que c'est la solution qu'a trouvée Platon pour donner un sens aux mathématiques de Pythagore [3]. En tous cas, les mathématiques ne peuvent exister sans l'écriture. Elles sont associées à la géométrie, qui débouche sur une spatialisation des représentations. L'écriture serait à la fois à l'origine de la difficulté et au coeur du symptôme.

Le problème lié au fait que l'écriture soit des deux côtés dans le dualisme est particulièrement crucial lorsqu'il s'agit de choisir comme objet d'étude le langage lui-même. En informatique, afin de définir sans ambiguïté un langage logique, on a recours à un métalangage qui permet d'indiquer

les contraintes syntaxiques sur l'objet langage étudié. Langage et métalangage peuvent être vus comme opposés dans le dualisme, puisqu'il s'agit d'un objet et de sa représentation, mais pourtant ils sont de même nature.

Les mathématiques ne parlent de rien si ce n'est de leur propre forme. C'est un effet de leur construction axiomatique. Elles sont équivalentes à l'informatique : toute preuve de théorème est un programme et réciproquement (isomorphisme de Curry-Howard).

Le langage des hommes (hors les mathématiques) est bourré d'ambiguïtés car métalangage et langage y sont confondus, ce que Lacan énonçait par : « Il n'y a pas de métalangage » [4]. Ce n'est pas un inconvénient, au contraire, c'est même ce qui permet de dire quelque chose qui ne porte pas que sur la forme du langage. Pouvons-nous nous en inspirer dans un contexte scientifique, afin d'aborder notre question portant sur la distinction matériel/logiciel ?

Sciences de la nature

En physique, et dans les sciences de la nature en général, on cherche à utiliser le dualisme ainsi :

Écriture	/	Objet décrit
Équation mathématique	/	Objet naturel
Loi dynamique	/	Nature

On souhaite une description objective, c'est-à-dire indépendante de l'observateur. La description de la nature doit ne rien refléter du sujet qui la décrit. Ce qu'on affaiblit en : la représentation mathématique de la nature ne doit décrire que ce qui est commun à toutes les observations [5].

Pourtant, on est bien embarrassé des inévitables interactions entre l'observateur et l'objet observé. On parvient à éliminer les modifications évidentes de l'objet par l'observateur. Mais on oublie généralement (tant pour la mécanique quantique que pour la physique classique) que l'écriture mathématique des lois, en utilisant un langage logique qui induit sa propre structure :

- ne peut prétendre représenter complètement la nature,
- est sujette à des choix et des conventions faites par les théoriciens,

et de ce fait est amenée à modifier notre perception de la nature, par l'action de l'homme consécutive à l'énonciation des lois.

Prenons un exemple classique. À l'origine de la théorie de la relativité, il y a la prise de conscience que le temps n'est pas le même partout et ne peut donc avoir une valeur objective. Mais il est néanmoins possible d'inventer des algorithmes de synchronisation des horloges, réintroduisant ainsi une part commune à tous les observateurs [6] [7] [5]. Ces algorithmes sont des programmes (au sens informatique, donc des écrits) fondés sur des conventions humaines. La théorie d'Einstein est fondée sur la convention que la vitesse de la lumière est indépendante de l'observateur. Ensuite, la mise en place d'un algorithme de synchronisation d'horloges débouche sur sa formulation de 1905. On peut remarquer à ce propos que cette nouvelle formulation *logicielle* (algorithmique) de l'espace-temps a conduit à la célèbre équivalence entre *matière* et énergie.

Aujourd'hui, le système GPS est fondé sur la relativité générale. Il intègre des algorithmes de synchronisation conventionnels. C'est un texte écrit. Il a pour conséquence de modifier les routes choisies par les navires, de même qu'il modifie l'économie de nombreuses activités humaines.

La mesure en physique

Il nous semble qu'on peut avancer vers la prise en compte des circularités dans lesquelles est pris l'écrit, si l'on reconsidère ce qu'est la mesure dans les sciences de la nature.

Considérons un exemple simple de mesure en physique : la mesure de masse par une balance de Roberval (figure 1). Cela pourrait nous faire approcher ce que l'on nomme *matériel*.

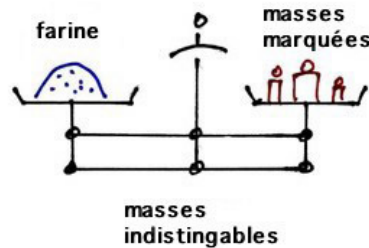


FIG. 1 – Balance de Roberval

Dans le plateau de droite, on pose des *masses marquées*. C'est bien de l'écriture dont il s'agit. On utilise un algorithme de construction d'une masse arbitraire, qui itère par encadrement jusqu'à converger vers l'état symétrique du fléau. On dit alors (par convention) que la masse de la farine est égale à la somme des masses marquées. Ce qu'on appelle *mesurer* la masse de la farine :

- *n'est pas* prélever une information sur l'essence de la farine,
- mais *est* construire une autre masse (à l'aide d'un algorithme qui est un texte écrit) et comparer (indistingabilité).

Selon cette conception, la mesure n'est pas quelque chose qui va uniquement de l'observé vers l'observateur, du représenté vers le représentant, mais c'est une interaction entre les deux, dans une boucle itérative, et l'écriture est prise dans la boucle. Il est clair que ce qui est observé dépend étroitement de l'écrit (l'algorithme), et comme tel dépend de la créativité du physicien [8]. L'algorithme du GPS et ses conventions jouent le même rôle pour notre conception de l'espace-temps.

C'est une façon de s'accomoder du dualisme, mais au prix d'une acceptation de l'acte de création *ex nihilo* d'un écrit par l'observateur. Mesurer, ou percevoir, c'est créer. On peut citer Paul Klee [9] : « L'art ne reproduit pas ce qui est visible, mais rend visible ».

Ce point de vue permet de ne pas concevoir les sciences de la nature comme la découverte de ce qui est *déjà là*, indépendamment de l'observation et de la mesure. Si tout était déjà là, si l'homme ne créait pas dans la découverte, il pourrait y avoir un déterminisme de la découverte qui rendrait vain toute conscience politique dans l'acte du scientifique, et plus généralement dans celui de l'écrivain.

Conclusion

Nous avons évoqué l'action directe de l'écriture dans la dissipation d'énergie par les ordinateurs. Certes, il s'agit d'une petite part dans le changement de climat, mais plus généralement il est clair que : sans écriture, pas de mathématiques, donc pas de développement scientifique et technique, donc pas de conséquences pour l'environnement.

Notre texte n'est pas pour autant une mise en accusation de la culture scientifique et technique. Nous avons voulu, en interrogeant l'opposition hâtive entre logiciel et matériel, mettre en évidence le fait que l'usage de l'écriture ainsi que la connaissance qui en résulte ne sont pas *immatérielles*. Elles ont de lourdes conséquences *physiques*, c'est-à-dire sur la nature elle-même.

Si l'homme, en ne cherchant que l'objectivité dans sa connaissance de la nature est conduit à oublier sa responsabilité de découvreur, il pourrait considérer que ne s'offre à lui que le choix entre pollution et obscurantisme. Il nous semble que la conception de la mesure que nous avons exposée, comportant une nécessaire part de création dans l'acte du physicien, conduit à le rendre davantage responsable dans sa démarche de chercheur.

Références

- [1] Philippe Matherat, « Où en est-on de la dissipation du calcul? Retour à Bennett », *Annales des télécommunications*, Vol. 62, n^o 5-6, p.690-713, mai-juin 2007, et <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00082436/fr/>
- [2] Jérôme Fenoglio, « Alerte à la surchauffe informatique », *Le Monde* du 24 juin 2007. http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/acheter.cgi?offre=ARCHIVES&type_item=ART_ARCH_30J&objet_id=995140
- [3] Bertrand Russell, *Wisdom of the West*, Rathbone Books, London, 1959.
- [4] Jacques Lacan, *Écrits*, Éditions du Seuil, 1966.
- [5] Bertrand Russell, « Philosophical Consequences of Relativity », *Britannica*, 13^{ème} édition, 1926. Accessible à http://www.britannica.com/heritage/article?content_id=1368.
- [6] Albert Einstein, « Zur Elektrodynamik bewegter Körper », *Annalen der Physik*, Vol. 17, p. 891-921, 1905.
- [7] Bertrand Russell, *ABC of relativity*, 1925. Réédition Routledge 1997.
- [8] Philippe Matherat, « Notre façon moderne de voir est conditionnée par la camera obscura - Réflexion sur les fondements logiques de la perception et de la mesure », à paraître, *Intellectica*, n^o 45, et <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00109018>
- [9] Paul Klee, *Confession d'un créateur*, 1920. Extrait de l'ouvrage édité par Taschen sur Paul Klee, 2006.