

colloque

ÉCRITURES :
SUR LES TRACES DE JACK GOODY

sous la direction d'Éric Guichard

PRESSES DE L'ENSIB

PAPIERS

+++++

colloque

ÉCRITURES :

SUR LES TRACES DE JACK GOODY

+++++

PAPIERS SOUS LA DIRECTION DE
THIERRY ERMAKOFF

++++
La collection Papiers a pour ambition
d'explorer de nouveaux champs de re-
cherche autour des sciences de l'infor-
mation et des bibliothèques. Elle donne
aux auteurs l'occasion de produire une
réflexion nouvelle, originale, et propose
de nouvelles lectures des domaines
d'expertise de l'enssib.
++++

++++
PRESSES DE L'enssib
École nationale supérieure des sciences
de l'information et des bibliothèques
17-21 boulevard du 11 novembre 1918
69623 Villeurbanne Cedex
Tél. 04 72 44 43 43 – Fax 04 72 44 43 44
< <http://www.enssib.fr/presses> >

colloque

ÉCRITURES :
SUR LES TRACES DE JACK GOODY

Christophe Batsch, Jean Béhue Guetteville, Jens Brockmeier,
Flavia Carraro, Henri Desbois, Jean Dhombres, Patrick Flandrin,
Jack Goody, Éric Guichard, Michael Heim, Paul Mathias,
David Olson et Cédric Villani

A coordonné cet ouvrage :

Éric Guichard

Nous remercions la bibliothèque de mathématiques de l'ENS-Ulm pour son soutien documentaire, la Basel Landesbibliothek et la bibliothèque municipale de Lyon ainsi que les autres institutions, éditeurs et auteurs pour nous avoir accordé gracieusement l'autorisation de reproduire les illustrations.

Écritures : sur les traces de Jack Goody [Texte imprimé] / sous la direction d'Éric Guichard. - Villeurbanne : Presses de l'enssib, cop. 2012. - 1 vol. (237 p.) ; 23 cm. - (Collection Papiers).

ISBN 979-10-91281-00-3

Rameau:

Ecriture - - Histoire -- Congrès

Ecriture - - Anthropologie - - Congrès

Communication écrite - - Histoire - - Congrès

Internet et réseaux d'ordinateurs - - Philosophie - - Congrès

Dewey: 652.1

SOMMAIRE

Introduction

par Éric Guichard 7

Goody et ses critiques

par David R. Olson 29

Le rapport au passé dans les cultures orales et écrites

par Jack Goody 39

La Loi « mensongère » des scribes : des prophètes bibliques contre l'écriture

par Christophe Batsch 47

Le déchiffrement des écritures anciennes ou l'invention de l'écriture : le « tableau » de Michael Ventris et le cas du linéaire B

par Flavia Carraro 63

« Est-ce que you escribes binario, mijn Freund ? » ou « Le paradoxe du scripteur illettré »

par Paul Mathias 81

Apprendre à naviguer entre les livres, les ordinateurs portables et la discussion en face-à-face

par Michael Heim 89

Les mondes virtuels à livre ouvert	
<i>par Jean Béhue Guetteville</i>	97
La transition géonumérique	
<i>par Henri Desbois</i>	113
Écriture et mémoire	
<i>par Jens Brockmeier</i>	139
De l'écriture des mathématiques en tant que technique de l'intellect	
<i>par Jean Dhombres</i>	157
L'écriture des mathématiciens	
<i>par Cédric Villani</i>	199
Écrire un article	
<i>par Patrick Flandrin</i>	213
Culture et technique	
<i>par Jack Goody</i>	229
Liste des auteurs	
.....	237

par Éric Guichard

+++++

INTRODUCTION

+++++

INTRODUCTION

LE COLLOQUE

Le colloque international *Écritures : sur les traces de Jack Goody* s'est tenu du 24 au 26 janvier 2008 à l'enssib. Le projet de ses organisateurs était double : d'une part, réunir les meilleurs experts de l'écriture afin de proposer des analyses lucides des mondes contemporains et des relations entre science, technique et culture¹ ; d'autre part, rendre hommage à la pensée de Jack Goody, si féconde pour les spécialistes de l'internet représentés au sein de l'équipe *Réseaux, Savoirs & Territoires* de l'École normale supérieure.

On retrouvera dans cet ouvrage toutes les dimensions de l'écriture abordées lors du colloque.

- La première laisse la parole aux théoriciens de l'écriture, des technologies de l'intellect et de la littérature : Jack Goody et David Olson.
- La seconde explore les pratiques lettrées de l'Antiquité et celles des spécialistes contemporains de cette période. Les articles de Christophe Batsch et Flavia Carraro y font référence.
- La troisième montre en quoi le concept d'écriture nous aide à comprendre l'internet. Elle réfère autant à des champs de recherche en construction (*cyber-studies*) qu'à des disciplines institutionnalisées (géographie, philosophie, etc.). Dans ce registre, qui s'intersecte avec les précédents, sont regroupés Jean Béhue Guetteville, Jens Brockmeier, Henri Desbois, Michael Heim et Paul Mathias.

Si le mélange de ces trois genres n'est pas courant, nous l'avions déjà expérimenté de façon fructueuse, lors de colloques ou de séminaires précédents², et en avons rendu compte en divers articles et ouvrages³.

1. Voir [en ligne] < <http://barthes.enssib.fr/colloque08/historique.html> >.

2. Colloque *Comprendre les usages de l'internet*, École normale supérieure – Ulm (ENS, Paris), 1999 ; *Mesures de l'internet*, Inria, 2003 ; séminaires Atelier Internet, ENS, depuis 1995, et Atelier Internet Lyonnais, enssib, depuis 2007.

3. Voir le dernier ouvrage, publié aux Presses de l'enssib : Guichard [2011].

Il restait néanmoins un quatrième axe que nous désirions explorer et intégrer aux précédents : celui de l'écriture mathématique et plus largement scientifique. Ce thème est rarement abordé, et il est encore plus rarement mis en correspondance avec les trois premiers. Aussi, avant d'entrer dans le détail de l'ouvrage, nous précisons pourquoi il nous semblait fécond d'entremêler dans ce colloque ces quatre approches ; et pourquoi il nous apparaît désormais impossible d'espérer travailler sur l'écriture en tentant de les distinguer, voire d'en oublier certaines.

DE L'ANTHROPOLOGIE AUX MATHÉMATIQUES

+++++

Penser l'écriture sans les mathématiciens ?

+++++

Très tôt, les membres de l'équipe *Réseaux, Savoirs & Territoires* ont compris l'utilité d'accorder les travaux des anthropologues avec les questions que posait l'internet (une écriture informatique et réticulaire [Herrenschmidt, 2007, 2011]), et ont montré que la révolution technologique si souvent évoquée renvoyait à des pratiques attestées depuis des milliers d'années⁴. Nous avons plusieurs fois montré que les transformations qui nous surprennent avec l'internet relèvent de l'écriture et que cette dernière [Guichard, 2002], entendue comme une technique, est la grille d'interprétation la plus opératoire pour comprendre le contemporain (et un des buts du colloque était aussi d'approfondir ce fait). Cependant, nous nous étonnions que, dans cette comparaison renouvelée entre écriture historique et lettrée, et écriture informatique (protocoles, programmes, édition savante en ligne, etc.), un certain type d'écriture fût omis dans l'ensemble de ces réflexions : celle des mathématiciens et des physiciens.

Cette écriture, prise au sens large, a les mêmes effets que celle des érudits. Elle sert de socle de référence : un mathématicien lit les textes de ses prédécesseurs ou de ses contemporains, les compare, les critique, les synthétise et produit à son tour une œuvre qui va s'insérer dans le continuum d'une culture lettrée. Cette dernière s'écartera d'une culture orale ou populaire tout en participant à son façonnage (comme le rappelle Jack Goody dans cet ouvrage à propos de la réception de Shakespeare). Il est

4. La bibliothèque d'Alexandrie [Jacob, 1996] servant ici de référence, peut-être plus du fait des études fouillées qu'elle a stimulées que de celui de son exemplarité historique (le contexte eurocentriste à l'origine de tels travaux ne pouvant pas être négligé).

difficile d’imaginer le déploiement d’une culture mathématique sans école de pensée, sans institution, sans la construction de groupes de spécialistes qui participeront à une segmentation accrue des activités humaines dans la société. Enfin, comme les philosophes, géographes, etc., les mathématiciens sont vite approchés par les personnes au plus près du pouvoir politique ou économique : ce qu’ils inventent, découvrent ou vulgarisent facilite la prédiction, la compréhension du monde ou, plus concrètement, la réalisation d’instruments déterminants pour accroître (ou inverser) des rapports de force politiques et militaires⁵.

Néanmoins, nous avons conscience d’une spécificité de l’écriture mathématique au sens large (incluant les écritures physique à partir du xvii^e siècle et chimique à partir du xviii^e siècle [Dagognet, 2002]) : nos souvenirs de lycée en attestent, quand, avec déplaisir ou délectation, nous étions incités à *manipuler* des symboles en fonction de règles qui donnaient mécaniquement des résultats, lesquels s’inscrivaient dans la culture que nous étions censés acquérir⁶. S’il y a tout lieu de penser que cette technicité scribale a eu des effets cognitifs et culturels du même type que celle que détaille Jack Goody, il nous apparaissait étrange qu’elle fut si peu évoquée, même par les spécialistes de l’écriture [Harris, 1993] et des formations discursives dans les sciences [Foucault, 1969]. C’est cette lacune que nous avons voulu combler avec ce colloque.

Penser la technique

+++++
Le projet avait d’autant plus de sens que l’internet est souvent abordé comme une technique, comme une « nouvelle technologie », avec toutes les ambiguïtés attachées à ces expressions. Pour le dire simplement, la vision utilitariste prévaut, tout en jouant sur une proximité entre sciences et techniques contemporaines qui permet de rehausser ces dernières⁷

5. Voir la légende des miroirs d’Archimède, l’appropriation de l’algèbre par les jésuites malgré leur censure de la pensée philosophique de Descartes, et plus près de nous, l’engagement des États dans la physique nucléaire. Le contre-exemple galiléen n’en est pas un : les érudits de l’Église qui l’ont condamné ont accepté ses thèses plus qu’on ne le croit, et leur réaction témoigne en partie de la volonté de Galilée de se positionner sur un plan politique (source : conférences d’épistémologie et d’histoire des sciences de Jean Dhombres à l’enssib, 2009, 2010 et 2012). Au sujet de l’inversion des rapports de force, voir Dagognet [2002, p. 14 et 45], qui rappelle comment Lavoisier, Condorcet, Guyton de Morveau et bien d’autres ont décidé de réduire rapidement le « retard industriel de la France » au moment de la Révolution.

6. Exemples : en chimie : $2H + O = H_2O$; en mathématiques : $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$; en physique : $x = \frac{1}{2}gt^2$.

7. Et donc de ne jamais les considérer au même niveau que les humains, remarquait déjà Gilbert Simondon [1989].

jusqu'à leur donner une potentialité magique. La foi en le déterminisme de l'innovation [Edgerton, 1998] a toujours plus de succès que les concepts de système technique [Gille, 1978] ou de milieu technique [Beaune, 1998]. Désormais, les ingénieurs se présentent (sont présentés ?) plus comme des spécialistes de l'échange social que comme des personnes impliquées dans ces systèmes ou milieux, et la spécificité de leur littérature est minimisée.

Pourtant, au moins depuis le ^{xix}^e siècle, les compétences de ces groupes professionnels en matière de manipulation de formules, de chiffres, de tableaux, voire de cartes [Palsky, 1996] étaient attestées et elles ne se sont pas cantonnées à la construction d'un mode de pensée : tout notre environnement, la quasi-totalité de nos représentations sont médiatisés par des objets techniques, des industries, des pratiques qui sont clairement le résultat de cette littérature ès nombres, formules et règles. Nos usages quotidiens de l'automobile, du téléphone, du réfrigérateur, du stylo-bille⁸, etc., en sont des preuves.

Faut-il alors distinguer les objets techniques concrets de techniques peut-être plus immatérielles, comme l'écriture, où la circulation entre psyché et support de l'écrit, entre êtres singuliers et collectifs s'affiche depuis quelques millénaires ? Certes, l'internet, avec ses ordinateurs, ses routeurs, ses *data center* et ses amas de câbles, est une technique spécifique de notre monde industrialisé. Cependant, le livre est aussi un objet technique, au même titre qu'un navire ou qu'une cathédrale [Granger, 2001, p. 177] ; et le système technique de l'internet est aussi le lieu où se déploient nos discours, où ceux-ci se réfléchissent par le biais d'algorithmes que nous ne maîtrisons pas ; il devient le creuset de notre pensée en même temps que sa limite, affirme Paul Mathias : « nous ne pouvons prétendre à aucune autonomie de nos pensées et de leur mode d'existence » [Mathias, 2009, p. 56].

Ainsi, le statut de la technique apparaît-il ambigu, puisqu'elle serait à la fois objectivable et non objectivable. Ce paradoxe n'est qu'apparent, si nous remarquons que nombre de techniques s'introduisent dans nos formations discursives, deviennent des éléments de notre narration du monde, et souvent influencent notre réflexion, directement (comme l'écriture) ou indirectement (par le biais de débats sur le statut ou la finalité de ces techniques). S'il insiste sur le lien étroit entre science et technique

8. Jean-Claude Beaune, « La mémoire du bricoleur », colloque *Formes, systèmes et milieux techniques*, 24-26 octobre 2011, Université Jean Moulin-Lyon 3 [à paraître].

depuis le ^{xvii}^e siècle (lien qui n'est pas fait que de dépendance), Gilles Gaston Granger rappelle que « comme celle des objets scientifiques [...], la réalité technique comporte donc, et déjà au niveau du plus simple outil, un aspect *actuel* (sa matérialité) par quoi cette réalité est d'abord saisie, mais aussi un aspect *virtuel*, en vertu duquel l'objet technique est une idée » [Granger, 2001, p. 174]. Ainsi, même les objets techniques les plus matériels ne sont pas totalement objectivables. Le même auteur rappelle que notre incompréhension de ce qu'est la technique est peut-être de notre fait : « dans le monde des objets physiques, cette disparité apparente de l'actuel et du virtuel vient peut-être de l'insuffisante connaissance du concept de l'objet, qui ne ferait pas droit à toutes ses virtualités » [p. 214].

Ainsi, d'un côté, nous rencontrons des passionnés de l'internet qui attribuent aux nouvelles technologies des vertus historiquement adressées à la science (aux sciences exactes), sans dépasser le stade de la croyance apprise (la science neutre et victorieuse) et qui n'imaginent pas que la technique soit dotée d'une part subjective et intellectuelle, ni qu'elle puisse déborder les limites que lui assigne l'utilitarisme. Pour ces personnes, les travaux des anthropologues, épistémologues et philosophes n'existent pas. De l'autre, nous rencontrons des personnes qui, sous couvert d'intérêt pour l'histoire de la pensée, restreignent l'existence de cette dernière à un univers littéraire et méprisent la technique au motif qu'elle est banale et applicative, et donc qu'elle relève d'un univers incomparable avec celui des mondes lettrés et de la pensée pure, dont ils s'estiment les dignes représentants. Ces derniers ne convoquent pas plus les épistémologues que les scientifiques.

Si aujourd'hui les uns et les autres parlent beaucoup d'internet, de livre ou de culture numérique, de transformation des métiers et des échanges sociaux, aucun représentant de ces deux groupes n'évoque la part commune aux poètes et aux physiciens, aux mathématiciens et aux philosophes : ces architectures de signes et de règles, d'opérations souvent mécaniques, qui constituent du sens, à leurs yeux et aux yeux de ceux qui les commenteront, et qui ont été au fil du temps affinées, et parfois oubliées.

TECHNOLOGIE DE L'INTELLECT ET LITTÉRATIE

+++++

Jack Goody s'est montré critique face à l'idéologie de la pensée pure, solitaire et spiritualiste, qui dénie à la matérialité et à la technique leurs

apports parfois décisifs et souvent astreignants⁹. Avec ses répétitions (de mots, de gestes : du feuilletage d'un livre au clic-souris), ses apprentissages (et ses exercices), l'écriture apparaît clairement comme une technique et tout comme les autres techniques, elle sollicite des savoir-faire et des règles – fussent-elles routinières [Goody, 1994] –, elle induit des modes de spécialisation au sein de la société. Non seulement pour que soient garanties sa simple transmission et celle des savoir-faire associés (qui à la fois l'excèdent grandement et se confondent avec elle), mais aussi du fait de l'accumulation des savoirs qui en découlent. C'est peut-être là que l'écriture manifeste son hybridité : son statut de technique au sens banal du terme et de condition de la pensée. Avant de préciser ce que nous entendons par pensée, nous insisterons sur son caractère collectif, sur la façon dont la technique (de l'intellect) définit les formes de la culture : sa topologie, oserions-nous dire. Au sujet de la littératie (l'ensemble des compétences induites et requises par l'écriture), David Olson rappelle dans cet ouvrage : « Pour les théoriciens de la littératie, la notion englobe l'élaboration d'une tradition de lettres et une culture de l'écrit dans laquelle l'école joue un rôle essentiel. » C'est bien l'écriture, en tant que technique, qui crée ces collectifs qui font la fierté de nombre de cultures.

Précisons avec cet auteur les limites de l'écriture et comment elles se sont transformées en avantages sinon en contraintes parfois lourds de conséquences.

- La faible valeur d'illocution¹⁰ de l'écriture, qui fut compensée par la lente invention de toute une série de verbes exprimant des actes mentaux (signifier, sous-entendre, vouloir dire, interpréter, contredire, etc.) et de signes (tiret, guillemets, point d'interrogation, etc.). L'histoire de la culture écrite se confond en partie avec la découverte et le traitement de cette valeur d'illocution.
- L'abandon consécutif de l'espoir de transmettre des idées par des moyens écrits. L'écriture *complète* (non syllabaire) s'est limitée à l'« invention d'un moyen de représenter les

9. Étrangement, la compréhension (récente) des effets intellectuels de la matérialité du livre imprimé rend difficile la perception des continuités et des changements qui se jouent avec l'écriture électronique, et celle de l'éventail des registres sur lesquels ces transformations opèrent (intellectuels, économiques, etc.).

10. Ce que le locuteur voudrait que l'on comprenne de ce qu'il dit. « *L'énonciation orale indique à la fois ce qui est dit et la manière dont cela doit être compris, quand l'énonciation écrite n'arrive à indiquer que la première donnée* » [Olson, 1998, p. 112].

énoncés plutôt que les idées ou les choses dont parlaient les énoncés », nous rappelle Olson dans sa conférence. Cet aveu de faiblesse, ce choix d'un plus petit dénominateur commun, fut à la fois l'occasion de donner aux utilisateurs de l'écriture une « conscience métalinguistique [c'est-à-dire une] conscience des propriétés phonologiques de son propre langage » et le socle de la culture lettrée précédemment évoquée : des propriétés non lexicales, comme l'insistance ou l'intonation, furent transformées en propriétés lexicales, afin de compenser cette perte illocutoire. Les outils lexicaux ou syntaxiques inventés pour ce faire ont permis d'explicitier ces propriétés et d'en faire des objets de réflexion. D'où l'apparition d'une pensée propre à la culture écrite¹¹ développée pour compenser les faiblesses d'une technique intellectuelle : l'écriture.

François Dagognet réagit lui aussi vivement au spiritualisme – qui pèse encore sur la formation universitaire, au point qu'il est possible d'interpréter ce *credo* spiritualiste au mieux comme une formation discursive (ce qu'il rappelle aussi quand il cite Hegel¹²), sinon comme un ultime recours de réactionnaires désemparés face à la technicité et à l'instrumentation de la pensée contemporaine. En s'appuyant sur une étude attentive des relations entre expérience, découverte et abstraction en de nombreux domaines de la chimie et de la physique, il montre que l'idéal de la pensée pure et déréalisée est le plus souvent à l'origine d'erreurs, d'impasses ou de contradictions philosophiques et scientifiques. Il critique « l'intérêt prioritaire accordé à l'éthéré » [Dagognet, 1989, p. 37] et décrit ses partisans comme une « caste sacerdotale des gardiens du sens » soucieux de maintenir « une culture destinée à justifier les inégalités » : une « armée de parasites, sinon de profiteurs », d'« intermédiaires [...] vivant de signes et d'échanges [...], qui ne s'exercent qu'au trafic » [p. 29]. Faut-il en déduire que les personnes qui théorisent la pensée et la culture sans se

11. Olson précise alors que le problème de la lecture est celui de la maîtrise de ces indices et techniques herméneutiques qui donnent quelques indications sur la manière dont l'auteur voulait que son texte soit compris [Olson, 1998]. Ce qui mène à la notion de culture et signale la technicité de cette dernière.

12. « L'esprit est possédé du besoin de se satisfaire en lui-même, de se retirer chez lui, dans l'intimité de la conscience comme dans le véritable sanctuaire de la vérité » [Dagognet, 1989, p. 222, citant *Esthétique*]. Le lexique d'une telle phrase est à mille lieux de celui des philosophes contemporains de la technique et de la matérialité.

confronter à la technique ni à l'écriture choisissent des postures rentières, même quand elles espèrent faire de la science ?

CALCUL ET PENSÉE

+++++

Pouvons-nous tenter de définir la pensée, que nous évoquons si souvent ? Gilles Gaston Granger rappelle la position surprenante de Leibniz : ce dernier considérait que, pour « résoudre un problème portant sur des concepts aussi bien que pour obtenir l'adhésion dans une discussion portant sur les affaires humaines, *il suffisait de calculer* » [Granger, 2001, p. 77]. Jean Dhombres rappelait récemment les propos de Jacques Hadamard : « le calcul pense »¹³. Les mathématiciens seraient-ils plus disposés que d'autres à donner une grande place au calcul, donc à la technique, quand il s'agit de penser ? En prenant l'exemple de la machine de Turing, Granger définit le calcul comme « une suite d'opérations élémentaires enchaînées selon un programme, transformant à chaque pas de façon réglée une inscription en une autre » [Granger, 2001, p. 76]. Ici, les notions de succession, de règle et d'inscription font écho à la mécanicité de l'algèbre. Plus bas, ce même auteur affirme :

le calcul se trouve donc ainsi réduit à son aspect minimal d'automatisme. Il est clair cependant que l'acte de calculer pour un sujet pensant comporte des aspects non mécaniques, peut-être vicariants ou secondaires, mais qui contribuent assurément à donner un sens à la procédure [...] À ces environnements du calcul qui, d'une certaine manière, le débordent, nous avons donné le nom de « pensée ». Ainsi calcul et pensée sont en fait inséparables.

Comment alors, dans le contexte d'un colloque sur l'écriture, ne pas laisser la parole à ceux qui pratiquent quotidiennement cette expérience d'une étroite articulation entre calcul et pensée en même temps qu'ils sont reconnus comme parmi les plus compétents en matière d'abstraction ? Si nous soutenons avec Granger que la pensée est essentiellement technique et donc collective, et avec Goody que l'écriture est l'un des deux instruments que les humains ont inventés, façonnés et sculptés pour lui donner consistance (l'autre étant le langage), nous avons le devoir de nous pencher sur la spécificité de l'écriture mathématique. Et nous nous

13. Conférence *Le calcul comme dispositif technique*, journée d'étude « L'esprit de la technique », ensib, 26 novembre 2011 : < <http://barthes.ensib.fr/philo-technique/Journee-philo-technique.html> >.

réjouissons que Jean Dhombres, Patrick Flandrin et Cédric Villani aient accepté de participer à cette entreprise.

L'ARCHITECTURE DE L'OUVRAGE

+++++
Cet ouvrage constitue en quelque manière les « actes sélectifs » du colloque. Façon pour nous de prolonger une tradition entamée il y a plus de dix ans¹⁴ et de rendre hommage aux lecteurs : nous maintenons notre souhait de conclure les colloques que nous organisons par des ouvrages stimulants, qui balisent autant des champs de recherche qu'ils en ouvrent d'autres. Pour autant, cette concision n'exprime pas une censure face à des intervenants qui auraient « démerité » : le colloque ouvrait sur des questions que certains conférenciers auraient aimé traiter en profondeur dans les « actes », et ils se sont désistés par manque de temps¹⁵. D'autres ont profité du délai entre la tenue du colloque et l'édition de cet ouvrage pour publier ailleurs leurs travaux. Au final, la moitié des intervenants¹⁶ auront participé à cet ouvrage.

Théorie de l'écriture

+++++
Nous avons choisi de commencer cet ouvrage avec David Olson, car cet auteur, déjà évoqué, a pris le parti de présenter de façon généreuse et pédagogique le travail de Jack Goody. Comment définir la culture ? À cette question dont chaque société attend qu'elle soit traitée avec ethnocentrisme¹⁷, Jack Goody et David Olson répondent : bien des opérations qui font l'orgueil des sociétés au contact de l'écriture, comme l'érudition, le développement de l'esprit scientifique, l'édification des lois ou la capacité d'organisation, résultent de l'usage de cette technique intellectuelle qu'est l'écriture.

14. Les colloques précités de 1999 et 2003 ont aussi été suivis d'actes sélectifs.

15. La cause en est certainement la multiplication des sollicitations administratives et parascientifiques (rédaction de programmes de recherche liés à l'obtention de financements, candidatures, évaluations multiples) adressées aux enseignants-chercheurs.

16. Le programme complet du colloque avec ses participants est en ligne : < <http://barthes.enssib.fr/colloque08/programme-colloque-ecritures.pdf> >.

17. Claude Lévi-Strauss rappelle que « *chaque culture s'affirme comme la seule véritable digne d'être vécue ; elle ignore les autres, les nie même en tant que cultures. La plupart des peuples que nous appelons primitifs se désignent eux-mêmes d'un nom qui signifie "les vrais", "les excellents", ou bien tout simplement "les hommes" ; et ils appliquent aux autres des qualificatifs qui leur dénie la condition humaine, comme "singes de terre" ou "œufs de pou"* » [Lévi-Strauss, 2005].

Un tel énoncé est audible au plus grand nombre tant qu'il reste théorique : peu de personnes attachées à la « grandeur » de la culture occidentale peuvent imaginer que des esclaves musulmans et lettrés aient pu organiser une révolte contre des Blancs illettrés sans même que la culture émancipatrice de la Révolution française ait eu à jouer un rôle [Goody, 2000]. En d'autres termes, l'écriture, dans sa dimension la plus technique, la moins conceptuelle, affirme l'universalité des humains en matière de culture écrite.

Il nous semble inutile de paraphraser la pensée de David Olson : la partie précédente de cette introduction témoigne de sa vigueur et de sa fécondité. Nous pouvons néanmoins faire un ultime emprunt à son texte, en lui retournant le compliment qu'il adresse à Jack Goody : les explorations qui ont suivi ses recherches « n'ont guère été que des notes de bas de page apportées à son œuvre ».

Le premier article de Jack Goody reprend l'essentiel de sa communication lors du colloque¹⁸. Il rappelle à quel point l'histoire de l'écriture est longue au regard d'une vie d'humain et brève (5 000 ans, soit environ 200 générations), comparée à la période depuis laquelle l'Homme s'est doté d'un langage parfaitement développé¹⁹. Il montre que l'invention de l'écriture fut à la fois source de grands progrès (en tant que « moyen externe d'archiver l'information ») et de paralysie (avec la *canonisation* des textes religieux : la parole divine inscrite dans le « marbre »). Et il nous invite à reconsidérer nos conceptions sur les sociétés sans écriture, héritées de notre culture religieuse *écrite* du fait que les observateurs occidentaux, habitués à l'idée d'un mythe fondateur invariable car en référence à un Livre unique, ne pouvaient imaginer qu'il en fût autrement pour d'autres sociétés que la leur. Or les personnes de ces sociétés totalement orales (sociétés désormais disparues, du fait de la diffusion généralisée de l'écriture) n'avaient pas plus ni moins de compétences que nous, pas même en matière de mémoire. Si elles pouvaient se référer à un mythe fondateur, celui-ci était fort souple et pouvait s'accompagner de modulations qui pouvaient autant prendre en compte des événements récents de leur histoire que signaler des variations conceptuelles quant aux fondateurs de l'humanité (parfois un dieu, parfois des elfes, d'autres fois les Hommes

18. Le second, qui clôt ce livre, est le texte d'une intervention de Jack Goody le 4 juin 2008, dans le cadre de l'Atelier Internet Lyonnais (AIL).

19. Rappelons ici quelques dates ou périodes : le paléolithique commence il y a environ 3 millions d'années. Le langage évolué apparaît, suivant les auteurs, entre -100 000 et -60 000. Le néolithique (début de la sédentarisation) commence vers -9 000.

eux-mêmes). Ainsi s'effondre la théorie du « grand partage », qui voulait qu'existe une irréductibilité profonde entre les « civilisés » et les autres. Seuls les effets structuraux de l'écriture, en tant que technique, expliquent les différences entre sociétés orales et écrites.

Écritures de l'Antiquité

+++++
 Cette approche sur le temps long nous invite à scruter précisément comment fut reçue cette écriture en des sociétés orales. Christophe Batsch nous donne l'exemple du royaume de Juda, où se développèrent, vers le VIII^e siècle avant notre ère, les « conditions d'un développement de l'écriture comme instrument d'exercice du pouvoir politique et religieux ». Un prophète, Jérémie, dénonce alors la Loi « mensongère » des scribes. Christophe Batsch décrit les enjeux de l'appropriation de l'écriture en des termes à la fois plus concrets et plus politiques que Platon, qui soulignait les dangers de l'écriture pour la philosophie tout en posant par écrit ses remarques (charmes du paradoxe). Non seulement le pouvoir croissant des scribes, caste spécialisée d'administrateurs, menace les prophètes, qui s'appuient grandement sur l'oralité pour convaincre, mais ces derniers utilisent l'écriture comme appareil cérémoniel plus que comme outil de mémorisation : on inscrit une parole pour aussitôt la clore (on scelle le texte). L'usage de l'écriture par les prophètes est donc avant tout métaphorique et symbolique quand le roi a un regard profane sur les textes religieux. « Au contraire des scribes, des prêtres et des dirigeants administratifs et politiques de l'État, [les prophètes] ne lui reconnaissent aucun caractère d'innovation épistémologique et moins encore de statut privilégié dans la relation avec l'au-delà. » Ici s'affiche la compétition entre deux pouvoirs : l'ancien, fondé sur la prophétie orale, le nouveau, sur l'appropriation d'un instrument d'administration, même s'il faut passer par un rituel *politique* pour passer de l'un à l'autre.

Par un singulier détour, Flavia Carraro nous transporte dans la Crète antique en s'attachant à un de nos contemporains : Michael Ventris, qui, au milieu du XX^e siècle, déchiffra le « linéaire B ». Comment se fait-il qu'un simple amateur réussit là où tant de générations d'archéologues, de linguistes et de philologues avaient échoué ? Il a tout simplement, aurait dit Jack Goody, tiré profit de toutes les listes et de tous les outils afférents à notre disposition. Parmi ceux-ci, la mise en tableau de listes, qui permettait de comparer graphiquement les syllabogrammes de la langue mycénienne en tentant de les décomposer en voyelles et consonnes. Ventris

découvrit alors que la langue cachée derrière ces signes était en fait du grec. Admirable démarche qui montre la capacité de l'écriture à se laisser techniquement dévoiler par les propres instruments qu'elle induit ; et qui montre aussi comment des experts en cultures écrites, parce qu'ils oublient ce qu'ils doivent à la technicité de l'écriture, sont incapables de déchiffrement. En ce sens, le travail de Flavia Carraro résonne avec les textes des auteurs mathématiciens de l'ouvrage.

L'internet et l'informatique

+++++

Tout en nous menant sur le chemin de l'internet, Paul Mathias fait écho à cette histoire longue, où le pouvoir de l'érudition s'affirme autant que cette dernière renvoie ses experts à leur *inculture* : incapacité à lire une écriture étrangère ou inconnue, humilité devant des problématiques dont on ne saura jamais pleinement rendre compte. Nous pourrions faire nôtres ces questions, quand une réflexion sur l'écriture s'accompagne d'une profonde modestie, face à toutes celles que nous ne connaissons pas, face à tous les savoirs qu'elles ont induits et qui nous resteront à jamais inaccessibles. Débordant le strict cadre de la programmation informatique, Paul Mathias se penche sur l'ensemble des savoir-faire qui régissent désormais notre rapport à l'internet : de notre usage des balises HTML à celui des scripts, en passant par les fonctionnements des moteurs de recherche et l'architecture physique et communicationnelle des ordinateurs en réseau. Il s'inquiète de notre ignorance, montrant que nous usons d'au moins six langues quand nous croyons échanger par le biais d'une seule. Et les informaticiens ne maîtrisent pas plus ce qui nous échappe : « l'informatique est une technique intellectuelle qui maintient ses opérateurs en déficit par rapport à elle-même ». Cependant, à bien y regarder, cette situation n'est pas si nouvelle : « Écrire et parler, c'est s'essayer à écrire et parler, à redire, reprendre, altérer, effacer, répéter, etc. La langue informatique [...] est à cet égard emblématique de ce que peut être une expérience existentielle et vivante de la langue : l'espace inappropriable d'une multitude de sens dont nous ne sommes plus les maîtres aussitôt que nous les avons conçus et exposés ».

Cet optimisme de philosophe, qui indique comment les technologies de l'intellect réflexives que sont le langage et l'écriture nous excèdent dès que nous en faisons usage – et cet excès pourrait se confondre avec une définition de la culture –, est tempéré par Michael Heim, professeur de philosophie en Californie et bien engagé en ce que nous appelons aujourd'hui

l'« informatique littéraire », plus connue à l'étranger sous le terme *Digital Humanities*. Il se montre vigilant face aux utopies technicistes associées à l'informatique et aux réseaux et rend compte de son expérience de pédagogue pour arriver à une conclusion qui surprendrait plus d'un enseignant français, tant l'engouement sans recul pour les « nouvelles technologies » est intégré en notre pays : il a fini par interdire l'usage des ordinateurs portables dans ses cours. Il insiste sur un point déjà évoqué par David Olson et Jack Goody : l'écriture n'accroît pas notre puissance intellectuelle, elle n'augmente que nos *capacités*. Celles-ci ne peuvent se développer que dans un cadre collectif, celui que définit l'érudition. Michael Heim remarque que l'usage actuel des ordinateurs en réseau ne permet pas la « construction d'une communauté intellectuelle » parce que « si elles ne sont pas enracinées dans un terreau de civilité, les graines des qualités humanistes ne peuvent croître. » Il s'amuse de ce que les enseignants n'ont pas encore compris ce fait, déjà intégré dans le monde des entreprises, où les participants à une réunion sont invités à venir sans leurs « machines à communiquer » [Perriault, 1989]. Raison supplémentaire pour abandonner notre regard religieux sur nos machines, tablettes et autres *smartphones* et pour raisonner en termes de technologie de l'intellect, de littératie, de mondes lettrés [Jacob, 2007], en sachant accorder le présent avec la longue histoire.

Il ne nous est pas pour autant interdit de rêver : à ce que pourrait être un monde gorgé de machines sophistiquées. Ou en tentant de *réaliser*, avec les capacités sribales des ordinateurs, des imaginaires plus anciens. Jean Béhue Guetteville montre comment les deux approches sont liées : les possibilités techniques d'immersion en des environnements *virtuels*²⁰ s'inspirent grandement des ouvrages de science-fiction, dont il produit une généalogie. Étrangement, les conditions historiques de la production de tels environnements (dans les années 1970) relèvent à la fois d'une culture que nous connaissons peu (la culture *cyberpunk*) et d'une autre, que nous croyons plus connaître (la *French Theory*). Nous rencontrons la figure désormais légendaire de William Gibson, et Jean Béhue Guetteville montre en détail comment se produit la circulation entre deux types d'écritures : l'écriture littéraire de l'auteur de roman de science-fiction et celle du concepteur d'univers numériques.

Cette affaire d'imaginaire n'est pas que privée, *irréelle* : elle *s'actualise* en bien des situations qui relèvent désormais de notre vie quotidienne. En

20. Ici au sens banal et usité du terme : numérique.

étudiant l'évolution de nos pratiques banales et savantes en matière de géographie, Henri Desbois montre en quoi la production contemporaine de cartes « modifie la façon dont nous percevons et concevons l'espace », jusqu'à « infléchir nos imaginations géographiques ». Les systèmes d'information géographique, qui pourraient relever d'une combinatoire scribale appliquée aux données spatialisables, ont déjà changé le panorama de la discipline géographique au sein du monde universitaire : ils sont coûteux et le temps passé à les enseigner grignote celui dédié à une géographie plus qualitative. Leur essor s'est accompagné de critiques, mais celles-ci sont moins entendues depuis le développement du GPS et de l'internet, qui ont familiarisé le grand public avec la cartographie numérique et changé la nature des cartes. Ce grand public s'est approprié tout un ensemble de pratiques cartographiques au sens large, au point qu'on parle aujourd'hui de *néogéographie* : des pratiques qui se déroulent « en dehors, à côté, ou à la façon des pratiques des géographes professionnels ». Ces usages s'articulent autour d'imaginaires nourris de science-fiction, de séries télévisées et de jeux vidéo. Se réduit leur distance d'avec le réel, ce qui « rend visible une fusion entre la technique et le territoire ». Ici, la somme des écritures informatiques et leurs appropriations nous dévoilent un monde en train de se faire, dont nous ne pouvons prédire s'il sera totalitaire ou source de progrès. Mais nous comprenons comment l'écriture contemporaine reformate notre culture, dans ses fondements : dans notre rapport à l'espace.

La question de la spatialité est celle des géomètres, qui sont aussi des experts du nombre et du code : mathématiciens, physiciens, etc. Jens Brockmeier fait le lien entre ces derniers, les philosophes et les théoriciens de l'écriture en rappelant combien Jacques Derrida était influencé par la théorie de l'information et la cybernétique quand il travaillait sur l'écriture. Jens Brockmeier cite une phrase du philosophe français qui résonne particulièrement avec notre propos : « qu'il ait ou non des limites essentielles, tout le champ couvert par le programme cybernétique sera champ d'écriture ». Il explore le lien que les sociétés ont toujours construit entre écriture et mémoire, sans oublier la façon dont l'écriture a « sapé les anciennes formes habituelles de la remémoration et de l'oubli » ni comment les recherches récentes en neurosciences nous invitent à raisonner de plus en plus en termes de « construction et reconstruction permanente » de cette mémoire, et à l'associer à l'interprétation et à l'imagination. Ce qui renvoie aux articles précédents et nous éclaire sur la pensée de Jacques Derrida, qui veut à la fois dépasser le spiritualisme d'Hegel (voir *supra* note 12) et l'eurocentrisme des tenants de l'alphabet.

Démarche réellement universaliste, qui accompagne magnifiquement celle de Jack Goody. Jens Brockmeier montre comment Derrida, soucieux de trouver un antécédent commun à la mémoire et à l'écriture, développe le concept de « trace », et le rend fluide, tout comme le sens, qui « se configure et se reconfigure dans l'usage des mots et des symboles ». Nous retrouvons ici les propos de Paul Mathias, qui font aussi écho à ceux de Gilles Deleuze [Deleuze et Guattari, 1980]. Or, ce jeu de fluidité et de recomposition prouve que la recherche de la trace originale est aussi vaine que celle de l'essence de la technique, malgré les espoirs de Martin Heidegger [1958]. Ainsi, l'anthropologie de Jack Goody, en montrant qu'existent des techniques non objectivables, s'inscrit-elle dans les débats les plus contemporains de la philosophie.

Écritures mathématiques

Est-il possible d'aborder la question de l'écriture mathématique en restant au plus près des théories de cet anthropologue ? Jean Dhombres répond par l'affirmative et réalise un exercice particulièrement délicat : donner une preuve de ces théories, à la fois interne et externe aux mathématiques, qui soit compréhensible sans sacrifier à la vulgarisation ni à l'analogie. Aussi avons-nous fait le choix de lui laisser une large place. Lui aussi renoue avec l'histoire de l'érudition pour montrer comment l'écriture mathématique se déploie selon deux directions : l'une, qui utilise les figures comme illustrations, l'autre, sans lesquelles un raisonnement textuel est impossible à suivre. Jean Dhombres s'intéresse alors à l'apparition de signes variés qui s'intercalent dans les anciens textes mathématiques (égalité, barre de fraction, deux points de la division, etc.) et nous montre, avec les exemples de Pierre Hérigone, de René Descartes et de Johann Bernoulli, qu'une démonstration mathématique adopte rapidement une écriture planaire, quand tant d'analystes considèrent encore en 2012 la linéarité comme caractéristique de l'écriture imprimée. Ces nouveaux signes, ou le détournement d'anciens, révèlent un écart conceptuel : une succession de signes, comme $\square.bc$, donne à penser l'idée de « fonction »²¹ – concept qui sera affermi aux XVIII^e et XIX^e siècles. Ces signes ne sont donc pas que

21. $\square.bc$ est le carré de (ou du) côté bc , à rapprocher de l'idée de « fonction élévation au carré appliquée à la valeur bc ».

des réductions censées faciliter le travail du mathématicien²². Se dévoile ici une circularité entre la culture du savant, ses idées et la technicité de l'écriture, où chaque terme est impensable sans les deux autres. Ce dont témoigne l'histoire du calcul différentiel et intégral, avec ses deux inventeurs célèbres que sont Newton et Leibniz. La systématité presque mécanique du second, ici longuement détaillée, montre comment « l'écriture du calcul, par elle-même, donne à penser ». De même avec Joseph Fourier, qui invente une notation lui permettant de passer de la variable (notre x commun) à la fonction (notée habituellement f). Cette dernière prend alors le statut de variable et devient spatialisable : d'opérateur sur le point, elle devient elle-même point ou vecteur. Ce qui incitera Fourier à rechercher toutes les fonctions qui sont « perpendiculaires » entre elles. Peu d'écritures autres que mathématiques permettent de telles audaces conceptuelles. À la fin de son article, Jean Dhombres montre comment la généralisation scribale de Fourier permet aujourd'hui d'interpréter en formules relativement simples (et concises) des résultats de la mécanique quantique comme les inégalités d'Heisenberg.

Ultime mélange de brio et de générosité, il propose de mettre en application dans son propre champ les réflexions de Jack Goody, ce qui lui permet de penser les mathématiques comme pratique culturelle : d'articuler l'originalité la plus difficilement explicable de mathématiciens hors pair avec les formes populaires, apprises d'une culture mathématique minimale. Nous pouvons alors imaginer que ce que nous définissons hâtivement comme « génie » résulte de notre méconnaissance des formes de la « culture de l'écrit » (telle que la définit Olson) spécifique à la pratique mathématique.

Patrick Flandrin prend une position faussement naïve en nous demandant à quoi nous reconnaissons un article scientifique. Façon de nous rappeler que l'écriture est tout entière forme et fond, que le lien entre technique et pensée reste indissoluble. Même en mathématiques et en physique, le paratexte d'un article (références bibliographiques, remerciements, etc.) éclaire le lecteur sur l'originalité du texte et sur la légitimité de son (ses) auteur(s). Ensuite, il atteste du grand usage des objets « goodiens » que sont les listes et tableaux dans l'écriture scientifique ; ils

22. Quand bien même ces signes ne seraient que des abréviations, leur étude détaillée resterait riche d'enseignements : nous savons que des opérations élémentaires, comme la construction de listes et les opérations sur celles-ci, ont des effets cognitifs et sociaux qui peuvent aller jusqu'à l'organisation d'écoles de pensée. Et nous n'insistons plus ici sur les formes culturelles qu'induit l'usage d'une écriture.

se complètent de graphiques, de diagrammes (de Feynman), de boucles (de rétroaction) qui s'insinuent dans l'écriture tout en la rendant plus lisible et plus compacte : « de par la récursivité des opérations mises en jeu, une description textuelle serait laborieuse (voire induirait une “descente infinie”) ». Ainsi, nous sommes conduits à inventer des systèmes sribaux qui accompagnent notre pensée quand elle se confronte à ses limites (l'infini). À partir d'un curieux graphique (informatique, donc textualisé), il démontre que la redondance produit du sens. Il n'est pas exagéré de comparer les effets de ces inscriptions graphiques sophistiquées avec les perspectives qu'offrent les distanciations²³ d'avec le sens quand nous produisons des listes de mots. Et il y a là quelque chose qui touche autant à la philosophie matérialiste de François Dagognet qu'à la façon dont la technologie de l'intellect reconfigure l'épistémologie (y compris des sciences sociales). Relisons Michel de Certeau, qui énonce des propos proches de ceux de David Olson : « la collection, en produisant un bouleversement des instruments de travail, redistribue les choses, elle redéfinit des unités de savoir, elle instaure un lieu de recommencement en construisant une “gigantesque machine” qui rendra possible une autre histoire » [de Certeau, 1975, p. 102]. L'enregistrement sous forme de série temporelle d'un cri d'écholocation de chauve-souris, à l'origine du graphique précité, est une *collection*. Son traitement nécessite effectivement de nouveaux instruments, en l'occurrence, dérivés du traitement du signal et de la théorie de l'information. À en croire Jacques Derrida, évoqué par Jens Brockmeier, et aussi Michel de Certeau, cette théorie est promise à un bel avenir qui, du fait de la combinatoire scribale qu'elle stimule, lui permettra de s'exporter dans nombre de sciences sociales : « cette stratégie de la pratique historique la prépare à une théorisation plus conforme aux possibilités offertes par les sciences de l'information. Il se pourrait qu'elle spécifie de plus en plus non seulement les méthodes, mais aussi la fonction de l'histoire dans l'ensemble des sciences actuelles » [de Certeau, 1975, p. 110]. L'engagement actuel des physiciens dans les sciences sociales n'en est-il pas l'annonce [Jensen, 2011] ? Et les historiens ne sont-ils pas les premiers à pressentir de telles transformations quand ils proposent aux chercheurs en sciences exactes de repenser les questions de l'archive et de la collection, du fait de l'essor de l'écriture électronique et réticulée et des méthodes qu'elle autorise, jusqu'à l'écriture de l'histoire [Rygiel, 2011] ?

23. Voir, ici encore, les travaux de Jack Goody.

Patrick Flandrin conclut son article en rappelant que « l'écriture scientifique (au sens large) est consubstantielle de la pratique scientifique elle-même, étant non seulement vecteur des savoirs acquis, de façon quasi universelle dans sa forme actuelle, mais aussi moteur potentiel de découvertes ». Qu'aurait à y redire Jack Goody ?

Cédric Villani, qui a obtenu la « médaille Fields »²⁴ en 2010, reprend la thématique de Jean Dhombres. Il insiste sur le lien entre écriture et concept (formules d'Einstein, de Fermat, etc.) et sur un point souvent passé sous silence : autant l'efficacité mécanique de l'écriture finit par être admise, autant nous oublions que cette mécanique permet de corriger ses erreurs, et donc son raisonnement. Quand une démonstration dépasse la centaine de pages, une stricte vérification pas à pas, « mot à mot », ou plutôt position de lettre à position de lettre, est le meilleur recours pour vérifier un raisonnement. Cédric Villani détaille ensuite les apports de l'outil d'écriture L^AT_EX, qu'évoquait déjà Patrick Flandrin. Un noyau alphabétique réduit (pas d'accents, 62 signes et quelques ponctuations) devient matrice de centaines, voire de milliers de signes et d'une infinité potentielle de formules. Cet outil²⁵ satisfait pleinement les « obsédés de la graphie » que sont les mathématiciens et physiciens, qui peuvent de ce fait revendiquer le statut de typographes – tenants d'une culture oubliée de nombre de spécialistes des sciences humaines. Nous pourrions nous étonner qu'un mathématicien nous rappelle que la structure d'un texte (tables des matières et des figures, index des notions, des auteurs, etc.) est d'une importance considérable pour sa bonne réception. De même pour le plan, dont l'importance est soulignée : « dans ma propre expérience, lors de l'écriture d'un livre, c'est le plan, mille fois modifié et remodifié, qui est la source des pires tourments ».

L^AT_EX induit aussi un déplacement inattendu en matière de communication : comme le « code source » (le texte avant sa mise en pages, tel qu'il est saisi par l'auteur) est relativement lisible²⁶, les mathématiciens se transmettent (par exemple par courriel) ce code tel quel, sans attendre qu'il soit mis en pages²⁷. Cédric Villani conclut en termes d'universalité de

24. Équivalent du prix Nobel pour les mathématiques.

25. Libre, étonnamment stable et d'emploi aisé : voir [en ligne] < <http://barthes.enssib.fr/cours/informatique-pour-litteraires> >.

26. Un λ s'écrit « \lambda » et un é s'écrit « \e » (il est aussi possible de l'écrire directement « é »).

27. Ces usages collaboratifs sans logiciels collaboratifs donnent à penser que ces derniers outils, quasiment imposés dans toutes les universités, n'ont pas bonne presse chez ces spécialistes de l'érudition et du travail en équipe que sont les mathématiciens.

l'écriture mathématique, en remarquant qu'elle ne rime pas avec uniformité, mais avec liberté créatrice et esthétique.

CONCLUSION

+++++
 Nous avons longuement détaillé les aventures graphiques de nos mathématiciens et physiciens. Cependant, il nous semblait que le caractère exotique, peu connu, de leurs explorations, inventions et pratiques en matière d'écriture méritait quelques précisions, et nous espérons que les lecteurs nous en sauront gré. Cette forme d'écriture ouvre des champs considérables : elle est à l'origine de nombreux types de langages informatiques et de l'entrée des sciences exactes (au moins par le biais de leurs méthodes et algorithmes) dans les univers des sciences humaines et sociales. Sur-tout, elle nous apprend beaucoup si nous savons la mettre en perspective avec des écritures à la fois plus banales et plus spécifiques, adossées à des formes d'érudition des sciences humaines.

Ces travaux sur l'écriture montrent que la césure entre « sciences et lettres », toujours attestée et encore signifiante en les espaces universitaires les plus prestigieux²⁸, semble fragile en 2012. Pourtant, elle persiste. Certes, la culture est intimement liée à l'enseignement des humanités, et la technique est, depuis quatre siècles, de plus en plus proche des sciences, au point de s'y confondre aujourd'hui. Mais devons-nous toujours faire dépendre nos raisonnements scientifiques de normes obsolettes et de formations discursives que nous espérons en voie de disparition ? Nous avons compris, avec l'écriture, que technique et culture sont indissociables : d'une part, l'écriture est clairement une technique, elle est la condition de l'existence et des formes de notre culture écrite. D'autre part, tout engagement dans une technique (même sans rapport avec l'écriture) produit des savoir-faire individuels, des formes de sociabilité, des mémoires collectives : les trois dimensions (individuelle, en d'étroits collectifs, et large) de la culture [Guichard, 2010].

Pour nous faire préciser les termes de cette équation inouïe *technique* = *culture*, nous avons demandé à Jack Goody de revenir, six mois après la tenue du colloque. Nous nous réjouissons de conclure cet ouvrage par le texte de son intervention.

28. Par exemple, l'ENS de Paris se fonde dans l'« association » dénommée Paris Sciences et Lettres (PSL* Research University) et distingue toujours ses départements en deux divisions : sciences et lettres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Beaune Jean-Claude, *Philosophie des milieux techniques : la matière, l'instrument, l'automate*, Seyssel, Champ Vallon, 1998 (Milieux).

Certeau Michel (de), *L'écriture de l'histoire*, Paris, Gallimard, 1975.

Dagognet François, *Rematégoriser*, Paris, Vrin, 1989.

Dagognet François, *Tableaux et langages de la chimie*, Seyssel, Champ Vallon, 2002 [1^{re} édition : Paris, Le Seuil, 1969].

Deleuze Gilles et Guattari Félix, *Mille plateaux*, Paris, Les Éditions de Minuit, 1980.

Edgerton David, « De l'innovation aux usages. Dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques », *Annales. Histoire, Sciences sociales*, n° 4-5, 1998, p. 815-837.

Foucault Michel, *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.

Gille Bertrand, *Histoire des techniques*, Paris, Gallimard, 1978 (La Pléiade).

Goody Jack, *Entre l'oralité et l'écriture*, Paris, PUF, 1994.

Goody Jack, *The Power of the Written Tradition*, Washington, London, Smithsonian Institution Press, 2000.

Granger Gilles Gaston, *Sciences et réalité*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2001 (Philosophie).

Guichard Éric, *L'internet : mesures des appropriations d'une technique intellectuelle*, Thèse de doctorat, Paris, École des hautes études en sciences sociales, 2002. [En ligne] < <http://barthes.enssib.fr/articles/theseEG> >.

Guichard Éric, *L'internet et l'écriture : du terrain à l'épistémologie*, Habilitation à diriger des recherches, Université Lyon 1, 2010. [En ligne] < <http://barthes.enssib.fr/articles/HDR-Guichard.html> >.

Guichard Éric (dir.), *Regards croisés sur l'internet*, Villeurbanne, Presses de l'enssib, 2011 (Papiers).

Harris Roy, *La sémiologie de l'écriture*, Paris, CNRS Éditions, 1993.

Heidegger Martin, « La question de la technique », in *Essais et conférences*, Paris, Gallimard, 1958, p. 9-48.

Herrenschmidt Clarisse, *Les trois écritures. Langue, nombre, code*, Paris, Gallimard, 2007.

Herrenschmidt Clarisse, « L'internet dans la longue durée », in Éric Guichard (dir.), *Regards croisés sur l'internet*, Villeurbanne, Presses de l'enssib, 2011 (Papiers), p. 25-46.

Jacob Christian, « Lire pour écrire : navigations alexandrines », in Marc Baratin et Christian Jacob (éd.), *Le pouvoir des bibliothèques*, Paris, Albin Michel, 1996, p. 47-83.

Jacob Christian (éd.), *Lieux de savoir. Espaces et communautés*, Paris, Albin Michel, 2007, vol. 1.

Jensen Pablo, « Le savoir des physiciens », in Christian Jacob (éd.), *Lieux de savoir. Les mains de l'intellect*, Paris, Albin Michel, 2011, vol. 2, p. 790-802.

Lévi-Strauss Claude, *Race et Histoire. Race et Culture*, Paris, Albin Michel, Éditions Unesco, 2001, 2005 [1^{re} édition de *Race et Culture* : 1971, p. 123-173 de l'édition évoquée].

Mathias Paul, *Qu'est-ce que l'internet ?*, Paris, Vrin, 2009.

Olson David R., *L'univers de l'écrit*, Paris, Retz, 1998 [édition originale : *The World on Paper: The Conceptual and Cognitive Implications of Writing and Reading*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1994].

Palsky Gilles, *Des chiffres et des cartes. La cartographie quantitative au XIX^e siècle*, Paris, Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 1996.

Perriault Jacques, *Logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*, Paris, Flammarion, 1989.

Rygiel Philippe, « Écriture de l'histoire et réseaux numériques », in Éric Guichard (dir.), *Regards croisés sur l'internet*, Villeurbanne, Presses de l'enssib, 2011 (Papiers), p. 101-124.

Simondon Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, 3^e édition, Paris, Aubier, 1989.

par David R. Olson

traduit par Anne Robatel

+++++

GOODY ET
SES CRITIQUES

+++++

GOODY ET SES CRITIQUES

Depuis plus d'un demi-siècle, Jack Goody est un des principaux défenseurs de l'idée selon laquelle les structures et les changements sociaux peuvent, dans une large mesure, être appréhendés à travers la transformation des moyens de communication, à commencer par l'invention de l'écriture. La meilleure formulation de cette idée se trouve dans un article pionnier et influent coécrit avec le théoricien de la littérature Ian Watt, publié pour la première fois en 1963, et intitulé « Les conséquences de l'alphabétisation » [Goody, 1968]. Les auteurs y soutenaient que l'apparition d'un système d'écriture alphabétique avait joué un rôle crucial dans la spécialisation des fonctions intellectuelles nécessaires à la distinction entre les mythes de l'origine et l'histoire d'une part, et à l'avènement de modes de pensée spécialisés reposant sur la conscience linguistique et la logique formelle d'autre part. En bref, ils voyaient dans l'alphabétisation un facteur essentiel de l'émergence de ce que nous appelons désormais une société lettrée et, plus majestueusement, de la civilisation – la société civile, la société des règles et des lois.

Les idées de Goody et Watt ressemblaient à celles que proposaient à la même époque Eric Havelock [1982], Marshall McLuhan [1962] et Walter Ong [1982]. Bien que teintée d'un certain chauvinisme culturel et d'une insistance excessive sur le caractère unique de l'alphabet, l'idée essentielle de « l'hypothèse littératiennne » fut exprimée avec éloquence par Eric Havelock dans une conférence qu'il donna à l'université de Toronto en 1976, et republiée plus tard dans *The Literate Revolution in Greece and its Cultural Consequences* :

La civilisation créée par les Grecs et les Romains fut la première de toutes les civilisations à être fondée sur l'activité du lecteur ordinaire ; la première à être équipée des moyens d'une expression adéquate dans la parole inscrite ; la première à être capable de procurer une diffusion générale à la parole inscrite ; la première, en somme, à

devenir lettrée¹ dans le sens complet du terme et à nous transmettre sa littératie. [1982, p. 40]

Jack Goody demeure peut-être aujourd'hui le plus connu des auteurs (et le seul encore en vie) à avoir mis l'hypothèse littératiennne à l'honneur. Ses nombreux livres, notamment *The Interface Between the Oral and the Written* [1987] et *The Logic of Writing and the Organization of Society* [1986], illustrent cette approche (pour une lecture contemporaine du travail et de l'influence de Jack Goody, voir [Olson et Cole, 2006]). Goody est également l'auteur qui s'est attiré le plus grand nombre de critiques. L'anthropologue John Halverson a ainsi évoqué dans la revue *Man* « l'implosion de la thèse littératiennne » [1992], reprochant aux hypothèses de Goody de n'être qu'un « *mince tissu de suggestions vagues, de suppositions gratuites et de généralisations sans fondement* » [p. 305]. Le fond de sa critique était que les effets décrits par Goody n'avaient pas d'application universelle ; il existait des lecteurs qui ne savaient pas écrire, des sociétés dotées d'un système d'écriture mais dépourvues de codes de lois, d'une littérature écrite, ou encore d'une tradition érudite et ainsi de suite. D'après moi, ces critiques ratent toutefois leur cible.

Halverson soutenait par exemple que l'intérêt pour ce que les mots signifient (par opposition à ce qu'une personne signifie à travers eux) est universel, que les règles de l'analogie et du raisonnement formel sont tout aussi universelles et que c'est le discours érudit qui est pertinent pour le raisonnement, et non pas la culture propre à la lecture et à l'écriture (la littératie) – comme si le fait que le discours érudit s'appuie sur une tradition largement entretenue par l'écriture et la lecture était secondaire. Il en tirait la conclusion peu originale que « *les conséquences de la littératie dépendent entièrement des usages au service desquels elle est placée* » [p. 314]. John Baines, un autre anthropologue, exposait une conclusion identique dans la même revue, expliquant que l'écriture « *est peut-être une précondition nécessaire à l'avènement d'un certain changement social ou cognitif, mais [qu']elle n'est pas la cause de ce changement* » [1983, p. 593]. Cette conclusion s'appuyait sur les recherches souvent citées de Sylvia Scribner et Michael Cole [1981] sur les effets cognitifs d'une maîtrise

1. Note de l'éditeur : jusqu'aux années 2000, l'adjectif *literate* était fréquemment traduit en français par « alphabétisé ». Les travaux de Jack Goody, David Olson et des auteurs cités par ce dernier (Havelock, Ong, etc.) font qu'aujourd'hui l'adjectif « lettré » est préféré au précédent, du fait que la littératie, la culture de l'écrit, est un concept qui s'applique à toutes les sociétés disposant d'une écriture, que celle-ci soit alphabétique ou non.

limitée de l'écriture et de la lecture chez les peuples Vai du Liberia. Après avoir effectué une série de tests cognitifs, les chercheurs s'étaient aperçus qu'il y avait peu de différences entre ceux qui savaient écrire le vai et ceux qui ne le savaient pas. L'apprentissage de la lecture, de l'écriture et de l'étude de l'anglais à l'école pendant plusieurs années produisait au contraire des effets intellectuels spectaculaires : notamment la capacité d'argumenter et d'explicitier un raisonnement. Comme le soulignaient les auteurs, ces compétences sont précisément celles qu'on enseigne dans les écoles. Scribner et Cole attribuaient ce savoir à la scolarisation, ignorant à nouveau selon moi le fait que la scolarisation est pour l'essentiel une entreprise liée à la littératie – elle est une initiation aux pratiques de littératie de la société dominante. L'enjeu du débat est donc la conception de la littératie qu'on adopte. Pour les critiques, la littératie se limite aux capacités de lecture et d'écriture. Pour les théoriciens de la littératie, la notion englobe l'élaboration d'une tradition de lettrés et une culture de l'écrit dans laquelle l'école joue un rôle essentiel.

RÉPONSES AUX CRITIQUES

+++++

Dans sa critique de Goody et de Watt [1968], Halverson écrivait que « *les arguments "cognitifs" de la thèse littératiennne n'ont pas de fondement* » [1992, p. 301] tout en reconnaissant que l'établissement d'une « *tradition intellectuelle cumulative est sans conteste extrêmement facilité par l'écriture* » [p. 303]. Cependant, sa lecture de Goody et Watt manquait pour le moins de nuances. Les arguments cognitifs de Goody et de Watt doivent surtout être compris comme métalinguistiques, c'est-à-dire qu'ils pensent que les mots, en tant qu'entités conceptuelles distinctes pouvant être inventoriées et analysées, doivent leur existence à l'écriture. « *Sommes-nous censés supposer que personne avant Socrate n'a jamais demandé le sens d'un mot ?* », interrogeait Halverson [p. 304]. Il s'agit en fait d'une mauvaise interprétation des arguments de Goody. La question anthropologique importante qui n'est pas posée ici consiste à savoir s'il existe une distinction universelle entre « il signifie » et « cela signifie ». Seule la deuxième proposition est hypothétiquement liée à la littératie. La distinction qu'il convient de faire est celle du sens comme référence (dans un contexte) et du sens comme signification. Demander à un orateur à quoi il se réfère est bien plus simple que de demander la définition d'un mot ; c'est cette deuxième question seulement qui devient l'objet de l'analyse lettrée et qui ouvre la voie aux dictionnaires et à l'analyse philosophique des mots

et de leurs sens. Penser un mot indépendamment de sa référence ou de son contexte est une tâche cognitive complexe qu'on peut accomplir en grande partie grâce à l'apprentissage de la lecture et qui s'élabore ensuite à travers la discussion, le commentaire et la critique de documents écrits. Souvenez-vous du personnage de Gradgrind, le maître d'école de Charles Dickens qui explique aux écoliers de la campagne qu'un cheval n'est pas simplement un cheval mais un « quadrupède domestiqué ».

Des façons d'écrire différentes représentent le langage de différentes façons. L'étude des lecteurs des syllabaires *vai* réalisée par Scribner et Cole [1981] a montré que même les lecteurs expérimentés n'avaient qu'une idée imprécise des mots en tant qu'entités car ces écritures ne représentaient pas des mots isolés mais des syllabes. Avec Bruce Homer [Homer et Olson, 1999], nous avons beaucoup étudié ce sujet et nous sommes arrivés à la conclusion que les unités de l'imprimé, qu'il s'agisse du mot ou du caractère chinois, déterminaient les unités que le sujet articulait à partir du flux de la langue parlée. Mais dans un écrit segmenté, même les mots-outils que sont les articles et les prépositions sont isolés en tant que mots. Ainsi, les jeunes enfants que nous avons étudiés n'éprouvaient pas de difficulté à établir que les mots lexicaux (les noms) sont des mots ; en revanche, ils avaient plus de mal à découper d'autres segments de discours : « deux petits cochons » apparaissait comme deux mots, « un petit cochon » comme un mot, etc. Contrairement à ce que soutient Halverson quand il écrit que « *les conséquences de la littératie dépendent entièrement des usages au service desquels elle est placée* » [p. 314], le fait même de produire un certain type d'écrit fait prendre conscience de certaines propriétés du langage qui demeureraient autrement largement ignorées. Ces propriétés comprennent non seulement une conscience de la phonologie du langage (appelée la conscience phonologique) mais aussi une conscience lexicale. En fait, Samuel Johnson lui-même, l'illustre inventeur du premier dictionnaire anglais, manquait d'une notion adéquate pour désigner le sens d'un mot, et sa méthode pour les définir consistait à évoquer ce à quoi ils se référaient. Ce n'est qu'avec Frege [1976] que le sens comme signification commença à être clairement distingué de la référence. Ainsi la conclusion de Halverson selon laquelle la conscience du langage est simplement un donné, disponible à tous, avec ou sans littératie, est erronée.

Halverson rejoint Scribner et Cole en soutenant également que le raisonnement formel n'est pas à proprement parler une conséquence de la littératie mais plutôt une conséquence du discours érudit tel qu'on le pratique dans l'enseignement de type occidental. Peu de gens contesteraient

que le raisonnement formel soit une préoccupation essentielle de l'école ; on peut, en revanche, critiquer la supposition selon laquelle l'école serait autre chose qu'une initiation aux pratiques de la littératie. La question vraiment pertinente est de savoir pourquoi la littératie est si centrale dans ces pratiques de l'éducation formelle. Pourquoi ne pas se débarrasser des livres et se contenter de parler ? Et la réponse, d'après moi, est que le raisonnement formel et l'école découlent tous deux de l'accès particulier au langage qu'offrent des textes fixés par l'écriture et considérés comme importants par la société.

Apprendre à lire et écrire nécessite un niveau ou un type de conscience du langage qui est tout à fait distinct de ce que nécessite la parole. Permettez-moi de vous rappeler les cas les plus évidents. On sait bien que ce qu'on appelle la « conscience métalinguistique », c'est-à-dire la conscience qu'a le lecteur des propriétés phonologiques de son propre langage oral, n'existe quasiment pas chez les non-lecteurs. Cela peut paraître anormal dans la mesure où les enfants doivent bien connaître la phonologie, puisqu'ils sont des locuteurs compétents en anglais, et donc plus qu'en swahili par exemple. Mais ce savoir linguistique est largement implicite, et pour apprendre à lire et écrire, il faut qu'au moins une partie de ce savoir soit réorganisée en un ensemble de catégories explicites représentées par des signes écrits. Les enfants doivent apprendre que le son /b/ de « bébé », « ballon », « table » et « baobab » peut toujours être représenté par la lettre b. Cette conscience peut bien sûr être enseignée par des méthodes orales – différentes sortes de jeux de mots et de sons – mais c'est le savoir spécialisé quant à la langue qui est nécessaire pour utiliser un écrit alphabétique. Un tel savoir métalinguistique est en général la conséquence d'une familiarité avec les lettres de l'alphabet.

Ceci n'est pas simplement une caractéristique de l'enfance. En réalité, les adultes qui n'ont pas ou presque pas été exposés au système d'écriture se comportent, dans une large mesure, comme les enfants pré-alphabétisés. Jose Morais, Jesus Alegria et Alain Content [1987] se sont intéressés à une série de tâches phonétiques permettant de distinguer les enfants sachant lire des enfants n'ayant pas encore acquis cette compétence, tâches qu'ils ont soumises à un groupe de pêcheurs portugais pour l'essentiel illettrés dont la moitié avait été exposée à l'alphabet quand ils étaient jeunes. Les exercices consistaient à découper les mots en éléments phonétiques représentés par des lettres de l'alphabet. Par exemple, on leur demandait de dire /poisson/ sans prononcer le /p/. Comme les enfants qui n'ont pas appris à lire, ceux qui n'avaient jamais été exposés à un alphabet

n'arrivaient pas à réaliser cette tâche en prononçant simplement /oisson/. Leur capacité à analyser leur discours en le découpant en catégories phonologiques dépendait de leur exposition antérieure à un alphabet. C'est donc bien le système d'écriture qui nous fournit des catégories permettant de penser et même d'entendre et d'analyser notre propre discours.

Mais il y a plusieurs niveaux de structure dans le langage au-delà du phonème. Ils doivent également être découverts et amenés à la conscience, en grande partie, bien que non exclusivement, à travers la familiarisation avec un système d'écriture. Ces niveaux comprennent la connaissance des mots, des propositions, des paragraphes et des genres spécialisés de la langue écrite. Les enfants qui ne savent pas encore lire font spontanément attention au contenu de ce qui est dit, y compris au ton de la voix, c'est-à-dire au sens que voudrait signifier le locuteur, mais il leur faut un temps considérable pour apprendre à séparer ce qui est dit, les mots eux-mêmes, du sens qui est communiqué. Bien entendu, même certains adultes ne cessent d'insister sur le fait qu'ils ont dit ce qu'ils voulaient dire et qu'ils voulaient dire ce qu'ils ont dit ! Mais l'écriture est un véhicule privilégié pour préserver « ce qui a été dit » de telle façon qu'on en fait facilement le sujet du discours. À l'inverse, une conscience de ce qui a été dit (par opposition à ce qu'on avait l'intention de dire au moyen de cet énoncé) est essentielle pour comprendre l'écriture. Prenons un joli exemple de cette conscience en développement, tiré d'un entretien que j'eus avec ma petite-fille qui, à l'époque, ne savait pas encore lire. Je lui montrai une carte sur laquelle j'avais écrit « Trois petits cochons ». Je lui lis la carte et lui demandais de me redire ce qu'elle disait. Puis je cachais le dernier mot et je lui demandais de me dire ce qu'elle lisait à présent, ce à quoi elle répondit : « Deux petits cochons ». Elle supposait que les marques écrites représentaient les objets – des cochons – et non des mots, qu'il s'agissait d'une sorte d'écriture en images. En fait, ce type d'écriture se rencontre dans les panneaux de signalisation modernes ainsi que dans certains codes des autochtones d'Amérique du Nord. La tribu des Blackfoot d'Alberta, au Canada, utilisait une écriture en images très ingénieuse pour créer des chroniques, choisissant une image pour représenter un événement représentatif de l'année. Ainsi, « L'année où les chevaux furent noyés » était représentée par un cercle représentant la mare et des bâtons pour symboliser les chevaux dans le cercle. Dans cet écrit, il n'y avait pas de signes pour les mots de l'énoncé, donc pas de signes pour exprimer la négation « pas de », « aucun », dont on aurait besoin si on voulait écrire « aucun cheval ne s'est noyé ». En fait, l'une des avancées majeures

dans l'histoire de l'écriture fut l'invention d'un moyen de représenter les énoncés plutôt que les idées ou les choses dont parlaient les énoncés. On pourrait d'ailleurs soutenir que l'invention de l'écriture fut la découverte de ces propriétés du langage. Tous les systèmes d'écriture complets sont en fait des représentations de la langue plutôt que des représentations d'idées. Même les systèmes d'écriture dits « idéographiques » sont en réalité des systèmes « logographiques », c'est-à-dire que ce sont des systèmes d'écriture qui représentent des mots, du *logos*, et non des idées, *ideos*.

On trouve un autre exemple des idées que les enfants ne sachant pas lire se font de l'écriture si on considère leurs premières tentatives d'écriture. Si on demande à un enfant d'écrire « Un chat », il fera probablement un gribouillis. Si on lui demande d'écrire « Deux chats », il fera probablement deux gribouillis, et ainsi de suite. Mais si on lui demande d'écrire « Pas de chat », il répondra peut-être « Je n'ai rien écrit car il n'y a pas de chat ». L'écriture nécessite d'accorder une attention soutenue à la forme linguistique par opposition à ce dont parle le langage. Si l'on simplifie à l'excès, l'écriture distingue ce qui est dit de ce qui est signifié et ne capture que le premier élément. Le linguiste américain Benjamin Lee Whorf [1956] proposait de disséquer la nature en suivant les lignes instaurées par notre langue natale afin de montrer comment nos pensées ont tendance à tomber dans des ornières linguistiques conventionnelles. J'ai adapté cet argument au contexte de la littérature, ce qui donne « *Nous réfléchissons au langage en suivant les lignes instaurées par nos manières d'écrire* » [Olson, 1994, p. 90].

Dans mes derniers travaux, j'ai développé ce thème en remarquant que l'écriture acquiert certaines des propriétés de la citation. De même qu'un discours cité perd sa force « illocutoire », l'expression citée d'une assertion n'est plus une assertion mais une citation d'assertion. Ainsi dans l'écrit, nous ne sommes pas tant en position de « surprendre » une assertion que de recevoir cette assertion. Au cours du processus d'écriture, le langage se sépare du locuteur pour devenir ce que Roy Harris a appelé un « langage autonome » [1986], un langage qui autorise le lecteur à interpréter et utiliser le langage plus ou moins à ses propres fins.

Ce processus augmente grandement les chances de penser au langage plutôt que de penser à ce qui est exprimé à travers le langage. Alors que dans la langue orale, la citation est une ressource secondaire, dans l'écrit, elle devient le principal moyen de communication. C'est la raison pour laquelle l'écriture est essentielle pour la formation des lexiques et des dictionnaires ainsi que des logiques et des grammaires. Ces activités sont

exclusivement métalinguistiques, exactement comme les activités que nous observons chez les enfants qui apprennent à lire et écrire.

L'hypothèse littératiennne consiste donc à poser qu'un système ou une tradition d'écriture n'est pas une pratique neutre. Elle nous permet de penser – elle nous invite à penser – le langage et l'esprit de nouvelles façons. Elle a influencé le discours en introduisant de nouveaux genres, écrits comme oraux. Ces genres vont des listes et tableaux étudiés par Goody aux généalogies et aux chroniques, en passant par l'histoire et les lois, la science et la littérature : tout ce qui compose le monde intellectuel moderne.

Goody a défriché ce champ de recherches, et les explorations qui ont suivi n'ont guère été que des notes de bas de page apportées à son œuvre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Baines John, Literacy and ancient Egyptian society, *Man*, 18, 1983, pp. 572-599.

Frege Gottlob, « Begriffsschrift », in Jean Van Heijenoort (ed.), *Frege and Gödel*, Cambridge (Ma), Harvard University Press, 1976, pp. 5-82.

Goody Jack et Watt Ian, "The consequences of literacy", in Jack Goody (ed.), *Literacy in Traditional Societies*, Cambridge (Ma), Cambridge University Press, 1968. [Originally published in *Contemporary Studies in Society and History*, 5, 1963, pp. 304-345.]

Goody Jack, *The Logic of Writing and the Organization of Society*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1986.

Goody Jack, *The Interface Between the Oral and the Written*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1987.

Havelock Eric, *The Literate Revolution in Greece and its Cultural Consequences*, Princeton (NJ), Princeton University Press, 1982.

Halverson John, J. Goody and the implosion of the literacy thesis, *Man*, 27, 1992, pp. 301-317.

Harris Roy, *The Origin of Writing*, London, Duckworth, 1986.

Homer Bruce et Olson David R., Literacy and children's conception of language, *Written Language and Literacy*, 2, 1999, pp. 113-137.

Lee Whorf Benjamin, "Science and linguistics", in *Selected Writings of Benjamin Lee Whorf*, Cambridge (Ma), The MIT Press, 1956.

McLuhan Marshall, *The Gutenberg Galazy*, Toronto, University of Toronto Press, 1962.

Morais Jose, Alegria Jesus et Content Alain, The relationships between segmental analysis and alphabetic literacy: an interactive view, *Cahiers de psychologie cognitive*, 7, 1987, pp. 415-438.

Olson David R., *The World on Paper: The Conceptual and Cognitive Implications of Writing and Reading*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1994.

Olson David R., What writing is, *Pragmatics and Cognition*, 9:2, 2001, pp. 239-258.

Olson David R. et Cole Michael, *Culture, Technology and History: Implications of the Work of Jack Goody*, Mahwah (NJ), Erlbaum, 2006.

Ong Walter J., *Orality and Literacy: The Technologizing of the Word*, London, Methuen, 1982.

Scribner Sylvia et Cole Michael, *The Psychology of Literacy*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1981.

par Jack Goody

traduit par Anne Robatel

+++++

LE RAPPORT AU PASSÉ
DANS LES CULTURES
ORALES ET ÉCRITES

+++++

LE RAPPORT AU PASSÉ DANS LES CULTURES ORALES ET ÉCRITES

S'il est bien une chose que les anthropologues de la vieille école nous ont enseignée, c'est que les sociétés qui ne disposent que d'un système de communication orale peuvent être néanmoins très compliquées. La société humaine est devenue beaucoup plus complexe avec l'invention du langage – peut-être même est-elle apparue avec lui. C'est le langage qui a, d'après moi, donné naissance à la pensée proprement dite ou à une conscience supérieure. Ce que l'on appelle la « révolution humaine » se produisit au moment de la dispersion de l'*Homo sapiens* à partir de l'Afrique il y a environ 60 000 ans (si l'on en croit les preuves par l'ADN), alors qu'il avait acquis un langage parfaitement développé. Cette révolution a souvent été associée à la France et à l'apparition de l'art pariétal. Pourtant ce dernier n'a eu qu'une diffusion limitée dans le Sud de la France et le Nord de l'Espagne. Toujours est-il que, grâce à cette technologie de l'intellect qu'est le langage, les humains ont développé ce que nous appelons une culture : le produit du langage qui nous a permis de communiquer tout à fait différemment. En effet, jusqu'aux Paléolithiques inférieur et moyen, marqués par les industries à biface, on constate que les Hommes avaient réussi à se développer de façon très proche à des endroits très différents du globe. Il faut attendre le Paléolithique supérieur pour voir l'avènement de l'Homme moderne doté d'un langage fort évolué et c'est pourquoi on parle de « révolution humaine ». Et depuis l'invention de l'agriculture au Néolithique, on observe une diversité des cultures locales supérieure à celle qui avait prévalu jusqu'à récemment en Afrique, en Amérique et dans le Pacifique – ces cultures que les premiers anthropologues avaient tendance à étudier.

Dès le départ, il est très probable que la façon de communiquer des humains fût évolutive ; mais, si cette évolution fut rapide du point de vue de la génétique, elle fut lente sur le plan culturel, car elle impliquait un apprentissage humain. L'évolution des cultures fut clairement accélérée par l'invention du langage humain : par la révolution humaine du Paléolithique supérieur. À l'aune des critères de la société actuelle, on remarque surtout le développement extraordinaire que nous avons observé depuis

l'invention de la « parole visible », c'est-à-dire de l'écriture. Dans plusieurs de mes travaux, à commencer par *La raison graphique*, j'ai essayé de préciser les changements que l'écriture a entraînés : dans la vie religieuse, politique, économique et, de manière générale, dans la vie intellectuelle. L'aspect sur lequel j'aimerais revenir ici est celui de la vitesse de ces transformations. Bien que l'écriture ne soit pas le seul facteur explicatif, il faut souligner l'accélération du rythme du développement humain depuis son apparition il y a à peine 5 000 ans : une fraction ridicule de l'histoire humaine, si on la compare à celle des périodes paléolithique et néolithique. Ceci s'explique essentiellement par le fait que l'écriture offrit un moyen externe d'archiver l'information et représenta une étape supplémentaire dans la construction d'une société de l'information, c'est-à-dire une société dans laquelle on peut non seulement conserver des informations anciennes mais aussi leur en ajouter de nouvelles. Ce que l'invention de l'écriture à l'âge du bronze nous permet de réaliser, c'est une accélération spectaculaire de l'innovation culturelle.

Encore faut-il nuancer cette observation. Dans la sphère transcendante de la religion en effet, on se tourne vers la parole immuable de Dieu. Le changement religieux n'est pas impossible mais la parole divine est néanmoins permanente, que ce soit dans la Bible hébraïque, dans les testaments chrétiens ou dans le Coran musulman. Cette remarque vaut aussi pour les écritures védiques des classiques du confucianisme car il n'y a pas que le monothéisme ou la religion qui peuvent être canonisés de cette manière. Dans chacune des situations précitées, il s'agit de se référer à un texte canonisé qui demeure un guide pour le présent. Ce processus est essentiellement conservateur. Si la religion doit changer, elle le fait en revenant au texte et en affirmant que les générations précédentes ont mal interprété la parole écrite.

Ce phénomène de canonisation s'observe aussi dans les arts. Les poèmes d'Homère étaient récités au grand festival d'Athènes. Shakespeare fait l'objet d'un traitement semblable, en particulier dans le théâtre qui lui est consacré à Stratford-upon-Avon, sa ville natale, et aussi en de nombreux autres lieux. Cependant, la canonisation religieuse se distingue de sa variante séculière : il n'y a aucune alternative possible à la parole divine, alors que l'œuvre de Shakespeare a servi à stimuler la créativité d'autres dramaturges élisabéthains. La canonisation séculière passe par la représentation artistique, ce qui encourage les variations ; la canonisation religieuse signifie la reconnaissance de la prééminence d'un texte unique, et donc la prévalence de l'immobilisme. Dans l'art religieux, les limites

sont également plus nombreuses, du moins en ce qui concerne le choix du thème. C'est avec la sécularisation qu'on obtient un élargissement des sujets possibles, comme l'illustrent, d'une part, l'abandon des limites imposées à l'art médiéval chrétien et, d'autre part, la multiplication des motifs qui mettaient l'accent sur la liberté de choix et l'individualisme – diversification qui caractérise l'art après la Renaissance en Europe et qui était déjà apparue dans d'autres parties du monde.

Sous cet angle, la science s'apparentait plus à l'art qu'à la religion, si ce n'est qu'elle était construite sur une autre façon d'expérimenter le monde. Les Arabes à l'époque des Abbassides et des Bouyides traduisirent presque toute la science grecque, notamment Aristote et les œuvres qu'on lui attribuait. Il s'agissait d'œuvres écrites. Ils le firent à la fois pour acquérir les savoirs du passé et pour construire leur propre science, notamment dans le domaine de l'astronomie, des mathématiques et de la médecine : ils ne se contentèrent pas de traduire les œuvres de Galien et de Ptolémée mais s'appliquèrent aussi à les enrichir ; ils édifièrent des hôpitaux à Bagdad, des bibliothèques dans toutes leurs capitales, des observatoires astronomiques comme celui de Maragheb (dans l'Iran actuel). Ils ont aussi traduit les textes sanscrits de l'Inde. Mais les musulmans ne cultivèrent pas le souvenir des œuvres grecques, comme celle d'Homère. Ils possédaient leurs propres traditions artistiques et préféraient se tourner vers les poètes préislamiques, par exemple Imru' al-Qays. Ainsi dans le domaine artistique, la tendance à se tourner vers le passé était localisée, alors que dans les sciences (technologie et médecine), elle était plus universelle et les importations culturelles variées étaient monnaie courante. La littérature (la culture propre à l'écriture) n'eut donc pas la même importance sociale ni les mêmes conséquences dans toutes les sphères de l'activité humaine. Mais, dans tous les cas, elle favorisa et encouragea l'émergence d'un rapport au passé qui ne peut se comparer à celui qu'offrent les cultures orales – sauf à se montrer excessivement généraliste. Et, dans tous les domaines, y compris ceux où son influence fut mineure, l'écriture rendit possible la conservation permanente de l'information.

Je ne veux pas dire par là que la tendance à regarder vers le passé n'existe pas dans les sociétés orales : elle existe assurément, mais le regard est alors tourné vers une tradition plus souple, plus variable, vers un passé plus mythique, et non vers l'histoire. Permettez-moi de préciser ces différences en me référant à une expérience personnelle, tirée de mon travail de terrain auprès des LoDagaa du Nord du Ghana.

Dans le cadre de mes recherches en Afrique de l'Ouest, j'ai enregistré différentes versions d'un long récit, le Bagre, sur une période de quarante ans. J'ai commencé par le retranscrire avec du papier et un crayon, ce qui me prit dix jours. J'ai écrit chaque mot et j'ai cru ce que me disaient les habitants, à savoir qu'ils l'avaient « appris » de leurs aînés et qu'il demeurait identique à travers les âges. Le mythe pouvait ainsi être relié sans ambiguïté à d'autres aspects permanents de la vie sociale des LoDagaa. Par la suite, je me mis à utiliser un enregistreur à cassette, ce qui était devenu possible grâce à l'invention du transistor qui permettait de se passer d'une machinerie encombrante et complexe. Les anthropologues qui m'avaient précédé n'avaient pas accès à ce type d'instrument lorsqu'ils étaient sur le terrain, et la majorité d'entre eux s'était contentée de retranscrire une version d'un long mythe qui avait ensuite été considéré comme *le* mythe des LoDagaa (ou des Nambikwara, ou encore des Kwakiutl).

Lorsque, quelques années plus tard, j'enregistrai une nouvelle version (le Second Bagre), je m'aperçus que cette supposition ne tenait pas du tout. Même les douze premières lignes du Bagre, que j'appelais l'invocation et que les gens semblaient capables de réciter « par cœur », comme on le fait avec le Notre Père, variaient d'un orateur à l'autre. Et les changements n'étaient pas que verbaux. Le Bagre Blanc, la première partie, restait à peu près stable car il présentait une version embellie des cérémonies qui étaient représentées : il respectait donc l'ordre relativement fixe de leur succession. Cet ordre connaissait toutefois quelques permutations, certains événements rituels étaient oubliés ; mais, pour l'essentiel, les versions étaient raisonnablement proches les unes des autres. Cependant, la seconde partie du Bagre, le Bagre Noir, racontait la création non pas tant du monde que de la culture de l'Homme, évoquant la façon dont il avait appris à réaliser différentes tâches, jusqu'à la reproduction de l'humanité elle-même. Plus réfléchie et plus spéculative, cette partie du mythe subissait beaucoup plus de variations. Il y avait notamment un passage dans le Premier Bagre qui racontait comment le plus jeune des deux premiers hommes, en quête d'une solution à ses problèmes sur terre, était monté jusqu'au ciel pour parler directement à Dieu (le Dieu Supérieur), aidé de l'araignée (qui, dans les contes akan, est connue pour jouer des tours) et dont la toile formait une échelle aérienne. Là, il fut le témoin de la création d'un enfant dont il rencontrait la « mère » avec qui, en tant que « père », il ne cessa de se disputer pour savoir à qui appartiendrait le bébé. J'avais vu dans cette partie un élément central du récit, particulièrement

important du point de vue thématique, et je lui accordais une place décisive dans mon analyse.

Quelques années plus tard, j'enregistrais le Second Bagre. À ma grande surprise, je ne trouvai aucune référence à cet incident. Il était bien question d'animaux volant à travers les airs, ce que j'aurais pu interpréter comme une allusion à une visite à Dieu (qui était entouré d'animaux), mais personne d'autre n'aurait suivi cette interprétation. En effet, Dieu jouait un rôle relativement secondaire dans cette seconde version, qui donnait beaucoup plus d'importance à la création de la culture de l'Homme par les *kontome*, les êtres du monde sauvage, ces habitants des collines et des ruisseaux à mi-chemin entre l'humanité et les dieux. Dans le Troisième Bagre que je recueillis et publiais quelques années plus tard, l'accent s'était à nouveau déplacé du transcendantal à l'humain, privilégiant l'idée que « l'Homme s'est fait lui-même ». Autrement dit, du point de vue intellectuel, il y avait eu une rupture totale de la thématique du récit.

Des changements si radicaux rendaient caduque l'idée selon laquelle il existerait une version unique du Bagre attachée à la société LoDagaa. Il était impossible de déduire une interprétation de cette société en s'appuyant sur l'une ou l'autre des versions. Il n'y avait pas de « charte » au sens malinowskien du terme. En effet, la récitation ne cessait de fluctuer, non pas en fonction de changements sociaux extérieurs, mais plutôt au gré de variations des centres d'intérêt intellectuel. Aussi, dans ces conditions typiquement orales, une récitation était-elle totalement différente d'un texte stabilisé comme ceux qu'utilisent les religions écrites. Les mythes des sociétés orales ne cessaient apparemment de se transformer.

Ce qui, entre autres, renvoie à la question de l'archivage. Dans les sociétés écrites, on pouvait apprendre un texte fixé, comme le faisaient ces membres des religions abrahamiques qui s'efforçaient de mémoriser le livre entier, en signe d'hommage à Dieu, quand bien même l'écriture rendait cette mémorisation superflue. Dans des conditions orales, on ne pouvait mémoriser un mythe comme le Bagre de la même façon. On entendait les autres le réciter mais lorsque son tour arrivait, qu'on fût ou non capable de reprendre ce que les autres avaient dit (et dans une longue récitation orale de ce type, la restitution fidèle est quasiment impossible), il fallait continuer à parler. Ce dont on ne se souvenait plus, il fallait l'inventer. La récitation publique exigeait que les lacunes fussent comblées. Par conséquent, contrairement aux rituels écrits, les versions étaient différentes les unes des autres, parfois de manière très sensible. Comme je l'ai remarqué, il ne s'agissait pas simplement de petites différences

lexicales ; parfois, c'était la « structure » même de l'épopée qui différait (j'utilise ce mot « structure » à dessein). Ainsi on pouvait très bien passer d'une explication transcendante des origines de la culture à une explication humaine, tout comme on pouvait passer d'un récit insistant sur le rôle joué par le Dieu Supérieur à un récit soulignant celui des êtres de la nature sauvage (ceux qu'on appelle des fées dans nos contrées).

La conclusion que je veux tirer de cet exemple est la suivante. Dans une société orale, la façon de regarder le passé est très différente de ce qu'elle est dans une société dotée de l'écriture. Une société orale est, dans un certain sens, plus « créative » : le mythe n'est jamais le même, bien qu'il puisse avoir des éléments stables. En revanche, l'écriture du mythe offre une base ferme dans le « texte » : une base qui ne peut être changée car elle est la parole divine. Mais dans d'autres sphères d'activité que la religion, nous nous tournons vers le passé de façon plus précise, afin de construire sur ce qui a été écrit. Il en va ainsi dans les arts, où le changement est plutôt de nature cyclique, comme dans les sciences, où les explications nouvelles visent à améliorer les précédentes, ce qui définit leur nature. Dans ce contexte, ce n'est pas simplement la littérature qui compte mais aussi toutes les altérations des moyens de communication qui peuvent conduire à rendre l'information plus précise ou à en accélérer la circulation. C'est ici qu'intervient l'imprimerie, quelle qu'en soit la technique – xylographie, presse à main, à vapeur ou rotative, jusqu'aux procédés informatiques. Ces méthodes permettent non seulement de diffuser l'information utile plus largement et plus rapidement, mais aussi de faire circuler, par les mêmes moyens, des messages d'un type complètement différent.

par Christophe Batsch

+++++

LA LOI « MENSONGÈRE »
DES SCRIBES : DES
PROPHÈTES BIBLIQUES
CONTRE L'ÉCRITURE

FONCTION ÉPISTÉMOLOGIQUE
ET APPROPRIATION DES
TECHNIQUES DE L'ÉCRIT
DANS LA MISE EN CAUSE
DE L'AUTORITÉ D'UNE
PAROLE RÉVÉLÉE,
AU VII^e SIÈCLE AV. J.-C.

+++++

+++++

LA LOI « MENSONGÈRE » DES SCRIBES : DES PROPHÈTES BIBLIQUES CONTRE L'ÉCRITURE

FONCTION ÉPISTÉMOLOGIQUE ET APPROPRIATION DES TECHNIQUES DE L'ÉCRIT DANS LA MISE EN CAUSE DE L'AUTORITÉ D'UNE PAROLE RÉVÉLÉE, AU VII^e SIÈCLE AV. J.-C.¹

+++++

En mémoire de Cristiano Grottanelli

Moins soumis à la relecture censurante du rédacteur final que les textes narratifs, législatifs ou historiographiques, les écrits prophétiques de la Bible hébraïque nous ont parfois conservé le témoignage étonnant de querelles et/ou de contradictions non résolues au sein du judaïsme ancien. L'un des plus surprenants de ces passages est sans conteste celui où le prophète Jérémie dénonce la « Torah mensongère » des scribes (Jérémie 8,8-9). Aucune ruse exégétique ni interprétative des religions établies sur la Bible n'est parvenue à expliquer ni à gommer cette choquante mise en cause de la Loi par l'un des plus importants prophètes. Pour être comprise, elle doit, à mon sens, être resituée dans le cadre historique du développement économique, démographique, culturel et politique du royaume de Juda au VII^e siècle avant l'ère vulgaire, suite à la destruction de Samarie et à l'annexion du royaume voisin d'Israël par l'Empire assyrien.

Un certain nombre de chercheurs et d'archéologues s'accordent aujourd'hui à considérer que c'est cet essor de Juda (en gros, sous les règnes des rois Ézéchias, Manassé et Josias) qui a créé les conditions d'un développement de l'écriture comme instrument d'exercice du pouvoir politique

1. Ce texte a été en partie publié dans la revue *Cahiers « Mondes anciens »* : Christophe Batsch, « Écriture et prophétie en Israël à la fin de l'époque monarchique », 1, 2010. [En ligne] < <http://mondesanciens.revues.org/index71.html> > (consulté le 18 juillet 2012). Avec l'aimable autorisation des *Cahiers « Mondes anciens »*.

et religieux sur le royaume. En atteste le fameux récit de la découverte d'une loi écrite enfouie dans la cour du temple sous le règne de Josias (2 Rois 22-23 *passim*), loi dans laquelle on reconnaît le noyau initial du Deutéronome et de la Torah.

Les prophètes contemporains de ce phénomène de l'essor de l'écrit, dont les textes sont regroupés sous les noms du Proto-Isaïe et de Jérémie, ont donc été confrontés à l'émergence de cette nouvelle technique de transmission des savoirs, d'exercice du pouvoir et d'affirmation de l'autorité ; cette technique dont ils n'ont pas la maîtrise s'installe très vite en position de concurrence efficace contre leurs propres outils de transmission et d'autorité, fondés sur l'oralité et le spectaculaire métaphorique. Quelques passages tirés de ces deux recueils prophétiques attestent un conflit qui se développe alors entre ces deux techniques d'expression, d'interprétation, de compréhension et de transmission de la volonté divine, fondement ultime de tous les pouvoirs religieux et politiques. Ce sont deux de ces passages dont nous présentons ici une analyse.

LE MIROIR D'ÉSAÏE (ÉSAÏE 8,1-4)

On sait que les prophètes d'Israël recouraient volontiers, outre à l'oralité des vaticinations prophétiques, à des modes d'expression symboliques mettant en scène leur propre corps : le prophète anonyme de Béthel tué par un lion (1 Rois 13) ; le prophète contre Achab mutilé et déguisé (1 Rois 20,35-38) ; les cornes de fer portées par le faux prophète Sédécias (2 Chroniques 18,10) ; Ézéchiél ligoté et muet ; ses cheveux et sa barbe rasés (Ézéchiél 3,25-26 ; 5,1-4), etc. Ou bien qu'ils utilisaient comme des métaphores le détournement des pratiques sociales en usage de leur temps : la nudité provocatrice ; le mariage avec une prostituée (Osée 1,2), etc.

Dans une série d'articles essentiels sur la prophétie biblique et sa mise par écrit, Cristiano Grottanelli a montré comment la prophétie dans le judaïsme ancien se singularisait par rapport à la norme en usage au sein du Proche-Orient, en privilégiant l'expression orale et en s'opposant à la formulation écrite et au scribe [Grottanelli, 1999, 2001 et 2003]. Les livres prophétiques les plus anciens dans la Bible, comme Amos ou Osée,

attestent un univers dont toute idéologie ou terminologie de l'écriture sont absentes : « un monde de pure oralité », dit Grottanelli². À l'inverse, les très anciennes archives prophétiques de Mari (xviii^e siècle av. J.-C.) ou les tablettes de prophéties assyriennes du vii^e siècle av. J.-C. témoignent que, dans ces deux cultures, les prophéties sont systématiquement mises par écrit avant d'être transmises au souverain. On ne sera donc pas surpris de trouver trace, dans la Judée des viii^e et vii^e siècles, d'une confrontation entre ces grands maîtres de l'oralité que sont les prophètes hébreux, et la nouvelle technique de savoir et de pouvoir que constitue l'écriture. Cette époque est en effet celle de l'apparition et de l'essor d'une « classe » de scribes en Judée ou, si le mot paraît trop fort, d'un groupe socialement identifié et assez important de spécialistes de l'écriture³. Tout indique que la technique nouvelle de l'écriture a d'abord servi aux prophètes de l'ancien Israël de support à leurs démonstrations métaphoriques, rituelles et symboliques.

On trouve les premières traces de cet usage différencié de l'écriture chez le prophète, ou le groupe de prophètes, connus sous le nom de « premier » ou « Proto-Isaïe ». Ce nom désigne l'auteur, individuel ou collectif, des 39 premiers chapitres du livre biblique d'Isaïe. Prophète dans la Jérusalem de la fin du viii^e siècle av. J.-C. (c. 740-700), il assiste aux prémices politiques et guerrières des événements qui conduiront à la disparition du royaume de Juda.

Les passages du Proto-Isaïe traitant de l'écriture des prophéties sont assez peu nombreux et bien identifiés : Isaïe 8,1-4 et 16-20 ; 29,11-12 ;

2. "In the most ancient Hebrew prophetic books, such as Amos and Hosea, the written texts contains neither an ideology nor a terminology of writing. The world is one of pure orality." [Grottanelli, 1999, p. 176].

3. L'existence des scribes et des écoles de scribes dans l'Israël ancien monarchique a donné lieu à un vigoureux débat international dans les années 1970-1980. Deux points semblent établis : 1) Toutes les données épigraphiques, archéologiques et historiques, convergent pour attester d'une importante activité scribale en Judée à la fin de l'époque monarchique, c'est-à-dire au viii^e siècle av. J.-C. : *ostraca* témoignant d'un apprentissage organisé, donc d'écoles de scribes ; abondance des bulles-sceaux, attachées au papyrus et portant les noms des auteurs et/ou des témoins d'actes juridiques ; émergence d'une première littérature de sagesse (les *Proverbes*) reflétant la tradition ou l'idéologie des scribes. 2) Cet essor des scribes et le développement du recours à l'écrit sont des phénomènes nouveaux en Judée. Partant de l'hypothèse pertinente que l'existence d'une classe de scribes et/ou de bureaucrates dépendait du niveau de développement économique du pays ainsi que du degré de centralisation de l'État – en d'autres termes du besoin qu'on en a, et de la capacité à les entretenir – David Jamieson-Drake s'est efforcé de collecter toutes les données archéologiques disponibles dans ce domaine. Travail difficile et délicat pour toutes sortes de raisons évidentes mais qui, bien que Jamieson-Drake demeure très prudent dans ses conclusions, aboutit à ceci : c'est seulement au cours du viii^e siècle que la Judée devient un État monarchique développé ayant les moyens de recourir à une classe spécialisée d'administrateurs-scribes. Voir Jamieson-Drake [1991].

30,8-14 ; et 34,16. On peut classer ces textes en deux séries : ceux qui supposent déjà acquise l'existence d'un recueil écrit, même embryonnaire, des prophéties d'Isaïe ; ceux qui évoquent le processus d'écriture d'une prophétie et se situent donc en amont de l'existence d'un tel recueil. Si l'on retient le mot *sefer* (livre) comme critère discriminant de l'existence du recueil en question, on constate que les chapitres 29, 30 et 34 relèvent de la première série, tandis que le chapitre 8 appartient à la seconde. C'est aussi celui qui propose les passages les plus intrigants. Commençons par Isaïe 8,1-4 :

Iahvé me dit : « Prends une grande tablette et écris dessus avec un poinçon ordinaire : Maher-Shalal-Hash-Baz. Puis, fais témoigner à mon sujet des témoins sûrs, Ouriyah, le prêtre et Zekaryahou, fils de Yebérékyahou. » Je m'approchai ensuite de la prophétesse, elle conçut et enfanta un fils. Iahvé me dit : « Nomme-le Maher-Shalal-Hash-Baz, car avant que le garçon ne sache appeler "mon père" et "ma mère", on transportera les richesses de Damas et le butin de Samarie devant le roi d'Assur⁴. »

L'épisode se situe à l'époque de la guerre « syro-ephraïmite » vers 735-733 av. J.-C. Isaïe s'oppose à la politique du roi de Juda, Achaz, quand celui-ci sollicite le soutien de l'Assyrie contre la coalition des rois de Damas et d'Israël, dirigée contre la Judée. La position d'Isaïe est que la coalition des deux royaumes du Nord sera nécessairement vaincue par les Assyriens, et qu'il est donc à la fois inutile et maladroit d'appeler ces derniers au secours et de s'en rendre ainsi délibérément tributaires. Comme sa prophétie n'a pas été écoutée par le roi Achaz, Isaïe a recours à la démonstration publique qui nous est rapportée ici : il écrit devant témoins le nom de son fils à naître, ce nom étrange mais signifiant, *Maher-Shalal-Hash-Baz*, dont la traduction est à peu près « *Vite au butin ! Tôt au pillage !* », un cri de guerre hébreu signifiant la déroute complète des ennemis. Le sens en est aussitôt explicité ; avant que cet enfant ne sache parler, les deux rois du Nord auront été vaincus.

Isaïe recourt donc ici à deux méthodes d'exposition métaphorique pour illustrer et compléter la prophétie orale : la première, que nous avons déjà mentionnée, consiste à détourner un usage social à des fins prophétiques ; ici la conception et la naissance d'un fils ainsi que le nom que son

4. Traduction de Dhorme [1959].

père lui donne⁵. Le second procédé est en revanche absolument nouveau : c'est le recours à l'écriture. Pourquoi l'écriture ? Pour conserver et témoigner ? Mais il est fait appel à des témoins fiables et incontestables. Pour dissimuler ? Mais le geste est fait publiquement, à la vue de tous, sur un « grand » support. Il faut donc regarder de plus près les gestes d'Isaïe quand il s'empare de la technique des scribes. Sur quoi écrit-il et avec quel instrument ?

*YHWH m'a dit : prends-toi un grand gillâyôn et écris dessus avec un heret ordinaire*⁶. (Isaïe 8,1)

Premier point : le verbe כִּתַּב employé ici renvoie spécifiquement à l'écrit, pas à une activité voisine comme « graver » ou « dessiner ». Au Proche-Orient à l'époque d'Isaïe, trois façons d'écrire prédominent. 1) L'inscription au moyen d'un poinçon sur un support tendre, argile ou cire, dont les cunéiformes constituent l'archétype, système longtemps demeuré dominant. 2) En Judée, il est déjà remplacé par la cursive, utilisant de l'encre et un instrument tendre (calame, roseau, bâton) sur divers supports, comme les papyrus, *ostraca* ou peaux. 3) Enfin, les textes officiels et/ou importants sont gravés, en utilisant un burin sur un support résistant et durable, la pierre ou le métal.

L'écriture adoptée par Isaïe relève manifestement du troisième registre. En effet, le prophète écrit ici au moyen d'un *heret*. Qu'est-ce donc qu'un *heret* ? Le mot ne figure que deux fois dans la Bible hébraïque : ici et dans le récit de l'Exode où Aaron construit le veau d'or avec tout l'or recueilli auprès des Hébreux dans le désert.

*Il le prit [l'or] de leurs mains, puis le façonna avec un heret et en fabriqua un veau de métal fondu*⁷. (Exode 32,4a)

Il s'agit donc d'un outil permettant de travailler le métal. Dans le cas d'Isaïe, les traducteurs français recourent ordinairement au mot « stylet » ; mais un autre mot existe en hébreu pour désigner l'instrument dont se servent les scribes pour écrire, ce à quoi renvoie précisément le mot « stylet » : cela se dit *'ét* et on en trouve plusieurs attestations dans la Bible⁸.

Deux passages tirés des manuscrits de Qoumrân (dans l'un des *Hymnes* du Maître de Justice et dans le *Règlement de la guerre*) donnent à penser

5. Isaïe a déjà eu recours à ce même procédé lorsqu'il a nommé son premier fils Emmanuel, voir Isaïe 7,14.

6. *way'omer YHWH 'elay qah-le kâ gillâyôn gadôl ûketob 'alayw beheret 'enôsh.*

7. *wayyiqqah miyyadam wayyatsar 'otô baheret wayya'asêhû 'egel massékah.*

8. Voir *inter al.* Jérémie 8,8 et 17,1 ; Job 19,24 ; Psaumes 45,2.

que le *heret* désigne un outil spécialement utilisé pour graver des textes : il y est question des décrets divins gravés pour l'éternité. On trouve, par exemple, dans *Règlement de la guerre* (IQM XII 3) : « Tu les as gravés à leur intention, avec le *heret* de vie pour régner [...] à toutes les époques des temps éternels. » Dans ce passage, c'est YHWH qui est censé avoir gravé ses volontés pour l'éternité. Dans l'hymne, c'est l'univers tout entier et la division du temps en périodes assignées qui sont gravés pour l'éternité devant YHWH⁹. Dans la littérature communautaire de Qoumrân, cette image des tablettes célestes où sont « gravés » les décrets divins exprime avec force le caractère immuable de ces décrets, dans l'esprit du rigoureux prédéterminisme qoumrânien. Tout concourt donc à faire du *heret*, qu'on le traduise par « stylet » ou « burin », un instrument destiné à graver durablement des textes importants, probablement dans le métal.

Car c'est la deuxième question : qu'est-ce que ce grand *gillâyôn* sur lequel Isaïe grave le nom prophétique de son fils à naître ? La plupart des traducteurs, reprenant ici les versions (grecques, latines et araméennes)¹⁰, le comprennent comme un rouleau ou une tablette, qui sont les supports traditionnels de l'écriture à cette époque¹¹. Cela n'est guère satisfaisant dans la mesure où le stylet du prophète semble d'abord destiné à graver sur du métal.

Le mot *gillâyôn* n'apparaît que deux fois dans la Bible hébraïque, les deux fois dans Isaïe : ici et dans un passage où le prophète condamne le luxe des femmes de Jérusalem. « Ce jour-là, dit la prophétie, Adonaï arrachera... » Suit une description minutieuse des atours, bijoux, vêtements et colifichets féminins à la mode en ces années-là, qui seront ôtés l'un après l'autre aux Hiérosolymitaines élégantes de sorte qu'elles se retrouveront finalement nues, chauves et humiliées – expression du sadisme ordinaire du fanatisme viril. Dans cette liste des ornements condamnés figure un verset où il est question de *gilyonîm*, pluriel de *gillâyôn*.

*Ainsi que les gilyonîm, les pièces de lin, les turbans et les châles*¹².
(Isaïe 3,23)

Le contexte et les arguments philologiques ont conduit les traducteurs modernes, depuis Gesenius, à comprendre qu'il s'agissait ici de miroirs,

9. *Hymnes* IX 24 (IQH^a I 24).

10. La Septante : *tomon kainou*, « un nouveau tome » ; Aqila : *difterôma*, « une peau apprêtée » ; Symmaque : *teucos*, « un livre » ; Théodotion : *kefalida*, « un chapitre » ; le Targoum : *lûah rab*, « une grande tablette » ; la Vulgate : *librum*, « un livre ».

11. Seule la traduction œcuménique de la Bible y a vu un « sceau-cylindre », sur la base d'une étymologie (GLL) à vrai dire peu convaincante.

12. *wehaggilyonîm wehassdinîm wehatsnîfôt wehardîdîm*.

c'est-à-dire alors de plaques de métal poli¹³. Dès lors, le seul mystère réside dans la constance des traducteurs et commentateurs d'Isaïe à traduire d'abord *gillâyôn* par « miroir » quand il s'agit des élégantes de Jérusalem, puis par « tablette » – dont ils précisent volontiers si elle était de pierre ou de bois, dès lors qu'il est question du support sur lequel Isaïe a écrit. Il me paraît plus cohérent d'admettre qu'Isaïe a gravé le nom de son fils sur un grand miroir de métal poli et de lire ainsi Isaïe 8,1 : « *YHWH m'a dit : procure-toi un grand miroir et écris dessus avec un simple burin.* »

Il me paraît donc établi qu'Isaïe ne s'attachait pas, en l'occurrence, aux fonctions triviales et traditionnelles de l'écriture : témoigner, archiver, transmettre. J'inclus dans cette série les interprétations de type politique, qui ont la faveur de la plupart des commentateurs contemporains, et selon lesquelles le prophète aurait eu recours à l'écrit dans une circonstance critique, alors que son avis n'avait pas été pris en compte par le pouvoir¹⁴.

L'apparat dont Isaïe entoure le geste de graver sa prophétie, les ustensiles précieux (un miroir) et les témoins prestigieux auxquels il a recours, donnent à toute l'opération un caractère cérémoniel ; une cérémonie dans laquelle l'écriture elle-même devient un élément du rite – si l'on peut nommer « rite », sans choquer, un acte prophétique. Pourtant on se heurte ici à une difficulté d'ordre anthropologique : car si l'on perçoit bien que l'action de graver le nom d'un enfant à naître *sur un miroir* n'a rien d'anodin, on ne voit pas (du moins pas encore) quelle portée symbolique cela pouvait avoir dans le contexte historique et culturel de la Judée du VIII^e siècle av. J.-C.

On connaît en revanche l'une des conséquences que le prophète attendait de son geste. Dans le même chapitre 8 et dans la rédaction initiale, immédiatement après l'épisode du miroir gravé, figure cette instruction d'Isaïe.

*Renferme cette attestation ; scelle cette instruction en présence de mes élèves*¹⁵. (Isaïe 8,16)

Ce qui est décrit ici, c'est le scellement d'un acte juridique effectué en présence de plusieurs témoins. Les mots importants ici sont *torah* et *tē'ûdâh*. *Torah*, chez le Proto-Isaïe, ne doit pas s'entendre comme « la

13. L'alternative, fondée sur la Septante et l'existence d'une racine voisine en arabe classique, qui conduirait à y voir des voiles de lin, serait peu compatible avec le passage que nous étudions, dans lequel Isaïe « grave » le nom de son fils.

14. Voir, par exemple, le commentaire de Blenkinsopp [2000, p. 414-416] sur ce passage et sur Isaïe 30,8.

15. *tsôr tē'ûdâh ha tôm tôrâh be limudây.*

Loi » ; il conserve son sens premier « d'instruction », en l'occurrence d'instruction prophétique, c'est-à-dire la parole de YHWH transmise à son peuple par l'intermédiaire du prophète¹⁶. La *te'ûdâh* est un mot rare dans la Bible hébraïque : il n'y apparaît que trois fois, deux fois dans ce chapitre d'Isaïe, et une troisième fois en Ruth 4,7. La racine du mot, comme l'usage qui en est fait dans Ruth, établit qu'il s'agit d'un document à portée juridique, validé en présence de témoins¹⁷. On est ici dans le cadre de l'idéologie de l'Alliance, et non dans une tentative de communication : l'écrit, scellé et fermé, n'est donc pas spontanément conçu comme un moyen de transmettre la prophétie. Ce qui importe au prophète, c'est la transformation, au moyen d'une série de gestes connus et pratiqués par la société de son temps, de sa *torah* en une *te'ûdâh*, qui engage la divinité et son peuple dans un rapport contractuel. L'écriture est l'un de ces gestes convenus, la présence des élèves et le scellement du rouleau en sont deux autres. On est revenu à l'usage métaphorique des pratiques sociales, en l'occurrence le contrat¹⁸.

Pour le Proto-Isaïe, l'écriture apparaît donc d'abord comme une fonction sociale dont il peut faire tout usage métaphorique et/ou symbolique qui lui permettra de renforcer la puissance convaincante de la prophétie. Au contraire des scribes, des prêtres et des dirigeants administratifs et politiques de l'État, ils ne lui reconnaissent manifestement aucun caractère d'innovation épistémologique et moins encore de statut privilégié dans la relation avec l'au-delà.

Le conflit autour de l'écriture entre prophètes et scribes s'est poursuivi probablement jusqu'à la chute de Jérusalem et du royaume de Juda devant les armées babyloniennes. En attestent plusieurs passages du prophète Jérémie. Grottanelli s'est ainsi surtout intéressé au prophète Jérémie pour la raison qu'il lui semblait pouvoir y repérer le moment où la prophétie hébraïque, jusqu'alors essentiellement orale, avait dû apprendre

16. "tôrâ, a term for prophetic teaching in the first major section of the book of Isaiah (1:10; 2:3; 5:24; 30:9)." [Blenkinsopp, 2000, p. 243].

17. « [...] désigne en Rt 4,7 le geste symbolique par lequel on validait, à défaut d'écrit, un accord passé devant témoins. » [La Bible. Traduction œcuménique, 2004, p. 766-767]. "The basic meaning of the root is 'to give testimony,' 'to be a witness.'" [Watts, 1985, p. 122]. "te'ûdâ, signifie a text validated by witnesses (cf. Ruth 4:7)." [Blenkinsopp, 2000, p. 247].

18. Peut-être faut-il aussi chercher un élément d'explication du côté de cet étrange verset du même chapitre où Isaïe se qualifie, lui-même et ses enfants, de « signes » en Israël. Isaïe 8,18a : « Voici que moi-même et les enfants que YHWH m'a donnés sommes comme des signes et comme des signaux en Israël » [hinnêh 'ânokî wehayelâdîm 'asher natan-lî YHWH le 'otôt ûlemôftîm beyisra'êl].

à composer non sans conflits, avec l'univers de l'écriture et avec ses professionnels et spécialistes, les scribes¹⁹.

LE ROULEAU BRÛLÉ DE JÉRÉMIE (JÉRÉMIE 36 PASSIM)

+++++

Durant un hiver dans Jérusalem, le roi Yoyakim, fils et deuxième successeur du grand réformateur deutéronomiste Josias, placé sur le trône de la Judée par le pharaon d'Égypte, fait interdiction au prophète Jérémie de poursuivre ses vaticinations en public dans la cour du temple de Jérusalem, comme il en avait pris l'habitude. Le roi apprend bientôt que Jérémie a alors dicté ses prophéties au scribe Baruch, lequel les a lues à son tour à haute voix dans l'enceinte du temple. Le roi se fait apporter cet objet nouveau, un rouleau écrit reproduisant des prophéties, afin qu'on le lise devant lui et devant ses proches conseillers. Au cours de cette lecture, le roi se livre à une étrange activité décrite en ces termes :

Le roi envoya Yehudi chercher le livre. Yehudi le prit dans la chambre d'Élishama le scribe et le lut aux oreilles du roi et à celles de tous les notables autour du roi. Le roi siégeait dans son palais d'hiver, au 19^e mois [c'est-à-dire kislew, approximativement décembre-janvier], et un brasier flambait devant lui. Quand Yehudi avait lu trois ou quatre « colonnes », le roi découpait le livre avec une lame et le jetait dans la flamme du brasier, jusqu'à ce que tout le rouleau fut brûlé dans le feu. Le roi et tous ses serviteurs qui entendirent toutes ces paroles ne furent pas effrayés et ne déchirèrent pas leurs vêtements. Bien que Elnathan, Delayahû et Gemaryahû fussent intervenus auprès du roi pour qu'il ne brûlât pas le rouleau, il ne les écouta pas. (Jérémie 36,21-25)

On doit bien comprendre qu'il se passe ici quelque chose de particulier et d'important : le roi lui-même, contre l'avis de ses proches conseillers, se charge de brûler le rouleau des prophéties au fur et à mesure que son scribe les lui lit.

Que se passe-t-il précisément ?

19. On se reportera à Grottanelli [1999, 2001 et 2003], en particulier au dernier article dans lequel l'auteur analyse ce passage extraordinaire de Jérémie où le prophète condamne la « Torah mensongère » des scribes (Jérémie 8,8-9). Inutile de souligner combien cette idée formulée par un prophète *canonique*, que la Torah non moins *canonique* pût être « mensongère », a semé un certain trouble chez la plupart des commentateurs – qui s'en débrouillent en général en glissant discrètement le problème sous le tapis.

On peut d'abord écarter un certain nombre de fausses pistes : il ne s'agit pas d'un geste anodin, de colère ou de folie de la part du roi. En effet, il y a un débat politique sur le brûlement : c'est donc une décision réfléchie. Ensuite le geste est répété systématiquement et sans hâte jusqu'à l'accomplissement. L'indication des « trois ou quatre colonnes »²⁰ lues entre deux découpages du rouleau correspond à la largeur ordinaire d'un rouleau déployé pour la lecture ; ce détail, comme celui de l'usage d'une lame, contribue à représenter un roi maître de ses choix et de ses gestes. D'ailleurs, le brûlement n'interrompt pas la communication : le roi et ses conseillers écoutent jusqu'au bout les paroles prophétiques.

En dépit de ce caractère répétitif du geste, je ne crois pas non plus qu'on soit dans le registre du rite. Toute l'affaire manque trop de sacré pour cela. Bien que le brûlement du rouleau sur un brasier puisse évoquer l'image des consumations sacrificielles, tout le récit nous détourne de cette comparaison en insistant sur le caractère profane de la situation : l'histoire se déroule au palais du roi et non au temple ; le feu est à usage domestique (il fait froid) ; on observe enfin l'absence de prêtres parmi les conseillers présents.

Rien n'indique dans ce récit que le roi, ses conseillers, ou d'ailleurs Jérémie lui-même, aient su lire ; l'écriture et la lecture y apparaissent au contraire comme des opérations confiées à une espèce de techniciens spécialisés, nommés les scribes : Baruch, chargé par Jérémie d'écrire ses paroles ; Yehudi, chargé par le roi de lire le rouleau. Comme les premières automobiles n'allaient pas sans leur chauffeur-mécanicien, les premiers écrits prophétiques d'Israël ne vont pas sans leur scripteur-lecteur humain. Si on voulait empêcher quelqu'un de faire un trajet en voiture, il était plus efficace de brûler son automobile que de tuer l'un de ses chauffeurs... à moins, bien sûr, qu'il n'ait possédé plusieurs voitures, comme le roi Yoyakim va s'en apercevoir lorsque Jérémie aura dicté à nouveau ses prophéties à Baruch sur un second rouleau. Il ne faut jamais pousser trop loin les comparaisons : dans notre histoire, ce n'est évidemment pas le rouleau qui importe mais les paroles prophétiques.

La question est donc : pourquoi le roi Yoyakim a-t-il brûlé le premier rouleau ? Il n'est jamais présenté comme un simple d'esprit qui aurait pu faire la confusion entre le contenu (les paroles prophétiques) et le support (le rouleau). L'hypothèse très féconde de Grottanelli est que, dans

20. *delet*, au pluriel *delâtôt* : porte, battant de porte, d'un bâtiment, d'une ville ou du ciel – d'où, dans ce cas, l'usage du duel. Métaphoriquement : couvercle, mâchoires d'un crocodile, lèvres ; couvercle. Et ici : colonnes du manuscrit ; dans ce sens de « colonnes », c'est un hapax biblique.

ce moment critique du passage de la prophétie israélite de l'oral à l'écrit, l'objet qui en résultait (ici le rouleau écrit par Baruch) se situait à la fois en deçà et au-delà de l'écriture [Grottanelli, 1999].

En deçà parce qu'il conserve un caractère d'oralité fondamentale : il n'est écrit, sous la dictée, que pour atteindre les oreilles du peuple à qui Jérémie ne peut s'adresser lui-même. De ce caractère « oral » atteste encore la capacité de Jérémie à le dicter à nouveau en entier, identique au premier texte. Mais aussi au-delà parce que l'objet rouleau écrit semble avoir acquis en lui-même en tant qu'objet une puissance propre, que Grottanelli nomme une « valeur magico-symbolique », évidemment liée à la parole de YHWH. Ce serait donc cette efficacité « magico-symbolique » du rouleau que le roi Yoyakim s'efforcerait de détruire en le brûlant.

Il est certain que le passage des prophètes à l'écrit s'opère à grand renfort de symbolisations du geste prophétique et du médium prophétique – en particulier la personne même du prophète et de sa famille, comme dans le cas évoqué plus haut du Proto-Isaïe. La démonstration de Grottanelli prend toute sa force quand il s'appuie, par exemple, sur l'épisode de Jérémie 51,59-64 : Jérémie envoie aux exilés à Babylone un rouleau sur lequel sont écrites des prophéties contre la ville païenne ; il recommande que ces prophéties soient lues au bord du fleuve puis que le rouleau en soit noyé dans l'Euphrate. « Ce passage est un cas exemplaire de matérialisation du message, destinée à établir une continuité entre la parole prophétique et l'action symbolique efficace. »²¹ Le caractère « magico-symbolique » du rouleau sur lequel sont inscrites les prophéties apparaît ici indiscutable.

En revanche, il n'en va pas de même dans l'épisode du rouleau brûlé à Jérusalem. Au contraire, le récit s'efforce de débarrasser le geste du roi de tout caractère rituel ou sacré. On se situe plutôt dans l'ordre du politique, souligné par l'opposition topographique et symbolique entre le temple et le palais.

Rappelons le parcours de ce rouleau : Jérémie a dicté ses prophéties à Baruch ; Baruch a lu ces prophéties en public dans l'enceinte du temple, depuis la chambre du scribe (fils du scribe du Deutéronome) ; son fils, le petit-fils du scribe du Deutéronome, s'est rendu au palais répéter ces paroles, de mémoire, aux conseillers du roi ; Baruch, convoqué par les conseillers, a lu devant eux le rouleau ; les conseillers se sont inquiétés de

21. "The passage in question is an exemplary case of materialization of the message in order to mediate between prophetic word and efficacious symbolic action" [Grottanelli, 1999, p. 180, nous traduisons].

savoir comment le rouleau a été écrit puis l'ont confisqué et ont renvoyé Baruch ; ils sont ensuite allés répéter les prophéties, de mémoire, au roi ; enfin, le roi envoie chercher le rouleau et se le fait lire. On voit que la prophétie a effectué un va-et-vient continu entre l'oral et l'écrit, entre lecture et récitation. L'affaire n'apparaît pas centrée sur cette question du support. De quoi s'agit-il alors ?

À mon avis, on est ici dans une querelle des *torahs*. On sait que, chez Isaïe et Jérémie, le mot *torah* a souvent conservé sa signification ancienne d'« enseignement, instruction », plus particulièrement tirée des prophéties²². Un passage de Jérémie, où il évoque ses ennemis judéens, est ici particulièrement significatif :

Ils dirent alors : allons, nous inventerons des inventions contre Jérémie ; car la torah ne disparaîtra pas chez les prêtres, ni la délibération chez les sages, ni la parole chez les prophètes. (Jérémie 18,18)

À mon sens, le prophète énonce ici les trois catégories connues de production de la connaissance, dans la Judée de la fin de l'époque monarchique : la *torah* des prêtres – mise par écrit ; la réflexion (*etsah*) des sages ; la parole (*dabar*) transmise par les prophètes. Il faut entendre cette énonciation comme une suite croissante dans le domaine de la connaissance, autrement dit comme une théorie de la connaissance des volontés divines, dans laquelle la sagesse l'emporte sur la *torah*, et la parole (divine) sur les deux autres.

Le roi Yoyakim est le fils de Josias, « l'inventeur de la Torah » (*i.e.* le Deutéronome). Il défend donc très matériellement, en brûlant le rouleau de Jérémie, l'idée qu'il ne peut exister deux écritures normatives concurrentes, deux paroles écrites de YHWH contradictoires. La querelle des normes, ou la querelle des autorités qui pouvait exister parole contre parole (le prophète contre le roi) ne doit pas se poursuivre écrit contre écrit (la *torah* du prophète contre la *torah* légale) : c'est cela qu'opère Yoyakim dans la sphère de compétence qui est la sienne. En brûlant le rouleau, il sait parfaitement qu'il ne détruit pas la prophétie ; mais il veut détruire l'autorité que la prophétie prétend s'approprier en usurpant la forme écrite qui avait fondé l'autorité de la Loi.

22. Voir Isaïe 1,10 ; 2,3 ; 5,24 ; 8,16.20 ; 24,5 ; 30,9. Et Jérémie 2,8 ; 6,19 ; 8,8 ; 9,12 ; 16,11 ; 18,18 ; 26,4 ; 31,33 ; 32,23 ; 44,10. Voir en particulier la critique de la « Torah mensongère » des scribes (Jérémie 8,8-9) déjà mentionnée ci-dessus, ainsi que Grottanelli [2003].

C'est donc bien d'un rite qu'il s'agit en fin de compte. Mais d'un rite qui ne renvoie pas au sacré, d'un rite politique qui s'improvise pour exprimer la souveraineté de la Loi du roi.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Anderson Robert T., Was Isaiah a scribe?, *Journal of Biblical Literature*, 79/1, 1960, pp. 57-58.

Blenkinsopp Joseph, *Sage, Priest, Prophet. Religious and Intellectual Leadership in Ancient Israel*, Louisville, Westminster John Knox, 1995.

Blenkinsopp Joseph, *Isaiah 1-39. A New Translation with Introduction and Commentary*, New York, Doubleday, 2000 (Anchor Bible; 19).

Carroll Robert, *Jeremiah. A Commentary*, London, SCM, 1986.

Childs Brevard S., *Isaiah*, Louisville, Westminster John Knox, 2001.

Craigie Peter C., Kelley Page H. et Drinkard Joel F. Jr., *Jeremiah 1-25*, Dallas, Word Books, 1991 (Word Biblical Commentary; 26).

Dhorme Édouard (éd.), *La Bible. Ancien Testament*, vol. 2, Paris, Gallimard (La Pléiade), 1959.

Goody Jack, *La raison graphique. La domestication de la pensée sauvage*, Paris, Minuit, 1979.

Goody Jack, *The Logic of Writing and the Organization of Society*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1986.

Goody Jack, *Entre l'oralité et l'écriture*, Paris, PUF, 1994.

Goody Jack, *L'homme, l'écriture et la mort. Entretiens avec Pierre-Emmanuel Dautat*, Paris, Les Belles Lettres, 1996.

Grottanelli Cristiano, « Prophecy and writing in the Ancient Near East », *Kings and Prophets. Monarchic Power, Inspired Leadership, and Sacred Text in Biblical Narrative*, New York, Oxford, Oxford University Press, 1999, pp. 173-183.

Grottanelli Cristiano, *La scrittura nell'ambiente della Bibbia. Valori culturali e religiosi dello « scritto » nel contesto storico che a generato l'Antico Testamento*, *Ricerche Storica Bibliche*, 13/1, 2001, p. 11-26.

Grottanelli Cristiano, « On written lies », in Margalit Finkelberg et Guy G. Stroumsa (eds.), *Homer, the Bible and Beyond: Literary and Religious Canons in the Ancient World*, Leyde, Boston, Brill, 2003 (*Jerusalem Studies in Religion and Culture*; 2), pp. 53-62.

Herrenschmidt Clarisse, « L'écriture entre mondes visible et invisible en Iran, en Israël et en Grèce », in Jean Bottéro, Clarisse Herrenschmidt et Jean-Pierre Vernant, *L'Orient ancien et nous. L'écriture, la raison, les dieux*, Paris, Albin Michel, 1996, p. 93-188.

Herrenschmidt Clarisse, *Les trois écritures. Langue, nombre, code*, Paris, Gallimard, 2007 (Bibliothèque des sciences humaines).

Holladay William L., *Jeremiah 1. A Commentary on the Book of the Prophet Jeremiah. Chapters 1-25*, Philadelphia, Fortress, 1986.

Jamieson-Drake David W., *Scribes and Schools in Monarchic Judah. A Socio- Archaeological Approach*, Sheffield, Academic Press, 1991.

Jensen Jan, *The Use of Tôrâ by Isaiah. His Debate with the Wisdom Tradition*, Washington, Catholic Biblical Association of America, 1973.

La Bible. Traduction œcuménique (TOB), Paris, Villiers-le-Bel, Le Cerf, Société biblique française, 2004.

Vermeulen Jacques, « Hypothèses sur l'origine d'Isaïe 36-39 », in Jacobus Van Ruiten et Marc Vervenne (eds.), *Studies in the Book of Isaiah. Festschrift Willem A.M. Beuken*, Louvain, Peeters, 1997 (*Bibliotheca Ephemeridum Theologicarum Lovaniensium*; 132), pp. 95-118.

Watts John D. W., *Isaiah 1-33*, Waco, Word Books, 1985 (*Word Biblical Commentary*; 24).

par Flavia Carraro

++++
LE DÉCHIFFREMENT DES
ÉCRITURES ANCIENNES
OU L'INVENTION
DE L'ÉCRITURE :
LE « TABLEAU » DE
MICHAEL VENTRIS ET
LE CAS DU LINÉAIRE B
++++

+++++

LE DÉCHIFFREMENT DES
ÉCRITURES ANCIENNES OU
L'INVENTION DE L'ÉCRITURE :
LE « TABLEAU » DE MICHAEL
VENTRIS ET LE CAS DU LINÉAIRE B

+++++

Le 1^{er} juillet 1952, sur la troisième chaîne de la BBC, Michael Ventris annonçait son déchiffrement de l'écriture linéaire B, la plus ancienne écriture d'Europe. Après une présentation traditionnelle des documents « minoens », il fit une déclaration révolutionnaire :

Ces dernières semaines, j'en suis venu à penser que les tablettes de Pylos et de Cnossos peuvent, après tout, avoir été écrites en grec, un grec difficile et archaïque, étant donné qu'il est de 500 ans antérieur à Homère, et écrit dans une forme assez abrégée, mais néanmoins du grec¹.

Le linéaire B est lié au nom de ce jeune architecte anglais qui perça le secret des palais mycéniens, et son exploit n'a cessé depuis d'attirer l'attention. Non seulement le résultat du déchiffrement, la lecture en grec de documents appartenant à l'âge du bronze et écrits en un système graphique très différent de l'alphabet complet, fait de signes phonétiques et d'idéogrammes, provoqua un étonnement sans précédent dans la communauté savante. Mais la méthode même employée pour déchiffrer, empruntée à la cryptographie militaire et qui mettait en cause l'ensemble des connaissances philologiques, historiques et ethnologiques de l'époque, attira sur Ventris des critiques aussi féroces en même temps qu'elle généra une grande admiration. Et si le linéaire B n'occupe dans les histoires de l'écriture qu'une place mineure, son déchiffrement figure aujourd'hui comme un cas exemplaire dans le panorama des déchiffrements des écritures anciennes et des méthodes de décryptage.

Si l'histoire de tout déchiffrement se présente le plus souvent comme celle de l'extraordinaire aventure d'un homme de génie, aventure qui

1. Michael Ventris, "Deciphering Europe's earliest scripts", discours prononcé à la BBC, publié dans *The Listener*, 10 juillet 1952 [nous traduisons].

semble échapper à toute modélisation et dont le véritable exploit est la langue, qui d'oubliée, morte, impénétrable, est retrouvée, le cas du linéaire B permet de saisir, au-delà de ce qui est communément mis en relief, l'histoire d'un lent processus de découverte et d'invention à la fois.

C'est sur cet aspect que nous voulons attirer l'attention. En particulier, la description du dispositif et celle de la procédure de déchiffrement montreront comment l'écriture, de même que la langue, constitue un résultat du déchiffrement : comment elle est mise au jour et, enfin, nouvellement inventée, *dans* et *par* le déchiffrement.

Véritable terrain en soi, où techniques savantes et inscriptions scientifiques se trouvent également mobilisées, le déchiffrement permet de questionner l'écriture autant que les processus de connaissance qu'elle engendre et qui l'investissent à la fois, donnant à voir l'articulation de la langue et de l'écriture, et de l'écrit et de l'écriture, et finalement des deux plans distincts de la « technologie de l'intellect » et de la « littérature » à partir desquels l'écriture se trouve le plus souvent être appréhendée².

LES DOCUMENTS MYCÉNIENS, L'ÉCRITURE ET LE DÉCHIFFREMENT

Depuis qu'en 1900 les premiers documents inscrits furent trouvés sur le site de Cnossos, en Crète, par Sir Arthur Evans, le linéaire B constituait une véritable énigme pour la communauté savante. Cette première campagne de fouilles révéla trois types d'écriture, les écritures crétoises, ou, selon la terminologie d'Evans, « minoennes » : le hiéroglyphique crétois, le linéaire A et le linéaire B³. Les tablettes en linéaire B furent dès le début les plus nombreuses et se prêtaient aussi à une étude plus systématique du fait de leurs caractéristiques textuelles. En effet, elles présentent une série d'indices explicites pour une première interprétation : des textes

2. Voir, en particulier, Jack Goody, *La raison graphique. La domestication de la pensée sauvage*, Paris, Les Éditions de Minuit, 1979, et *La logique de l'écriture. Aux origines des sociétés humaines*, Paris, Armand Colin, 1986.

3. Seul le linéaire B a été déchiffré à ce jour. Ces trois écritures font aussi partie de la famille des écritures égéennes avec notamment le syllabaire chypriote classique – auquel nous ferons référence dans les pages qui suivent – qui, déchiffré depuis les années 1870, a noté aussi la langue grecque entre 1200 avant notre ère et l'époque hellénistique. Le linéaire B a été en usage en Crète et sur le continent grec entre le xv^e siècle et le xiii^e siècle avant notre ère. Outre Cnossos, qui a restitué les premiers documents connus, les sites principaux sur lesquels des tablettes inscrites ont été retrouvées sont : La Canée, en Crète, et Pylos, Mycènes, Tirynthe et Thèbes sur le continent. Mais d'autres documents graphiques sont connus, comme des nodules et des vases, provenant également de la Crète et du continent. Aujourd'hui, nous connaissons environ 5 000 tels documents.

relativement courts faits de groupes de signes – certainement des mots de la langue, des idéogrammes et des chiffres disposés sur l'argile selon une organisation tabulaire qui ne laisse aucun doute quant à la nature comptable et administrative du message enregistré (voir figure 1). Ainsi Evans put-il comprendre d'emblée quelques signes idéographiques dans lesquels on reconnaît le dessin d'objets de la culture matérielle (vaisselle, mobilier, armes) et d'animaux, ou encore le système décimal des chiffres, toujours disposés à droite des idéogrammes et indiquant la quantité des biens et des denrées enregistrés.

Avec les signes pour les choses et les signes pour les nombres, l'archéologue anglais établit aussi que les signes phonétiques qui figuraient en des groupes écrits de façon linéaire devaient constituer un syllabaire « ouvert » (ou « simple »), et donc noter des syllabes constituées par une consonne et une voyelle ou une voyelle seule.

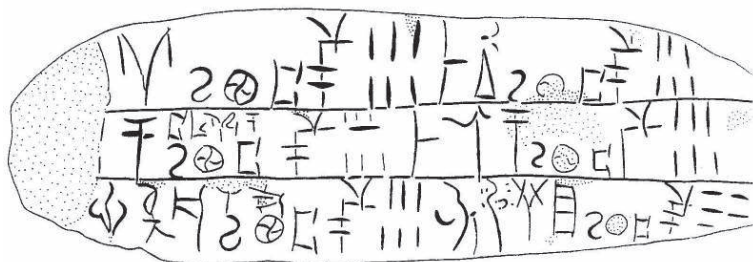


Figure 1 : Fac-similé de la tablette de Cnossos KN Ce 59

Source : J. Chadwick, L. Godart, J. T. Killen, A. Sacconi, I. A. Sakellarakis, *Corpus of Mycenaean Inscriptions from Knossos, Cambridge et Rome*, Cambridge University Press et Edizioni dell'Ateneo, Istituto per gli studi Micenei e Egeo-Anatolici, *Incunabula Graeca*, 88, 1-4 (1986-1998).

Documents comptables extrêmement homogènes et graphiquement pauvres par rapport à la documentation proche-orientale de la même époque, les tablettes en linéaire B restèrent muettes durant cinquante ans, bien après la mort d'Evans⁴, tandis que les fouilles restituaient des

4. Evans mourut en 1941 et à cette date, seulement une partie mineure de la documentation en linéaire B avait été publiée (134 tablettes sur environ 3000 documents retrouvés dans cette même campagne de fouilles). Voir Arthur Evans, *Scripta Minoa I*, Oxford, 1909 et *The Palace of Minos I-IV*, London, 1921-1935. Le retard dans le déchiffrement du linéaire B a toujours été imputé à l'emprise du savant anglais sur l'ensemble de cette documentation. L'œuvre d'Evans fut reprise par Sir John Linton Myres et ne parut qu'en 1952. John Linton Myres, *Scripta Minoa II*, Oxford, 1952.

nouveaux textes dont on interrogeait sans cesse les traces, sans qu'aucune tentative d'interprétation n'ait pu être considérée comme un « déchiffrement ». Plusieurs hypothèses de lecture furent émises par des archéologues, des linguistes et des philologues des horizons les plus différents, et l'on essaya de lire les tablettes en étrusque, en hittite, en basque, par exemple, jusqu'à ce qu'un « amateur », un *spare-time scholar* comme Ventris aimait se présenter, passionné depuis son plus jeune âge par les écritures anciennes, trouve la solution. Contre toute attente, ces comptes se révélèrent être rédigés en grec⁵.

Le résultat du déchiffrement fit l'objet d'une première publication en 1953 dans le *Journal of Hellenic Studies* et eut un tel écho qu'à peine un an plus tard, ce journal republia le même article dans un tiré à part.

Dans cet article, "Evidence for Greek dialect in the Mycenaean archives"⁶, signé par Michael Ventris et John Chadwick, helléniste avec lequel Ventris avait commencé à travailler en juillet 1952, les auteurs détaillaient cette présence de la langue grecque dans les documents mycéniens et les règles de sa notation dans le syllabaire B.

Celui-ci comporte environ 87 signes syllabiques notant des syllabes simples : consonne-voyelle (CV) ou voyelle isolée (V)⁷. En raison du principe de notation qui régit tout syllabaire ouvert et des particularités grammaticales et morphologiques de la langue grecque, les règles orthographiques sont très complexes ; par ailleurs, les *spelling rules* sur lesquelles se fonde le répertoire des signes comportent parfois des « manques » par rapport à la notation alphabétique postérieure, et toutes les séries consonantiques n'y sont pas représentées. La forme que la langue grecque prend dans cette écriture en rend donc la reconnaissance souvent difficile et laborieuse, et la nature comptable des textes mycéniens, brefs et lacunaires du point de vue linguistique, demande un effort supplémentaire d'interprétation.

5. Dans une première publication de 1940, Ventris, qui avait alors 18 ans, avança l'hypothèse que les tablettes notassent la langue étrusque. Voir Michael Ventris, "Introducing Minoan Language", *American Journal of Archaeology*, 44, 1940, pp. 494-520. Cette thèse ne sera abandonnée que pendant le travail systématique sur les documents, entrepris à partir de 1951, comme les notes de travail de Ventris le démontrent. Voir Michael Ventris, *Work Notes on Minoan Language Research, Incunabula Graeca*, A. Sacconi (ed.), Roma, Edizioni dell'Ateneo, 1988. De même, l'hypothèse grecque avait été avancée dès les années 1920 et, comme les autres, elle fut écartée comme contraire à toute « vraisemblance historique », généralement admise par la génération des savants contemporains d'Evans.

6. Michael Ventris et John Chadwick, "Evidence for Greek dialect in the Mycenaean archives", *Journal of Hellenic Studies*, vol. 73, 1953, pp. 84-103.

7. Nous n'insistons pas dans cette brève présentation sur les signes complexes qui font exception, ni sur d'autres particularités d'orthographe et de répertoire.

La publication du résultat du déchiffrement nécessitait des explications cohérentes et détaillées, et la démonstration des auteurs devait être d'autant plus rigoureuse que l'interprétation des documents opérait sur plusieurs plans à la fois : celui de la langue et de l'écriture, celui de l'écrit et de la documentation. Ventris et Chadwick insistèrent alors d'emblée sur le procédé qui les avait menés à cette lecture et présentèrent dans ce même article « le déchiffrement » proprement dit⁸.

a	𐀀	a ₂	𐀁	e	𐀂	i	𐀃	o	𐀄	u	𐀅
ai	𐀆			je	𐀇			jo	𐀈		
ja	𐀉			we	𐀊	wi	𐀋	wo	𐀌		
wa	𐀍										
da	𐀎			de	𐀏	di	𐀐	do	𐀑	da ₂	𐀒
ka	𐀓			ke	𐀔	ki	𐀕	ko	𐀖	ku	𐀗
ma	𐀘			me	𐀙	mi	𐀚	mo	𐀛		
na	𐀜			ne	𐀝	ni	𐀞	no	𐀟	nu	𐀠
pa	𐀡	pa ₂ ?	𐀢	pe	𐀣	pi	𐀤	po	𐀥	pu	𐀦
ra	𐀧	ra ₂	𐀨	qe	𐀩	qi	𐀪	qo	𐀫		
sa	𐀬			re	𐀭	ri	𐀮	ro	𐀯	ru	𐀰
ta	𐀲	ta ₂ ?	𐀳	se	𐀴	si	𐀵	so	𐀶		
				te	𐀷	ti	𐀸	to	𐀹	tu	𐀺
				pte	𐀻			z?o	𐀼		
				z?e	𐀽			z?o ₂	𐀾		

Figure 2 : “Experimental Syllabic Grid”, d’après Michael Ventris et John Chadwick, “Evidence for Greek dialect in the Mycenaean archives”

C’est ainsi que devint célèbre le tableau expérimental de substitution des signes syllabiques mycéniens avec les valeurs phonétiques de la langue. Celui-ci permet assurément de lire les signes mycéniens ; mais il *représente* et *coïncide* avec le déchiffrement du linéaire B. Car, si Ventris est l’homme qui a déchiffré le linéaire B, il semblerait bien que dans ce déchiffrement ce fut plutôt une *grille* qui tint l’affaire.

8. Le travail de Ventris était connu depuis 1950 par les savants qui s’intéressaient à la documentation minoenne en Europe et aux États-Unis grâce au rapport qu’il établit, imprima et fit circuler. Voir Michael Ventris, *Languages of Minoan and Mycenaean Civilization*, London, 1951, et *Incunabula Graeca*, op. cit.

LA GRID DE VENTRIS, UN TABLEAU DE DÉCHIFFREMENT

+++++

Comme il apparaît clairement dans l'article "Evidence...", la solution de l'énigme du linéaire B consiste en une table de signes où figurent, les uns à côté des autres, les signes mycéniens et leurs valeurs phonétiques : des syllabes⁹. On y voit comment chaque signe du linéaire B peut (doit) être lu, comme cela se passe toujours dans la présentation des écritures – où le répertoire des signes originaux est accompagné de leur explicitation en termes de voyelles, de consonnes, de syllabes ou de mots, selon le type d'écriture considéré.

Cependant, les choses ne sont pas aussi simples. La façon de distribuer et d'organiser les signes, leur explicitation phonétique, de haut en bas et de gauche à droite, où l'on peut repérer des séries vocaliques et consonantiques, révèlent la structure de ce qui constitue un véritable « dispositif graphique d'expérimentation » : celui que Ventris a employé dans son déchiffrement, dans ses notes de travail : une « *Grid* », pour employer les termes cryptanalytiques de Ventris, ou, plus simplement, un tableau.

Figures 3, 4 et 5 : Les trois versions de la Grid présentes dans les Work Notes de Michael Ventris (pages suivantes)

Source : M. Ventris, *Work Notes on Minoan Language Research*, Incunabula Graeca, A. Sacconi (ed.), Roma, Edizioni dell'Ateneo (1988).

9. Suite au déchiffrement, la lecture de certains signes a été rectifiée et, de même, d'autres signes ont été lus. La définition d'« expérimentale » donnée à la *Grid* dans cette première publication fait référence au caractère encore nouveau et non stabilisé des résultats obtenus du point de vue des signes ainsi que, surtout, de celui de la langue. Nous verrons qu'il y a une autre acception à prendre en considération pour cet adjectif, que nous approfondirons.

'B' SYLLABARY PHONETIC 'GRID'

Fig. 1
MGFV

1: State as at 28 Jan 51: before publication of Pylos inscriptions.

	Vowel 1	Vowel 2	Other vowels ?	Doubtful
	-NIL ? (-o ?) = typical 'nominative' of nouns which change their last theme syllable in oblique cases	-i ? = typical changed last syllable before -i and -u.	-a, -e, -u ? = changes in last syllable caused by other endings. (5 vowels in all, rather than 4 ?)	
CONSONANTS				
1	t- ? T ag	aj A		⊕ ax (Sundwall)
2	r- ?? C az	iw F	ah ol ↑ A	
3	s- ?? Ψ eg	aw Π	oc oj ≡ A	
4	n- ?? s- ?? I od	ok B	ib Y	is oh T A
5		ak A	ef Ψ	
6	l- ? + ac	ij L		
7	h- ?? ix ⊙		if W	
8	θ- ?? en W		id W	ex X
9	m- ? k- ? ⊙ ay	if an enclitic "and".		al Δ
10				om av Z E
11				
12				
13				
14				
15				
		A aj L ij A ak Y il Π aw X og	← group of syllables, including those occurring before -B on 'woman' tablet (Hr 44, PM fig 689), and those characteristic of other	

LINEAR SCRIPT B SYLLABIC GRID
(2ND STATE)

WORK NOTE 15

FIGURE 10

DIAGNOSIS OF CONSONANT AND VOWEL EQUATIONS
- IN THE INFLEXIONAL MATERIAL FROM PYLOS :

ATHENS, 28 SEPT 51

THESE 51 SIGNS MAKE UP 90% OF ALL SIGN OCCURRENCES IN THE PYLOS SIGNGROUP INDEX. APPENDED FIGURES GIVE EACH SIGN'S OVERALL FREQUENCY PER MILLE IN THE PYLOS INDEX.	Impure ending, typical syllables before -𐀀 & -𐀁 in Case 2c & 3		Pure ending, typical nominatives of forms in Column 1		Includes possible "accusatives"		Also, but less frequently, the nominatives of forms in Column 1			
	THESE SIGNS DON'T OCCUR BEFORE -𐀂-		THESE SIGNS OCCUR LESS COMMONLY OR NOT AT ALL BEFORE -𐀂-							
	MORE OFTEN FEMININE THAN MASCULINE ?		MORE OFTEN MASCULINE THAN FEMININE ?				MORE OFTEN FEMININE THAN MASCULINE ?			
	NORMALLY FORM THE GENITIVE SINGULAR BY ADDING -𐀃			NORMALLY FORM THE GENITIVE SINGULAR BY ADDING -𐀄						
	vowel 1	vowel 2	vowel 3	vowel 4	vowel 5					
pure vowels ?	𐀅 30.3				𐀆 37.2					
a semi-vowel ?				𐀇 34.0	𐀈 29.4					
consonant	𐀉 14.8	𐀊 32.5	𐀋 21.2	𐀌 28.1	𐀍 18.8					
2	𐀎 19.6	𐀏 17.5			𐀐 13.7					
3		𐀑 9.2		𐀒 3.3	𐀓 10.0					
4	𐀔 17.0	𐀕 28.6			𐀖 0.4					
5	𐀗 17.7	𐀘 10.3		𐀙 4.1	𐀚 10.2					
6	𐀛 7.4	𐀜 20.5		𐀝 14.8	𐀞 14.4					
7	𐀟 4.1	𐀠 44.0								
8	𐀡 6.1	𐀢 6.1		𐀣 13.5	𐀤 15.2					
9		𐀥 33.1		𐀦 32.3	𐀧 2.4					
10	𐀨 22.2		𐀩 38.2	𐀪 3.5	𐀫 2.2					
11	𐀬 31.2	𐀭 33.8	𐀮 34.4	𐀯 8.3	𐀰 0.7					
12	𐀲 17.0			𐀳 37.7	𐀴 24.0					
13		𐀶 9.4	𐀷 14.2							
14	𐀹 5.0									
15	𐀺 12.6									

MICHAEL VENTRIS

LINEAR B SYLLABIC GRID

THIRD STATE : REVIEW OF PYLOS EVIDENCE

FIGURE 11
WORK NOTE 17
20 FEB 1952

SMALL SIGNS INDICATE UNCERTAIN POSITION. CIRCLED SIGNS HAVE NO OBVIOUS EQUIVALENT IN LINEAR SCRIPT A.

POSSIBLE VALUES		VOWELS	-i ? -a ?	-o ? -e ?	-e ? -u ?			-a ? -i ?	VOWEL UNCERTAINTY
CONSONANTS			v 1	v 2	v 3	v 4	v 5		
PURE VOWEL ?	—		𐀀					𐀁	
j-?	c 1				𐀂			𐀃	
s-? v-? θ-? c-?	c 2		𐀄	𐀅	𐀆	𐀇	𐀈	𐀉	
z-? p-?	c 3		𐀊		𐀋			𐀌	𐀍
š-?	c 4		𐀎	𐀏	𐀐			𐀑	
t-?	c 5			𐀒				𐀓 𐀔	
t-?	c 6		𐀕	𐀖	𐀗				𐀘
θ-? r-?	c 7		𐀙	𐀚	𐀛			𐀜	
n-?	c 8		𐀝	𐀞	𐀟			𐀠	
f-?	c 9		𐀡	𐀢	𐀣			𐀤	
h/x? θ-?	c 10			𐀥	𐀦			𐀧	𐀨
r-? l-?	c 11		𐀩		𐀪			𐀫	𐀬
l-?	c 12		𐀭	𐀮	𐀯			𐀰	𐀱
v-? r-?	c 13		𐀲		𐀳			𐀴	
c-?	c 14				𐀵				
m-?	c 15			𐀶	𐀷			𐀸	𐀹
OTHER CONSONANTS			𐁀 𐁁		𐁂 𐁃				

Que représente ce tableau et comment fonctionne-t-il ? Et quelle relation la *Grid*-tableau entretient-elle avec le « déchiffrement » ?

Cette *Grid* consiste en un tableau de 15 lignes et 5 colonnes (figures 4 et 5), dans lequel les syllabogrammes du linéaire B trouvent chacun une place, dans les cases qui y prennent forme selon des entrées qui représentent la question des valeurs linguistiques dont ces signes sont porteurs et qui est propre au déchiffreur. Nous retrouvons là tous les éléments d'une définition désormais classique d'un tableau : « une manière de disposer des nombres, des mots ou tout autre élément sous une forme claire et ramassée, de façon à présenter un ensemble quelconque de faits ou de relations distinctement et globalement, pour la commodité de l'étude, du calcul ou des références. »¹⁰ L'étude de Ventris visait à découvrir la langue cachée derrière les signes et à trouver la valeur phonétique de chaque syllabogramme mycénien : programme même de tout déchiffrement, qui réalise la substitution entre plan graphique et plan linguistique et explicite ainsi l'ajustement originel entre signes écrits et langue.

Sur la base des documents à sa disposition¹¹, en partant des caractéristiques textuelles, de leurs occurrences et de la fréquence d'apparition des signes dans les groupes, et en s'appuyant sur une série d'hypothèses relatives au syllabaire (CV, V), à la structure de la langue (flexionnelle), et à sa grammaire (variation vocalique du radical), Ventris a disposé les signes mycéniens à l'intérieur des cases du tableau¹².

Comme chaque signe du linéaire B (syllabaire ouvert) était censé noter une syllabe composée d'une consonne suivie par une voyelle ou d'une voyelle seule, les lignes et les colonnes du tableau représentent et organisent ces éléments. Les cinq colonnes du tableau représentent cinq voyelles (v1, v2, v3, v4, v5), et son organisation suit la composante vocalique de chaque syllabogramme ; les lignes, au contraire, représentent des consonnes (c1 à c15) et donnent à voir la composante consonantique des syllabes notées.

À l'intérieur de la *Grid*, chaque syllabogramme du linéaire B peut ainsi devenir une syllabe abstraite et recevoir un « nom théorique », en dehors

10. Jack Goody, *La raison graphique*, op. cit., p. 110.

11. L'étude de Ventris portait sur les tablettes connues (et non nécessairement publiées) de Cnossos et de Pylos.

12. Rappelons que Ventris a perfectionné et employé une *Grid*-tableau conçue précédemment par Alice Kober. Nous n'insisterons pas ici sur cet aspect et nous renvoyons, pour plus d'approfondissements, à notre thèse de doctorat : *Mycénologues et Mycéniens. Tracer, écrire, lire et inventer le linéaire B*, Université Paris 8 – LAS, 2010 [à paraître].

de toute langue naturelle, selon les coordonnées propres à l'espace graphique qui le contient. Le signe à la ligne 6 et à la colonne 1, par exemple, correspond à une syllabe formée par la consonne de numéro 6 et par la voyelle de numéro 1 et vient donc s'appeler c6-v1 ; selon le même principe, le signe à la ligne 9 et à la colonne 1 s'appelle c9-v1. Ces deux syllabogrammes partagent la même voyelle (v1) mais sont caractérisés par une consonne différente (c6 et c9). Les signes censés noter une syllabe composée par une voyelle seule ne trouvent aucune correspondance dans les lignes, car l'élément consonantique est, dans ce cas, absent, et leur « nom théorique » est déterminé par la position qu'ils occupent dans les seules colonnes (c/-v de 1 à 5).

La fonction de la *Grid* était de ranger les signes mycéniens d'après les rapports qu'ils entretiennent dans les textes en tenant compte de leur fréquence, de leur nature, de leur fonction, des variations qu'ils présentent dans les groupes qu'ils composent, et enfin de leur alternance dans des contextes différents (graphique, textuel, archéologique) : c'est à partir d'hypothèses concernant tous ces aspects que les signes des tablettes ont été considérés comme un répertoire d'écriture, puis insérés dans les différentes cases du tableau. L'avantage de son emploi était de réaliser un jeu de « dominos » dans lequel les signes auraient trouvé une solution sur le plan d'une langue abstraite selon leur position : les noms-valeurs phonétiques théoriques auraient pu ainsi s'expliciter de façon conjointe et en respectant la cohérence imposée par les deux séries induites par le tableau, consonantique et vocalique, dans leur distinction. Par son fonctionnement, la *Grid* aurait ainsi, comme nous allons le voir dans les pages qui suivent, « contraint » le déchiffrement.

Après avoir disposé un nombre minimal de signes mycéniens sur ce tableau, il s'agissait, pour le mettre en fonction, d'y « insuffler » du son : tout d'abord, sur la base des analyses antérieures des signes d'écriture et des textes, Ventris proposa de considérer le signe qui apparaissait le plus souvent à l'initiale des groupes de signes (il s'agit du signe *08 du répertoire syllabique du linéaire B) comme une syllabe à voyelle seule – car dans la plupart des langues, les voyelles ne se suivent pas à l'intérieur des mots alors qu'elles figurent souvent comme sons initiaux. Il attribua à ce signe la valeur phonétique hypothétique et provisoire « a ».

Ensuite, il employa les syllabes « ti » et « na » notées par les deux signes qui avaient la même forme dans l'autre syllabaire égéen connu de la même époque, le syllabaire chypriote, faisant ici l'hypothèse que ces signes homomorphes pouvaient également partager leur valeur

phonétique. La mise en marche de la *Grid* fut ainsi réalisée avec ces trois syllabes : « a », « ti » et « na ».

Or, le signe du linéaire B de même forme que le signe qui se lisait « ti » dans le syllabaire chypriote se trouvait dans la case c6-v1. Tous les signes qui se trouvaient dans la colonne 1 devaient, par conséquent, comporter l'élément vocalique « -i », alors que tous ceux qui appartenaient à la ligne 6 acquéraient « t- » comme élément consonantique. De même, à partir du signe qui valait « na » dans le syllabaire chypriote, et qui occupait la colonne 5 et la ligne 8, les signes de mêmes coordonnées, sur les colonnes et sur les lignes, se trouvaient être nommés avec une syllabe en « n- » et en « -a ».

Le tableau, outil du déchiffreur, avait produit la réaction en chaîne attendue : les cases se remplissaient automatiquement, et les signes pouvaient faire place à des syllabes probables, disjointes en leurs composantes vocalique et consonantique selon les séries atteintes par l'expérimentation. Cela confortait nombre d'hypothèses émises auparavant : par exemple, celle concernant le signe à voyelle seule, « a », dont la position, sur la même colonne que le signe pour « na », se trouvait confirmée par cette première application. Quelques signes du linéaire B avaient désormais un « nom », non plus fait de coordonnées spatiales et exprimé dans la « langue du tableau », mais fait de sons.

La *Grid* permettait donc de « lire » les signes disposés en son intérieur, mais pour en faire un dispositif de découverte de la langue, il était nécessaire de la mettre à l'épreuve de mots.

S'appuyant sur les parallèles possibles entre les documents mycéniens et les documents comptables proche-orientaux (et en particulier ceux d'Ougarit qu'il avait étudiés en détail), Ventris émit l'hypothèse que certains groupes de signes représentaient des noms de lieux : en divers textes écrits en linéaire B, ces groupes de signes semblaient reprendre, et dans le même ordre, ce qu'on savait être, en ougaritique, des toponymes suivis de listes de denrées. Ces toponymes servirent donc de banc d'essai : tout comme les anthroponymes, ils ont la propriété de se conserver au fil des siècles et de peu varier d'une langue à une autre, se prêtant ainsi parfaitement à l'expérimentation¹³.

La toponymie de la Crète du premier millénaire était d'ailleurs bien connue, et les noms de lieux que l'on pouvait s'attendre à lire sur les

13. Les noms propres inscrits dans les cartouches des textes égyptiens jouèrent le même rôle dans le déchiffrement des hiéroglyphes.

tablettes de Cnossos pouvaient être : Cnossos, le Palais, Amnisos, le port le plus proche, et Tyliossos, un autre centre non loin. Or, un groupe de signes apparaissait à plusieurs reprises sur les tablettes, et souvent à la même position. Il commençait par le signe *08, dont Ventris supposait qu'il avait la valeur phonétique « a ». Ventris tenta donc le nom du port « Amnisos », escomptant une notation de type syllabique : « a-mi-ni-so ».

Le premier signe du groupe devait donc être un « a » (dans la *Grid* : c5) ; le deuxième un « mi » (c9-v1) ; le troisième un « ni » (c8-v1) ; enfin, le dernier devait représenter le son « so » (c7-v2). Cette disposition montrait que le signe c9-v1 et le signe c8-v1 partageaient la même voyelle : « -i »¹⁴. À partir de cet essai, le signe c7-v2 engendrait une nouvelle série consonnante en « s- » et une nouvelle série vocalique en « -o ».

Non seulement Ventris put reconnaître et lire les noms de Cnossos (sous la forme écrite : « ko-no-so ») et Tyliossos (sous la forme : « tu-li-so »), mais, par la même opération, il réussit à remplir le tableau avec des nouveaux signes, à ajouter des nouveaux noms-valeurs phonétiques et à leur substituer certains signes déjà représentés dans les cases du tableau.

Cependant, les toponymes ne peuvent pas fournir d'indications sur la langue notée, car deux langues différentes peuvent avoir des sons en commun : il fallait donc passer du plan phonétique au plan lexical et extraire du tableau les noms communs propres à une et une seule langue, celle qui, notée dans l'écriture linéaire B, aurait permis à la fois de lire et de comprendre les écrits mycéniens.

Ventris appliqua le procédé d'analyse textuelle employé pour les noms de lieux aux groupes de signes devant les chiffres ou à côté des idéogrammes, et qui pouvaient vraisemblablement représenter des noms de denrées. Dans les mots que la *Grid* lui permit de lire, « ko-wo », « ko-wa » et « to-so », notés dans une graphie difficile et « déformés » à l'intérieur d'une structure syllabographique, Ventris put immédiatement reconnaître la langue : *kouros*, « garçon », *koure*, « fille », *tosos*, « total », tellement ces mots *sonnaient* comme du grec¹⁵.

14. Ces exemples permirent de déduire une règle propre au syllabaire et à la notation de la langue : les groupes consonantiques de la langue se trouvaient distribués en deux syllabes dans lesquelles la consonne était à chaque fois celle composant le groupe et la voyelle celle qui apparaissait après le groupe de consonnes. Ventris ne s'occupa guère du « s » final du mot grec *Amnisos*.

15. Le fait que la langue notée par les documents mycéniens ait été une langue connue et non pas isolée doit être remarqué.

LE PROCESSUS DE DÉCHIFFREMENT ET L'ÉCRITURE

La *Grid* illustre parfaitement le caractère novateur du déchiffrement du linéaire B et témoigne parfaitement d'une méthode interne et combinatoire, tout en explicitant les hypothèses et la procédure.

Contrairement aux autres déchiffreurs qui, partant d'une hypothèse de langue, procédaient par essais et erreurs jusqu'à l'obtention d'un ajustement constant entre signes et langue, Ventris ne s'est appuyé sur aucun texte bilingue ou digraphe, pas plus qu'il n'eût besoin de savoir *a priori* quelle langue se cachait derrière l'écriture étudiée. Comme Ventris d'abord, puis Ventris et Chadwick, le soulignèrent dès les premières présentations du déchiffrement, la solution grecque s'imposa d'elle-même, car c'était la *Grid* qui avait contraint des signes muets à parler.

En effet, dans la *Grid* et grâce à elle, Ventris a croisé un ensemble hétérogène de données : des séquences de signes à la forme de chaque signe, de la nature des écrits aux occurrences des groupes graphiques, de documents aux mots de la langue qui pouvaient les composer. Il a ainsi pu dégager la structure sous-jacente de l'écriture et identifier les schémas de fonctionnement dissimulés dans les textes mycéniens. C'est donc sur la base de faits attestés mais en partant d'un point de vue théorique qu'il appliqua son dispositif. C'est pour cela qu'on parle de méthode « interne » ou « combinatoire » : dans l'espace réalisé et organisé par la *Grid*, c'est tout l'ensemble des données qui peut être disposé. La *Grid* permet de cartographier les rapports entre les signes et finalement de dévoiler leur système.

Si on entend par déchiffrement le procédé à travers lequel l'ajustement entre signes et langue se réalise dans le but de restituer en clair les textes et ainsi de les rendre lisibles et compréhensibles dans une langue, la *Grid* représente et réalise cet ajustement et équivaut ainsi au déchiffrement proprement dit. La relation que la *Grid* entretient avec le déchiffrement et celle qui la lie avec son tableau sont donc les deux facettes d'un même dispositif. La *Grid*-tableau garantit un effet de visualisation et de mise en référence et, à la fois, consiste en une matrice de réflexion, d'accompagnement et de vérification¹⁶.

16. Bruno Latour, « Le topofil de Boa-Vista. La référence scientifique : montage photo-philosophique », *Raisons pratiques*, n° 4, *Les objets dans l'action*, 1993, p. 187-216. Là réside une différence intéressante entre la mise en référence dont parle Latour pour la boîte noire qu'il décrit, pour laquelle il y a un mode opératoire d'application toujours valable, et le dispositif *Grid* dans le déchiffrement du linéaire B, qui, au contraire, nécessite pour sa mise au point une série d'opérations qui nous semblent relever plutôt d'une matrice.

Ce dont l'histoire de la *Grid* rend compte. La *Grid* de l'article "Evidence..." (figure 2) peut être regardée du point de vue du résultat du déchiffrement : la substitution des signes mycéniens ; les *grids* des *Work Notes* (1, 15 et 17) en constituent les « brouillons » (figures 3, 4 et 5) et montrent davantage la substitution en train de se faire ainsi que les enjeux de ce qui, autrement, apparaîtrait comme une simple table de signes. Elles constituent non seulement des essais de déchiffrement, mais aussi des « essais de tableaux » : trois stades du même travail qui montrent les arrangements et les précautions de Ventris, et comment il circulait entre les signes et sa *Grid*. Plusieurs résultats scandent, en effet, les étapes d'utilisation de la *Grid* au regard du déchiffrement du linéaire B. Au moment où Ventris systématise les données, il analyse aussi le répertoire mycénien, les occurrences et variantes des signes : l'écriture linéaire B existe comme écrit, et la langue cachée existe comme système linguistique. Ne manque que la notation de la langue mycénienne par l'écriture linéaire B.

En particulier, certaines valeurs phonétiques de consonnes et de voyelles avaient été attribuées par Ventris de façon provisoire sur la base des occurrences des signes et de leur fréquence ; ce que montrent les annotations en marge de ses *grids* de travail : ces hypothèses, externes au tableau et étrangères à son fonctionnement interne, constituent des éléments à prouver *et* des données à traiter.

Les étapes successives de l'expérimentation proprement dite illustrent ce propos : le premier essai de substitution avec les valeurs phonétiques « a », « ti », « na » ; la mise en relation de la position des signes dans les groupes (ou de la forme de leur tracé) avec des valeurs phonétiques ; la dénomination théorique des signes mycéniens ; la mise à l'épreuve des noms-sons obtenus avec les noms de lieux ; enfin la confrontation des noms-sons aux mots courants d'une langue où ils font sens. Ces étapes montrent comment s'opère le passage du plan de l'écrit à celui de l'écriture, puis du plan de l'écriture à celui de la langue dans la dialectique instaurée par le déchiffreur Ventris entre les signes mycéniens et les valeurs phonétiques que les lignes et les colonnes de la *Grid* autant que les lettres de l'alphabet donnent à voir.

Outil de déchiffrement, par la substitution des signes avec les sons de la langue, la *Grid* est aussi aux mains de Ventris un instrument de vérification de son propre raisonnement. Les éléments qu'elle organise se trouvent être appréhendés comme des moyens, des objets d'analyse, des résultats selon que l'on considère sa structure ou son fonctionnement, la substitution qu'elle opère ou l'objet de celle-ci.

L'écriture, la langue des anciens Mycéniens et le déchiffrement se trouvent tous inscrits dans le tableau de Ventris, le long des coordonnées qui en tracent l'espace, selon les lignes et les colonnes qui en assurent la structure, dans les cases qui s'y dessinent et les signes anciens qui s'y trouvent copiés. Le tableau permet de considérer les éléments traités distinctement et globalement, et ces deux niveaux correspondent aussi aux deux plans de prise et de traitement qui intéressent Ventris et tout déchiffreur : la langue et l'écriture.

La *Grid* en rend compte et les engendre à la fois.

Il est donc nécessaire de distinguer entre le déchiffrement comme événement achevé – son résultat – et le déchiffrement comme processus de connaissance. Car il y a bien deux temporalités distinctes et complémentaires : la première, particulière et complexe, suit les moments de mise en forme et en application du tableau ; la seconde se déploie quand le tableau donne le résultat recherché. Or cet aspect temporel s'accompagne d'un processus de traduction des questions et des hypothèses qui, à chaque étape, se trouvent résolues et synthétisées à l'intérieur des cases de la *Grid*. Jusqu'à ce que l'ensemble du processus soit entièrement pris en charge par le dispositif, qui aura finalement profité de trois effets : d'accumulation (quantité), de cumulation (qualité) et d'accélération.

Ventris procédait sur deux terrains à la fois : celui des documents et des signes écrits ; et celui de la théorie, entre linguistique et écriture. C'est sur ces deux plans que la relation entre la *Grid* et le déchiffrement peut être explicitée : les deux dimensions du tableau se trouvent en effet redoublées par celles inhérentes à sa construction (théorie et modèle de l'écriture et théorie et modèle de la langue) et par celles propres à son contenu (les signes écrits mycéniens, constitués en répertoire graphique).

Non seulement le tableau confère aux données, une fois classées, des caractéristiques nouvelles, mais il permet d'opérer concrètement la transformation des données graphiques en données linguistiques. Enfin, il expose géométriquement les catégories sur lesquelles il s'appuie : l'alphabet complet, qui distingue consonnes (lignes) et voyelles (colonnes) en même temps qu'il permet de les agencer en des syllabes. Ainsi, la charpente graphique de la *Grid* permet d'identifier comment l'écriture-système et la notation de la langue émergent autant qu'elles s'ajustent. Et nous pouvons ajouter : elles se superposent.

Tout déchiffrement mène à la langue cachée derrière les signes. Souvent il est confondu avec son résultat. « Déchiffrement des écritures » ou « déchiffrement des langues » : ces deux expressions, souvent

interchangeables, rendent bien compte d'un état de fait. Déchiffrées, comprises, lues, les écritures anciennes apparaissent comme déjà là au moment du déchiffrement, tracées sur les documents qui en attestent l'existence, et le véritable exploit du déchiffreur passe par la découverte de la langue. Ainsi, on entend le plus souvent par déchiffrement une procédure qui porte *sur* l'écriture et mène à la langue.

L'analyse de la *Grid* permet d'appréhender au contraire comment le déchiffrement consiste en un processus d'analyse portant à la fois sur les documents et les textes, les signes écrits et l'écriture, la langue et les faits de langue. Ceci nous invite à mettre en perspective la notion de « déchiffrement » ainsi que celle de « modèle interne », le plus souvent mis en avant dans le cas du linéaire B à l'égard du résultat, d'une part, et des objets pris en considération pour l'obtenir, d'autre part.

C'est dire alors que la relation entre la *Grid* et le déchiffrement du linéaire B est exemplaire dans sa singularité : au regard des déchiffrements des écritures anciennes comme au regard de la définition et de la description de l'écriture.

par Paul Mathias

++++
« *EST-CE QUE YOU
ESCRIBES BINARIO,
MIJN FREUND ?* » OU
« LE PARADOXE DU
SCRIPTEUR ILLETTRÉ »
++++

« *EST-CE QUE YOU ESCRIBES*
BINARIO, MIJN FREUND ? »
OU « LE PARADOXE DU
SCRIPTEUR ILLETTRÉ »

Nos pratiques réticulaires sont avant tout des pratiques intellectuelles de lecture et d'écriture, qui mobilisent des codes superposés et complexes¹. Les requêtes que nous lançons sur l'internet et les actions informatiques que nous y entreprenons sont traitées par nos machines qui mobilisent à leur tour des langages divers et une écriture transparents, du moins aux yeux de l'utilisateur ordinaire.

Le paradoxe de cette « littératie », comme on l'appelle, est que nous sommes pour ainsi dire ignorants de toute sa morphologie, de sa syntaxe, en deux mots de sa grammaire et de sa rhétorique.

ÉCRIRE

Qu'est-ce donc qu'écrire, quand on ne sait pas écrire ni, à la lettre, ce qu'on écrit ? Nous sommes réunis sous le signe de Jack Goody, c'est-à-dire sous le signe de l'écriture caractérisée comme « technologie de l'intellect ». Cette manière de considérer l'écriture n'implique pas que nous ayons besoin d'écrire pour développer notre intelligence – ce qui en réalité n'est pas douteux et ne fait pas vraiment problème – mais plutôt que la façon dont nous écrivons détermine la façon dont nous pensons et, par conséquent, développons effectivement nos savoirs et, en même temps, notre intelligence et la complexité de notre rapport au monde.

Les pratiques informatiques et, plus précisément encore, les pratiques réticulaires, mobilisent à de très divers niveaux nos compétences linguistiques et de scripteurs. Nous avons besoin de connaître les protocoles de fonctionnement de nos logiciels, de connaître les procédures de lancement ou tout simplement de mise en fonction de nos ordinateurs ou de

1. Ce texte est disponible en ligne : < <http://diktyologie.homo-numericus.net/spip.php?article78> > (consulté le 10 mars 2012).

nos « assistants digitaux », etc. Et cette « connaissance » n'est pas seulement pratique, elle est bien sémantique, comme en atteste la résistance des novices aux procédures informatiques, non parce qu'ils sont malhabiles, mais parce qu'ils peinent à comprendre ce dont ils ne connaissent pas (encore ?) la syntaxe.

Nous en remettrons à cet égard au confort des interfaces graphiques pour expliquer le succès de l'ensemble de nos opérations, c'est éluder le problème que nous rencontrons ici. En vérité, les mouvements de la souris et l'usage des « menus » recouvrent des instructions, et celles-ci mobilisent en sous-main des langages que nous utilisons et que, pourtant, nous ne connaissons pour la plupart pas du tout – la plupart de ces langages, et la plupart d'entre nous. Autrement dit : parce que nos usages sont des usages de traçage et d'écriture – nous joignons des points et traçons des segments, partant, nous écrivons –, nous devons reconnaître que nous nous exprimons dans des langues dont nous maîtrisons sans doute à peu près les effets, c'est-à-dire l'efficace pratique, mais dont nous ne connaissons ni véritablement la morphologie, ni réellement la syntaxe – dont nous éprouvons seulement les effets : écrire, c'est manipuler, tester, scribouiller, « bidouiller » !

Disons autrement : le milieu informatique que nous fréquentons « naturellement » nous place dans cette situation très étrange où le succès de nos opérations techniques coïncide avec l'ignorance de ce que nous faisons – la langue informatique étant la première langue que nous sachions écrire et en quelque sorte parler sans rien connaître de ses structures de base ni de ses contraintes morphologiques et syntaxiques !

ANATOMIE D'UNE IGNORANCE

+++++
Notre première préoccupation sera de décrire le « complexe transparent » que constituent pour nous le langage informatique et son parler quotidien.

Soit donc une page Web – en l'occurrence la page d'accueil de Radio France internationale, une page « grand public » qu'il est possible de décrire en ces termes :

1. Elle est principalement composée d'un texte, mais aussi de quelques images, et elle renvoie à des « objets » de nature différente, et notamment à du son ou du moins à des pages qui permettent d'accéder à du son. Elle est donc « multimédiatisée » et constitue ainsi un espace graphique où s'entremêlent des rhétoriques très diverses (son, image, texte). Ce qui signifie que si l'écriture réelle en est fondamentalement isomorphe (c'est de

part en part du code), l'écriture apparente en est polymorphe, puisqu'elle est écrite en texte autant qu'en images, en couleur autant qu'en sons, etc.

2. Maintenant, c'est une page Web et donc, effectivement, composée en langage HTML (même si d'autres langages peuvent s'y adjoindre, comme le PHP ou le XML – mais ne compliquons pas inutilement le propos). Le rôle du « navigateur » est ainsi de traduire de façon transparente, c'est-à-dire invisible, un langage technique dans un autre qui ne l'est pas, et de convertir le rigorisme du langage informatique dans les approximations de l'intuition sensible, principalement visuelle. Ce qui permet d'inférer la dissymétrie suivante : il est permis d'espérer que le logiciel puisse traduire tout ce qu'on veut dire, mais, en toute rigueur, nous ne pouvons dire / écrire que ce que le logiciel peut lui-même traduire. Dissymétrie dont attestent la variété des navigateurs et les différences de rendu des uns et des autres. Pour dire vite : les opérations HTML ne sont lisibles que sous couvert du traitement que peut en faire le navigateur, dont le code et les fonctionnalités deviennent dès lors, eux-mêmes, essentiels.

3. Précisément : le « navigateur » est une espèce de traducteur dont nous avons besoin pour écrire et pour lire. Ni la lecture ni l'écriture ne forment des gestes immédiats – ce qui pourrait se dire de n'importe laquelle de leurs formes – mais, en l'occurrence, de surcroît, les médiations nécessaires à leur accomplissement sont « surmédiatisées » par les opérations transparentes du « navigateur ». Or, le « navigateur » ne peut lui-même fonctionner qu'à la condition d'un système opératoire avec lequel il est compatible et qui en est la condition « linguistique » sous-jacente. Le traducteur n'est rien – c'est-à-dire ne fait rien – s'il ne repose sur des couches logicielles le rendant lui-même opérationnel. Mais, à vrai dire, le système opératoire n'est en l'occurrence fonctionnel que pour les deux raisons solidaires que voici :

- parce qu'il parle le langage binaire de la machine appropriée (Mac, PC, Amstrad, etc.) ;
- parce qu'il parle le TCP/IP² et qu'il n'est qu'à cette seule condition ouvert sur le cyberspace, dont il doit également « parler / traduire » le langage.

La leçon à tirer est qu'il ne faut manifestement manipuler pas moins de six langues pour pouvoir écrire « *Hello World* » sur le Web ! Il s'agit : 0) de la langue naturelle ; 1) du HTML ; 2) de la langue dans laquelle le

2. TCP (*Transfer Control Protocol*) et IP (*Internet Protocol*) définissent des règles de fonctionnement des réseaux.

navigateur est lui-même conçu (qui peut varier du Basic au Java, etc.) ; 3) de la langue du système opératoire (Mac, PC, etc.) ; 4) du TCP/IP qui garantit la publicité du propos ; 5) et enfin du binaire qui gère les transferts d'électrons et traduit matériellement les calculs de la machine.

Ces langues informatiques, que nous parlons et écrivons avec succès, sont des langues que nous ignorons, ou en tout cas que nous pouvons presque totalement ignorer.

Qu'est-ce, par conséquent, qu'« écrire et parler une langue dont on ne sait rien » ? Qu'est-ce que cela implique en termes de réflexivité, c'est-à-dire en termes de compréhension de ce qu'on fait et de ce qu'on dit ? Autrement dit : qu'est-ce qu'écrire et qu'est-ce que parler, quand de l'effectivité de l'écrire et du parler nous ne savons rendre raison de rien, ou presque, de ce que nous manipulons, organisons, et ainsi signifions ?

BÉNÉFICES D'UN DÉFICIT

+++++

Pour répondre à ces questions, peut-être faut-il quitter le monde des ignorants et s'adresser à celui qui sait, c'est-à-dire à l'informaticien. De l'informaticien, il est permis de supposer qu'il sait de quoi il parle parce qu'il sait *comment* il parle, puisqu'il sait écrire ce par quoi il parle : des programmes informatiques. Le privilège de l'informaticien sur le profane est flagrant. Le mauvais esprit demandera-t-il, malgré tout, si l'informaticien connaît les langues qu'il manipule ? De toute évidence, lui répondra-t-on. Et l'on ajoutera, au crédit de l'informaticien, que la programmation peut être une activité d'écriture tout à fait étonnante et qui admet des variations qui ne doivent rien à ce qu'on suppose être la froide linéarité de la programmation et du calcul. Car il n'y a pas plus de formulation unique en programmation qu'il n'y en a en littérature ou en politique. Il peut y avoir une beauté du programme comme il y a une beauté de la formule rhétorique. Et cette élégance a même le tact de ne pas se laisser voir : ce n'est pas une élégance visible (au niveau de l'interface graphique par exemple) mais une élégance fonctionnelle (au niveau de l'opérativité et notamment des cycles mobilisés).

D'où il est permis de conclure ceci, qu'en informatique, « dire c'est faire », c'est-à-dire frayer des voies, les plus économiques possibles, pour les électrons ! Et ceci encore : qu'il y aurait deux mondes informatiques, celui du profane et de l'ignorant, et celui de l'informaticien et du savant. Hétéronomes et fermés l'un à l'autre.

Mais une question soudain ressurgit : pourquoi les « bugs » ? Comment sont-ils possibles et pourquoi ne disparaissent-ils jamais ? Parce que l'informaticien écrit et parle mal ? Non, mais parce que les « bugs » paraissent inexorablement inscrits au cœur même des procédures et de la construction des programmes, comme s'ils étaient radicalement inéliminables.

C'est, à mon sens, a) que les langues informatiques sont absolument *complexes*, c'est-à-dire systématiquement inter-rétroactives – le mot est ancien et d'Edgar Morin ; et b) qu'elles sont du même coup fondamentalement *indisponibles*, c'est-à-dire irréductibles au schéma d'un enchaînement simple et univoque. Une autre façon de comprendre ce phénomène est de s'y prendre par voie métaphorique et de dire que la complexité du monde informatique, même au « simple » niveau d'une connexion d'une machine à un réseau d'autres machines, est proche de celle du vivant, avec le rapport à son milieu, les effets de retour qu'il subit, sa transformation, etc.

On pourrait donc estimer que, dans le meilleur des cas, le privilège de l'informaticien est celui d'une maîtrise architectonique de son propre rapport à l'indisponibilité de la matière linguistique qu'il manipule : pour le moins, il est ordonné. Mais nous, alors ?

Eh bien nous, nous sommes confinés dans des rhétoriques locales : l'un maîtrise PHP, l'autre « bidouille » HTML, nos compétences linguistiques sont des cristallisations très restreintes (malgré les variations) du parler informatique. En ce sens, quoi que nous fassions sur le plan informatique, nous ne savons paradoxalement jamais ce que nous faisons. L'informatique est donc une technique intellectuelle qui maintient ses opérateurs en déficit par rapport à elle-même, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une technique où l'excellence ne coïncide jamais avec la maîtrise, mais seulement avec l'efficacité ; et où le sens ne coïncide jamais avec la connaissance de sa grammaire, syntaxe et morphologie, mais avec des effets produits, c'est-à-dire avec une efficace fonctionnelle. Figure nouvelle des disciplines informatiques : leurs langues en font une discipline d'« inscience » !

**I SPRECHE PEU L'INFORMATICO,
ICH HABLO MALE LA COMPUTER-SCIENCE**

+++++
Faut-il en conclure à une acculturation informatique plus ou moins larvaire, subreptice, souterraine, dissimulée par les succès effrayants des pratiques informatiques ? ou bien à la confiscation opérationnelle des

langues informatiques, pour des motifs tantôt sécuritaires et tantôt économiques, quand ce n'est pas les deux à la fois ?

J'aurais plutôt tendance à observer les atermoiements d'une pensée de l'essai. Et l'envie d'y deviner quelque chose de notre destin intellectuel. Écrire et parler, c'est s'essayer à écrire, et parler, à redire, reprendre, altérer, effacer, répéter, etc. La langue informatique est peut-être la première que nous parlions (tant bien que mal) sans pouvoir jamais avoir la présomption de la connaître et d'en connaître les possibilités, la présomption de la maîtriser vraiment. Elle est à cet égard emblématique de ce que peut être une expérience existentielle et vivante de la langue, espace inappropriable d'une multitude de sens dont nous ne sommes plus les maîtres aussitôt que nous les avons conçus et exposés.

En ce sens, notre parler technologique est-il si différent de notre parler naturel ? Après tout, que signifie exactement : « L'Azur ! l'Azur ! l'Azur ! l'Azur ! » ?

par Michael Heim

traduit par Anne Robatel

+++++

APPRENDRE À NAVIGUER
ENTRE LES LIVRES,
LES ORDINATEURS
PORTABLES ET
LA DISCUSSION EN
FACE-À-FACE

+++++

APPRENDRE À NAVIGUER ENTRE LES LIVRES, LES ORDINATEURS PORTABLES ET LA DISCUSSION EN FACE-À-FACE

Jack Goody s'est servi de la perspective des cultures pré-modernes pour appréhender plus clairement la relation entre langue orale et langue écrite ainsi que ses implications sur le développement social¹. Les découvertes de Goody soulèvent naturellement des questions au sujet du passage du langage typographié / imprimé à celui médiatisé par l'ordinateur et l'internet. L'utilisation des ordinateurs pour tous les aspects de la communication ne peut qu'affecter la réflexion sur l'état de la relation entre mots de l'oralité et mots écrits au ^{xxi}^e siècle. Alors que nous entreprenons cette réflexion, notre vision risque toutefois d'être obscurcie par la proximité que nous entretenons avec le sujet. Le tourbillon incessant du changement dans lequel sont pris les médias sociaux fait qu'il est difficile de voir clairement ce qui se produit. En abordant ce sujet, nous essayons de voir nos propres yeux en même temps que nous regardons. Aussi est-il particulièrement intéressant de porter notre attention sur le système éducatif – là où les compétences en matière de lecture, d'expression orale et d'écriture ne cessent d'être soumises à l'analyse et aux changements des programmes scolaires.

« *Il est en général dans la nature du progrès de sembler plus important qu'il ne l'est en réalité.* » Telle est la devise par laquelle Ludwig Wittgenstein choisit d'ouvrir son œuvre majeure, les *Investigations philosophiques*. L'aphorisme était emprunté au dramaturge autrichien Johann Nestroy, et à y regarder de près on s'aperçoit qu'il a plusieurs implications². Si nous considérons combien il est fréquent que les avancées modernes magnifient ce qui nous apparaît plus tard comme une déformation voire une

1. On retrouvera une partie de cet article dans *Policy Futures in Education* [en ligne] < <http://www.mheim.com/files/Shifting%20Focus.pdf> > (consulté le 10 mars 2012).

2. « *Überhaupt hat der Fortschritt das an sich, daß er viel größer ausschaut, als er wirklich ist.* » Voir l'article de Kevin Cahill, "The concept of progress in Wittgenstein's thought", *Review of Metaphysics*, septembre 2006 ; Cahill applique cette observation à plusieurs paradigmes dominants ainsi qu'à l'autocritique de Wittgenstein.

illusion, nous pourrions appliquer cette devise à notre propos : « À l'ère de l'information, les ordinateurs peuvent sembler plus importants qu'ils ne le sont vraiment. » Les pédagogues désireux de mobiliser les outils de l'information et les savoir-faire informatiques ont peut-être inconsciemment tendance à négliger les spécificités des situations d'apprentissage et les compétences qu'ils impliquent. Or, comme Wittgenstein ne cesse de le souligner dans ses *Investigations*, nous devons toujours « regarder » avant de plaquer des idées toutes faites ou des modèles sur une situation donnée³. Les êtres humains n'ont que trop tendance à adopter des modèles impeccables dont les roues tournent parfaitement mais qui ne parviennent pas à toucher le sol de la vie quotidienne. En examinant attentivement les situations, un observateur rigoureux s'aperçoit que l'éducation met en jeu un processus d'illumination et de compréhension sans cesse renouvelé.

Guidée par cette devise, ma présentation au colloque de 2008 à Lyon reposait sur une série de photographies montrant des activités de classe mobilisant des livres et des ordinateurs telles qu'elles se pratiquent dans la culture du xxi^e siècle. Le commentaire que j'en faisais tentait d'exprimer ce que je pense pouvoir percevoir dans notre flux actuel du langage oral et écrit. Bien que le passage de la conférence à la publication d'un article limite l'utilisation des images, je vais ici suggérer une partie de la situation et du contexte qui m'amenèrent à sélectionner certaines de ces photos. Toutefois, les mots posés sur le papier ne sont pas aussi efficaces que les images pour provoquer le choc de la reconnaissance que nous vivons quand nous remarquons, pour la première fois, des changements dans notre vie quotidienne. Il est en effet difficile de percevoir les habits culturels que nous portons.

L'INTERDICTION DES ORDINATEURS PORTABLES EN COURS

+++++

En novembre 1985, j'ai rejoint des éducateurs regroupés dans le California Educational Computing Consortium (Oakland, Californie) afin de plaider la cause de l'introduction des ordinateurs dans les salles de cours. Depuis, j'ai écrit plusieurs livres et articles au sujet de l'interaction informatique, allant jusqu'à soutenir que les écrans d'ordinateurs exercent une attraction quasiment érotique sur l'attention humaine (First Conference on

3. Parmi les nombreux exemples où Wittgenstein enjoint ses lecteurs de ne pas se laisser « aveugler par l'idéal et de ne pas se masquer l'application réelle », notons le paragraphe 100 des *Investigations philosophiques*.

Cyberspace, 1989)⁴. Pourtant, en janvier 2008, à l'université de Californie d'Irvine, cette fascination avouée ne m'a pas empêché de promulguer une interdiction d'utiliser les ordinateurs portables dans les classes où je fais cours à des jeunes étudiants du département des sciences humaines. Que signifie ce renversement ? Quelles sont les implications plus larges des tensions actuelles qui, dans le monde de l'entreprise comme dans le milieu éducatif, cherchent à trouver un équilibre entre communication par le biais des ordinateurs et communication en face à face ? Savons-nous évaluer correctement le pouvoir de l'attention et notre capacité à le maîtriser ? Et la façon dont nos sociétés contemporaines récoltent les produits de la technologie de l'information est-elle satisfaisante pour tous les publics ou n'est-elle profitable qu'à certains groupes ?

Le tournant est intervenu pour moi un jour où les 22 étudiants d'une de mes classes se répartirent en petits groupes pour discuter d'un classique de l'histoire de la planification urbaine (*The Death and Life of Great American Cities*, de Jane Jacobs). Une fois formés les groupes, d'environ cinq étudiants chacun, les discussions commencèrent. Dans chaque groupe, deux ou trois étudiants étaient assis derrière leur ordinateur. En quelques minutes, les corps de ces derniers commencèrent à s'écarter et à se détourner des autres membres du groupe. Ce déplacement perceptible semblait s'accroître de minute en minute, et chaque groupe paraissait en être affecté : l'attention de tous au débat se dispersait. Au fur et à mesure que la discussion se vidait de toute énergie, les autres étudiants se tournaient vers leurs sacs à dos pour y prendre leurs ordinateurs portables – en apparence, il s'agissait de vérifier des réponses ou de prendre des notes ; mais peut-être était-ce aussi une réponse à la démission des premiers membres du groupe devant l'effort requis pour se faire face, pour observer le langage corporel des autres et pour assumer ce que les théoriciens de l'éthique appellent « la responsabilité d'établir un contact visuel » avec Autrui. Il est possible que cet affaiblissement de la communication physique se fût produit avant 2008, date à laquelle il me sauta aux yeux pour la première fois, et il se peut que cela m'ait échappé parce que mon regard est souvent porté sur le poste informatique, qui constitue un élément essentiel de l'enseignement dans les « salles équipées »⁵.

4. Voir "The erotic ontology of cyberspace", in Michael Benedikt (dir.), *Cyberspace: First Steps*, Cambridge, The MIT Press, 1991, pp. 59-80. La première conférence sur le Cyberspace eut lieu à l'université du Texas (Austin) les 4 et 5 mai 1989. L'article donna lieu à un chapitre dans *The Metaphysics of Virtual Reality* (Oxford, Oxford University Press, 1993).

5. Soulignons à nouveau qu'il est nécessaire de *regarder* comment nos pratiques technologiques *s'incarnent*.

Dans les séminaires que je dispense aux étudiants de master, cette interdiction draconienne d'utiliser un ordinateur ne me semble pas nécessaire. Les étudiants avancés semblent, au contraire, friands des occasions qui leur sont données de participer à des discussions ; beaucoup d'entre eux utilisent leur ordinateur pour enrichir ces dernières grâce à leurs propres collections d'images et de diaporamas. En revanche, les étudiants nouvellement arrivés à l'université sont aujourd'hui issus d'une génération qui, dans sa grande majorité, a grandi avec le wi-fi, les messageries instantanées et la vidéo en ligne ; ils n'ont pas pleinement développé les habitudes qui leur permettent de communiquer en face-à-face dans une communauté intellectuelle. Leurs capacités d'attention ne semblent pas encore inclure la possibilité de circuler du livre à l'ordinateur portable en passant par la discussion en face-à-face – trois éléments qui participent à la construction d'une communauté intellectuelle. Il suffit de s'asseoir dans un amphithéâtre rempli de centaines d'étudiants en première année de licence et de contempler leurs écrans d'ordinateurs pour perdre toute illusion quant à une éventuelle influence positive des technologies de l'information sur l'expérience éducative : s'il est vrai que quelques étudiants prennent bien des notes de cours, la majorité des écrans affichent le dernier réseau social en vogue – MySpace hier, Facebook aujourd'hui. Le Solitaire de Microsoft conserve un bon score en toute saison, même si les messageries instantanées et le courriel sont indétrônables. Peut-on s'attendre à ce que les jeunes étudiants utilisent les outils informationnels pour enrichir leur « public » miniature dans la salle de cours avant qu'ils n'aient appris ce qu'est une communauté intellectuelle ? Et qu'induit ce déplacement de la capacité de concentration sur la façon dont de plus larges publics peuvent s'auto-organiser ?

Dans mon cas, l'interdiction de l'ordinateur portable ne résultait pas d'un besoin de contrôler davantage l'attention des étudiants. Il s'agissait plutôt de favoriser les conditions dans lesquelles une discussion authentique pourrait prendre place. Les étudiants ne devraient pas seulement arriver en cours en étant prêts à parler de William Shakespeare, Jane Austen, Toni Morrison, René Descartes et John Locke. Ils devraient aussi se montrer suffisamment disponibles et concentrés pour alimenter un débat au sujet de ces textes. Si, en sciences humaines, la véritable discussion à partir de lectures n'est pas quelque chose qu'on peut imposer de l'extérieur aux étudiants, la possibilité qu'une telle discussion se réalise nécessite une habitude particulière : celle de se montrer présents, disponibles les uns aux autres, de réussir à établir des contacts par le

regard, de trouver des moments de présence dans lesquels, comme l'a écrit Martin Buber, le « Je et le Vous » peuvent apparaître. La reconnaissance mutuelle, au sens kantien du terme, se réalise lorsque nous reconnaissons Autrui comme un agent libre et compétent, doté de pouvoirs interprétatifs autonomes. Sans ces conditions appropriées, une communauté intellectuelle ne peut prendre forme ; pas même une communauté intellectuelle embryonnaire telle que celle des jeunes étudiants, qui développent des compétences d'apprentissage et de communication élaborées. Les « humanités »⁶, comme l'a souligné Albert William Levi⁷, s'enracinent dans une triade constituée par la communication, la continuité et la critique. Ces activités doivent être pratiquées si on veut qu'elles se déploient dans les habitudes des citoyens engagés dans l'espace public. Pour le dire autrement, si elles ne sont pas enracinées dans un terreau de civilité, les graines des qualités humanistes ne peuvent croître.

Il se trouve que l'interdiction des ordinateurs portables avait trouvé des partisans bien avant que je ne l'adopte. Si vous cherchez dans Google les archives de *The Chronicle of Higher Education*, vous trouverez une controverse remontant à 2006 impliquant une professeure de droit à l'université de Memphis, June Entman. Cette dernière avait interdit les ordinateurs dans l'amphithéâtre où elle faisait cours au motif que « *les ordinateurs nuisent à l'établissement de contacts par le regard* ». « *C'est comme si on avait une barrière entre soi et les étudiants* », affirmait-elle. Entman justifiait son interdiction en la présentant non pas comme un outil favorisant les interactions entre les étudiants mais comme une façon de maintenir l'attention dans la relation professeur-étudiants. Ses étudiants, irrités par l'interdiction, firent circuler une pétition contre elle et allèrent jusqu'à porter plainte avec l'appui du barreau américain. L'affaire Entman alimenta un débat en ligne, auquel participèrent des professeurs favorables ou opposés à la politique d'interdiction des ordinateurs, et leurs raisons étaient variées. Mais dans tous les cas, l'enjeu essentiel de ces discussions était la relation entre l'étudiant et le professeur, et non l'interaction entre les étudiants eux-mêmes.

L'affaire des ordinateurs portables s'étend au-delà des couloirs de l'université. Peu de temps après mon changement de politique de cours, le problème fit son apparition dans la culture populaire à travers les dessins

6. Ndt : ici, « humanités » s'entend aussi en son sens français de formation classique étroitement liée à l'étude des langues et des littératures.

7. Albert William Levi, *The Humanities Today*, Bloomington, London, Indiana University Press, 1970.

de la série *Doonesbury* de G. B. Trudeau, où on peut voir des étudiants fainéants se livrer à des recherches sur Google pendant leurs cours. La planche montre un étudiant nommé Zipper qui utilise son ordinateur pour trouver les réponses aux questions posées par le conférencier, le professeur Atkins. Dans sa hâte de trouver les réponses en ligne, Zipper n'entend pas les questions qui lui sont adressées en direct et il faut qu'un autre étudiant lui souffle à l'oreille ces questions pour qu'il réagisse au défi que lui soumet en « temps réel » le professeur Atkins. Le décalage entre ce temps réel et le cyberspace peut finir par produire une forte dissonance. Les deux domaines interfèrent l'un avec l'autre, ce qui peut aussi produire une atmosphère fortement dysfonctionnelle. La télé-présence peut réduire la présence en réel, et les deux modes ne font pas toujours bon ménage, pas plus qu'ils ne se renforcent mutuellement. Conscient de cette dissonance, Zipper finit par éprouver de la frustration et choisit le cyberspace en affirmant : « *Si ça continue, je n'aurai jamais fini de consulter mes e-mails.* » Le dessin conclut sur une note satirique, qui déplore le manque d'harmonie entre le cyberspace et l'épaisseur de la présence dans le monde de l'ici et du maintenant.

Ce problème s'est également posé aux organisateurs de conférences en entreprise. Le manque d'harmonie s'étend au-delà du monde universitaire et révèle le hiatus entre présence réelle et télé-présence, téléphones portables et discussions en face-à-face, ordinateurs portables et présentations en temps réel. En fait, cette interférence a déjà choqué le monde des affaires. Souvent, les invitations aux conférences qu'envoie Yahoo à ses employés stipulent désormais qu'ils doivent « laisser leurs ordinateurs sur leurs bureaux » au lieu de les apporter avec eux⁸. Un blogueur du monde de l'entreprise, Jeremy Zawodny, écrit :

Je me demande ce que font les établissements éducatifs (pour autant qu'ils fassent quelque chose) et surtout les universités dans les premiers cycles pour s'assurer que cela ne devient pas un problème sur le lieu de travail puisque de plus en plus d'étudiants commencent à travailler à plein temps. Savent-ils mettre de côté leur ordinateur ou leur téléphone portable quand c'est nécessaire ? Le problème, c'est peut-être que les dirigeants de nombreuses entreprises donnent un mauvais exemple, par exemple lorsqu'ils s'engouffrent dans un hall sans quitter des yeux leur BlackBerry ou quand ils se promènent en

8. Voir le blog "New rules at the staff meeting: no laptops allowed" par Christopher Null de Yahoo Tech [en ligne] < <http://tinyurl.com/64tl7n> > (consulté en mars 2008).

*permanence coiffés d'un casque Bluetooth qui leur donne des allures de Borg*⁹.

On reconnaît ici la référence aux *cyborgs* de la série télévisée de science-fiction *Star Trek*, dans laquelle des humanoïdes cybernétiquement modifiés fonctionnent comme une entité collective interconnectée vivant à la façon d'une ruche. De façon analogue, le *Los Angeles Times* a publié dans ses pages *Affaires* du 31 mars 2008 un article de Jessica Guynn intitulé « Laptops in Silicon Valley » qui explique que l'interdiction des ordinateurs portables dans les réunions professionnelles témoigne d'un changement d'éthique, actuellement observé dans le secteur high-tech de San Jose/San Francisco. Même l'industrie informatique ne peut pas se permettre d'autoriser les ordinateurs à dominer toutes les situations d'entreprise.

CONCLUSION

+++++
Aujourd'hui, l'enseignement a tendance à beaucoup s'appuyer sur l'informatique. Les programmes éducatifs favorisent l'acquisition de compétences permettant de circuler d'un contexte à l'autre. Or, l'art de l'échange direct a joué un rôle important dans le gouvernement et l'organisation des sociétés démocratiques, et « avoir une bonne compréhension » de quelque chose suppose la capacité de communiquer ses connaissances. Le modèle cognitif dominant de l'information ne doit pas éclipser les compétences humaines qui font partie d'une éducation de qualité. Les ordinateurs doivent être replacés dans un contexte éducatif plus large. La politique d'interdiction de l'ordinateur portable en cours décrite dans cet article est une façon de reconnaître les limites du paradigme de l'information moderne. Cette approche postmoderne conserve une distance critique à l'égard des ordinateurs afin d'adapter l'information à la spécificité des situations d'apprentissage. Tout en mobilisant les ordinateurs, les éducateurs devraient évaluer ces spécificités et s'interroger sur la façon dont les ordinateurs peuvent réellement contribuer à l'apprentissage ainsi que sur les circonstances dans lesquelles cette contribution peut s'avérer enrichissante.

9. Voir le blog de Jeremy Zawodny [en ligne] < <http://jeremy.zawodny.com/blog/archives/010076.html> > (consulté le 10 mars 2012).

par Jean Béhue Guetteville

+++++

LES MONDES VIRTUELS
À LIVRE OUVERT

+++++

LES MONDES VIRTUELS À LIVRE OUVERT

Avec la généralisation des techniques de visualisation en trois dimensions (3D), les systèmes d'information de type « mondes virtuels » se font de plus en plus réalistes et suscitent une attention d'autant plus vive. Issus de la révolution de l'internet, dont ils constituent l'ultime avatar, ils offrent aux amateurs l'opportunité de vivre une véritable vie parallèle, en s'immergeant *via* le personnage de leur choix dans un environnement virtuel. Un environnement modélisé dans lequel on est amené à évoluer presque aussi naturellement que dans l'espace physique, mais avec l'attrait supplémentaire d'un décor imaginaire, souvent digne des meilleures œuvres de science-fiction. C'est que les mondes virtuels semblent effectivement inspirés de la science-fiction. Que l'on se fie aux témoignages des concepteurs de tels systèmes, ou aux récentes études consacrées à l'analyse de l'imaginaire mobilisé dans l'édification des sociétés de l'information [Flichy, 2001], on se trouve presque systématiquement invité à considérer une source d'inspiration majeure : la science-fiction *cyberpunk*.

Pour ceux qui s'intéressent à l'écriture, l'étude de la conception des mondes virtuels est particulièrement intéressante. En effet, l'écriture apparaît à la fois au début du cycle de conception, comme source d'inspiration, au travers de la littérature de science-fiction *cyberpunk*, et en fin de cycle, comme ressource opératoire, au travers du code. Un enjeu de recherche serait donc d'explorer pourquoi et surtout comment l'écriture de science-fiction influe sur la conception des systèmes informatiques de type mondes virtuels, et notamment sur l'acte de programmation et d'écriture du code. À cet effet, on s'appuiera sur l'étude et la mise en perspective comparée de deux mondes virtuels : *Second Life*, qui s'est mondialement affirmé comme l'un des premiers environnements 3D à conquérir d'autres usages que le jeu et à revendiquer la succession du réseau internet, et *Solipsis*, une expérimentation technique issue des laboratoires de recherche du groupe France Télécom, qui a servi de base au développement d'une nouvelle génération de protocoles de communication distribuée. Deux mondes virtuels aux origines et aux destins différents. Mais un

gène en commun. Les deux créateurs se sont explicitement revendiqués d'une même source d'inspiration : le roman de science-fiction *Snow Crash*.

Dans cet article, on propose de considérer la contribution d'un texte de science-fiction à la conception d'une technologie sous un double apport : celui de l'image et celui de l'imaginaire. Un texte de science-fiction peut fournir une image de l'objet à réaliser qui, parce qu'il stimule l'imagination du concepteur, constitue une ressource majeure de l'intuition du créateur. Une ressource qui est mobilisée dans la formation d'une « vision », et qui rayonne de ce fait sur le processus de conception et d'écriture de programmation, de manière plus ou moins invisible. Mais le texte de science-fiction n'offre pas seulement une image ; il transmet les éléments choisis et codifiés par l'écrivain, à partir duquel se déploie un imaginaire, qui participe généralement d'un ensemble de textes, que l'on regroupe souvent au sein d'un mouvement. Charge alors au concepteur de rendre ces éléments de code issus du texte visibles et reconnaissables, pour engager un dialogue avec l'utilisateur familier de cet imaginaire, et éventuellement capitaliser sur la popularité de cet imaginaire.

Pour qu'il y ait science-fiction, il faut qu'il y ait science. La science-fiction mobilisée dans la conception des mondes virtuels met en scène la science informatique, au moment de sa convergence avec la science des réseaux. À la fin des années 1970, une révolution scientifique et technologique est en effet en marche. La Silicon Valley est en ébullition. Depuis l'invention du « computer » durant la seconde guerre mondiale, de nouvelles façons de produire de l'information (intelligence artificielle), de l'échanger (réseaux), et de se la représenter (réalité virtuelle), voient le jour. Une population de plus en plus nombreuse de *computer scientists* et de spécialistes du génie logiciel prépare la révolution de la micro-informatique, et rêve déjà du jour où les ordinateurs auront conquis chaque foyer, et du moment où tous les usagers seront reliés les uns aux autres par des réseaux de communication.

Si une révolution de l'informatique est bien en marche, il manque cependant une représentation capable d'en faire part. Certes, dans les milieux initiés, les concepts forgés par les chefs de file de la « French theory »¹ commencent à devenir sujets à discussion, ou à réflexion. On

1. Désignant l'œuvre philosophique de quelques chercheurs français expatriés aux États-Unis dans les années 1960 (Gilles Deleuze, Jean Baudrillard, Jacques Derrida, etc.), la « French theory », et les nouveaux concepts qu'elle a contribué à diffuser autour de la théorie de la communication, auraient directement inspiré certains auteurs de la science-fiction cyberpunk, qui s'en seraient ultérieurement revendiqués [Cusset, 2005].

parle de plus en plus de réseaux, de « rhizomes », et même de « cyborgs ». Mais, de façon générale, les concepts de la société de la communication restent inconnus du grand public, dont l'imaginaire est encore hermétique à ces transformations. Tout juste commence-t-on à parler d'ordinateur, cet objet technique qui intrigue tout autant qu'il fait peur. Véritable « boîte noire », l'ordinateur reste pour beaucoup cette machine que la première génération d'auteurs de science-fiction commence à mettre en scène dans certains récits, comme *2001 : l'Odyssée de l'espace*, mais d'une façon qui place, une fois de plus, la machine en concurrence avec l'humanité. Incomprise, la révolution qui est en marche, et que porte une nouvelle génération, a besoin d'une nouvelle représentation. Une représentation qui, plutôt que de cristalliser les peurs et les fantasmes, puisse libérer les possibles.

C'est dans ce contexte qu'apparaît une nouvelle science-fiction, au début des années 1980, qui s'approprie les progrès et les rêves de la science informatique pour mieux les mettre en scène. Finis les récits sur l'espace, qui ont fait la gloire de la précédente génération de romanciers, et qui faisaient fréquemment l'impasse sur la révolution technologique de l'informatique et des réseaux. En l'espace de quelques années, une nouvelle génération d'auteurs s'impose, et avec elle un nouvel imaginaire, plus en phase avec la réalité. Considéré comme l'un des ouvrages fondateurs, le roman *True Names* [Vinge, 1981] est caractéristique de cette littérature. Si l'intrigue, qui met en scène la cabale d'informaticiens recherchés par le gouvernement, est éminemment symptomatique de la situation de marginalité dans laquelle se trouvent les informaticiens de l'époque, le roman est l'un des premiers à mettre en scène l'interconnexion des ordinateurs au sein d'un grand réseau. Il est aussi l'un des premiers à présenter une société absolument transformée par cette technologie, jusque dans son ordre social. Véritables « éponges » du milieu dans lequel ils évoluent, les jeunes écrivains de science-fiction qui succèdent aux grands pionniers de l'après-guerre ont grandi en même temps que se développait l'informatique, dans cette société américaine déstabilisée par la guerre du Vietnam, le scandale du Watergate ou encore par la crise économique qui succède aux Trente Glorieuses. Il n'est donc pas étonnant de constater que la plupart des récits mettent en scène de jeunes héros tout à la fois désabusés et en quête de nouveaux idéaux, allant chercher dans l'informatique et les réseaux le moyen de provoquer la chute de l'ancien monde et l'avènement d'une nouvelle réalité. Porteuse d'une rupture, la nouvelle science-fiction s'inscrit ainsi parfaitement dans le projet traditionnel de

la science-fiction dont le but est, selon Boris Vian [2002], d'opérer un changement de logique.

En véhiculant une représentation du réel fidèle aux plus récentes évolutions du milieu de l'informatique et à ses projets, la nouvelle littérature de science-fiction stimule l'imagination du lecteur initié. En effet, si pour un lecteur étranger à l'informatique cette nouvelle science-fiction peut être lue comme n'importe quelle fiction, pour son côté divertissant, ou bien analysée comme un éventuel scénario de prospective du futur, elle acquiert pour l'informaticien, et pour tous ceux qui se reconnaissent dans cette réalité et ces projets, une dimension identitaire potentiellement stimulante et libératoire. À n'en pas douter, la mise en scène d'une réalité imaginaire dans laquelle il a une fonction héroïque, sinon sacrée, a sans doute pour effet de légitimer, voire de libérer le lecteur averti. Et c'est parce qu'ils trouvent ce public préparé et réceptif, que les textes peuvent cesser d'être une suite de mots, ou une intrigue plus ou moins bien ficelée, pour acquérir une forte dimension imagée. Alors que la Silicon Valley du début des années 1980 commence à vibrer au rythme de la révolution de la micro-informatique, et qu'une poignée de pionniers commence à communiquer et à échanger *via* des réseaux d'information inter-universitaires ou militaires, l'imaginaire véhiculé par la nouvelle science-fiction gagne en réalisme et en audience. Stimulant l'imagination des lecteurs, ce monde imaginaire dans lequel chacun trouvera bientôt sa place au sein d'un grand réseau de communication vit véritablement, même si c'est à l'état de chimère. Mais ce monde a beau vivre dans l'imagination d'une population de plus en plus nombreuse, il lui manque de quoi rassembler ses adeptes et de quoi exister face au reste du monde. Il lui manque tout simplement une identité forte, bref, un nom.

Après plusieurs années de recherche collective, un jeune auteur qui participe du nouveau mouvement de science-fiction baptise le nouveau monde imaginaire du nom de *cyberspace*. En 1984, William Gibson publie *Neuromancer*. À lui seul, le roman est une synthèse des principaux codes du mouvement. Le ton est à la critique de la modernité, à la ruine des mégapoles américaines et de la société capitaliste d'après-guerre. Le monde n'est plus tant régi par le monde des affaires et des *yuppies* que par les forces invisibles et quasi surnaturelles du code binaire, par l'esprit de survie, et par les maîtres de la programmation informatique, réinventés en cow-boys des temps (post)modernes. Dans ce roman, un jeune *hacker* branché au *cyberspace* *via* une *neuroconnexion* enfle les habits virtuels de son *avatar* pour plonger dans la *matrice*, l'intelligence artificielle du

système, pour finalement sauver l'humanité. *Cyberspace*. Le mot est lâché. Forgé sur les racines d'« espace » et de « cybernétique », un terme clé de l'intelligence artificielle, l'acronyme circonscrit les limites et l'identité du nouvel espace imaginaire. Un espace de l'information, des idées, de la créativité. Un troisième monde qui vient s'intercaler entre le monde des corps et le monde des âmes, entre la vie et la mort. Dès la sortie de son livre en 1984, William Gibson remporte le prix Memorial Philip K. Dick puis, dans la foulée, le prestigieux prix Nebula pour le meilleur roman. L'année suivante, en 1985, il remporte le prix Hugo, toujours pour le meilleur roman. Aucun autre livre de science-fiction n'aura réussi cet exploit. Comme le note bientôt l'un des spécialistes de la Silicon Valley, qui travaille à l'Institute for the Future, le roman devient le livre de chevet de toute une génération d'informaticiens :

*Je suis vraiment étonné par le fossé générationnel créé par Neuromancien : quasiment tous les hackers en herbe avec qui j'ai discuté ont lu le livre, mais presque aucun de mes amis de plus de trente ans n'en a entendu parler*².

Sans doute parce que « nommer c'est faire exister » [Sartre, 1946], l'apparition du *cyberspace* permet au nouveau mouvement de science-fiction d'accéder à la lumière et à toute une culture d'émerger. En prenant le roman de William Gibson comme référentiel, on commence à identifier les auteurs de science-fiction qui ont plus ou moins déjà décrit le *cyberspace*, et ceux qui le décrivent dans leurs nouvelles œuvres. Bientôt, il est dit que des auteurs comme Bruce Bethke, Richard Kadrey, Tom Maddox, Douglas Rushkoff, Neal Stephenson, Pat Cadigan, Lewis Shiner ou encore Bruce Sterling, pour ne citer que les vedettes, font ou feraient partie du même courant littéraire. Cette nouvelle science-fiction, qui gagne d'autant plus en notoriété que les micro-ordinateurs conquièrent le monde, il faut l'identifier, définir ses codes, et bien sûr, lui donner un nom. C'est alors qu'un concept inventé par l'un de ces auteurs ressurgit. En décidant de faire publier en 1983 l'une de ses nouvelles sous le titre de *Cyberpunk*, Bruce Bethke ne se doutait probablement pas qu'il allait donner son nom au courant de science-fiction. C'est pourtant ce qui se passe. Le terme paraît tout à fait adapté. Forgé sur la même racine que le *cyberspace*, et évoquant tout à la fois ce monde imaginaire de machines intelligentes et

2. "I am particularly struck by the 'generation' gap in the computer community when it comes to Neuromancer: virtually every teenager hacker I spoke with has the book, but almost none of my friends over 30 picked it up" [Saffo, 1989, nous traduisons].

l'ambiance de révolte punk qui se dégage des œuvres, le terme ne met pas longtemps à s'imposer. Désignant un courant littéraire, le terme *cyberpunk* ne tarde pas à définir une culture entière, celle qui rayonne de la Silicon Valley partout dans le monde. Au début des années 1990, l'un des auteurs phare du mouvement peut ainsi écrire, rétrospectivement :

La littérature cyberpunk ne se réduisait plus à Gibson, et le label cyberpunk lui-même s'étendait au-delà des romans et des films. On se mit à l'utiliser de diverses façons, souvent stupidement et sans retenue. Il servit au magazine People pour désigner tous ces jeunes équipés d'un modem et animés de velléités de piratage informatique ; pourtant, il pouvait aussi désigner ces citadins branchés qui s'habillaient en noir, lisaient Mondo 2000, écoutaient de la musique industrielle, et vouaient un culte aux nouvelles technologies. Le phénomène cyberpunk se retrouva traité dans des supports aussi divers que The Wall Street Journal, Communications of the American Society for Computing Machinery, People, Mondo 2000 ou MTV. Alors, même si la communauté de la science-fiction avait souvent et continuait de considérer Gibson d'un œil suspect, cela n'eut plus d'importance : il était devenu plus qu'un auteur de science-fiction lambda, il était une sorte d'icône culturelle, invoquée par un public aussi varié que William Burroughs, Timothy Leary, Stewart Brand, David Bowie, et Blondie, parmi d'autres. Pour faire court, le mouvement cyberpunk s'épanouissait désormais pour grande partie en dehors du ghetto de la science-fiction³.

L'émergence au milieu des années 1990 des premiers grands réseaux informatiques constitue pour la culture *cyberpunk* une sorte d'apothéose, dans la mesure où la réalité rejoint l'imaginaire. Tandis que l'on prête à William Gibson des dons de prophète, ou à tout le moins de futurologue, la culture *cyberpunk* accède à une audience publique internationale. Le

3. "Literary cyberpunk had become more than Gibson, and cyberpunk had become more than literature and film. In fact, the label has been applied variously, promiscuously, often cheaply or stupidly. Kids with modems and the urge to commit computer crime became known as 'cyberpunk', in People magazine, for instance; however, so did urban hipsters who wore black, read Mondo 2000, listened to industrial pop, and generally subscribed to techno-fetishism. Cyberpunk generated articles and features in places as diverse as The Wall Street Journal, Communications of the American Society for Computing Machinery, People, Mondo 2000, and MTV. Also, though Gibson was often and is still regarded with deep suspicion within the SF community, this ceased to matter: he had become more than just another SF writer; he was a cultural icon of sorts, invoked by figures as various as William Burroughs, Timothy Leary, Stewart Brand, David Bowie, and Blondie, among others. In short, much of the real action for cyberpunk was to be found outside the SF ghetto" [Maddox, 1992, nous traduisons].

8 février 1993, et alors que la sphère politique américaine fait des *information highways* un enjeu clé du futur, les *cyberpunks* font la une du très influent *Time Magazine*. L'article, qui ne manque pas d'explicitier les racines du mot, fait le portrait de ce qui est d'abord identifié comme une contre-culture, défiant les conventions de la société. Le magazine évoque ensuite l'importance du mouvement qui s'étend des livres de science-fiction aux *hackers*, des groupes de hard-rock aux films futuristes comme *Total Recall* ou *Terminator 2*, avant de dessiner les traits d'une communauté culturelle qui fait des technologies de l'information son instrument de libération, et a mis tous ses espoirs dans l'émergence imminente du *cyberspace*. Justement, un réseau commence à s'imposer : le réseau internet. Capitalisant sur les protocoles développés depuis plusieurs décennies par les chercheurs en informatique et en télécommunications, le nouveau réseau s'offre comme un réseau universel, capable d'interconnecter les milliers de sous-réseaux existants. À l'instar de la presse qui s'empare sans tarder du phénomène, une association d'idées se met vite en place : internet = *cyberspace*. L'imaginaire devient réalité. Un nouvel espace naît, qui suscite tous les fantasmes et les rêves d'un groupe culturel, d'une génération. Tandis que les pionniers du nouvel espace rêvent déjà de perspectives de conquête commerciale, les *cyberpunks*, eux, se mettent à rêver d'un système qui offrirait à l'internaute l'opportunité de mener une véritable vie virtuelle. Chez les spécialistes, le projet de « mondes virtuels » est né.

Initiés durant la deuxième moitié des années 1990, alors que l'émergence de l'internet signalait l'avènement du *cyberspace*, les projets de mondes virtuels revendiquent clairement la science-fiction *cyberpunk* comme source d'inspiration. Dans au moins deux projets majeurs de mondes virtuels – *Second Life* et *Solipsis* –, un livre semble tenir une place à part : *Snow Crash*. Écrit par Neal Stephenson, l'un des auteurs généralement classés au sein du mouvement *cyberpunk*, et publié dix ans après *Neuromancer*, il s'offre à la fois comme une continuité et comme une rupture avec le *cyberspace* de William Gibson. Sans surprise, le roman reprend l'essentiel des codes systématisés par le mouvement *cyberpunk* : la modernité est en friche, hommes et machines ne font plus qu'un, les *hackers* sont des héros, la quête initiatique se confond avec l'ultime combat de l'humanité. Seulement, le roman a ses spécificités, comme celle de multiplier les allusions techniques. Stephenson s'attarde sur la 3D, explicite la notion d'avatar, fait référence au système d'exploitation Unix, évoque le défi posé par le déploiement des infrastructures de réseaux,

anticipe la prolifération de virus, prévoit l'automatisation du développement logiciel, ou encore l'irruption du travail distribué. Comme l'indique le concepteur de *Solipsis* :

Snow Crash a été écrit par quelqu'un qui s'y connaît en informatique, et c'est là que ça fait la différence. [Notes d'entretien, in Béhue Guetteville, 2009]

Et en effet, le livre semble parler le même langage que les informaticiens. En décrivant, sur fond de fiction, mais en termes techniques, ce que pourrait être une vie virtuelle au sein d'un système qu'il appelle *metaverse*, Stephenson donne sans doute à son récit un réalisme jusqu'alors inconnu. À la lecture de *Snow Crash*, le lecteur averti sait que l'enjeu n'est plus tant d'interconnecter les ordinateurs au sein d'un grand réseau, comme c'était le cas avec le *cyberspace*, que de transformer le nouvel espace en un lieu où chaque usager pourrait vivre, au travers du personnage imaginaire de son choix, une véritable vie virtuelle. Une vie virtuelle que l'auteur a manifestement su rendre très réaliste, comme en témoignent eux aussi les concepteurs du fameux système *Second Life* :

*Stephenson fut le premier à décrire un environnement en ligne qui soit un espace de vie réaliste pour ses usagers, une véritable métaphore de la vie réelle où ils pouvaient interagir et socialiser, faire des affaires et s'amuser*⁴.

Offrant au lecteur une image réaliste de ce que pourrait être un monde virtuel, le roman de science-fiction offre ainsi à ceux qui rêvent de parachever le projet du *cyberspace* et de l'internet, une ressource essentielle à leur projet de conception. Mais évidemment, l'image offerte par le livre de science-fiction ne renseigne pas forcément sur les enjeux de la réalisation d'un tel système. À aucun moment, l'auteur n'indique au lecteur quels sont les problèmes qui vont se poser dans la conception et à quel degré ils vont se manifester. De fait, il renseigne encore moins sur les solutions, conceptuelles et techniques, à envisager. Par contre, on peut aisément admettre que l'image du monde virtuel que Stephenson a dessinée à l'attention de ses lecteurs a pu leur servir dans un processus d'« actualisation » des textes [Eco, 1979], et d'interprétation. Un processus qui dépend grandement de la lecture, et surtout du degré de lecture qu'en fait le lecteur, et qui tient en particulier à sa propre expertise de la science et de la

4. "Stephenson was the first to describe an online environment that was a real place to its users, one where they interacted using the real world as a metaphor and socialized, conducted business, and were entertained" [Ondrejka, 2004, p. 81, nous traduisons].

technologie mises en scène, mais aussi à sa capacité d'imagination. Ou peut-être plus encore à sa capacité d'intuition. Ainsi n'est-on pas étonné d'apprendre que le concepteur de *Solipsis*, qui s'était préalablement forgé une expertise reconnue en informatique distribuée, et se trouvait ouvert à de nouveaux projets professionnels, a pu avoir une intuition fulgurante à la lecture de *Snow Crash*, et à la découverte concomitante de l'image du *metaverse* :

Je suis sur une étendue d'eau. Je vois des ponts autour de moi, qui sont autant de connexions. Je suis dans le brouillard. Je dois aller dans une direction. Je prends un chemin et je marche. [Notes d'entretien, in Béhue Guetteville, 2009]

Cette intuition fournit au concepteur de *Solipsis* une image directe de l'objet *metaverse* dessiné par l'auteur de science-fiction, augmentée de sa propre interprétation de lecteur. Pour le spécialiste en informatique distribuée, et donc en réseaux, qu'est le concepteur de *Solipsis*, l'image du *metaverse* qui lui vient immédiatement à l'esprit n'est pas celle d'un environnement virtuel fantastique, mais d'abord celle d'un réseau. Un réseau qui frappe immédiatement par sa complexité, qui se manifeste par le nombre d'utilisateurs et de connexions possibles, et qui pose forcément l'enjeu de la gestion du réseau, et plus spécifiquement l'enjeu de l'architecture à adopter. Le *metaverse* doit-il être bâti sur une architecture centralisée, dans laquelle une grande intelligence artificielle incarnée par un serveur central gèrerait le tout, ou doit-il être bâti sur une architecture décentralisée, dans laquelle les fonctions de gestion sont distribuées entre toutes les ressources ? Faut-il adopter une vue d'ensemble, celle d'une sorte de demiurge, ou au contraire une vue locale, celle d'un utilisateur ? Dans le cas de *Solipsis*, l'intuition est claire. Il faut se placer du point de vue de l'utilisateur, qui est un minuscule point du grand brouillard du système, et donc opter pour une architecture décentralisée.

C'est ce raisonnement éclair de l'intuition qui permet de se forger une vision, élément central de tout processus de conception, car véritable colonne vertébrale. En effet, la vision est une synthèse qui cristallise à la fois l'image de l'objet, l'intuition sur l'enjeu, et la solution qui en découle. Dans le cas de *Solipsis*, la vision découle très naturellement de son intuition. Ainsi, le concepteur sait qu'il lui faut donner vie à un « système de réalité virtuelle partagée ». C'est cette vision qui va, comme dans n'importe quel projet, lui servir de fil directeur tout au long du processus de conception. Il faut alors préciser que la vision prend un rôle d'autant plus central et structurant que l'objet technique à réaliser est complexe, en particulier

s'il s'agit d'un système d'information [Gyurky, 2006]. La vision sert, en effet, de fil directeur et d'ancrage cognitif que l'on pourrait qualifier de « créatif », pour faire écho à Barthes⁵. Car, tout en donnant à voir l'objectif, et en figeant toute interprétation quant au but, la vision offre toute liberté en ce qui concerne les moyens. En effet, si elle éclaire sur la ou les solutions conceptuelles à retenir, la vision n'indique en revanche aucunement quelles seront les solutions techniques à envisager. Ainsi, dans le cas de *Solipsis*, elle ne renseigne pas le concepteur sur la technologie qui va lui permettre de bâtir effectivement une architecture distribuée. En revanche, elle signale un champ conceptuel, qui permet d'explorer un certain nombre de technologies. C'est ainsi que le créateur de *Solipsis* est, dans sa recherche de technologies, progressivement amené à retenir la technologie *peer-to-peer*⁶, puis en particulier le protocole dit « Gnutella ». Choix qui apparaissent alors au concepteur aussi naturels qu'évidents.

Si la vision a une fonction d'ancrage créatif pour le concepteur, elle a la même fonction pour tous ceux qui participent à la conception et à la matérialisation de l'objet technique, pourvu que cette vision puisse être partagée. Or, l'exercice ne va pas de soi et met un peu plus en évidence la nature de la vision. En tant que cristallisation de l'image de l'objet, de l'intuition de l'enjeu et de la solution conceptuelle qui en découle, elle se donne à voir comme un « modèle mental » qui fait totalité, et sens au sein de cette totalité. De ce fait, l'enjeu du visionnaire, qui se retrouve, par exemple, confronté à la nécessité de constituer une équipe pour matérialiser sa vision, est moins de transmettre un contenu que de transmettre une forme de pensée. C'est en effet à cette condition qu'elle cessera d'être perçue par l'équipe de l'extérieur comme une image, et qu'elle pourra à nouveau remplir sa fonction d'« ancrage créatif ». Dans le cas de la conception des mondes virtuels, et de *Solipsis* en particulier, partager la vision signifie aussi bien justifier la solution conceptuelle retenue (architecture distribuée) qu'expliquer le sens de son intuition (gestion de réseau), ou

5. Pour Roland Barthes [1964], qui a longuement étudié le langage publicitaire, le texte est souvent utilisé pour pallier la polysémie des images. En figeant le sens du message, il acquiert une fonction d'ancrage. Dans notre cas, et dans la mesure où nous nous intéressons à l'image mentale composée par le créateur, il est manifeste que l'image a également une fonction d'ancrage, mais d'ancrage plutôt créatif. Elle cristallise à la fois un ensemble de repères qui vont guider le processus de création du début jusqu'à la fin, mais également ouvrir sur une possibilité infinie de choix, plus ou moins secondaires, qui pourront se faire au fur et à mesure.

6. Pour mieux envisager ce que peut être un système de réalité virtuelle utilisant la technologie *peer-to-peer*, des spécialistes nous disent que : « Dans ce type d'architecture, tous les ordinateurs ont le même rôle. La base de données représentant le monde virtuel est dupliquée sur les différentes machines qui communiquent les modifications locales à tous les autres ordinateurs » [Jessel et Torquet, 2006, p. 416].

que faire voir l'objectif (monde virtuel) et faire ressentir son intérêt. On se doute bien alors, que pour transmettre cet ensemble qui forme modèle, tous les moyens sont permis au visionnaire : schémas, explications verbales, ou encore conseils de lecture. L'essentiel étant que la vision vive en tant que telle et puisse emmener le collectif vers l'objectif désigné, tout en tirant parti des compétences spécifiques et de la créativité individuelle de chacun.

Comme on s'en rend compte, la vision irrigue l'ensemble du processus de conception, et en particulier l'acte d'écriture du code informatique qui succède à la réflexion conceptuelle sur les enjeux et les solutions à envisager. Acte d'écriture qui vient pour ainsi dire les rendre opératoires au sein d'un programme informatique. En tant qu'elle est à la source de la vision, la science-fiction est donc constituante du programme informatique qui va naître. Mais d'une façon qui pourrait en rendre toute trace pratiquement invisible à l'utilisateur final. En effet, le concepteur a beau s'être inspiré d'une image de science-fiction pour donner vie à un objet technique, cet héritage peut, dans le cas des systèmes d'information, passer complètement inaperçu dans la mesure où il s'agit de systèmes immatériels. Tout le travail des concepteurs de mondes virtuels, s'ils veulent capitaliser sur la popularité et le succès de l'imaginaire *cyberpunk*, consiste alors à savoir rendre visible leur héritage, en mettant en scène les principaux codes de l'imaginaire qui définit cette littérature et ce mouvement. À ce titre, on ne peut que noter le travail exemplaire accompli par les concepteurs de la plate-forme *Second Life*, et peut-être plus encore par les concepteurs de jeux multijoueurs en ligne⁷ de type *World of Warcraft*. Pour le lecteur familier de Vernor Vinge ou de William Gibson, amateur des films *Total Recall*, *Existenz* ou plus certainement *Matrix*, il n'y a aucun doute que ces mondes virtuels là sont de dignes avatars du mouvement *cyberpunk*.

Et pourtant, tous ces éléments graphiques qui s'affichent à l'écran de l'utilisateur ne sont que la partie visible de l'iceberg, et ne constituent finalement que des choix, sinon mineurs du moins secondaires, dans la conception d'un système d'information. Comme nous renseigne le cas *Solipsis*, les romans de science-fiction ne véhiculent pas seulement un imaginaire défini par certains codes. Ils véhiculent aussi des images fictives des objets techniques, qui servent de support essentiel à leur conception. Et c'est peut-être ce qui distingue la conception des deux systèmes : tandis

7. Plus couramment, ces jeux sont désignés sous l'appellation MMORPG, pour *Massively Multi-Player Online Role-Playing Games*.

que le créateur de *Solipsis* a principalement trouvé dans la science-fiction une image qui lui a servi de ressource pour bâtir une vision et guider son processus de conception, on peut penser que les créateurs de *Second Life* ont surtout trouvé dans la science-fiction les éléments codifiés d'un imaginaire, dont ils se sont inspirés pour élaborer leur univers graphique. Cela permettrait alors de mieux comprendre pourquoi la pertinence de la vision et des choix techniques de *Solipsis* n'a pas été suffisante pour rendre le système visible au-delà des cercles d'experts, tandis que l'extrême popularité de *Second Life* n'a fait que mettre en évidence les limites de ses choix techniques, et en particulier de son architecture, centralisée et très fortement consommatrice de serveurs. Cela permettrait aussi de comprendre pourquoi, après s'être inspirés de l'image du *metaverse*, les développeurs du système *Solipsis* ont essayé de rendre visible par des choix graphiques adaptés leur héritité *cyberpunk*⁸, et pourquoi, après avoir développé un superbe univers graphique *cyberpunk*, les concepteurs de *Second Life* s'attachent à faire évoluer leurs choix techniques⁹.

CONCLUSION

+++++

L'étude de la science-fiction attire une fois de plus l'attention sur la dimension imagée de l'écriture, en particulier lorsqu'elle touche le lecteur dans son identité la plus profonde et qu'elle stimule son imagination. À cet effet, le cas des mondes virtuels se révèle particulièrement intéressant dans la mesure où il permet de comprendre plus en détail comment l'écriture de science-fiction influence la conceptualisation et la conception d'un objet technique et, spécifiquement pour ce qui concerne les systèmes d'information, l'acte de programmation et d'écriture du code.

La contribution de la science-fiction à l'acte de conception semble opérer à deux niveaux. Les textes véhiculent à la fois des images fictives d'objets techniques, qui vont pouvoir alimenter l'acte de conceptualisation et le processus de conception de l'objet technique, et un imaginaire culturel, que les concepteurs peuvent choisir ou non de reprendre dans

8. C'est en ce sens qu'a été lancé le projet collaboratif RIAM « Solipsis » en 2006. Outre le développement d'une technologie de visualisation 3D, le projet s'est attaché à développer un univers visuel proche de la science-fiction.

9. Fort d'un écho planétaire, le lancement du monde virtuel a mis en évidence la nécessité d'évoluer dès 2007 vers une organisation de type open-source, pour capitaliser sur les contributions volontaires de développeurs informatiques du monde entier. Par ailleurs, la communauté scientifique n'a cessé depuis cette période de pointer du doigt les limites de son architecture centralisée, ce qui a incité les fondateurs de Linden Lab à engager une série d'investissements en ce sens.

la conception de leurs systèmes. La mise en perspective comparée des mondes virtuels *Solipsis* et *Second Life* semble indiquer que l'influence peut jouer à chacun des deux niveaux, mais qu'elle peut également ne jouer qu'à un seul niveau, de façon indépendante. Autrement dit, le concepteur qui s'inspire de l'écriture de science-fiction peut très bien décider de véhiculer l'ensemble des codes de l'imaginaire culturel pour les projeter sur l'objet technique et la création de son choix, comme il peut décider de s'inspirer de l'objet technique fictif, sans véhiculer l'imaginaire culturel dont il est empreint à l'origine. Ce qu'il y a d'étonnant dans ce cas, c'est que l'hérédité entre un texte de science-fiction et l'objet technique qui s'en inspire, pour aussi significative qu'elle soit, peut donc passer totalement inaperçue, en particulier dans le cas des systèmes d'information.

Quoi qu'il en soit, il semble que l'on ne puisse envisager l'influence de l'écriture de science-fiction sur un objet technique sans considérer le rôle essentiel que tient la vision. Car, en ce qu'elle constitue la synthèse du projet imaginé par l'auteur de science-fiction et du projet envisagé par le concepteur, elle seule permet de transformer l'écriture en ressource au service d'un projet qui la dépasse. La vision joue alors un rôle de fil directeur, ou encore d'« ancrage créatif », permettant à l'hérédité de rimer avec créativité.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Romans et nouvelles du corpus

Gibson William, *Neuromancer*, New York, Ace Books, 1984.

Stephenson Neal, *Snow Crash*, New York, Bantam Books, 1992.

Vinge Vernor, *True Names*, *Dell Binary Star*, vol. 5, 1981.

Études et autres textes essentiels

Barthes Roland, Rhétorique de l'image, *Communications*, novembre 1964, p. 40-51.

Béhue Guetteville Jean, *L'âme de l'innovation. Le management de la recherche et des chercheurs en quête d'efficacité*, Thèse de doctorat de l'École Polytechnique en sciences humaines et sociales, Paris, 2009.

Cusset François, *French Theory*, Paris, Éditions La Découverte, 2005.

Eco Umberto, *Lector in Fabula*, Paris, Éditions Grasset & Fasquelle, 1979.

Flichy Patrice, *L'imaginaire d'internet*, Paris, Éditions La Découverte, 2001.

Gyurky Szabolcs (de), *The Cognitive Dynamics of Computer Science: Cost Effective Large Scale Software Development*, Hoboken (NJ), John Wiley & Sons, 2006.

Jessel Jean-Pierre et Torguet Patrice, « La réalité virtuelle distribuée », in Philippe Fuchs (dir.), *Le traité de la réalité virtuelle*, vol. 3, Paris, Presses de l'École des Mines, 2006, p. 401-423.

Maddox Thomas, "After the Deluge: Cyberpunk in the '80s and '90s", in Robert Bruce Miller et Milton T. Wolf (eds.), *Thinking Robots, an Aware Internet and Cyberpunk Librarians*, Chicago, Miller & Wolf eds, 1992.

Ondrejka Cory, Escaping the gilded cage: user created content and building the metaverse, *New York Law School Review*, vol. 49, n° 1, 2004, pp. 81-101.

Saffo Paul, Consensual realities in Cyberspace, *Communications of the ACM*, vol. 32, n° 6, June 1989, pp. 664-665.

Sartre Jean-Paul, *L'existentialisme est un humanisme*, Paris, Nagel, 1946.

Vian Boris, *Œuvres complètes*, t. 4, Paris, Fayard, 2002.

par Henri Desbois

+++++

LA TRANSITION
GÉONUMÉRIQUE

+++++

LA TRANSITION GÉONUMÉRIQUE

*“GIS is a form of digital mapping technology,
kind of like Google Earth but better.”¹*

On peut regrouper sous l’expression « transition géonumérique » l’ensemble des changements techniques, sociaux, et culturels qui accompagnent l’apparition et la diffusion des techniques liées à l’utilisation de l’informatique dans la géographie et la cartographie². L’expression peut au premier abord sembler excessivement emphatique, mais l’évolution des techniques cartographiques a des conséquences bien au-delà du petit monde des géographes professionnels et des utilisateurs traditionnels de cartographie. En effet, non seulement les nouvelles techniques ont profondément transformé la façon de produire les cartes, mais elles ont aussi installé la cartographie, souvent sous des formes inédites, dans la vie quotidienne. Cette multiplication et cette diversification des cartes, qui s’accompagnent de transformations radicales de la nature de ces objets et de leur usage, sont susceptibles de modifier la façon dont nous percevons et dont nous concevons l’espace. On propose ici d’explorer en trois temps les aspects principaux de cette transition géonumérique. Tout d’abord, on récapitulera les principaux aspects techniques de l’informatisation de la géographie. Ensuite, on présentera les enjeux théoriques de cette informatisation à partir des débats qu’elle a suscités dans la communauté de la géographie universitaire. Enfin, on s’efforcera de montrer comment, par la prolifération des cartes et des dispositifs de géolocalisation, la diffusion de la géographie numérique peut infléchir nos imaginations géographiques.

-
1. Gouverneur Arnold Schwarzenegger, *Keynote address at the Conference on California's Future*, 15 mai 2008 : « Les SIG sont une technique de cartographie numérique, un peu comme Google Earth, mais en mieux. » [Sauf mention contraire, nous traduisons.]
 2. Ce texte a été rédigé en 2008 et mis à jour en 2012.

LES TECHNIQUES NUMÉRIQUES DE LA CARTOGRAPHIE ET DE LA GÉOGRAPHIE

Les techniques numériques ont affecté la géographie au même titre que d'innombrables domaines d'activités. Ainsi, pour la production des cartes, le clavier, la souris, la tablette graphique ont remplacé la règle, le stylo tubulaire, la table à dessin. Dès les années 1990, les ordinateurs personnels abordables et les logiciels de dessin à l'interface conviviale ont définitivement supplanté les anciens outils des dessinateurs. Mais cette évolution, même si elle a été fondamentale dans la banalisation de la carte comme moyen d'expression graphique, n'est pas propre à la géographie. Elle a également touché tous les métiers du graphisme et de l'illustration. Deux innovations sont plus spécifiquement liées à la géographie : les systèmes d'information géographique et le GPS. Ces deux outils, réservés à l'origine aux spécialistes, ont connu grâce à l'internet et au développement de l'informatique ambiante une diffusion extraordinaire.

Un système d'information géographique (SIG) est une base de données informatisée adaptée au stockage et à la manipulation d'objets géographiques³. Ces objets peuvent être définis soit comme des formes géométriques simples (par exemple une succession de segments de droite pour figurer une route), soit comme des grilles régulières dont chaque case stocke une information relative au terrain correspondant (par exemple une altitude moyenne ou la couleur du pixel d'une image aérienne numérisée). Dans le premier cas, on parle de données vectorielles, et dans le second, de données rasterisées (de l'anglais *raster*, image matricielle). À chaque point d'un objet vectoriel ou à chaque pixel d'une image *raster* sont associées des coordonnées géographiques exprimées en latitude et longitude (et éventuellement altitude). Les logiciels de SIG permettent d'interroger les données à la fois à partir de la localisation des objets et à partir de leurs caractéristiques, et d'afficher le résultat sous forme cartographique.

Les premiers systèmes d'information géographique sont apparus avant le développement de l'informatique personnelle, dès les années 1960. Ils se sont banalisés au cours des années 1980 et 1990, avec le développement des micro-ordinateurs et l'informatisation du monde du travail, tout en restant strictement cantonnés au domaine professionnel, les logiciels

3. De nombreux ouvrages, souvent destinés aux étudiants, peuvent fournir une introduction aux systèmes d'information géographique. Pour en avoir un panorama extrêmement complet, on peut par exemple consulter Longley *et al.* [2005].

demeurant relativement coûteux⁴ et malaisés à mettre en œuvre. Leurs domaines d'application sont très variés. Ils sont omniprésents dans les fonctions de gestion et d'inventaire où ils ont systématiquement pris la place des anciens plans en papier (cadastre, plans d'urbanisme, etc.). D'une manière générale, ils servent à stocker et à organiser les informations destinées à la production de cartes. Cela permet non seulement de simplifier les opérations de mise à jour, mais aussi d'automatiser de plus en plus le processus de production des cartes.

Parallèlement, les SIG ont fait leur entrée dans les départements de géographie des universités. D'une part, ils se sont imposés comme enseignement technique dans les filières professionnelles. En même temps, certains chercheurs se sont saisis de ces outils pour donner un nouveau souffle à la géographie quantitative. C'est ainsi qu'est apparue, aux frontières de la géographie et de l'informatique, une « science de l'information géographique », avec ses équipes de recherche et ses revues, qui a fini par représenter, surtout aux États-Unis, une part importante de la géographie universitaire. Le but de cette science de l'information géographique est à la fois d'améliorer les techniques de traitement automatique des données et d'explorer de nouveaux domaines d'application de la géographie numérique.

La deuxième technique qui a eu une influence considérable sur l'évolution récente de la géographie est le GPS. Non seulement le GPS, en service et ouvert aux applications civiles à partir du milieu des années 1990, est la première technique de localisation précise accessible à tous, mais surtout, son association avec les SIG ouvre de nombreuses possibilités. Il devient facile de mettre à jour ou d'annoter la cartographie directement sur le terrain, de suivre en temps réel un itinéraire, ou de concevoir des systèmes de navigation simples d'emploi. Le GPS simplifie la production d'un type élémentaire de données géographiques en même temps qu'il multiplie la demande pour la cartographie numérique. La banalisation des

4. À la fin des années 1980, le coût combiné du matériel et du logiciel atteignait environ 10 000 \$ pour un équipement de base. Vers 1980, il fallait dépenser environ 500 000 \$ pour constituer et mettre en œuvre un système d'information géographique [Goochild, 2008]. Pour un autre témoignage sur les coûts de ces systèmes à la fin des années 1980, voir aussi Rimbert [1989]. Une licence monoposte d'un logiciel de SIG fonctionnant sur un micro-ordinateur standard coûte aujourd'hui 1 500 \$ (tarif public américain, avril 2012).

GPS pour automobiles⁵ contribue à familiariser le grand public avec la cartographie numérique.

Mais le développement de la géographie numérique, et plus encore sa visibilité auprès du grand public, a surtout bénéficié des évolutions de l'internet. Depuis les premiers temps du web graphique en effet, l'internet a été par excellence le lieu de la prolifération cartographique. Qu'il s'agisse de faciliter la navigation des internautes, de conférer par la cartographie un contenu concret au concept de cyberspace, ou simplement de mettre en scène la nature mondiale du réseau, la seconde moitié des années 1990 a été marquée par une floraison de cartes de toutes sortes dont l'*Atlas of Cyberspace* permet d'apprécier l'exubérance [Dodge et Kitchin, 2002]. Mais c'est surtout avec le développement récent des applications de visualisation en ligne de données géographiques comme Google Earth ou Google Maps, et de la généralisation de l'intégration de ces applications dans les pages web⁶, par exemple pour la recherche d'adresses ou pour la localisation du lectorat d'un forum, que la géographie numérique a réellement investi la toile. Les applications cartographiques sont un des domaines privilégiés du *mashup*, c'est-à-dire de la combinaison d'applications en ligne en vue de créer de nouveaux services⁷. L'internet permet à la fois de mettre à la disposition de tous les utilisateurs de grandes quantités de données, d'en simplifier la mise à jour, et d'intégrer à la cartographie ou à l'imagerie des informations issues des différents capteurs ou fournies par les utilisateurs. Par exemple, il est désormais banal de rencontrer des applications cartographiques qui intègrent en temps réel des informations sur le trafic automobile ou sur les systèmes de transport public. La cartographie numérique est d'autant plus populaire sur l'internet que sa consultation est la plupart du temps gratuite et que les

5. Le terme de popularisation ne paraît pas exagéré. Le taux d'équipement en GPS d'automobile des ménages français motorisés, voisin de 16 % en août 2007 (source : médiamétrie / GfK), peut sembler relativement modeste, mais de plus en plus de téléphones proposent une fonction GPS. L'intégration récente de fonctions de géolocalisation avancées dans de nombreux téléphones mobiles contribue à populariser ce type de service bien au-delà des seuls possesseurs d'appareils dédiés. D'après un sondage IFOP pour Ford publié par divers magazines spécialisés durant l'été 2011, 60 % des automobilistes utiliseraient un GPS pour s'orienter. 27 % seulement utiliseraient une carte routière (sondage « Les Français, les vacances et la voiture », IFOP, mai 2011, repris par de nombreux magazines ou sites web consacrés à l'automobile en juin 2011).

6. En avril 2012, environ 800 000 sites intégreraient des fonctions Google Maps (source : [en ligne] < <http://trends.builtwith.com/mapping/Google-Maps> >, consulté le 17 avril 2012). Si la simple inclusion d'une carte dans un site reste gratuite, l'utilisation de l'API est payante pour les sites à fort trafic, ce qui conduit les utilisateurs à se tourner vers d'autres solutions, qui cependant restent très minoritaires.

7. Le blog Google Maps Mania [en ligne] < <http://googlemapsmania.blogspot.fr/> > (consulté le 17 avril 2012), parmi d'autres sources, propose un large panorama des *mashups* géonumériques.

concepteurs de sites, dans la majorité des cas, peuvent utiliser gratuitement des interfaces toutes faites.

Les réseaux sociaux de l'internet intègrent de plus en plus souvent une dimension géographique, soit que les réseaux sociaux les mieux établis (Facebook, Twitter) proposent des fonctions de géolocalisation, soit à travers l'émergence d'applications autonomes, notamment sur terminaux mobiles, spécifiquement dédiées au partage d'informations géolocalisées comme Localicious, Mycityway, etc. On regroupe parfois sous le nom de « web géosocial » l'ensemble de ces applications, qui constitue une partie du « géoweb », c'est-à-dire la totalité des informations géolocalisées accessibles par l'internet [Kelley, 2011].

Les techniques numériques ont donc transformé à la fois la nature des cartes et leur place dans la vie quotidienne. Ce double changement n'est pas sans conséquence sur les modalités de la connaissance géographique, et plus largement, sur nos conceptions de l'espace et du territoire. Il s'agit à présent d'explorer plus profondément ces changements, d'abord en examinant les questions sur la nature et la fonction de la connaissance géographique que pose l'émergence de la géographie numérique, puis en essayant de comprendre en quoi la diffusion de ces techniques auprès d'un large public est susceptible d'influencer la façon dont est perçue l'organisation de l'espace.

LES GÉOGRAPHEs FACE À LA GÉOGRAPHIE NUMÉRIQUE

+++++

Dans les pays développés, la géographie numérique, c'est-à-dire les cartes produites par ordinateur, affichées sur un écran, et susceptibles d'un minimum d'interactivité, ne fait partie de la vie quotidienne que depuis le début des années 2000. Mais les techniques mises en œuvre pour la production de ces cartes ont commencé à être élaborées dans les laboratoires de géographie des universités dès les années 1960 [Foresman, 1998]. Pour comprendre les changements sociaux et culturels dont la banalisation de la géographie numérique est à la fois un symptôme et un moteur, il n'est pas inutile de revenir sur les débats qui ont agité le monde de la géographie universitaire confrontée au progrès des systèmes d'information géographique.

L'intensité et la teneur de ces débats ont varié considérablement en fonction du moment et du lieu où ils se sont tenus. Le contexte scientifique et institutionnel est ici d'une grande importance. Par exemple, en France, l'introduction de l'informatique dans la géographie n'a pratiquement

suscité aucun débat de fond, les discussions autour de l'informatisation étant pour l'essentiel restées cantonnées à des questions d'allocation de crédits ou de définition de profils de postes. Cela s'explique notamment par le fait que les universités où s'est développée la recherche en géographie numérique étaient, la plupart du temps, déjà spécialisées dans l'emploi des méthodes quantitatives. Ailleurs en France, les SIG ont souvent été introduits, assez tardivement, par le biais des formations professionnelles. Dans ce contexte, ils sont considérés comme une technique que les étudiants doivent apprendre pour répondre à une demande du marché de l'emploi, et la question de leur rôle dans la constitution de la connaissance géographique n'est pas posée. C'est pour cette raison que la bibliographie du présent article se compose pour l'essentiel de références anglo-saxonnes.

C'est en Amérique du Nord que les conséquences de l'utilisation des techniques informatiques en géographie ont été le plus âprement discutées. On peut penser que le débat a été d'autant plus vif que l'irruption de ces techniques a été plus précoce et plus massive. Les tenants d'une autre forme de géographie ont pu, plus qu'ailleurs, être poussés à réagir en sentant leurs postes et leurs budgets menacés par une génération montante de chercheurs parés des séductions presque magiques d'une technologie conquérante. Mais surtout, le contexte épistémologique particulier de la géographie nord-américaine était beaucoup plus propice à la naissance du débat. En effet, parallèlement au perfectionnement des méthodes de traitement numérique de l'information géographique, le renouveau de la géographie nord-américaine dans les deux dernières décennies du *xx^e* siècle s'est fait notamment à travers une remise en question du positivisme qui avait jusque-là formé l'essentiel du socle épistémologique de la discipline. Cette géographie critique, comme on l'a parfois appelée, s'inspire du féminisme, de l'anticolonialisme, et de la défense des minorités⁸. À ce titre, elle ne peut qu'être méfiante à l'égard d'une technoscience qui a presque toujours servi les intérêts des puissances de domination. Il serait fastidieux de faire ici l'histoire complète des controverses qui ont accompagné l'informatisation de la géographie⁹. On se contentera donc de résumer les

8. L'ouvrage de Gregory [1994] constitue une introduction très riche et extrêmement stimulante, quoique parfois ardue, à cette géographie critique.

9. Le détail des querelles accompagné de fines analyses se trouve chez Schuurman [2000] qu'on peut compléter par Ferretti [2007]. Voir également Sheppard *et al.* [1999].

principales critiques adressées à la géographie numérique¹⁰. On peut les regrouper grossièrement en trois familles principales.

Une première famille de critiques est liée au débat autour des relations entre sciences humaines et positivisme. Le terme de positivisme est rarement défini, et il n'est pas certain que tous les participants au débat en aient la même conception. Davantage qu'une position épistémologique bien identifiée, il semblerait que le positivisme désigne dans ce contexte un excès de confiance dans l'objectivité des méthodes et des outils empruntés aux sciences exactes. Ce qui est contesté, en général, est moins l'efficacité ou la légitimité de l'emploi des techniques numériques que les prétentions de neutralité qu'affichent leurs utilisateurs. Plus spécifiquement, il est reproché aux promoteurs des SIG d'ignorer les présupposés idéologiques inhérents à l'activité cartographique [Harley, 1990a, 1990b ; Pickles, 2004] et, d'une manière générale, de manquer de recul par rapport aux techniques qu'ils mettent en œuvre [Gregory, 1994 ; Veregin, 1995]. Pire, les logiques internes du logiciel et ses limitations héritées de choix techniques initiaux discutables enferment les utilisateurs dans un mode de pensée dont ils n'ont pas forcément conscience, même quand, avec une certaine candeur, pour se justifier de ne pas explorer certaines hypothèses, ils avouent : « ArcView ne permet pas de faire ça. »¹¹ Les SIG, surtout lorsqu'ils sont utilisés pour la recherche – ce qui constitue presque toujours un détournement de leur usage ordinaire –, sont des systèmes très lourds à faire fonctionner : il faut passer des jours à formater les données, à coder des scripts, à réécrire les requêtes, etc., avant de commencer à produire des résultats exploitables. Non seulement le temps et l'énergie nécessaires à la maîtrise de la technique ne favorisent guère une démarche réflexive, mais surtout le résultat des efforts du chercheur est presque fatalement un compromis, rarement présenté comme tel, entre la résistance du SIG et les ambitions initiales [Sheppard, 2005].

La deuxième famille de critiques de la géographie numérique est liée à la géographie d'inspiration féministe. Les fondements de cette critique sont divers. Il s'agit pour une part d'une variante de la critique de l'universalisme et du positivisme [Bondi et Domosh, 2001]. Le féminisme s'attache aussi à la dénonciation du rapport des techniques de la vision

10. Sans que cela couvre l'ensemble du champ, le recueil *Ground Truth* [Pickles, 1995] constitue sur ce sujet une collection d'essais d'autant plus remarquable qu'elle réunit des partisans et des adversaires de la géographie numérique.

11. "ArcView won't let me do that" [Chrisman, 2005, p. 29]. ArcView est le logiciel de SIG le plus répandu.

avec la domination masculine [Gregory, 1994, p. 64 ; Haraway, 2007, p. 122] ou à la sous-représentation des femmes dans la géographie numérique comparée aux autres formes de géographie¹² [Schuurman, 2002a]. Il n'est pas toujours facile, dans les commentaires féministes sur la technique, de démêler ce qui relève de la critique de la construction des pratiques et des représentations d'une société historiquement machiste¹³, d'avec une conception essentialiste du féminisme¹⁴, qui semble parfois condamner par avance toutes les possibilités de progrès. La méfiance, cependant, n'est pas toujours de mise, et certaines féministes imaginent même une réappropriation par les femmes des techniques de l'information géographique qui pourrait subvertir les rapports de domination traditionnels [Schuurman et Pratt, 2002].

La dernière grande famille de critiques de la géographie numérique est liée à ses applications pratiques et à leurs conséquences sociales, et, d'une manière générale, aux implications politiques de l'usage de l'informatique. Il ne s'agit pas, la plupart du temps, de rejeter la technique en tant que telle, mais plutôt de mettre en garde ses utilisateurs, accusés encore une fois de manquer de recul par rapport à leur outil [Sheppard, 1995]. Là encore, les critiques portent sur des points très divers.

Un premier groupe de critiques se focalise sur la forme, la nature, et la disponibilité des données. Les SIG ont hérité, pour la mise en forme des informations qu'ils manipulent, des contraintes propres aux bases de données informatiques. Par exemple, chaque objet individuel doit appartenir à une classe, ce qui n'est pas nécessairement approprié à la représentation de l'hétérogénéité fondamentale de la réalité géographique [Goodchild, 2006]. Au-delà des questions de structuration, l'emploi des données chiffrées pose d'autres problèmes. Un certain nombre de chercheurs ont ainsi tendance à orienter leurs recherches en fonction des données disponibles et de l'emploi qu'ils peuvent faire de l'outil informatique sans se préoccuper des biais éventuels introduits par la façon

12. Il s'agit ici de la situation nord-américaine. En France, la géographie quantitative, et parfois la géographie numérique, semblent plus féminisées. Sans doute cela est-il révélateur d'un statut différent de la discipline.

13. Roberts et Schein [1995] analysent par exemple le machisme des publicités pour les SIG commerciaux, curieusement proches des publicités pour les automobiles.

14. Bondi et Domosh [2001] offrent un large panorama des différentes approches féministes en géographie. La position essentialiste (ou radicale) est motivée en particulier par une réflexion sur le corps. Bondi et Domosh défendent l'essentialisme « en tant que stratégie plutôt que comme base identitaire » [p. 65]. Voir également Hancock [2004].

dont sont constituées les données¹⁵. Par ailleurs, une demande croissante pour des données géographiques de plus en plus variées et de plus en plus perfectionnées (imagerie spatiale, données de topographie en haute résolution, etc.) fait émerger un marché de l'information géographique : des questions de coûts et de droit restreignent l'accès à ce qui pourrait constituer un bien public [McHaffie, 1995]. C'est en réaction à ces problèmes d'accès aux données géographiques que se sont constitués des systèmes coopératifs de création de données géographiques libres comme OpenStreetMap [Haklay et Weber, 2008].

Un deuxième groupe de critiques concerne les applications des SIG. Le développement de l'information géographique soulève en effet des questions éthiques sur les usages qui peuvent en être faits [Curry, 1995, 1998]. Un certain nombre de chercheurs méfiants vis-à-vis du développement rapide des SIG ne manquent pas de rappeler qu'il s'agit en partie, tout comme d'ailleurs le GPS, d'une technologie militaire¹⁶. L'armée américaine, par exemple, a joué un rôle de premier plan dans la définition et la standardisation des formats de données. Il n'est pas certain cependant que la numérisation de la géographie marque une rupture si fondamentale puisqu'à différents moments de l'histoire, les militaires et l'art de la guerre ont profondément marqué l'évolution de la cartographie. Un autre sujet de préoccupation important est le rôle des SIG dans le renforcement des dispositifs de surveillance. À mesure que se multiplient les dispositifs permettant de localiser un individu (téléphones portables, cartes de paiement, badges d'accès, coupons de transport, etc.¹⁷), la perspective de leur

15. Sheppard [1993] rapporte ainsi qu'une modification de la collecte des données relatives à l'emploi dans les recensements américains a pu modifier la façon dont on peut analyser les classes sociales. Les SIG ont suscité un tel engouement que de nombreux chercheurs s'y sont lancés à corps perdu. On a vu se multiplier les travaux où l'outil éclipsait l'objet, si bien que le grand spécialiste des SIG, David Rhind, a lui-même remarqué : « *Les SIG nous permettent de produire des âneries plus vite, pour moins cher et en plus grande quantité que jamais auparavant.* » [*"GIS technology lets us produce rubbish faster, more cheaply, and in greater volume than ever before"*, cité par Goodchild, 2000, p. 9.]

16. « *Le développement d'une technologie de cartographie informatisée sophistiquée a, l'année dernière, totalement transformé la façon de préparer et de mener la guerre [...]. Par comparaison, l'indifférence des universitaires promoteurs des SIG semble délirante.* » [*"The development of sophisticated computerised cartographic technology has, in the last year, definitively altered the way in which modern warfare is fought and staged [...]. By comparison, academic advocacy of GIS seems deliriously detached."* Smith, 1992, p. 257.] Dans un entretien avec Nadine Schuurman, Michael Goodchild, en 1998, reconnaît d'ailleurs que : « *Les SIG et la cartographie nient ou minimisent l'importance de l'héritage militaire.* » [*"GIS and cartography deny or downplay the importance of the military background."* Goodchild, 1999, p. 4.]

17. De très nombreux ouvrages récents traitent du sujet de la surveillance. Pour une description à jour et bien informée des techniques de la surveillance quotidienne, voir par exemple Blomac et Rousselin [2008].

intégration au moyen de SIG dans des systèmes de surveillance constitue une menace réelle pour la vie privée et plus particulièrement pour ce que les Anglo-Saxons appellent parfois *locational privacy*, c'est-à-dire le droit de n'être pas localisable à tout moment¹⁸ [Graham, 1998, 1999 ; Monmonier, 2002 ; Armstrong et Ruggles, 2005 ; Gadzheva, 2007].

Toutes ces critiques, on s'en doute, n'ont guère affecté le développement de la géographie numérique. Pour l'essentiel, les spécialistes de l'information géographique et ceux de la géographie critique s'ignorent, d'autant plus qu'ils travaillent souvent dans des établissements différents. Ce travail de réflexion cependant n'a pas été totalement sans effet. Des spécialistes des SIG se sont penchés sur les implications sociales de leurs techniques [Schuurman, 2005], et la majorité des manuels actuels de traitement de l'information géographique consacrent quelques chapitres aux questions épistémologiques et éthiques. En réponse à l'accusation selon laquelle les SIG incarnent une géographie technocratique dans laquelle des experts autoproclamés imposent leur vision du monde, un certain nombre de SIG « participatifs » ont été expérimentés, afin de permettre aux citoyens de contribuer à l'élaboration de l'information qui les concerne, souvent avec un objectif de progrès social [Barndt, 1998 ; Sieber, 2006, parmi bien d'autres]. Quelques tentatives ont même été faites pour développer une « géographie numérique critique » (*critical GIS*), « étrange animal » (*curious beast*) qui ferait le pont entre le postmodernisme et le traitement automatique des données numériques [O'Sullivan, 2006, p. 783]. De telles initiatives sont extrêmement minoritaires¹⁹. Depuis la fin des années 1990, la critique des SIG elle-même s'est un peu essoufflée, sans qu'il soit facile de dire si c'est le signe d'une scission définitive de la discipline géographique, ou l'effet du découragement face au triomphe évident de l'informatique et des méthodes numériques non seulement comme outils mais aussi comme modèles dominants de l'organisation sociale et de l'activité intellectuelle. La position des chercheurs qui tiennent un discours critique sur l'informatisation et sur l'hégémonie des méthodes

18. Sur la notion de *privacy* envisagée sous un angle géographique et dans une perspective historique à partir de ses aspects juridiques, voir Curry [2000]. La révélation au printemps 2011 qu'un téléphone fabriqué par Apple gardait une trace de tous les déplacements de son utilisateur a donné corps à ces craintes. Voir [en ligne] < <http://bugbrother.blog.lemonde.fr/2011/04/26/liphone-un-telephone-a-votre-ecoute-quelle-surprise/> > (consulté le 20 avril 2012).

19. Une étude portant sur le dépouillement des articles de quatre revues scientifiques majeures dédiées à l'information géographique et aux SIG, de 1995 à 2003, a montré que seulement environ 4 % des articles font référence aux questions éthiques et théoriques que posent les SIG [O'Sullivan, 2006, p. 788].

numériques en général semble en effet précaire dans un environnement social, professionnel et politique qui est presque entièrement soumis à ces mêmes méthodes, jusque dans la façon dont ces chercheurs eux-mêmes sont évalués²⁰.

LA NÉOGÉOGRAPHIE : LES CONSÉQUENCES DE L'UBIQUITÉ DE LA GÉOGRAPHIE NUMÉRIQUE

+++++
Le recul notable du discours critique sur les SIG est aussi à mettre en relation avec l'extraordinaire développement des techniques de la géographie numérique dans la vie quotidienne. Depuis environ 2004²¹, l'emploi du terme néogéographie²² se répand pour désigner ce phénomène. Le mot, dans ce sens précis, a, semble-t-il, été employé pour la première fois en 2006, par Di-Ann Eisnor, cofondatrice du site *Platial*, sorte d'atlas urbain collaboratif²³. Elle définit la néogéographie comme « un ensemble de pratiques variées qui se déroulent en dehors, à côté, ou à la façon des pratiques des géographes professionnels »²⁴. Ces pratiques concernent au premier chef la cartographie collective telle qu'elle se pratique sur

20. La question de l'évolution du contexte institutionnel et de son influence sur l'activité de recherche dépasse le cadre de cet article. On trouvera des réflexions sur ce sujet notamment chez Harvey [1990a, p. 431]. Le libéralisme économique actuel et ses incarnations politiques les moins progressistes, avec leur propension à privilégier les règles du marché pour réguler le fonctionnement de la société et la lettre de la loi pour en traiter les dysfonctionnements et la rentabilité économique comme mesure de toute chose, dans son fétichisme assumé du chiffre, ne sont pas sans parenté avec la mise au pas de l'espace et du temps par la rationalité mathématique de la cartographie scientifique. Harvey [1990b, p. 245 sq.] établit un lien entre la mathématisation de la cartographie au xviii^e siècle et l'émergence du capitalisme. Sur le point particulier de la sujétion de la recherche universitaire à l'empire du chiffre et de la mesure, voir Bruno [2008].

21. Même s'il s'agit d'un lieu commun, notons une fois de plus la rapidité vertigineuse avec laquelle se périmait tout ce qu'on peut écrire sur l'internet. Il suffit de feuilleter un ouvrage de 2003 consacré à la cartographie sur le web pour mesurer l'ampleur du chemin parcouru ces cinq dernières années [Peterson, 2003]. C'est pour cette raison que la bibliographie utile sur le sujet est encore assez clairsemée.

22. Le mot lui-même est plus ancien : il constitue par exemple le sous-titre d'un ouvrage de François Dagognet de 1973 (*Une épistémologie de l'espace concret. Néogéographie*, Paris, Vrin, 1973). Mais dans le sens qu'on lui donne ici, c'est un néologisme très récent.

23. Le site a été en ligne de 2004 à 2010. En avril 2012, le blog lié au site est toujours accessible ([en ligne] < <http://patial.typepad.com/> >, consulté le 20 avril 2012) mais sa dernière mise à jour remonte à 2010.

24. "a diverse set of practices that operate outside, or alongside, or in a manner of, the practices of professional geographers" [Hudson-Smith et Crooks, 2008, p. 4]. Il faut apparemment entendre par là les utilisateurs professionnels et techniques de l'information géographique, et non les universitaires géographes en général. Autant il est certain que l'on assiste à une vulgarisation massive de la cartographie, autant rien n'indique qu'il y ait parallèlement un regain d'intérêt pour la géographie en général, même s'il n'est pas exclu que la forte médiatisation du discours sur la mondialisation puisse avoir cet effet [Bonnett, 2003]. Sur la néogéographie, voir également Goodchild [2009].

l'internet, mais aussi les innombrables usages utilitaires ou ludiques de l'information géographique, ainsi que les pratiques artistiques inspirées par la cartographie et la géolocalisation²⁵. La définition est assez large pour englober également tous les usages non professionnels de la géographie numérique²⁶.

À cette néogéographie qui confère à la carte, comme objet graphique et comme construction culturelle, une place qu'elle n'avait jamais eue auparavant, correspondent de nouvelles perceptions du territoire. Il est devenu banal en effet de dire qu'il n'existe aucune représentation cartographique neutre : chaque carte porte en elle des conceptions de l'espace et du pouvoir de ceux qui l'ont commandée et qui l'ont tracée, et chaque lecteur de cartes compose sa vision du territoire en interprétant, à la lumière de sa culture et de son expérience personnelle, les représentations graphiques qui lui sont soumises [Jacob, 1992 ; Pickles, 2004]. Les critiques universitaires de la géographie numérique peuvent donner une idée des conceptions du monde implicites de la cartographie automatique. Cependant, dans la mesure où l'un des principaux reproches adressés au SIG est de perpétuer l'idéologie positiviste dominante, ce n'est peut-être pas là la piste la plus intéressante pour comprendre les effets culturels de la néogéographie. En effet, on cherche moins à souligner ce que ces techniques perpétuent que les changements éventuels qu'elles provoquent. Il est plus fécond d'explorer les imaginaires mis en jeu par la géographie électronique grand public. Ceux-ci sont liés à la fois aux formes concrètes que prend cette géographie, à sa mise en scène dans la culture populaire, et aux fantasmes liés à l'informatique et aux techniques du virtuel.

Un des types d'objets néogéographiques les plus remarquables est sans aucun doute constitué par les terres virtuelles dont la plus connue est Google Earth. Le succès de cette application est tel que, comme le prouve la citation du gouverneur de Californie placée en exergue de cet article, il n'est pas exagéré de dire que c'est à travers elle (ou son application

25. Ces pratiques artistiques ont fait l'objet d'une curiosité renouvelée depuis la parution, en 2007, du roman de William Gibson, *Spook Country*, qui présente une forme fictive d'art fondé sur l'association de la géolocalisation et de la réalité virtuelle [Desbois, 2010]. Un certain nombre d'artistes contemporains incorporent le GPS et les techniques de la géographie numérique dans leur travail. Ces pratiques sont appelées *locative art* ou *locative media*. Des exemples de travail artistique inspiré par la cartographie sont présentés dans le catalogue *GNS Global Navigation System* [Bourriaud, 2003]. Voir également Curnow [1999] ; Caquard et Taylor [2005] ; Abrams et Hall [2006]. La revue en ligne *Aether* a consacré en 2010 un numéro complet au *locative media* : [en ligne] < http://geogdata.csun.edu/~aether/volume_05a.html > (consulté le 19 avril 2012).

26. On peut avoir un aperçu du meilleur des mondes néogéographiques par exemple grâce à la *O'Reilly Where 2.0 Conference*. Le programme de l'édition 2012 est disponible [en ligne] < <http://en.oreilly.com/where2009/> > (consulté le 19 avril 2012).

jumelle Google Maps) que la majorité des gens peuvent se forger une conception de la géographie numérique. Google Earth et d'autres applications similaires possèdent un certain nombre de caractéristiques qui les différencient radicalement de la cartographie traditionnelle. Par exemple, l'imagerie spatiale, la photographie, et la cartographie à proprement parler sont totalement intégrées, si bien que les différences fondamentales de nature entre les différents médias deviennent imperceptibles. Ce mélange des genres, choquant pour un cartographe traditionnel, mais beaucoup moins pour un spécialiste des systèmes d'information géographique, semblait être à ce point passé dans les mœurs de l'utilisateur de cartes moyen que l'éditeur français de cartes Michelin a cru bon de promouvoir une série récente de cartes routières en mettant en avant le fait qu'elles étaient imprimées sur un fond d'image spatiale qui leur apportait « la réalité de l'image satellite ». Outre les réflexions que peut inspirer le rapprochement des termes *réalité* et *image satellite*, il est intéressant de noter que pour vendre une carte routière, on s'efforce de reproduire sur le papier un SIG, et qu'on présente la carte comme une sorte de « réalité augmentée ». Dans les terres virtuelles, tout concourt à effacer la différence entre le globe, la représentation cartographique et ses règles de projection, et la représentation photographique « objective » de la réalité. L'indication par défaut de l'altitude du point de vue en lieu et place de l'échelle, la possibilité de passer à la vue oblique, et même le passage d'un lieu à un autre de l'index par une animation qui évoque une trajectoire balistique, tout désigne la terre virtuelle comme une simulation dans laquelle l'utilisateur est invité à se projeter plutôt que comme un document à consulter. Bien sûr, le choix du type d'interface est tout à fait justifié par la vocation essentiellement ludique²⁷ de ces terres virtuelles ; il n'empêche que cette confusion entre carte et monde virtuel est probablement susceptible d'influencer la perception de la géographie par le grand public.

Une autre caractéristique essentielle des terres virtuelles, et la raison principale de la fascination qu'elles exercent, est bien entendu leur apparente exhaustivité. Quoique la qualité des données soit variable en fonction des endroits, au moins pour l'essentiel du monde développé, la précision et l'étendue des informations disponibles ont encore de quoi

27. À l'origine, l'idée d'une terre virtuelle avait été imaginée en 1998 par Al Gore comme un outil éducatif [Sui et Morril, 2004, p. 96]. Google Earth est assez éloigné du système décrit par le vice-président, mais l'idée générale est voisine. Outre la démonstration technique, une fonction essentielle de Google Earth est de générer des revenus publicitaires [Bar-Zeev et Crampton, 2008].

étonner même (surtout ?) quelqu'un un peu au fait des problèmes d'accès à l'information géographique. En combinant l'exhaustivité et les capacités de simulation, le globe virtuel, double numérique de la Terre, n'est guère moins fantastique que le cyberspace qu'avaient imaginé les écrivains de science-fiction dans les années 1980²⁸. Cela donne une idée très faussée de l'état réel de la cartographie du monde, et même des capacités réelles de l'imagerie satellitaire en matière de renseignement et de surveillance, d'autant plus que rien n'est fait pour rappeler que les images mises en ligne sont souvent anciennes et acquises à des dates très variables d'un endroit à l'autre. Avec cette illusion de terre sans nuages, toujours offerte à l'œil inquisiteur sous une lumière perpétuelle, il n'est pas étonnant que Google Earth suscite des réactions inquiètes de la part de gens concernés par la protection de leur vie privée. Ne serait-ce que sur le mode métaphorique, surtout depuis l'ajout du système Google Street View dont les images ressemblent souvent, de manière troublante, à celles des caméras de surveillance²⁹, Google Earth offre une simulation assez convaincante de ce que pourrait être la géographie numérique au service de la surveillance globale.

Les imaginaires de la géographie numérique sont également influencés par les représentations de la technologie dans la culture populaire. Les séries et les films policiers ou d'espionnage mettent couramment en scène des techniques de géolocalisation ou de surveillance par satellite. Non seulement les écrans sont omniprésents à l'écran, mais il est de plus en plus fréquent qu'une partie de l'action se déroule *sur* l'écran d'un système d'information géographique. Les SIG dans la fiction apparaissent donc très souvent dans des contextes militaires, paramilitaires ou policiers. Ces dispositifs de cartographie surveillante sont les petits cousins des grands planisphères stratégiques des *War rooms* emblématiques des films de guerre froide³⁰. Il est difficile de dire jusqu'à quel point le public fait, consciemment ou non, le rapprochement entre la néogéographie

28. En particulier William Gibson dans *Neuromancien* (1984). Ce cyberspace de fiction, contrairement à celui réalisé plus tard par l'internet, est essentiellement cartésien, et sa topographie se calque sur celle de l'urbanisation de la Terre [Gunkel, 2001, p. 35].

29. La vidéo *Google Maps*, par The Vacationeers, disponible sur les sites habituels de partage vidéo, est un excellent exemple des nombreuses variations comiques sur les inquiétudes suscitées par ces techniques.

30. La plus mémorable d'entre elles étant, sur le mode parodique, celle de *Docteur Folamour* (Stanley Kubrick, 1964). Sur un thème voisin, Kammerer [2004] propose une analyse de la vidéosurveillance dans le cinéma.

quotidienne et son incarnation guerrière dans la fiction³¹. On peut penser cependant que la première rend plausible la seconde qui, en retour, lui prête un peu de son lustre romanesque et vaguement inquiétant³². À ce titre, la banalisation des techniques de la géographie numérique contribue sinon au virage techno-sécuritaire de l'espace quotidien, du moins à sa visibilité. Les effets possibles de ces représentations sur la perception du territoire sont incertains. Sorkin [2008, introduction] remarque que si l'on ne peut mesurer les effets réels des dispositifs de sécurité visibles sur la protection effective des biens et des personnes, ceux-ci ont au moins le pouvoir d'entretenir la peur en rappelant constamment une menace qui sinon serait invisible. La néogéographie en elle-même n'appartient pas directement aux dispositifs sécuritaires urbains ; elle n'en est que le double souriant et anodin. Il n'empêche qu'elle peut rappeler des réalités plus sombres, ce qui est d'ailleurs le projet explicite d'un certain nombre des détournements artistiques de la géographie numérique³³.

Le dernier point qu'on souhaite examiner au sujet des imaginaires de la néogéographie concerne les représentations liées à la technique informatique en général, et plus particulièrement les effets de la convergence entre les techniques de la néogéographie et les jeux vidéo. Les techniques de la géographie numérique sont, fondamentalement, les mêmes que celles utilisées dans toutes les simulations informatiques, et notamment dans les jeux vidéo. Ce sont ainsi les techniques de la néogéographie (Google Maps et la cartographie collaborative) qui servent à dresser la carte de la ville

31. Les fictions auxquelles on fait allusion ici (*24 heures chrono*, *Alias*, *NCIS*, et la majorité des récits de guerre ou d'espionnage contemporains) sont, pour reprendre une expression de Jameson [2007], des « récits symptomatiques ». Sur les rapports entre fiction et géographie numérique et, plus généralement, sur de nombreux aspects des techniques géonumériques, voir également le blog *Mondes géonumériques* du géographe Thierry Joliveau [en ligne] < <http://mondegeonumerique.wordpress.com/> > (consulté le 20 avril 2012).

32. Il y aurait beaucoup à dire sur le fétichisme des armes et de la technologie militaire en général dans la culture contemporaine. Les succès d'un auteur comme Tom Clancy doivent sans doute beaucoup à cette fascination.

33. C'est, par exemple, le cas d'un atelier artistique autour des questions de localisation qui s'est tenu en juillet 2003, sur une base militaire désaffectée en Lettonie, pour, selon les organisateurs, « reconnaître explicitement l'idée de Virilio selon laquelle on ne peut comprendre le développement des technologies de l'information sans comprendre l'évolution de la stratégie militaire » [*"explicit acknowledgment of Virilio's idea that 'one cannot understand the development of information tech, without understanding the evolution of military strategy'"*], extrait du site internet de l'atelier [en ligne] < <http://locative.x-i.net/intro.html> >, consulté le 19 avril 2012]. Voir également Zeffira [2006].

fictive du dernier épisode de la série de jeux *GTA* ³⁴. De même, des moteurs de visualisation développés à l'origine pour le jeu vidéo sont aujourd'hui utilisés pour l'affichage de SIG urbains [Germanchis, Pettit et Cartwright, 2004 ; Hudson-Smith et Crooks, 2008]. Cette convergence technique rend plus difficile à tracer la frontière entre simulation et représentation, entre monde réel et simulation numérique [Thielmann, 2007]. Même si, en pratique, les utilisateurs ne confondent pas leur GPS et leur console de jeux, la similitude des techniques agit comme un rappel des pouvoirs d'illusion du numérique [Desbois, 2006]. La néogéographie participe ainsi à une forme de déréalisation du territoire et à cet affaiblissement général de la distinction entre réel et imaginaire qui semble être une des caractéristiques des sociétés urbaines des pays développés [Soja, 2000, p. 321-348]. Une autre façon légèrement différente de voir les choses est de dire que la géographie numérique renforce et rend visible une fusion entre la technique (ici, le virtuel) et le territoire ³⁵, qui fait écho à (ou prolonge) la fusion entre le corps et la machine chère à de nombreux commentateurs du techno-capitalisme contemporain [Olalquiaga, 1992 ; Kochhar-Lindgren, 2005].

Le développement de la géographie numérique est un bouleversement trop important de nos façons de représenter le territoire pour ne pas modifier en profondeur nos conceptions de l'espace et notre façon de l'habiter. La carte n'est plus désormais un document figé, mais un monde virtuel en évolution permanente, tantôt instrument d'observation, tantôt univers à explorer. Il est facile de se laisser séduire par la magie d'un GPS de navigation ou de Google Earth. Les critiques qu'une partie de la communauté géographique universitaire a formulées au sujet de la géographie numérique et de ses abus ne sont pourtant pas sans fondement. La banalisation rapide de ces techniques auprès du grand public confère une actualité nouvelle aux questions qui ont été posées dans les années 1990. S'il existe des motifs d'inquiétude, liés par exemple à la généralisation de la surveillance ou à l'appauvrissement du réel par sa réduction aux catégories rigides des bases de données, il est aussi possible de mettre à profit ces nouveaux outils, comme les autres techniques du virtuel, pour

34. *GTA 4, Liberty City*, dont l'action se situe dans une ville imaginaire qui ressemble beaucoup à New York. On appréciera l'ironie du sort par laquelle l'atlas de cette ville fictive se retrouve hébergé sur un site dont l'adresse est ign.com (de la société IGN Entertainment, spécialisée dans les médias autour du jeu vidéo). Voir [en ligne] < <http://grandtheftauto.ign.com/maps/1/Liberty-City-Map> > (consulté le 19 avril 2012).

35. Il ne s'agit pas uniquement d'une vue de l'esprit. L'espace urbain moderne est réellement saturé de code informatique, et dans une certaine mesure, produit par lui [Dodge et Kitchin, 2005].

inventer de nouvelles façons d'habiter les territoires entre virtuel et réel qui contribueront au progrès social, culturel, et politique. Les SIG participatifs, la cartographie collaborative, les usages ludiques de l'information géographique et ses détournements artistiques subversifs sont autant de raisons d'espérer que le futur le plus totalitaire n'est pas inéluctable. C'est aussi la responsabilité des enseignants de géographie d'intégrer ces questions dans les formations au traitement automatique de l'information géographique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Abrams Janet et Hall Peter (dir.), *Else/Where: Mapping – New Cartographies of Networks and Territories*, Minneapolis, University Minnesota Design Institute, 2006.

Armstrong Marc P. et Ruggles Amy J., Geographic information technologies and personal privacy, *Cartographica*, 40-4, 2005, pp. 63-73.

Barndt Michael, Public participation GIS – Barriers to implementation, *Cartography and Geographic Information Systems*, 25 (2), 1998, pp. 105-112.

Bar-Zeev Avi et Crampton Jeremy, Keyhole, Google Earth, and 3D Worlds: an interview with Avi Bar-Zeev, *Cartographica*, 43-2, 2008, pp. 85-93.

Blomac Françoise (de) et Rousselin Thierry, *Sous surveillance !*, Paris, Les carnets de l'info, 2008.

Bondi Liz et Domosh Mona, « Autres figures en d'autres lieux : féminisme, postmodernisme et géographie », in Jean-François Staszak *et al.* (dir.), *Géographies anglo-saxonnes*, Paris, Belin, 2001, p. 63-79.

Bonnett Alastair, Geography as the world discipline: connecting popular and academic geographical imaginations, *Area*, 35-1, 2003, pp. 55-63.

Bourriaud Nicolas, *GNS, Global Navigation System*, Paris, Éditions Cercle d'Art, 2003.

Brewer Cynthia A. et McMaster Robert B., The state of academic cartography, *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 26, n° 3, 1999, pp. 215-234.

Bruno Isabelle, Y a-t-il un pilote dans l'Union ? Tableaux de bord, indicateurs, cibles chiffrées : les balises de la décision, *Politix*, vol. 21, n° 82, 2008, p. 95-118.

Caquard Sébastien et Fraser Taylor R., "Art, maps and cybercartography: stimulating reflexivity among map-users", in Taylor R. Fraser (dir.), *Cybercartography, Theory and Practice*, Amsterdam, Boston, Elsevier, 2005, pp. 285-307.

Chrisman Nicholas, Full circle: more than just social implications of GIS, *Cartographica*, 40-4, 2005, pp. 23-35.

Cosgrove Denis, *Geography and Vision, Seeing, Imagining and Representing the World*, London, New York, Tauris, 2008.

Crumplin William W., Does GIS wear a white or black Stetson?, *Cartographica*, 42-1, 2007, pp. 65-86.

Curnow Wystan, "Mapping and the extended field of contemporary art", in Denis Cosgrove (dir.), *Mappings*, London, Reaktion books, 1999, pp. 253-268.

Curry Michael R., "Geographic information systems and the inevitability of ethical inconsistency", in John Pickles (dir.), *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*, New York, London, The Guilford Press, 1995, pp. 68-87.

Curry Michael R., *Digital Places. Living with Geographic Information Technologies*, New York, London, Routledge, 1998.

Curry Michael R., The power to be silent: testimony, identity, and the place of place, *Historical Geography*, 28, 2000, pp. 13-24.

Desbois Henri, Présence du futur. Le cyberespace et les imaginaires urbains de science-fiction, *Géographie et Culture*, n° 61, 2006, p. 123-140.

Desbois Henri, Code Source de William Gibson et les imaginations géographiques à l'ère du GPS, *Géographies et Cultures*, n° 75, 2010, p. 189-206.

Dodge Martin et Kitchin Rob, *Atlas of Cyberspace*, Harlow, Addison Wesley, 2002.

Dodge Martin et Kitchin Rob, Code and the transduction of space, *Annals of the Association of American Geographers*, 95-1, 2005, pp. 162-180.

Fairbairn David, Andrienko Gennady, Andrienko Natalia, Buziek Gerd et Dykes Jason, Representation and its relationship with cartographic visualization: a research agenda, *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 28-1, 2001, pp. 13-28.

Ferretti Federico, *La verità del suolo. Breve storia del Critical GIS (1983-2007)*, *Storicamente*, 3, 2007, [en ligne] < http://www.storicamente.org/02_tecnostoria/strumenti/ferretti.html > (consulté le 19 avril 2012).

Foresman Timothy W. (dir.), *The History of Geographic Information Systems*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 1998.

Gadzheva Maya, Privacy concerns pertaining to location-based services, *International Journal of Intercultural Information Management*, vol. 1, n° 1, 2007, pp. 49-58.

Gandy Matthew, Cyborg urbanization: complexity and monstrosity in the contemporary city, *International Journal of Urban and Regional Research*, 29-1, 2005, pp. 26-49.

Germanchis Tim, Pettit Christopher et Cartwright William, "Building a three-dimensional geospatial virtual environment on games technology", *Journal of Spatial Science*, vol. 49, n° 1, 2004, pp. 89-96.

Goodchild Michael, An interview with Michael Goodchild, January 6, 1998, Santa Barbara, California, *Environment and Planning D Society and Space*, n° 17, 1999, pp. 3-15.

Goodchild Michael, Cartographic futures on a digital earth, *Cartographic Perspectives*, 36, 2000, pp. 3-11.

Goodchild Michael, GIScience ten years after ground truth, *Transactions in GIS*, 10(5), 2006, pp. 687-692.

Goodchild Michael, "Geographic information science: the grand challenges", in John P. Wilson et Stewart Fotheringham (eds.), *The Handbook of Geographic Information Science*, Malden (Ma), Blackwell, 2008, pp. 596-608.

Goodchild Michael, NeoGeography and the nature of geographic expertise, *Journal of Location Based Services*, vol. 3, n° 2, 2009, pp. 82-96.

Graham Stephen, Spaces of surveillant simulation: new technologies, digital representations, and material geographies, *Environment and Planning D Society and Space*, n° 16, 1998, pp. 483-504.

Graham Stephen, "Geographies of surveillant simulation", in Mike Crang, Phil Crang et Jon May (dirs.), *Virtual Geographies*, London, New York, Routledge, 1999, pp. 131-148.

Greenspan Brian, "Mapping play: what cybercartography can learn from popular culture", in Taylor R. Fraser (dir.), *Cybercartography, Theory and Practice*, Amsterdam, Elsevier, 2005, pp. 285-307.

Gregory Derek, *Geographical Imaginations*, Cambridge (Ma), Oxford, Blackwell, 1994.

Gunkel David J., *Hacking Cyberspace*, Boulder, Westview Press, 2001.

Haklay Mordechai et Weber Patrick, OpenStreetMap: user-generated street maps, *Pervasive Computing, IEEE*, 7-4, 2008, pp. 12-18.

Hancock Claire, « L'idéologie du territoire en géographie : incursions féminines dans une discipline masculiniste », in Christine Bard (dir.), *Le genre des territoires : masculin, féminin, neutre*, Angers, Presses de l'université d'Angers, 2004, p. 167-176.

Haraway Donna, *Manifeste Cyborg et autres essais*, Paris, Exils, 2007.

Harley John Brian, Deconstructing the map, *Cartographica*, 26-2, 1990a, pp. 1-20.

Harley John Brian, Cartography, ethics and social theory, *Cartographica*, 27-2, 1990b, pp. 1-23.

Harvey David, Between space and time: reflections on the geographical imagination, *Annals of the Association of American Geographers*, 80-3, 1990a, pp. 418-434.

Harvey David, *The Condition of Postmodernity*, Cambridge (Ma), Oxford, Blackwell, 1990b.

Hudson-Smith Andrew, Digital urban – The visual city, *UCL Working Papers*, n° 124, 2007, p. 1-17.

Hudson-Smith Andrew et Crooks Andrew, The renaissance of geographic information: neogeography, gaming and second life, *UCL Working Papers*, n° 142, 2008, pp. 1-16.

Jacob Christian, *L'empire des cartes*, Paris, Albin Michel, 1992.

Jameson Fredric, *La totalité comme complot, conspiration et paranoïa dans l'imaginaire contemporain*, Paris, Les prairies ordinaires, 2007.

Kammerer Dietmar, Video surveillance in Hollywood movies, *Surveillance & Society*, n° 2, 2/3, 2004, pp. 464-473.

Kelley Matthew James, The emergent imaginaries of geosocial media, *Geojournal, Online First*, 5 novembre 2011, pp. 1-23.

Kochhar-Lindgren Gray, *Technologics. Ghosts, the Incalculable, and the Suspension of Animation*, Albany, State University of New York Press, 2005.

Krygier J. B., Cartography as an art and a science?, *The Cartographic Journal*, 32: 6, 1995, pp. 3-10.

Kwan Mei-Po, Is GIS for women? Reflections on the critical discourse in the 1990s, *Gender, Place and Culture*, 9-3, 2002, pp. 271-279.

Longley Paul A., Goodchild Michael F., Maguire David J. et Rhind David W., *Geographic Information Systems and Science*, second edition, Chichester, Wiley, 2005.

McHaffie Patrick H., “Manufacturing metaphors: public cartography, the market, and democracy”, in John Pickles (dir.), *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*, New York, London, The Guilford Press, 1995, pp. 113-129.

McLafferty Sara, Mapping women’s worlds: knowledge, power and the bounds of GIS, *Gender, Place and Culture*, 9-3, 2002, pp. 263-269.

McLafferty Sara, Women and GIS: geospatial technologies and feminist geographies, *Cartographica*, 40-4, 2005, pp. 37-45.

Monmonier Mark, *Spying with Maps*, Chicago, The University of Chicago Press, 2002.

O'Sullivan David, Geographical information science: critical GIS, *Progress in Human Geography*, 30-6, 2006, pp. 783-791.

Olalquiaga Celeste, *Megalopolis, Contemporary Cultural Sensibilities*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1992.

Peterson Michael P. (dir.), *Maps and the Internet*, Amsterdam, Boston, Paris, Elsevier, 2003.

Pickles John (dir.), *Ground Truth the Social Implications of Geographic Information Systems*, New York, London, The Guilford Press, 1995.

Pickles John, *A History of Spaces. Cartographic Reason, Mapping and the Geo-Coded World*, London, New York, Routledge, 2004.

Rimbert Sylvie, « GIS ou pas ? », *Mappemonde*, 1, 1989, p. 1-7.

Roberts Susan et Schein Richard, "Earth shattering: global imagery and GIS", in John Pickles (dir.), *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*, New York, London, The Guilford Press, 1995, pp. 171-195.

Schuurman Nadine, Trouble in the heartland: GIS and its critics in the 1990s, *Progress in Human Geography*, 24-4, 2000, pp. 569-590.

Schuurman Nadine, Women and technology in geography, a cyborg manifesto for GIS, *The Canadian Geographer*, 46-3, 2002a, pp. 258-265.

Schuurman Nadine, Reconciling social constructivism and realism in GIS, *ACME*, 1, 2002b, pp. 73-90.

Schuurman Nadine, "Social dimension of object definition in GIS", in Peter Fisher et David Unwin (dirs.), *Re-presenting GIS*, Chichester, Willey, 2005, pp. 27-41.

Schuurman Nadine et Pratt Geraldine, Care of the subject: feminism and critiques of GIS, *Gender, Place and Culture*, 9-3, 2002, pp. 291-299.

Shepherd Ifan D. H., "Travails in the third dimension: a critical evaluation of three-dimentional geographical visualization", in Martin Dodge, Mary

McDerby et Martin Turner (dirs.), *Geographic Visualization*, Chichester, Wiley, 2008, pp. 199-222.

Sheppard Eric, Automated geography: what kind of geography for what kind of society?, *Professional Geographer*, 45 (4), 1993, pp. 457-460.

Sheppard Eric, GIS and society: towards a research agenda, *Cartography and Geographic Information Systems*, 22 (1), 1995, pp. 5-16.

Sheppard Eric, Knowledge production through critical GIS: genealogy and prospects, *Cartographica*, 40-4, 2005, pp. 5-21.

Sheppard Eric, Couclelis Helen, Graham Stephen, Harrington James W. et Onsrud Harlan, Geographies of the information society, *International Journal of Geographical Information Science*, 13-8, 1999, pp. 797-823.

Sieber Renee, Public participation geographic information systems: a literature review and framework, *Annals of the Association of American Geographers*, 96 (3), 2006, pp. 491-507.

Smith Neil, History and philosophy of geography: real wars, theory wars, *Progress in Human Geography*, 16, 1992, pp. 257-271.

Soja Edward, *Postmetropolis, Critical Studies of Cities and Regions*, Malden (Ma), Oxford, Carlton (Australia), Blackwell, 2000.

Sorkin Michael (dir.), *Indefensible Space, The architecture of the National Insecurity State*, New York, London, Routledge, 2008.

Sui Daniel, GIS, cartography, and the "Third Culture": geographic imaginations in the computer age, *Professional Geographer*, n° 56 (1), 2004, pp. 62-72.

Sui Daniel et Morril Richard, "Computers and geography: from automated geography to digital earth", in Stanley D. Brunn, Susan L. Cutter et James W. Harrington Jr. (dirs.), *Geography and Technology*, Dordrecht, Springer, 2004, pp. 81-108.

Thielmann Tristan, "You have reached your destination!" Position, positioning and superpositioning of space through car navigation systems, *Social Geography*, 2, 2007, pp. 63-75.

Veregin Howard, "Computer innovation and adoption in geography", in John Pickles (dir.), *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*, New York, London, The Guilford Press, 1995, pp. 88-112.

Wright Dawn J., Goodchild Michael et Proctor James D., Demystifying the persistent ambiguity of GIS as "Tool" versus "Science", *Annals of the Association of American Geographers*, 87-2, 1997, pp. 346-362.

Zeffira Andrea, The persistence of surveillance: the panoptic potential of locative media, *Wi: Journal of the Mobile Digital Commons Network*, vol. 1, 2006, [en ligne] < http://wi.hexagram.ca/1_1_html/1_1_pdf/wi.1.1.andrea.zeffiro.pdf > (consulté le 19 avril 2012).

par Jens Brockmeier

traduit par Anne Robatel

+++++

ÉCRITURE ET
MÉMOIRE

+++++

ÉCRITURE ET MÉMOIRE¹

Cela fait longtemps que l'écriture est conçue comme l'une des formes et pratiques les plus sophistiquées de la mémoire humaine. Depuis la célèbre mise en garde de Platon contre la tendance à se fier au manuscrit anonyme – un souvenir figé du passé – plutôt qu'à la parole prononcée par une personne présente obligée d'assumer la responsabilité de ses propos, la tradition occidentale a considéré l'écriture comme un moyen d'accroître la mémoire. En fait, l'écriture a été conçue comme étant mémoire, ou du moins une forme de mémoire.

La force de l'identification de l'écriture à la mémoire apparaît évidente quand on considère que cette analogie se déploie également dans l'autre sens, quand l'écriture est utilisée comme métaphore et modèle pour représenter et expliquer la mémoire. Cette vision nous a même amenés à concevoir les fonctionnements de la mémoire dans les termes de l'écriture, c'est-à-dire à envisager la mémoire *comme* écriture. De l'image de la tablette manuscrite en cire (l'une des métaphores les plus communément utilisées pour la mémoire dans l'antiquité grecque et romaine) jusqu'à celle de la « mémoire » d'un ordinateur (un des sens les plus répandus du terme à l'époque numérique) en passant par les paradigmes et la terminologie de la psychologie cognitive et neurocognitive quand est évoquée la mémoire, l'analogie entre cette dernière et l'écriture n'a cessé d'être utilisée. On la rencontre dans un large spectre d'explications, ce qui contribue à la rendre encore plus convaincante.

Reconstruire ainsi la configuration mutuelle de la mémoire et de l'écriture le long de ces grandes lignes pose toutefois des problèmes complexes. Notre compréhension de la façon dont l'écriture et la mémoire fonctionnent a considérablement changé au cours des décennies passées, tout comme le sens de ces deux notions. L'un des mérites des études pionnières de Jack Goody sur la fonction mnémonique de l'écriture est d'avoir attiré l'attention sur une importante opération dialectique, qui, là encore, n'a rien de nouveau. Si le développement et l'institutionnalisation sociale de l'écriture comme « technologie de l'intellect » ont étendu et amélioré

1. Note de l'auteur : Je souhaiterais remercier Jack Goody et David Olson pour l'aide qu'ils m'ont apportée à travers leurs commentaires, encouragements et avertissements.

nos capacités mémorielles (au plan cognitif individuel comme au plan social de l'accumulation culturelle), ils ont simultanément sapé les anciennes formes habituelles de la remémoration et de l'oubli. En remettant en cause et en transformant les pratiques traditionnelles de la mémoire orale, ce processus a bouleversé les façons de concevoir cette dernière. L'une des meilleures illustrations de cette transformation est l'apparition, dans l'Europe médiévale, d'un corpus d'écrits juridiques – d'un droit écrit – qui coïncida avec la distinction entre la *common law*², de caractère oral et local, et le droit codifié, de caractère écrit et universel [Goody, 1986, chap. 4].

On repère une dialectique du même ordre dans les changements radicaux qu'a connus la notion de mémoire au cours des dernières années. Dans plusieurs champs de recherche, on a commencé à représenter la mémoire comme un processus dynamique de construction et de reconstruction. Cette image est en passe de remplacer le modèle traditionnel de l'entrepôt ou de l'archivage des informations. Elle fut bien sûr ébauchée par quelques précurseurs, comme Maurice Halbwachs dans *Les cadres sociaux de la mémoire* [1925] et Frederic Bartlett dans *Remembering* [1932]. Mais il a fallu attendre la période récente pour que cette transformation fondamentale de notre conception de la mémoire commence à se déployer dans le champ de la recherche cognitive et neuroscientifique portant sur la mémoire. Délaissant le paradigme de l'encodage, de la conservation et du rappel de l'information, les chercheurs mettent désormais l'accent sur les circuits et réseaux neuronaux qui ne cessent de changer, ainsi que sur la diversité des pratiques culturelles du souvenir et de l'oubli qui font partie de notre vie sociale [Brockmeier, 2010].

Ces nouvelles représentations de la mémoire s'appuient non seulement sur l'idée d'une construction et reconstruction permanentes, mais aussi sur l'interprétation et l'imagination. Se souvenir et oublier, dans cette perspective, sont des processus très proches de la construction du sens ; ils sont également corrélés avec la navigation entre les trois modes du temps que sont le passé, le présent et le futur. Ainsi, se souvenir d'un épisode autobiographique nécessite d'opérer une configuration temporelle des expériences, ce qui comprend, entre autres, les expériences passées revues à la lumière d'un présent vécu. Cette configuration interprète les expériences et les construit comme des épisodes vécus (et imaginés) qui

2. Expression qui pourrait être traduite par « droit coutumier » si on privilégie une perspective historique.

peuvent être localisés le long d'une trajectoire temporelle, mais qui ne le sont pas nécessairement. D'un point de vue philosophique, cette conception repose sur une certaine idée du « temps » qui, au lieu d'être envisagé comme un donné ontologique (une réalité naturelle ou un arrière-plan figé, par exemple), est perçu comme un mode d'organisation partiellement imposé. Ce dernier relève donc non seulement d'un processus individuel mais aussi d'économies sociales, culturelles et historiques complexes.

Dans ces économies, la remémoration et l'oubli sont conçus comme des activités médiatisées par des signes – ce que Vygotsky appelait des « processus psychologiques supérieurs » [1978]. Médiatisées par des systèmes de symboles et de signes, ces activités sont imbriquées dans des régimes discursifs et institutionnels et interagissent avec une grande variété de pratiques culturelles et sociales. Parmi les systèmes de signes, le langage, et plus particulièrement les formes du récit, occupent une place de choix, *a fortiori* lorsqu'il s'agit d'élaborer des constructions de soi complexes et inscrites dans le temps, comme le fait la mémoire autobiographique.

L'apparition de cette nouvelle image de la mémoire s'explique par la combinaison de différents facteurs allant des développements intervenus dans les neurosciences et les technologies de mémorisation numérique à l'apport des études sociales, culturelles et littéraires en passant par les travaux cliniques sur la mémoire. Bien sûr, tous ces facteurs appartiennent à ce qu'on pourrait appeler le champ de la mémoire. Cependant, la nouvelle représentation de la mémoire a également été influencée par des changements intervenus dans le champ de l'écriture, ce qui me ramène à la problématique étudiée par Jack Goody. En effet, la conception de l'écriture apparue au cours des dernières décennies peut, à bien des égards, être comparée à la nouvelle représentation de la mémoire. Le changement décisif dans notre conception de l'écriture a trait à l'effacement de la vision occidentale traditionnelle qui, d'Aristote jusqu'au ^{xx}^e siècle, considérait le mot écrit comme le simple enregistrement du mot parlé. Se démarquant de cette conception phonocentrique, différents champs de recherche et de travaux universitaires ont commencé à envisager l'écriture comme une forme de communication linguistique qui ne peut être réduite à l'empreinte visible du discours parlé. Elle constitue plutôt une réalité à part entière qu'on peut décrire en termes linguistiques, sociaux et culturels [Olson, 1994, 2012 ; Harris, 1995, 2000 ; Brockmeier et Olson, 2002]. Étant donné la longue histoire du paradigme phonocentrique, ce basculement épistémologique mérite d'être noté. De nombreux auteurs ont vu dans ce changement le reflet des transformations fondamentales

intervenues dans les technologies de la communication occidentale et de la révolution numérique qui les a couronnées.

L'essor de la nouvelle épistémè de la littérature, fondée sur l'idée que l'écriture est une réalité à part entière, a en fait commencé dans les années 1960, qui ont vu la publication des principales œuvres de la première génération des théoriciens de l'écriture et de la littérature – Jack Goody, Eric Havelock, Claude Lévi-Strauss, Marshall McLuhan, Walter Ong et Jacques Derrida. L'importance historique de ce groupe de savants a nourri de nombreux débats. Ces érudits étaient indéniablement très différents et ils ont souvent commencé à développer des aspects de la nouvelle conception de l'écriture sans entretenir de lien particulier les uns avec les autres, ni même nécessairement avoir connaissance de leurs travaux respectifs. Et aujourd'hui, soit près d'un demi-siècle plus tard, c'est peut-être la conception de l'écriture défendue par Derrida qui est la plus à même de nous aider à comprendre comment l'écriture et la mémoire se configurent mutuellement.

Pourquoi Derrida ? Que peut apporter un philosophe dans un contexte essentiellement défini par des anthropologues, des linguistes, des philologues, des scientifiques de l'information, des psychologues et des neuroscientifiques ? Je crois que Derrida est un penseur crucial pour notre sujet car sa notion d'*écriture* a établi pour la première fois un lien conceptuel entre le champ de l'écriture et le champ de la mémoire, un lien qui reflétait les changements fondamentaux intervenus dans ces deux champs. Pour être plus précis dans la chronologie historique, je dirais même que la conception derridienne a anticipé ces changements.

PENSER L'INACHÈVEMENT

+++++

En esquisant une théorie philosophique de l'écriture comme mémoire et de la mémoire comme écriture, la conception derridienne de l'*écriture* [1967a] rejette l'idée d'une inscription essentielle et atemporelle, que cela soit au plan de l'information, de la signification ou de toute autre « trace ». Aussi n'est-il pas étonnant que toute la philosophie de Derrida, dont la théorie de l'écriture, aussi cruciale soit-elle, n'est qu'une partie, ait été fortement contestée à l'époque. Sa diffusion fut également freinée car elle contribuait à promouvoir des débats post-structuralistes et déconstructionnistes aux implications très larges. Mais le recul historique et la conscience actuelle des déplacements intervenus dans l'architecture

épistémique de nos idées sur l'écriture et sur la mémoire redonnent du sens au concept d'*écriture* comme mouvement permanent.

Aujourd'hui, cette idée a, pour ainsi dire, acquis une plus grande « intelligibilité culturelle » ; les esprits sont davantage disposés à envisager l'écriture et la mémoire comme un mouvement qui n'atteint jamais son point ultime et qui ne peut, à aucun moment, être ramené à un sens définitif car ce sens ne cesse de reporter sa présentation et donc son interprétation finale. Mieux encore, puisqu'au cours de ce processus, ce mouvement ne cesse de générer de nouvelles différences et de nouveaux sens, il finit par remettre en cause l'idée même selon laquelle l'interprétation finale existerait.

Il y a quarante ans, cette pensée dépassait apparemment les limites de « l'intelligibilité culturelle ». L'imprécision et la fugacité attachées à l'idée d'un processus intrinsèquement inachevé la rendaient si farfelue que Derrida, en mal d'un concept philosophique adéquat, eut recours à un néologisme pour la désigner : la *différance*. Mais la situation a changé. Les derniers développements dans le champ de l'écriture (en particulier dans le domaine de la littératie numérique) et dans celui de la mémoire (notamment l'apport des recherches neurobiologiques et socioculturelles) ont contribué à situer cette conception dans un environnement culturel et intellectuel plus favorable. Aujourd'hui, l'image d'un processus qui ne cesse de générer des nouvelles différences et qui, de cette façon, produit de nouveaux sens et de nouvelles interprétations nous permet de percevoir sous un nouveau jour les métaphores apparemment indestructibles de la mémoire comme écriture et de l'écriture comme mémoire.

La philosophie de Derrida et le langage dans lequel elle est exposée ont souvent été considérés difficiles d'accès. Le style est certes important ici, mais il ne fait que refléter une rupture plus profonde avec plusieurs traditions de pensée familières ; on pourrait même avancer que le style contribue essentiellement à opérer cette rupture. De quelle rupture s'agit-il au juste ? Derrida explique clairement qu'il vise à rompre radicalement avec la métaphysique occidentale. En particulier, il remet en cause la tradition de la « pure pensée », selon les termes de Hegel. Dans cette tradition, les structures comme l'esprit (ou *Geist*) et les opérations intellectuelles comme la pensée sont conçues comme des entités purement mentales. Par conséquent, elles sont envisagées comme des entités indépendantes préexistant à toute médiation matérielle par des signes et d'autres formes d'activités humaines [Brockmeier, 1992]. Selon Derrida, cette tradition s'inscrit dans un projet intellectuel englobant, le phonocentrisme, dans

lequel la voix (*phone*) et le son immatériel jouent un rôle décisif. Le revers de la médaille, lorsque l'accent est ainsi mis sur la voix, c'est l'exclusion des formes matérielles et culturelles de la médiation telles que l'écriture.

L'un des principaux arguments de la philosophie de Derrida est que le phonocentrisme et sa « métaphysique de l'immédiateté » ne sont pas qu'un projet linguistique ou sémiotique. Les enjeux sont plus importants. Le phonocentrisme est le symptôme d'une tendance à exclure et inclure, et cette tendance est au cœur du logocentrisme. Le logocentrisme est la conviction que les signes parlés aussi bien qu'écrits ne sont que des allusions et des expressions externes de significations plus profondes et de vérités qui reposent soit dans les pensées des hommes, soit dans les idées des dieux. Par conséquent, les premiers et les derniers éléments du canon occidental sont des entités idéales et immatérielles comme le *logos* et la Parole divine, l'âme et l'esprit, le *Geist* hégélien et le sujet transcendantal kantien. Envisagés sous cet angle, le phonocentrisme et le logocentrisme apparaissent liés à une ontologie morale qui privilégie l'esprit au corps, l'intelligible au sensible, le spirituel au matériel. Tout ceci participe d'un réseau culturel tissé de motifs philosophiques, religieux et moraux étroitement liés les uns aux autres.

Cependant, Derrida souligne également que ses efforts pour échafauder une théorie de l'écriture dépassant le phonocentrisme et le logocentrisme ne sont pas simplement guidés par des inquiétudes métaphysiques. À plusieurs reprises, il explique que sa recherche doit être située dans un contexte qui ne se limite pas à la philosophie et à l'histoire des idées. Il envisage notamment sa conception de l'écriture en résonance avec une révolution plus générale de la pensée moderne. Les lectures de Derrida qui en faisaient un philosophe au sens étroit du terme ont souvent eu pour effet de le confiner à un champ peuplé de philosophes et de chercheurs en sciences sociales, qu'ils soient structuralistes comme de Saussure et Lévi-Strauss, idéalistes comme Rousseau, Hegel et Husserl, ou existentialistes comme Heidegger et Sartre. Or Derrida situe lui-même sa nouvelle conception de l'écriture dans le champ des sciences. Les notions derridiennes fondamentales que sont l'écriture, la trace et le *gramme* gagnent ainsi à être replacées dans l'environnement scientifique et technologique dans lequel elles se développent.

Beaucoup de travaux sur Derrida ignorent la forte influence qu'eurent sur ses concepts quelques importants développements scientifiques. La période dont nous parlons a représenté un moment spectaculaire dans l'histoire naissante de la biologie moléculaire, et elle a vu apparaître des

nouvelles disciplines et des nouveaux champs de connaissance comme la théorie de l'information et la cybernétique. Dans les années 1960 – moment où se formèrent les concepts en jeu –, ces champs étaient sur le point d'entrer dans l'ère numérique. Derrida, qui suivait attentivement ces développements, les concevait en termes de modèles linguistiques, parmi lesquels le modèle de l'écriture (ou modèle scriptural) occupe une place de choix. Ce faisant, il reprenait le vocabulaire et les métaphores utilisés par les scientifiques qui, en particulier dans le champ de la biologie moléculaire, définissaient explicitement leurs recherches en termes d'écriture, de code (et *codex*), de lettres, de séquences de traces et de signes dont la syntaxe était en passe d'être découverte dans les éprouvettes. C'est ainsi à cette époque que l'expression « alphabet de la vie » fut forgée pour désigner le code génétique de la vie humaine, pour entrer ensuite dans le langage courant.

Hans-Jörg Rheinberger a montré comment les principaux biologistes moléculaires de cette génération imaginaient et même fabriquaient leurs objets scientifiques et leurs procédures expérimentales en raisonnant en termes d'« inscriptions, de traces et d'articulations graphématiques » qui représentent parfaitement « des formes généralisées d'écriture » [1997, p. 110]. Si les substances biochimiques et les systèmes expérimentaux dans les laboratoires n'exprimaient pas intrinsèquement des marques enregistrables ni des traces qui les transforment en « représentations graphématiques », on y introduisait des « traceurs », comme des marqueurs radioactifs, des pigments, des teintures fluorescentes – « tout ce qui donne des inscriptions », selon la formule de Rheinberger [p. 111]. Quand, au début du *xxi*^e siècle, les biologistes moléculaires ont fait la une des médias après être parvenus à « déchiffrer » le génome humain et à « lire l'écriture de la vie », on a utilisé un vocabulaire et un discours métaphorique apparus dans les laboratoires quelques décennies plus tôt, un vocabulaire que Derrida s'était approprié avec enthousiasme pour exprimer sa théorie de l'écriture. « *Le biologiste parle aujourd'hui d'écriture et de pro-gramme à propos des processus les plus élémentaires de l'information dans la cellule vivante* », peut-on lire dans *De la grammatologie*. Qu'il « ait ou non des limites essentielles, tout le champ couvert par le programme cybernétique sera champ d'écriture » [Derrida, 1967a, p. 9].

Dans les années 1960, plusieurs découvertes scientifiques s'avèrent d'un intérêt capital pour les philosophes qui s'intéressaient au langage et à l'esprit, comme l'a montré Christopher Johnson [1999]. Le travail de James D. Watson et Francis H. Crick sur la structure de l'ADN, qui avait

à peine dix ans quand Derrida écrit *De la grammatologie*, en est un bon exemple. Les recherches des biologistes François Jacob et Jacques Monod sur l'ARN messager étaient encore plus récentes. Il apparaissait alors qu'un consensus s'était dégagé pour conceptualiser le code génétique comme une forme de texte qui impliquait la combinaison, la transposition, la ponctuation et l'effacement de caractères. Tout ceci pouvait confirmer le tournant linguistique qui eut lieu à la même époque, après avoir été lancé par les structuralistes.

Le modèle derridien de l'écriture comme processus dynamique de différence-différence est en fait très proche de la conception de l'ADN comme code de conservation et métaphore, ou, en cybernétique, de la façon dont le circuit possède une mémoire reposant sur le mouvement de l'information autour du circuit plutôt que sur son archivage statique. [Johnson, 1999, p. 45-46]

L'ÉCRITURE COMME COMMUNICATION ET MOUVEMENT PERMANENTS

+++++

C'est pour ces raisons que je propose de lire la conception derridienne de l'écriture et de la mémoire à la lumière des développements récemment intervenus dans l'histoire de la science et de la technologie. La notion elle-même associe deux sens du terme écriture³. D'une part, l'écriture est comprise dans un sens plus ou moins traditionnel comme une forme de communication linguistique médiatisée par des signes matériels. Ce qui renvoie là autant au processus d'inscription alphabétique qu'à son résultat, à ceci près – et la nuance est importante – que Derrida, dès le départ, rejette toute conception de la littérature qui serait exclusivement fondée sur l'alphabet occidental. Pendant longtemps, la seule idée de l'écriture imaginable en Occident était le modèle alphabétique ; cela allait de pair avec une représentation qui réduisait de façon drastique à la fois la variété culturelle des systèmes d'écriture et la complexité linguistique et discursive de la nature de l'écriture et du langage en général. Dans cette perspective, ces variété et complexité de l'écriture étaient réduites à un acte d'inscription ou, plus exactement, un acte de transcription de l'aspect phonétique du langage. Ce modèle servit d'horizon téléologique

3. La suite de ce texte s'inspire essentiellement de *De la grammatologie* [1967a] mais aussi de *L'écriture et la différence* [1967b] et de *Différance* [1982]. Parmi les nombreux commentaires de la conception derridienne de l'écriture, celui de Christopher Johnson dans *Derrida: The Scene of Writing* [1999] m'a été particulièrement utile.

pour construire un récit du développement historique dont l'apogée était représenté par les systèmes d'écriture européens. La critique fondamentale que Derrida adressa à ce modèle phonocentrique de l'écriture et du langage en général fut au départ une démarche pionnière tout à fait singulière. Depuis, elle n'a cessé d'être confirmée par d'innombrables travaux de linguistique, d'histoire, d'anthropologie et de théorie culturelle. Pourtant, peu d'entre eux ont souligné comme Derrida que cette réduction savante reflétait et entretenait une réduction plus profonde imposée par le phonocentrisme et le logocentrisme occidentaux.

D'autre part, et à un niveau plus fondamental, l'écriture est envisagée comme un principe général de structure. Elle renvoie à la dynamique – Derrida emploie les termes de « mouvement » ou « programme » – de processus ou de systèmes complexes. Par conséquent, elle ne comprend pas uniquement des pratiques banales de notation et d'inscription, mais aussi d'autres formes de langage, ce qui, comme on l'a déjà mentionné, rejoint les idées du structuralisme et de la théorie sémiotique générale. En tant que principe élémentaire de tout système ou processus qui produit une trace – ou plus exactement, dans lequel « des traces sont générées, déplacées, superposées » [Rheinberger, 1997, p. 104] –, l'écriture est un continuum qui s'étend au-delà du langage et de la communication dans leurs définitions les plus génériques. De ce point de vue, l'écriture renvoie au phénomène et à la logique du mouvement permanent.

Au cœur de la conception derridienne de ce mouvement, on trouve le concept de *trace* (le terme de *gramme* apparaît également pour décrire le même phénomène à partir d'un angle légèrement différent). Ce concept est peut-être encore plus fondamental pour la théorie derridienne de l'écriture que le concept d'écriture lui-même. Il ne peut y avoir ni écriture, ni traitement, communication, enregistrement, archivage ou modification de l'information sans une trace. En même temps, il existe plus de formes et de types de traces que ce qu'on entend par traces d'écriture et de langage au sens étroit du terme.

On arrive ici au point de contact avec la mémoire, c'est-à-dire avec la conception de la mémoire et de la remémoration esquissée en introduction. Je crois en effet qu'à ce stade, la réflexion de Derrida offre une manière convaincante de se représenter l'écriture comme mémoire et la mémoire comme écriture en échappant aux modèles traditionnels de ces deux choses. La trace est, comme je l'ai dit, un concept essentiel ici car elle peut opérer dans les deux champs. Ces pratiques et mouvements générateurs de différences qui, comme le soutient Derrida, ne sont

perceptibles et intelligibles que parce qu'ils engendrent des traces, sont certes caractéristiques de processus médiatisés par des signes et d'activités comme l'écriture ; mais aussi des processus médiatisés par des signes et des pratiques propres à la mémoire.

Le concept de trace vise ainsi à cerner le principe d'un « mouvement » ou « programme » qui soit commun à l'écriture et à la mémoire. Derrida pouvait ici puiser dans les études du paléontologue et anthropologue de l'évolution André Leroi-Gourhan. Dans son enquête sur l'évolution et l'histoire de la mémoire et de l'écriture humaines, Leroi-Gourhan [1964-1965] démontra de façon très détaillée que les capacités humaines d'écriture et de remémoration n'avaient cessé d'être élargies et extériorisées. On pourrait également dire qu'elles ont été de plus en plus objectivées sur le plan socioculturel, qu'elles se sont transformées, pour ainsi dire, en fonctions culturelles. Derrida utilise ce scénario pour étayer sa propre version de l'évolution et de l'histoire du développement de la fabrication de traces chez l'Homme, et en fait de l'Homme en général. Pour lui, le principe de la trace est la force motrice dans le processus de décentrement de l'esprit humain. Cette force n'a cessé d'étendre la capacité biologique limitée qu'ont les êtres humains de se souvenir, jusqu'à ce que cette capacité finisse par se libérer de son fondement naturel. « *Si l'on acceptait la formule de Leroi-Gourhan, écrit Derrida, on pourrait parler d'une "libération de la mémoire"* » [1967a, p. 125-126]. Dans l'évolution de la main et de l'esprit, un processus d'extériorisation prend place pour déployer une dynamique incessante de traces et de fabrication de traces. C'est la dynamique combinée de la mémoire et de l'écriture. Toutefois, pour énoncer cette dynamique en termes conceptuels, nous avons besoin d'un nouveau vocabulaire : d'une nouvelle façon d'évoquer et de penser l'écriture et la mémoire, afin de réussir à envisager des configurations telles que la trace.

TRACER ET PRODUIRE DES TRACES

+++++

Dans sa recension des découvertes scientifiques, incluant les travaux de Leroi-Gourhan, Derrida trouva matière à soutenir l'idée qu'il existe un continuum de « processus de traces », qui va des niveaux élémentaires de l'inscription génétique et de l'organisation neurophysiologique jusqu'aux machines cybernétiques et digitales dont l'exploration commençait alors à peine. La vision naissante que Derrida identifia dans ces environnements scientifiques s'inscrit dans la continuité d'un développement de

l'évolution, de l'histoire et de la culture qui ne cesse de mobiliser et d'élargir les potentialités humaines de produire des traces.

En quoi la capacité de produire des traces est-elle une faculté humaine capitale ? Pour faire simple, la trace est le terme le plus général pour désigner le mode dynamique d'existence d'un signe ou symbole (le mot grec *gramme* désigne la lettre, l'écriture, et des masses légères). Dans ce sens, elle s'étend aussi à la signification. Une trace indique une différence. Plus précisément, elle représente quelque chose qui marque une différence, la différence entre la présence et l'absence. Je m'explique.

Prenons comme exemple les pratiques élémentaires de la chasse et de la traque, un type d'activités humaines dans lequel les traces et le tracé – donc la mémoire – sont de la plus haute importance. J. Edward Chamberlin [2002] a montré à quel point la chasse, la traque, la lecture et la remémoration étaient liées. Étudiant les premières connexions entre les opérations de lecture-écriture et l'interprétation des traces, il dévoile de fécondes perspectives anthropologiques et herméneutiques. Parce qu'elle associe des activités pratiques et intellectuelles, la lecture des traces et des pistes est liée à un style cognitif particulier, à un certain mode de vie. S'il y a une chose que les chasseurs savent quand ils voient la trace ou la piste d'un animal, écrit Chamberlin, c'est « *que l'animal n'est pas là. C'est tout ce qu'ils savent. Ce savoir est au cœur de la chasse et de la traque ; et il est au cœur de notre compréhension de la représentation* » [2002, p. 67]. Apprendre à reconnaître la distinction entre une chose et la représentation d'une chose, la différence entre un ours et le mot « ours », entre un ours et sa trace, c'est apprendre quelle est la nature de la signification et de la remémoration, et de quelles façons elles sont entremêlées. C'est bien de cela dont il est question dans la traque, comme le montre Chamberlin :

Les chasseurs lisent des signes visibles, mais ils savent que ce sont des signes de l'invisible, d'une façon presque analogue à la façon dont procèdent d'autres lecteurs de signes, comme les chercheurs en physique nucléaire. Une piste, même lorsqu'elle est très claire, vous dit où se trouvait un animal (ou un neurone) et non où il se trouve. Pour résoudre cette deuxième question, un chasseur utilise un mélange d'expérience et d'imagination, ou de planification et de rêverie, afin d'imaginer une histoire dans laquelle lui et l'animal se rencontreront. L'imagination du chasseur donne forme à la réalité par la re-présentation ; cela doit se produire dans l'esprit avant de se produire dans le monde. Et lorsque cela se produit, quand le

chasseur et l'animal convergent, la lecture est terminée. L'histoire est faite. [p. 81-82]

Chamberlin envisage les phénomènes de traque et de traces qu'on rencontre dans la chasse, dans l'écriture-lecture et dans les sciences. Ces phénomènes sont proches de ceux auxquels Derrida s'intéresse. Chamberlin se réfère à Louis Liebenberg qui, dans son livre *The Art of Tracking: The Art of Science* [1990], fait une distinction entre la traque simple et systématique d'une part, et la traque spéculative de l'autre. Dans toutes ces formes de traques,

les chasseurs doivent, bien sûr, connaître ce qu'est un terrain non perturbé afin de pouvoir « lire » les perturbations, ce qui nécessite ce que Liebenberg décrit comme une attention intermittente, un réajustement constant entre les moindres détails de la piste et l'aspect global de l'environnement. La mémoire est cruciale, car le chasseur doit pouvoir mobiliser un large pan de connaissances à la fois signifiantes et méta-signifiantes afin de replacer les signes dans un contexte sémiotique approprié. [Chamberlin, 2002, p. 77]

Une trace, comme nous l'avons vu, indique la différence entre la présence et l'absence. Pourtant, pour Derrida, il ne s'agit là que d'une des différences que les traces exposent et constituent. Il y a également des différences entre le sensible et l'intelligible, entre les composants d'un signe (comme le signifiant et le signifié), entre un signe et un autre. Cette dernière différence est du reste d'une importance fondamentale pour la réalisation du sens, aussi bien dans l'approche structuraliste de Ferdinand de Saussure que dans l'approche post-structuraliste de Derrida, quelles que soient les distinctions profondes qui les séparent par ailleurs. Le sens, pour chacun de ces théoriciens, est un effet des relations entre les signes. Mais, pour Derrida, un signe n'est pas une unité cachée, pas plus que les relations entre les signes ne sont stables. Par conséquent, la conception post-structuraliste de la trace, du signe et du sens est bien plus fluide, ouverte et dépendante du contexte que celle des structuralistes classiques et que toutes les définitions antérieures du signe et du sens.

En termes moins techniques, cela veut dire que nous ne devons pas raisonner en termes de sens quand nous évoquons une trace comme une empreinte de pas sur le sable. Chamberlin note qu'en fait, aucun chasseur ne procède ainsi. Une trace n'a pas des contours fermes, elle ne peut être épinglée comme un papillon. Dans le style acéré qui le caractérise, Derrida

dit que la trace est sans existence. Elle *est* mouvement plus que substance, elle est un processus qui réalise de façon continue la différence. Ne cessant de reporter sa présentation ou son exposition, elle exclut au bout du compte l'identification de son sens, ou du moins de tout sens stable. Toute justification utilisée pour attribuer un sens spécifique (à un signe, un concept, un souvenir) ne « peut donc jamais être absolue et définitive. Elle répond à un état des forces et traduit un calcul historique » [Derrida, 1967a, p. 70]. Ce qui apparaît finalement au premier plan avec le concept de « calcul historique », c'est l'accent mis sur le contexte et la contextualisation. Dans la philosophie continentale, le contexte renvoie toujours d'une manière ou d'une autre à la trajectoire historique. Ce n'est que dans le cadre d'une telle trajectoire qu'il est cohérent de parler de sens.

Plus largement, le contexte, qu'il soit discursif, interprétatif ou historique, est une constellation distribuée dans des mondes culturels spécifiques. Envisagé sous cet angle, le concept de sens perd son enracinement traditionnel dans une définition abstraite et se rapproche de l'idée défendue par Ludwig Wittgenstein [1953] selon laquelle le sens doit être compris comme fluide, quelque chose qui se configure et se reconfigure dans l'usage des mots et des symboles. Au final, le sens est donc une constellation dans l'univers culturel des jeux de langage.

D'une manière assez proche, l'idée de trace comme mouvement permanent joue un rôle central dans la façon dont Derrida aborde la temporalité spécifique de l'écriture et de la mémoire. Une trace, comme toute construction de sens, est toujours ouverte vers le futur, ce que Derrida appelle la *protention*. De même, elle est toujours ouverte vers le passé, ce qu'il nomme *rétenion*. « Sans une rétenion dans l'unité minimale de l'expérience temporelle, sans une trace retenant l'autre comme autre dans le même, aucune différence ne ferait son œuvre et aucun sens n'apparaîtrait » [Derrida, 1967a, p. 91]. En ce sens, la trace n'est pas une unité composée mais l'unité d'un mouvement à deux volets, la protention et la rétenion. Toutes deux font partie de tout acte de la construction du sens ou, comme l'appelle aussi Derrida, de la « signification ». La signification, comme le note Genevieve Lloyd, « *n'est possible que si chacun des éléments apparaissant sur la "scène de la présence" est relié à quelque chose d'autre que lui-même, conservant ainsi en lui la marque du passé et se laissant déjà entacher par sa relation au futur* » [1993, p. 7].

Si on accepte cette idée d'un processus double qui se déploie à la fois vers le passé et le futur, il s'ensuit qu'il ne peut pas y avoir de trace originale ni de sens original auxquels on pourrait remonter, comme on

s'accrocherait à une ancre ferme et ontologiquement stable. L'écriture et la mémoire réalisent simultanément et indissociablement des actes de rétention et de protention. Elles sont ouvertes à ce qui se passe « avant » comme à ce qui se passe « après ». Pour Derrida, elles diffèrent toujours d'emblée d'elles-mêmes, excluant ainsi toute réalisation d'une version première originelle et tangible.

Permettez-moi de conclure en exprimant mon accord avec Niall Lucy [2004, p. 146], pour qui l'idée d'un « *résidu qui est à la fois ce qui reste et ce qui vient avant* » relève d'une étrange ontologie. Cette ontologie est difficile à cerner dans les termes de la logique et de la métaphysique traditionnelles, et il est encore plus difficile, si ce n'est impossible, de la cerner dans le cadre du raisonnement positiviste traditionnel qui a dominé une grande partie des recherches scientifiques modernes sur la mémoire et l'écriture. L'argument que j'ai avancé esquivait cette objection potentielle. Il est fondé sur l'observation d'après laquelle les développements récents des recherches scientifiques, sociales, culturelles et littéraires sur la mémoire et l'écriture ont modifié non seulement nos connaissances empiriques, mais aussi ce qu'on s'accorde à considérer comme l'ontologie de la mémoire et de l'écriture. En relisant la philosophie derridienne de l'écriture, en l'opposant au contexte qui fait le plus écho à une nouvelle architecture du savoir et de l'ontologie, je soutiens qu'on peut envisager la vieille analogie de la mémoire et de l'écriture sous un nouvel éclairage. En m'inspirant de la notion de trace, j'ai essayé de réinterpréter cette analogie en évitant de réduire l'écriture et la mémoire à une inscription stable et une archive de l'esprit. Au lieu de cela, j'ai esquissé une perspective post-positiviste et post-archiviste selon laquelle l'écriture et la mémoire apparaissent en perpétuel mouvement, prises dans des processus d'interprétation et de reconfiguration permanents, des processus de fabrication du sens. La particularité de ces processus est qu'ils n'atteignent jamais un *telos*, un ultime point d'arrivée auquel pourrait s'arrêter une interprétation finale pour fixer un sens définitif. C'est pourquoi ce mouvement rejette l'hypothèse d'un événement originel, d'une origine dotée d'un sens constant – qu'elle soit dans l'écriture ou dans la mémoire – qui pourrait être maintenue dans une archive et qu'on pourrait remobiliser en respectant sa soi-disant authenticité première.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Bartlett Frederic C., *Remembering*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1932.

Brockmeier Jens, "Reines Denken". *Zur Kritik der teleologischen Denkform* ["Pure Thought": A Critique of the Teleological Form of Thinking], Amsterdam, Grüner-John Benjamins, 1992.

Brockmeier Jens, After the archive: remapping memory, *Culture and Psychology*, 16 (1), 2010, pp. 5-35.

Brockmeier Jens et Olson David R., "Introduction: what is a culture of literacy?", in Jens Brockmeier, Min Wang et David R. Olson (eds.), *Literacy, Narrative and Culture*, Richmond, Curzon, Routledge, 2002, pp. 1-15.

Brockmeier Jens et Olson David R., "The literacy episteme: from Innis to Derrida", in David R. Olson et N. Torrance (eds.), *The Cambridge Handbook of Literacy*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2009, pp. 3-21.

Chamberlin J. Edward, "Hunting, tracking and reading", in Jens Brockmeier, Min Wang et David R. Olson (eds.), *Literacy, Narrative and Culture*, Richmond, Curzon, Routledge, 2002, pp. 67-85.

Derrida Jacques, *De la grammatologie*, Paris, Les Éditions de Minuit, 1967a. [English edition: *Of Grammatology*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1976.]

Derrida Jacques, *L'écriture et la différence*, Paris, Le Seuil, 1967b. [English edition: *Writing and Difference*, London, Routledge and Kegan Paul, 1978.]

Derrida Jacques, "Différance", in Jacques Derrida, *Margins of Philosophy*, Chicago, University of Chicago Press, 1982, pp. 1-27.

Foucault Michel, *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969. [English edition: *The Archeology of Knowledge*, New York, Harper and Row, 1972.]

Goody Jack, *The Logic of Writing and the Organization of Society*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1986.

Halbwachs Maurice, *Les cadres sociaux de la mémoire*, Paris, PUF, 1925. [English edition: *The Collective Memorial*, New York, Harper and Row, 1980.]

Harris Roy, *Signs of Writing*, London, New York, Routledge, 1995.

Harris Roy, *Rethinking Writing*, Bloomington (In), Indiana University Press, 2000.

Johnson Christopher, *Derrida: The Scene of Writing*, New York, Routledge, 1999.

Leroi-Gourhan André, *Le geste et la parole* (vol. 1, *Technique et langage* ; vol. 2, *La mémoire et les rythmes*), Paris, Albin Michel, 1964-1965.

Liebenberg Louis, *The Art of Tracking: The Art of Science*, Cape Town, David Philip, 1990.

Lloyd Genevieve, *Being in Time: Selves and Narrators in Philosophy and Literature*, London, Routledge, 1993.

Lucy Niall, *A Derrida Dictionary*, Oxford, Blackwell, 2004.

Olson David R., *The World on Paper: The Cognitive and Conceptual Implications of Writing and Reading*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1994. [*L'univers de l'écrit*, Paris, Retz, 1998 ; réédition : 2010].

Olson David R., « Goody et ses critiques », in Éric Guichard (coord.), *Écritures : sur les traces de Jack Goody*, Villeurbanne, Presses de l'enssib, 2012 (à paraître).

Rheinberger Hans-Jörg, *Toward a History of Epistemic Things: Synthesizing Proteins in the Test Tube*, Stanford, Stanford University Press, 1997 (Writing Science).

Vygotsky Lev S., *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Michael Cole, Vera John Steiner, Sylvia Scribner et Ellen Sauberman (eds.), Cambridge (Ma), Harvard University Press, 1978.

Wittgenstein Ludwig, *Philosophical Investigations*, Oxford, Blackwell, 1953.

par Jean Dhombres

+++++
DE L'ÉCRITURE
DES MATHÉMATIQUES EN
TANT QUE TECHNIQUE
DE L'INTELLECT
+++++

DE L'ÉCRITURE DES MATHÉMATIQUES EN TANT QUE TECHNIQUE DE L'INTELLECT

En requérant pour le colloque tenu à l'enssib des spécialités très diverses et néanmoins un traitement très pointu de celles-ci par où faire écho à la pensée de Jack Goody sur le rôle de l'écriture sur le très long terme de la pensée humaine, Éric Guichard n'a pas adopté la voie tranquille de la célébration universitaire. Si c'est bien ainsi que l'on peut réussir un colloque multidisciplinaire, il faut néanmoins lui savoir gré d'avoir tenu bon, contre vents et marées, en favorisant la rencontre de personnalités que les usages académiques séparent le plus souvent, et jusqu'à l'acceptation de mathématiciens ordinairement exclus en France de ce genre de réunions, sinon à titre de potiches peu susceptibles d'apporter des données intelligibles par d'autres que leurs semblables. Aussi je veux commencer par le remercier du privilège de ce colloque et jusqu'aux modifications qu'il a permises dans ma propre présentation. Justifié par la nécessité de maintenir d'autant plus forte une spécialisation qu'il y avait multidisciplinarité, je ne devais pas plus me cacher derrière la technicité mathématique que me couvrir par l'érudition historique des mathématiques du passé. Car ce sont deux formes d'autisme (sauf bien sûr lorsque des spécialistes débattent). L'enjeu, grâce à la formulation ancienne et toujours pertinente de Goody, étant de jauger ce qui permet de considérer l'écriture mathématique comme une technique de l'intellect, la plus grande parcimonie doit présider à l'analyse de cette technique même. D'une part parce que la tradition mathématique est d'élaguer le plus possible dans la multitude des propositions d'écritures, de notations, de symbolisations, de terminologies aussi, qui ont été faites au cours de l'histoire. D'autre part parce qu'il ne faut pas surimposer un discours sur l'écriture mathématique, mais la faire « discourir » à l'intention de ceux qui ne la pratiquent pas quotidiennement. D'autant que, comme il en est pour bien des techniques, l'écriture mathématique révèle souvent plus d'efficacité que la pensée même qui a pu présider à son invention.

La difficulté n'en reste pas moins de préserver une certaine autonomie à l'écriture mathématique, éventuellement dans des détails qui peuvent paraître bénins et dont l'analyse risque la cuistrerie, alors que ces certes infimes questions n'en participent pas moins du dispositif général de présentation publique d'une théorie, et aussi bien de l'acculturation mathématique. Je ne crois pas pour autant que la description du jeu d'invention dans l'écriture mathématique tienne à une autonomie totale. Bien plus est à analyser dans la relation au langage ordinaire, et donc dans le phénomène de banalisation, qui s'accompagne quelquefois d'une découverte et peut l'enrichir.

La première chose ne consistera pas à définir, comme je l'avais d'abord prévu, ce que serait spécifiquement cette écriture, voire de dire ce qu'elle ne serait pas. Je parlais certes de la constatation banale qu'au premier coup d'œil, on peut reconnaître tout texte mathématisé d'un autre genre de texte, qu'il soit de linguistique, de géographie ou de sciences sociales, et bien sûr de comptabilité¹, mais au contraire si je peux dire et ce fut pour moi un des apports de la rencontre de Lyon, je commence par reconnaître qu'en dépit d'une multitude de témoins écrits, sont essentielles deux sortes seulement d'écritures en mathématiques. Ce sont, d'une part, celles qui vivent avec une ou des figures géométriques, c'est-à-dire des tracés de droites et de courbes en l'absence desquelles le texte est presque constamment impossible à lire, voire à déchiffrer. Mais on notera que ce dernier verbe risque à tort d'éliminer tout problème de lecture de la figure. D'autre part, il y a celles qui se développent non pas toujours sans ces figures, mais pour lesquelles les tracés géométriques sont des illustrations et non des éléments incontournables. La distinction faite n'est aucunement pour établir une frontière étanche et sans échanges dans le temps : tout au contraire, ayant reconnu une différence fondamentale, je peux d'autant plus facilement mesurer les passages d'un genre à l'autre, ou plutôt dire les façons historiques dont chacun des deux genres se modifie en empruntant à l'autre. Ce sont des équilibres de conjonction qui se produisent.

1. Un document comptable, une table à double entrée par exemple, n'est généralement pas un document mathématique, et si des mathématiques y sont perceptibles, par exemple sur des questions d'approximation d'intérêt, elles sont aisément discernables. La meilleure preuve de la singularité immédiatement repérable de l'écriture mathématique est donnée par les éditeurs de revues de vulgarisation : ne passe quasiment jamais un texte mathématique puisqu'il est décrété non lisible, alors même que les symboles utilisés ont pu être étudiés au lycée. Tout un chacun aujourd'hui sait lire les documents comptables que sont les factures dans un supermarché, y compris le calcul des réductions pour bonus.

Il est en effet aisé de reconnaître les appropriations nouvelles, puisqu'on peut assimiler sans peine à des figures les dispositions spatiales des diagrammes avec flèches de la géométrie algébrique. Mais *a contrario*, forts de cette actualité, les historiens de l'Antiquité appellent désormais « diagrammes » et donnent un caractère d'écriture à ce que l'on disait autrefois comme figures dans les *Éléments* d'Euclide en y voyant une prépondérance quelquefois dommageable du dessin. Quoique je le fasse sur ce chemin étroit de deux écritures que je dois mieux baliser encore, j'entends bien prolonger l'analyse que Jack Goody donnait dans son livre de 1977 où on lit en premier la conjonction entre les tables et les figures qui reprend *grosso modo* la distinction que je viens de faire. Il évoquait ce que le mode « rationnel » de pensée devait aux moyens d'écriture, « *qui a ouvert la voie à l'enregistrement et à l'analyse systématiques des données qu'on voit à l'œuvre dans les tables astronomiques de Babylone et dans les théorèmes de la géométrie euclidienne, ainsi qu'à la formalisation des schèmes classificatoires et à l'expérimentation répétée des relations de causalité* »².

En soulignant le rôle de mémoire enregistreuse de l'écriture mathématique, rôle mentionné le plus souvent pour l'algèbre et généralement sans faire allusion aux figures géométriques, un rôle assurément favorisé par la diffusion de l'imprimerie au xvi^e siècle, très justement et avec concision Goody associait les explications aristotéliennes sur les relations *a priori* de causalité et sur les classifications à la manière de ce que nous appelons l'expérimentation. Cette dernière est une autre forme de causalité, *a posteriori*, mais elle peut aussi bien être géométrique en portant sur les formes figurées, ou algébrique en portant sur des formules qui donnent les lois de la nature. Formes et formules, il me suffira d'évoquer la parabole en tant que trajectoire d'un projectile lancé vers le haut en oblique ; cette parabole est souvent dessinée dans des manuscrits d'expérimentation de Galilée à partir de 1608 jusque dans les détails numériques qui forment table.

Mais la parabole y est aussi un lieu théorique. Car s'y conjoint le principe d'inertie que l'on peut lire sur toute tangente à la parabole, sans pour autant que Galilée ait pu ou su le dire avec la généralité que prendra le principe chez Descartes ou Newton. Ces deux manières, expérimentales et théoriques, que la parabole unit, sont reconnues ensemble comme

2. Jack Goody, *La raison graphique. La domestication de la pensée sauvage*, Jean Bazin et Alban Bensa (trad.), Paris, Minuit, 1979, p. 251.

consubstantielles à la révolution scientifique, qui en cela est jugée anti-aristotélicienne parce qu'elle n'est pas seulement *a priori*, mais conjoint le raisonnement déductif et l'étonnement à partir de données qui ne sont factuelles que parce qu'on a décidé de les présenter ainsi, une fois l'expérimentation effectuée. Je n'ai donc pas à revenir ici sur ce qui est devenu banal dans la description historique et épistémologique de la révolution scientifique.

Mais le dernier jugement sur l'aristotélisme n'omet-il pas l'apparition d'un constat quasiment réaliste par le fait même de l'écriture, que celle-ci soit figurée comme avec la parabole ou formelle par l'expression de la relation fonctionnelle du chemin parcouru en carré des temps³ ? Là aussi, comme dans la division entre figures géométriques et formules, il y a un rythme temporel à respecter : c'est seulement une fois reconnue comme description tout à fait complète de la loi de la chute des corps que la parabole devient une trajectoire et que le paramètre de la parabole est mis en dépendance de la seule vitesse initiale au lancement, et donc s'installe comme un réel au sens banal, qui peut éventuellement être assimilé au sens aristotélicien de réel.

Un tel réel est alors symptomatiquement et objectivement manifesté à tous par les jets d'eau non verticaux qui font les richesses de la banalisation de la révolution scientifique et de la loi de Galilée, par exemple chez un Marin Mersenne. Ceci dit, l'aristotélisme si je puis dire ne peut s'installer longtemps, car le soi-disant réel évolue encore en changeant les causalités mêmes. Puisque entourée de ses mesures, la trajectoire parabolique de la pierre lancée reconnue par Galilée pour une pesanteur constante, écrit aussi le mouvement elliptique de la Lune comme une chute, dès que Newton aura reconnu la variation exacte avec la distance de la pesanteur devenue attraction par la Terre. La prolongation du thème de Goody que je veux faire ici ne peut certes aller d'emblée à ces considérations épistémologiques sur la nature des causalités lorsqu'elles s'inscrivent dans l'ordre mathématique, et je dois me restreindre d'abord au processus conjoint d'analyse et d'élagage porté par les écritures mathématiques simples des deux formes, géométriques et formules. Ce sera pour pouvoir passer à un autre rôle de l'écriture, celui de devenir un langage aussi bien algébrique et géométrique commun au moins à d'autres que des mathématiciens. C'est ce que j'essaierai de montrer avec le calcul différentiel, puis avec

3. Jean Dhombres, « La trajectoire d'une parabole. Métamorphoses de la philosophie naturelle sous l'effet des mathématiques, XIII^{es} Entretiens de la Garenne Lemot », in J. Pigeaud (dir.), *Métamorphose(s)*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2010, p. 213-241.

la mécanique quantique, non sans une certaine crainte en cette dernière occasion de devoir être trop concis.

UNE LONGUE TRADITION DU TRAVAIL SUR L'ÉCRITURE MATHÉMATIQUE

+++++

Il est toujours difficile de parler d'évolution pour des écritures quand elles paraissent naturelles, ainsi pour l'écriture des nombres, mais tout autant pour le dessin des figures dont je n'ai plus besoin de dire qu'il obéit à des règles. Il me suffira d'évoquer le contenu des *Éléments* d'Euclide, fixé au III^e siècle avant notre ère et qui, malgré l'indéniable aspect doxographique du « manuel » auquel aucun changement ne devait être apporté, pas même un « iota », comme l'écrivait avec hauteur un auteur philologue du xvi^e siècle⁴, a en fait donné lieu au fil des siècles à une grande variété de propositions d'écritures. Ce n'est pas très souvent reconnu, mais au final, si l'on peut dire, aucun texte de l'enseignement secondaire d'aujourd'hui ne peut être affirmé comme étant « écrit » à la façon d'Euclide. Alors même que bien des résultats, mais pas tous, ne sont que de géométrie euclidienne élémentaire⁵. Le cas le plus élémentaire est celui de la théorie des proportions du livre V de ces *Éléments*, avec l'intervention au final de l'égalité et de la barre de fraction. Je vais m'y attarder car je crois ainsi aborder au mieux les questions de l'écriture mathématique dans leur banalité même.

Pour définir une « analogie », objet même des proportions, on disait et écrivait aisément au xvi^e siècle en traduction fidèle du grec : *A* est à *B* comme *C* est à *D*. L'expression se nota selon un déploiement linéaire $A : B :: C : D$, mais il y eut quelques variations. Nous notons aujourd'hui $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$, à la façon dont Leibniz le requérait un peu avant 1700, d'abord

4. Cité par Jean Dhombres, « La mise à jour des mathématiques par les professeurs royaux », in André Tuilier (éd.), *Histoire du Collège de France*, Paris, Fayard, 2006, t. 1, chap. 19, p. 377-420.

5. Il faut rappeler que les règles de représentation en perspective, si elles peuvent s'appuyer sur les résultats donnés par Euclide, ne sont pourtant pas définies dans les *Éléments*. De sorte que l'ouvrage perd la sacro-sainte autonomie intellectuelle qui en faisait aussi bien le manuel par excellence de l'école, que celui que pouvait utiliser l'autodidacte. Voir Jean Dhombres, "Shadows of a circle, or what is there to be seen? Some figurative discourses in the mathematical sciences during the seventeenth century", in L. Massey (ed.), *The Treatise on Perspective: Published and Unpublished*, New Haven, Yale University Press, 2003, pp. 177-211.

sans grand succès auprès de ses pairs, et l'on remarque l'allusion spatiale par la barre de fraction qui dénote un dessus et un dessous⁶. Cette façon de Leibniz abolit d'autant plus le vocabulaire d'analogie qu'on la transforme aisément sous la forme dite de la règle de trois. Elle individualise une grandeur selon $A = \frac{C}{D}B$. Elle donne le sens du linéaire fonctionnel, et fait apparaître le rapport (ou la raison C/D) comme un opérateur ; elle conserve ainsi un caractère spatial par l'écriture d'un trait horizontal ; elle n'identifie pas un nombre, sinon l'écriture devrait être rendue uniforme à celle des autres lettres qui ne sont justement pas séparées par une barre de fraction.

Quel sens voulait-on donner en géométrie élémentaire, et jusqu'au XIX^e siècle, lorsqu'on refusa l'écriture superposée des fractions et que l'enfilade linéaire en : et :: resta prépondérante ? Était-ce le maintien d'une tradition dans un bastion géométrique rendu inaccessible aux atteintes du temps ? Voulait-on plutôt ne pas brûler les étapes en laissant sa structure à l'élémentaire, le faisant même reconnaître par une écriture, et donnant à l'algèbre cachée sous le rapport A/B la valeur d'une théorie déjà élaborée⁷ ? À l'inverse, ne faut-il pas voir une trace de la géométrie sous la forme du théorème de Thalès que Descartes utilise pour définir le produit ou le quotient des grandeurs dans la *Géométrie* de 1637 ? Son dessin avec les triangles semblables est une autre géométrisation de la règle de trois ; elle a l'inconvénient de ne plus faire apparaître l'invariance de la multiplication si facile à lire sous la forme des fractions $\frac{c}{d} = \frac{\lambda c}{\lambda d}$. En posant ces questions sur la théorie des proportions à titre d'exemple majeur, je n'entends pas déstructurer des textes mathématiques au point de les rendre vains, mais faire saisir que dans la culture ordinaire reste prégnante l'histoire même de l'acculturation mathématique. Cette histoire se retrouve dans la langue sur les quantités et les fractions, mais aussi dans leurs difficultés d'apprentissage ; à en ignorer les étapes, ou plutôt les linéaments car il ne convient de parler de progrès qu'en une vision téléologique basée sur notre pratique aujourd'hui, on ne fait que favoriser

6. La spatialisation pourtant bien modeste de l'écriture des fractions exaspère les concepteurs de traitements de textes, qui ne la rendent pas facile pour tout un chacun. Car ils la cantonnent dans un ordre d'écriture scientifique, comme si les fractions n'appartenaient pas à la culture commune.

7. Je dois être plus explicite ici : on peut appeler « algèbre cachée », ce qui ne signifie pas qu'elle soit inconnue, la présence de formules directement écrites presque sans y penser, comme a est à b et c à d , alors $a + c$ l'est à $b + d$ (ce que nous lisons algébriquement sans peine en faisant les produits croisés comme $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ donne $\frac{a}{b} = \frac{a+c}{b+d}$).

le mouvement de refus des mathématiques qui n'a que trop tendance à se renouveler.

L'élitage de propositions d'écritures, d'abréviations ou de terminologies particulières dont j'ai fait mon premier sujet n'est donc pas la reprise pure et simple du discours positiviste sur le progrès, dans la mesure où je tente le récit d'une vie apparemment propre des signes. Elle correspond forcément à la constitution d'un habitus d'une génération d'âge, une cohorte comme disent les démographes, en ce sens où les mathématiques créent un type de lien social puisqu'elles sont enseignées et font discipline depuis l'Antiquité grecque au moins (μαθηματικά). Nous ne le savons que trop en France où une mode de distinction a longtemps (encore ?) été de dire qu'adolescent on ne comprenait rien aux mathématiques telles qu'enseignées par des professeurs que l'on disait alors formalistes⁸, mais aussi incultes dans la mesure où ils ne savaient pas faire le lien entre leur enseignement, toujours dit rébarbatif, et les formes nobles de la culture, quelquefois dite humaniste et qui sait si bien jouer des « analogies ».

Cette situation particulière du savoir mathématique à la manière d'une expérience scolaire commune n'a peut-être pas assez retenu l'attention des anthropologues, les historiens spécialisés ayant quant à eux tendance à baliser les étapes de l'épistémologie à partir des seules mathématiques considérées comme novatrices, et en dehors précisément d'un quelconque phénomène social d'apprentissage. Même les phénoménologues, qui ont tant discoursé sur la perspective et sur l'acculturation mathématique des peintres, restent muets sur l'apprentissage du dessin, du dessin industriel ou du dessin de mode (avec les fameux patrons) qui ont touché tant de gens n'ayant justement pas fait d'études secondaires. Je ne crois pas que l'apprentissage des fractions ait fait l'objet de démarches ethnologiques spécifiques, pas même d'ailleurs dans nos milieux européens, dans les banlieues par exemple. Si l'on veut s'approprier un point de vue historique sur les mathématiques, cessons de penser que les techniques intellectuelles ne touchent que les intellectuels ! Mais cessons aussi bien de dire que l'écriture fractionnaire des proportions n'est qu'un outil sur lequel il n'y a rien à penser, ou que le langage ordinaire n'ait rien à en faire. Le trop long temps d'acculturation des fractions, dont la notation est pourtant si banale, est justement la preuve qu'il y a bien plus qu'on ne le dit sous cette banalisation.

8. J'en suis à me demander combien de professeurs ont refusé, en toute bonne conscience il y a deux ou trois siècles, que l'on écrive les proportions sous forme de fractions.

Dans le cadre culturel où je me place, reste pertinente la distinction que je faisais entre ce qui se calcule, en s'écrivant linéairement, et ce qui se parcourt du regard, en se figurant géométriquement. J'ai tenu à ne pas écrire « ce qui se voit » en place d'un « parcours », car je ne veux pas ici suggérer l'autre idée d'une immédiateté trop aisément dite comme intuition ; si de la figure de géométrie je veux voir sa forme d'écriture, c'est évidemment par le temps mis par le regard pour en quelque sorte déployer la figure avant même de l'analyser, et importe alors la continuité de ce déploiement. Il en subsiste quelque chose quand j'écris la proportion sous forme de fractions. Alors que je ne lis que du linéaire lorsque j'utilise l'écriture des :: et des :, et bien sûr lorsque j'écris en langage non algébrisé « *ut A ad B, sic C ad D* ».

La question n'est pas ici de dire une fois de plus la force inventive mise en œuvre en diverses écritures mathématiques, et d'ailleurs aucun ingénieur ne refuse les formules algébriques ou trigonométriques qui se manient désormais sans recours à une figure géométrique et sans les proportions d'autrefois, pour en revenir aux manipulations de François Viète avec le perpendicule et la base en place du sinus ou du cosinus, voire aux cordes de Ptolémée. La question devient celle de discriminer, selon les cas, si l'habitus est le fait anecdotique d'une mode, le signe d'un « pouvoir » de tel ou tel mathématicien, ou la reconnaissance de l'adéquation entre une pensée et son mode d'écriture, quitte à vérifier que cette adéquation est ce qui la rend le plus aisément transmissible en un moment culturel particulier, et qu'elle s'estompe quelquefois avec les restructurations du savoir mathématique, mais aussi d'autres fois se banalise avec l'adoption de ces mathématiques dans la langue ordinaire.

Car si nous reconnaissons tous que les mathématiques requièrent un tracé de la main qui fait écrit – signes, figures, et jusqu'au symbole qui marque aujourd'hui qu'une preuve est effectivement terminée et qui était le *quod erat demonstrandum* devenu QQFD –, si nous savons aussi bien la variété des systèmes historiques de numération ou celle des techniques de dessin dit géométrie enseignées dans des écoles depuis le XVIII^e siècle, nous connaissons mal non seulement les modalités d'apprentissage, mais plus mal encore les raisons qui ont poussé au maintien de certaines techniques.

Parce que c'était assez simple à voir comme un handicap, j'ai mentionné le cas de l'écriture des proportions sans barre de fraction, mais omis de lui associer la géométrie de la similitude. Celle-ci apporta pourtant un concurrent efficace aux fractions : ce sont les nombres complexes.

Non pas linéairement écrits comme $x + iy$, mais avec la forme dite polaire de l'exponentiel complexe ($\rho e^{i\theta}$) dont le nom indique suffisamment la représentation spatiale qu'elle induit ou représente aussi bien, mais encore la nouvelle situation professionnelle des astronomes rapportant les mouvements des planètes au centre solaire. Faut-il s'étonner que cette autre écriture portera jusqu'à la mécanique quantique, comme nous le verrons, et est devenue un langage commun à un assez grand nombre de professions de l'image, y compris pour l'image médicale ? Méfions-nous donc de toute déclaration de progrès univoque dans le domaine des mathématiques, une science qui ne reconnaît jamais un échec dans des démonstrations partagées par une communauté.

LA TECHNIQUE D'ÉCRITURE N'EST PAS À DÉDAIGNER

+++++

Même à l'ère informatique, le débat n'est pas aisément clos entre le recours aux dessins ou aux formules. Si l'herméneutique des textes mathématiques n'est pas suffisamment développée par les historiens, le lieu devenu commun d'un constant retard de l'enseignement sur la recherche ne suffit pas, à lui seul, à expliquer les unités structurelles des signes qui balisent un corpus pédagogique et font date. Ce sont ces questions qui s'invitent naturellement lorsque l'on envisage l'écriture comme une technique intellectuelle ; elles ne se dérobent pas dans un passé lointain et révolu, mais engagent pour beaucoup des problèmes d'aujourd'hui en dépit de tout ce que l'on raconte sur la fracture numérique⁹. Autrement dit, la règle de trois et la proportionnalité restent des questions difficiles pour l'enseignement primaire et du début du secondaire, alors que l'écriture algébrique utilisée ($A = \frac{C}{D} B$) semble les réduire à rien. Par ailleurs, la multiplication par les complexes, qui est un autre avatar de cette proportionnalité algébrique envisagée dans le plan, pourrait faire oublier le substrat géométrique de la mécanique quantique, si précisément il n'y avait les espaces de David Hilbert, comme je me propose de le faire voir au final, et au fond une expérience géométrique associée aux nombres complexes. J'entends bien par des exemples élémentaires préparer ces questions qui ne paraissent difficiles que parce que l'on n'a peut-être pas réellement saisi ces cas élémentaires.

9. Éric Guichard a remarquablement analysé les discours, y compris commerciaux, qui se cachent derrière la « fracture numérique » dans « Le mythe de la fracture numérique », in Éric Guichard (éd.), *Regards croisés sur l'internet*, Villeurbanne, Presses de l'enssib, 2011 (Papiers).

Si, comme je le mentionnais ci-dessus, l'adéquation particulière qu'une écriture établit avec la signification d'un objet mathématique doit ou peut correspondre au développement d'une mentalité à un moment de l'histoire, en tout cas faire signe d'une connivence, il faut également chercher à voir comment l'écriture mathématique travaille en retour à façonner cette mentalité.

Rares, très rares sont les chercheurs, tel Marcel Granet pour la Chine ancienne, qui ont su exprimer le jeu numérique et combinatoire, donc mathématique, dans l'expression des mythes dominants d'une civilisation¹⁰. L'exemple pourtant le plus connu, mais pas pour autant le mieux analysé, est celui de la numération décimale avec sa file de chiffres séparés par une virgule, le jeu des millièmes ou des milliers, apparue assez soudainement en Europe grâce à Simon Stevin à la fin du xvi^e siècle – *La disme*, le petit livre qui la contient, parut en 1585 à Leyde¹¹, porteur aussi bien de la numération binaire illimitée dont jouent nos ordinateurs. Mais qu'ajoute-t-on quand, à la manière de Fernand Braudel, on la dit favorisée par le mouvement du très long terme de la quantification et de la pratique bancaire ? Ou aujourd'hui quand on parle du besoin du traitement d'une information foisonnante par les services étatiques ou les particuliers ?

La difficulté est précisément que les deux rythmes, celui de l'invention mathématique et celui de la marchandisation, ne battent pas à l'unisson : le décimal, déjà connu par exemple dans le monde arabo-musulman à partir de pratiques polynomiales, sera par ailleurs mal reçu en Europe par ceux pour qui il serait objectivement de la plus grande utilité¹², et il faudra une loi en France pour l'imposer à tous deux siècles plus tard. C'est la loi du système métrique décimal, avec sa kyrielle de millimètres ou kilomètres récitée depuis l'école primaire ; on l'épinglera sous l'adjectif « républicain », preuve s'il en est qu'une réforme mathématique joue à tout le moins sur les formes de représentation d'une société. À l'époque pourtant, celle des Montagnards et des Girondins, on pensait que ce système avait quelque valeur morale en permettant à tous de juger des quantités, justement, universellement et uniformément. La réaction, il faut le rappeler, est dans l'appellation anglaise, *imperial*, pour les *measures* restées non

10. Marcel Granet, *La pensée chinoise* [1934], Paris, Albin Michel, 1968.

11. Simon Stevin de Bruges, *La disme*, in *L'arithmétique*, Leyde, Christophe Plantin, 1585. Le texte a souvent été réédité à l'usage des écoliers et se trouve aisément sur le Net.

12. Les rétifs au décimal, alors que les banquiers l'adoptèrent pour les tables d'intérêt, furent d'abord les universitaires (alors même que cela servirait à imposer l'algèbre dont ils savaient les avantages), et surtout les astronomes qui gardèrent le système sexagésimal.

décimales jusque dans la seconde moitié du xx^e siècle, et donc symboliquement jusqu'à la fin du système impérial des colonies¹³.

LA NOTATION COMME SIGNE AVANT-COUREUR

+++++

Je commence cette enquête par des détails d'écriture bien modestes en ce qu'ils sont susceptibles de révéler des tendances que les intéressés eux-mêmes n'avaient sans doute pas complètement assumées, et qui n'ont pas eu de véritable postérité. En ce seul sens qu'on n'a pas fait allusion à ces détails pour comprendre le développement ultérieur. Je vais ici m'intéresser à la simple position d'un point après le dessin d'un carré, en donnant la démonstration écrite d'un théorème d'Euclide, même s'il porte le nom de Pythagore qui est un ancêtre lointain d'Euclide. Je me place d'emblée dans ce genre d'écriture qui requiert une figure, ou du moins une écriture particulière lui est associée, qui semble avoir sa vie propre. Le résultat est suffisamment célèbre – l'aire du carré construit sur l'hypoténuse d'un triangle rectangle égale à la somme des aires des deux autres carrés dessinés – pour que l'on n'ait aucun mal à la suivre, alors même que peut surprendre l'écriture ici fournie. On ne peut en tout cas pas la dire algébrique. Elle donne donc à réfléchir, et c'est ce que recherche cette page de Pierre Hérigone dans son *Cursus mathematicus* / *Cours mathématique* de 1634 (figure 1).

La figure s'impose distinctement après l'énoncé bilingue du théorème dont on apprécie le balancement rythmique, évitant le pédant vocabulaire de l'hypoténuse : l'aire du carré *BCED* est la somme des aires des carrés *BFGA* et *AHIC*. Il faut cependant un dictionnaire pour décrypter le signe égal, ici donné par 2|2, deux 2 séparés par une barre verticale qui joue à la manière du pivot d'une balance, dont la première intervention est à la ligne qui suit *Req. π. demonstr.* à la quatrième colonne. Un analogue de notre signe égal, avec deux lignes parallèles, apparaît quelques lignes plus tôt dans le même texte, mais il signifie le parallélisme justement des droites *AM*, *BD* et *CE*, et du coup on peut s'interroger, en lisant Hérigone

13. Jean Dhombres, « Mesure pour mesure, universel contre régional : le système métrique comme action révolutionnaire », in Annie Jourdan et Joep Leerssen (éd.), *Remous révolutionnaires : République batave, armée française*, Amsterdam, Amsterdam University Press, 1996, p. 159-199 ; Jean Dhombres, Résistances et adaptations du monde paysan au système métrique issu de la Révolution : les indices d'évolution d'une culture de la quantification, *Annales de Bretagne et des Pays de la Loire*, t. 100, n° 4, *La culture paysanne (1750-1830)*, Alain Croix et Jean Quénart (éd.), 1993, p. 427-439.



Source : Bibliothèque municipale de Lyon, fonds ancien (cote 342397 TL, p. 56). Photographie : Éric Guichard.

Figure 1 : Pierre Hérigone, Livre I des Éléments d'Euclide, Théorème 33 dit de Pythagore

aujourd'hui, sur les raisons qui ont fait plus tard adopter le signe égal des parallèles, avec un possible primat donné à la géométrie.

Aucun signe égal n'était utilisé par Euclide, qui n'en avait pas moins la notion d'égalité portant sur des grandeurs, comme des aires, des longueurs, des angles, etc. Hérigone invente donc plus qu'une symbolisation : il fait intervenir un mode de pensée, avec l'égalité figurée en tant que relation ayant des propriétés que l'on reconnaît aujourd'hui sous le nom de relations d'équivalence. Pour mieux en faire voir la portée, je les donne avec la notation d'Hérigone (réflexivité $a \ 2|2 \ a$, symétrie $a \ 2|2 \ b$ donne $b \ 2|2 \ a$, et transitivité $a \ 2|2 \ b$ et $b \ 2|2 \ c$ donnent $a \ 2|2 \ c$). Alors que notre signe égal banalise par le sens acquis de l'algèbre. Mais justement cette banalisation n'est-elle pas le résultat lointain d'un mouvement lancé par Hérigone ? Auquel cas son $2|2$ serait un signe avant-coureur ! L'écriture est de même nature que la notation avec le parallélisme qui nous paraît bien plus naturelle et riche. Hérigone entendait singulariser la relation d'égalité portant sur des mesures de grandeurs, et son choix de $2|2$ signifie le maintien d'une spécificité pour les proportions que, par ailleurs, l'algèbre tendait à diminuer. Il aura, indépendamment, une écriture pour les proportions. Or, indépendamment de la volonté peut-on dire de Pierre Hérigone, son signe $2|2$ tendait vers une conception algébrique, que ne possède pas son abréviation pour les proportions.

À la même époque, Thomas Harriot faisait en algèbre l'assimilation avec la géométrie en donnant presque notre signe égal. Descartes écrira trois ans plus tard $\propto$, déformation de æ , pour désigner en latin une égalité qu'il situait aussi bien en algèbre, ou plutôt en fondement de sa théorie des équations. C'est ainsi constater que Descartes abrégait seulement l'écriture dans le but de mettre en avant une indéniable nouveauté, là où Hérigone donnait une explication sous forme d'un graphème. Tous les deux, en proposant une notation alors inhabituelle, signalent un sens nouveau ; par ailleurs, les deux notations ont aujourd'hui disparu dans un grand et fréquent mouvement d'élagage. En quel sens toutefois peut-on parler d'échec ?

Hérigone respecte la règle de distinction des imprimeurs d'alors entre écriture en majuscules dans un texte et écriture en minuscules dans une figure, et *be*, qui intervient à la première ligne de la deuxième colonne pour la phase de préparation de la démonstration (*Præpar.*), ne désigne nullement le produit de *b* par *e*, selon la pratique des relations algébriques à venir, mais cette écriture fait allusion aux points *B* et *E*. Quelle est précisément cette allusion ? On voit apparaître $\square be$. Mais on voit aussi un

point après le carré, avec toutefois à la suite *bc* en place de *be* : $\square.bc$. Les lettres ne sont donc pas interchangeables dans ce symbolisme, et la figure aide à faire les distinctions. Toute écriture a sa contrainte d'interprétation, et normalement un dictionnaire doit pourvoir le sens : il doit être donné quelque part avec le texte. L'introduction à cette époque de listes explicatives de signes est une nouveauté des textes mathématiques par rapport aux manuscrits, et elle vient avant même l'analogie que sont les légendes dans les cartes géographiques.

Pierre Hérigone¹⁴ est assez méticuleux qui dresse de nombreuses pages explicatives. Or si l'on trouve effectivement le carré dans ce dictionnaire, on ne le voit pas toujours suivi d'un point, alors que le rectangle est suivi d'un point, quoique avec une disposition autre des deux lettres, celles-ci étant séparées par des virgules. Ces lettres désignent en cette autre occurrence des nombres, et ne sont pas référées à des points sur une figure géométrique, comme *be* dans le cas présent.

Ce n'est pourtant pas en raison de ce manque d'explication pour la notation d'un carré suivi ou non d'un point que l'écriture d'Hérigone est la plus dérangement ; la difficulté de lecture provient de ce que chaque ligne du texte, au sens très matériel d'une certaine famille de mots placés horizontalement dans une même colonne, doit être une phrase complète ; elle est une étape de la démonstration, dès lors repérable en tant qu'unité.

Cette spatialisation logique que l'on peut aussi décrire comme une succession ordonnée d'atomes horizontaux d'écriture, ou encore des abrégés sténographiques d'une phrase complète, est une contrainte extraordinaire. Elle implique que toutes les idées mathématiques doivent pouvoir se décomposer en unités de tailles équivalentes. La disposition en lignes séparées par des colonnes est très organisée ; elle est aussi une forme de la spatialisation de l'écriture mathématique, et on a avantage à parler plus précisément d'un dispositif¹⁵. Il ne sera pas maintenu, ce qui ne signifie

14. Sans parler de quelques anecdotes fantaisistes qui courent sur le Net, mais dont j'aimerais pouvoir tracer les origines - certaines inventions ayant beaucoup de saveur -, les dictionnaires biographiques ne disent pas grand-chose de Pierre Hérigone, auteur pourtant du premier « Cours mathématique » portant cette désignation. On connaît sa participation aux réunions de Marin Mersenne débutées vers 1630 dans le couvent des Minimes près de l'actuelle place des Vosges. Hérigone est, comme je voudrais ici le montrer, un mathématicien sur lequel devraient plus se pencher les historiens des mathématiques, des auteurs comme Wallis et Barrow l'ayant lu avec intérêt, sans parler de Blaise Pascal qui se réfère à Hérigone pour parler du triangle arithmétique... dit de Pascal.

15. Je ne suis pas sûr qu'on gagne autre chose qu'un effet de mode en qualifiant ce dispositif de « rhétorique ». Avec le seul mot dispositif, il me paraît utile de bénéficier de l'allusion voilée à la disposition spatiale, aussi éloignée du genre publicitaire que du bric-à-brac, ou même du style, et lui donner ainsi la signification d'un mode induit de lecture.

pas que leçon n'en sera pas tirée. Ne peut-on constater qu'on a abouti à l'extrême de ce que disait Jack Goody à propos des tableaux en général ?

*Une des caractéristiques de la forme graphique c'est de tendre à disposer les termes en rangées et en colonnes, c'est-à-dire linéairement et hiérarchiquement, de manière à assigner à chaque élément une position qui définit sans ambiguïté et en permanence sa relation aux autres*¹⁶.

Se présente aussi un aspect épistémologiquement singulier de cette écriture d'Hérigone dans la mesure où la pensée adopte des formes de ce qu'elle est censée donner à penser, en l'occurrence l'espace, ou l'étendue comme écrivait Descartes. Ce dernier utilisera aussi bien la spatialisation pour une forme algébrique, avec le choix d'une double écriture horizontale et verticale des polynômes ; elle sera maintenue assez longtemps comme en témoigne un manuscrit de Johann Bernoulli datant de 1692.

Avec cette spatialisation de l'écriture polynomiale, on ne peut pas dire qu'il s'agisse seulement d'un emblème, ou d'une convention au sens où il n'y aurait aucune explication à trouver dans le moyen graphique utilisé. La spatialisation fait usage d'une « analogie », et elle n'est pas entée sur la proportion, mais sur le calcul d'un polynôme ou plutôt sur le geste du corps accompagnant ce calcul : on regarde de droite à gauche, par exemple lorsque l'on développe un produit croisé de coefficients comme $(a + b)(c + d)$ qui se déploie spatialement, alors que la lecture des puissances successives de l'indéterminée est linéaire, de gauche à droite. Au contraire, le symbole de l'égalité pour Hérigone, 2|2, est simplement emblématique en ce qu'il rappelle la balance. Mais on retrouve quand même l'une des affirmations les plus anciennes de la pédagogie de l'algèbre, avec le fait de « l'équilibre des deux membres » de l'équation, comme des poids qui, retirés car gommés d'un côté du signe, doivent être également retirés de l'autre côté, ce qui fait précisément intervenir le signe moins.

Ai-je besoin d'insister sur ce qu'il y a d'invention dans cette pensée du négatif, après ce que Kant en a dit qui souhaitait son introduction dans les raisonnements philosophiques ? On rencontre ainsi une des plus belles questions de l'histoire des mathématiques en ce qu'elle peut aider à comprendre le fonctionnement de l'esprit humain dans sa réflexion collective : faut-il voir l'invention du signe moins dans l'allusion algébrique à des comptes commerciaux à équilibrer ou dans la pensée qui reste spatiale de la balance ? Pourquoi trancher ?

16. Jack Goody, *La raison graphique*, op. cit., p. 133.

En tout cas, il est sûr que la géométrie n'intégrera le signe moins qu'une fois également pensés les complexes (encore dits aujourd'hui imaginaires) auxquels sera dévolue la tâche d'indiquer les translations, mais aussi les rotations et les homothéties, donc des transformations faisant les similitudes, et qui sont toutes des façons spatiales¹⁷.

Il a déjà été dit que pour ce faire il fallut l'écriture à la fois spatialisée et algébrisée de l'exponentielle complexe avec la forme polaire des nombres imaginaires. Faut-il dès lors tenir pour anecdotique le fait que Johann Bernoulli, avec des polynômes aux écritures superposées, ait tenu à représenter le phénomène de la réfraction par un voyageur cheminant d'un terrain à un autre, à la manière du rayon lumineux qui change de milieu transparent en allant de l'air à l'eau ? Par cette illustration, Bernoulli donne le réalisme spatial d'un dessin au calcul mathématique dont on peut voir la complexité d'écriture ; ce réalisme est renforcé par la convention de perspective, l'œil voyant le voyageur debout quoiqu'il soit figé sur le papier par projection.

Même donc sur le très simple exemple du théorème de Pythagore chez Pierre Hérigone, on ne peut que souligner à quel point la technique d'écriture peut être un acte de pensée portant sur la structure du raisonnement mathématique, au-delà des abréviations et des symboles ou autres emblèmes, qu'elle le fait par le jeu de notations et l'usage conjoint de l'étendue de la feuille de papier. Car il ne faut pas s'en tenir à la seule unité horizontale d'une idée mathématique chez Hérigone, puisque l'on voit aussi des lignes verticales ; elles individualisent les lignes de texte des unités horizontales de référence, par des indications comme 46.1, ou 31.1, ou 29.d.1, ou d'autres comme d. α . Il s'agit de références à des propositions (proposition 46 du livre I des *Éléments*), ou à des demandes, voire des définitions, références usuelles chez Euclide mais ici séparées du texte même de la démonstration. La nouveauté est qu'une seule idée se voit référée à une seule origine : astucieusement par les colonnes, le repliement usuel de tout le texte euclidien sur lui-même, par autocitation, accentue la logique de la disposition horizontale. La contrainte d'unité apparente du théorème, par sa disposition en lignes occupant toute la feuille, se

17. Dans son essai, *Les enjeux du mobile. Mathématique, physique, philosophie*, Paris, Le Seuil, 1993, Gilles Châtelet dépassait la seule spatialisation pour évoquer le mouvement comme ingrédient presque gestuel de l'écriture. Il voulait désigner au-delà des nombres complexes l'intervention de la géométrie vectorielle née avec l'électromagnétisme, et donc la règle du tire-bouchon, et l'arrivée des quaternions qui peuvent représenter les rotations dans l'espace. Une anthropologie du geste numérique mériterait d'être entreprise, mais je me contente ici des ressources spatiales de la numérotation précisément dite de position.

conjugue pour la démonstration à un dédoublement des deux colonnes, ce qui augmente encore l'exigence de concision pour l'abréviation.

Les abréviations participent évidemment de la gageure d'une disposition d'une idée par ligne encadrée par des colonnes, et nous permettent de mieux comprendre ce que plus tôt je décrivais comme un manque. Ainsi de la première phrase de la préparation de la preuve, « *be* est $\square.bc$ ». Il y a enchevêtrement de deux indications sur une seule ligne : d'une part, *be* désigne la figure géométrique du carré dont deux sommets opposés, *B* et *E*, sont seulement nommés selon une habitude qui remonte à Euclide. Il s'agit du carré construit sur l'hypoténuse. Mais l'écriture en minuscules n'est pas seulement une métonymie de ce carré comme l'est *BE*, car elle désigne en outre une mesure, qui est l'aire de ce carré. La valeur à laquelle elle est égalée, désignée également par deux lettres, ne peut qu'être une mesure ; mais elle est cette fois indiquée par la représentation algébrique de l'opération de mise en puissance d'ordre 2.

L'enchevêtrement, qui fait sens, est donc entre une mesure qui est d'origine géométrique, et une algèbre qui porte une opération de puissance. De sorte qu'en regardant la figure, la première phrase peut se traduire selon l'affirmation suivante : l'aire du carré *BE* est le carré de côté *BC*. Ce qui est requis de la démonstration, comme indiqué à la première ligne de la dernière colonne, s'écrirait aujourd'hui :

$BC^2 = AB^2 + AC^2$, mais c'est exactement la signification que prend l'écriture chez Hérigone : $\square.bc \ 2|2 \ \square.ab + \square.ac$.

Ce n'est plus l'énoncé strict d'Euclide, lequel évoque précisément des carrés géométriques, puisque l'énoncé est avec des carrés comme puissances ; on trouve pourtant l'énoncé euclidien strictement écrit par Hérigone à la dernière ligne de la dernière colonne, sans cette fois qu'il y ait justement un point (.) qui suive le carré ($\square$).

Manifesté par une écriture particulièrement simple (le point venant après le dessin d'un carré), le passage de la figure géométrique (dernière ligne de la dernière colonne) à la proposition avec des carrés algébriques n'en est pas moins essentiel : c'est celui de la géométrie à l'algèbre des formules. On pourrait voir sur l'exemple de la puissance d'un point par rapport à un cercle la façon dont ce passage se répercute à son tour sur les démonstrations euclidiennes les plus ordinaires. Si donc les notations de Pierre Hérigone ne sont plus toutes utilisées – quoique nombreuses sont celles qui sont trouvables sur un traitement de texte ordinaire –, elles n'en ont pas moins préparé effectivement la symbolisation des longueurs des côtés du triangle *ABC* par des minuscules correspondant aux

angles qui font face, a , b , et c ; ce qui ne serait qu'anecdotique s'il n'y avait l'écriture désormais usuelle du théorème de Pythagore sous la forme algébrique, $a^2 + b^2 = c^2$, qui peut oublier son origine de tracé.

Aussi bien, la position du point après le dessin du carré, dans la forme $\square.bc$, désigne-t-elle une écriture quasiment fonctionnelle : il y a action sur la longueur bc pour en prendre le carré. En le formulant ainsi, et puisque l'idée de fonction n'était pas formellement établie à cette période des mathématiques, je fais à nouveau de l'écriture un signe avant-coureur.

Faut-il imaginer que cette écriture prépare plus l'idée de fonction que celui qui rédige ne le pense ? Il me semble que non, du moins si l'on prend en compte le soin (qui devait s'avérer fastidieux pour les imprimeurs) avec lequel Pierre Hérigone distingue des autres le cas où il y a un point après le carré dessiné. D'ailleurs dans ce même texte, on voit $\triangle ace$ pour un triangle, aussi bien que $\diamond clme$ pour un rectangle. Et s'il n'y a pas la forme rectangulaire, c'est sans doute parce qu'il pourrait y avoir confusion avec la valeur numérique attribuée par ailleurs au rectangle. À la même époque, Descartes dans ses propres manuscrits mettait un point après le signe $\sqrt{}$ et après l'expression sous le radical, comme dans $\sqrt{}.ax + b$, pour désigner ce que nous écrivons en ayant installé le *vinculum* horizontal au-dessus du radicand $\sqrt{ax + b}$ ¹⁸. De la même façon, lorsque la notion de fonction sera établie, au XVIII^e siècle, on notera $f.x$, et bien avant, on avait écrit $\sin.x$, ou encore $\log.x$, respectivement pour le sinus ou le logarithme. Par contre, on n'écrira pas $d.x$ pour désigner la différentielle de la variable x , mais directement dx : nous devons bien sûr y venir car, avec le symbole différentiel, il y a eu un saut considérable quant au sens de la notation. C'est ce que j'expliquerai plus loin sous l'expression d'une suspension de jugement quant à ce sur quoi porte la lettre d . Mais il convient aussi de faire une remarque générale.

L'ÉCRITURE QUI DÉSIGNE L'UNITÉ DE TOUTE LA MANIÈRE MATHÉMATIQUE

+++++

Il serait facile, en prenant son temps dans l'analyse du *Cours mathématique* de Pierre Hérigone, de vérifier l'impression profonde d'unité qu'apporte la présence d'une même écriture spatialisée pour des morceaux très différents de mathématiques, du triangle combinatoire dit de Pascal qui

18. Voir les premières lettres publiées dans les deux premiers volumes des *Œuvres complètes* de Descartes (Paris, Vrin, 1996).

y figure déjà, aux formules de multiplication des arcs. Je dois pourtant avancer en prenant un exemple d'analyse bien plus moderne avec les séries et les intégrales de Fourier : cet exemple servira à approfondir ce qui se joue en une écriture mathématique dans sa fonction apparemment anodine d'abréviation mais nous introduira aussi les relations d'incertitude. Or je veux montrer qu'aussi algébrique soit la formulation, d'où pourtant paraît avoir disparu la spatialisation, il n'en reste pas moins de la symétrie que prend en compte la notation utilisée, à partir de l'exponentielle complexe dont on a déjà vu qu'elle avait un caractère spatial. L'impression très nette d'unité des relations qui vont venir sert la signification épistémologique de la transformée de Fourier. Je sais malheureusement qu'en choisissant cet exemple, je perds pour un temps les lecteurs non habitués à ce genre de calculs, et il me faudrait parler d'abord de l'avantage de la notation intégrale avec bornes indiquées en haut et bas, comme $\int_a^b f(x)dx$, qui est aussi une certaine spatialisation. Mais cette écriture n'a pas été fournie avec l'invention du Calcul, et ne vint pas avant le début du XIX^e siècle, grâce à Cauchy et à Fourier, pour des raisons qui tiennent profondément aux inventions de ces deux mathématiciens¹⁹. D'une part, il y a la fondation de l'Analyse par Cauchy sur la notion de limite et de fonction continue, et d'autre part, la mise en œuvre par Fourier des séries et des intégrales qui portent désormais son nom. Je me restreins donc à la seule transformée de Fourier d'une fonction f , et à sa notation, dont la définition est :

$$(1) \hat{f}(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-2i\pi xy}dx$$

Dans cette écriture, je veux insister sur le chapeau mis sur le signe de la fonction f , ou l'accent circonflexe, liant ce chapeau au signe « $-$ » dans l'exponentielle complexe $e^{-2i\pi xy}$ parce qu'est ainsi impliquée l'idée qu'en doublant le chapeau, ou le chapeautant encore, on obtient quelque chose qui a à voir avec f , même si ce n'est pas exactement f , mais la fonction symétrique. Puisque l'on dispose de la relation :

$$(2) f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \hat{f}(y)e^{+2i\pi xy}dy$$

Il est utile de poser²⁰ $\tilde{f}(x) = f(-x)$. On vérifie en effet

$$(3) \hat{\hat{f}} = \tilde{f}$$

19. Voir Bruno Belhoste, *Augustin-Louis Cauchy. A Biography*, Berlin, New York..., Springer Verlag, 1990 [traduction augmentée de *Cauchy*, Paris, Belin, 1987 (Un savant, une époque)] ; Jean Dhombres et Jean-Bernard Robert, *Joseph Fourier : créateur de la physique-mathématique*, Paris, Belin, 1999.

20. Si la fonction f est à valeurs réelles, l'imaginaire conjugué de la fonction f surmontée d'un chapeau correspond au passage à f surmonté d'un tilde.

Je ne m'étends pas sur des possibilités d'éviter le tilde en introduisant une seconde transformée de Fourier qui serait dénotée par un chapeau renversé, correspondant simplement au choix de $-i$ au lieu de i dans la définition (1) de l'intégrale. Mais je tiens à faire remarquer que ce changement de i en $-i$ correspond à la vieille indétermination en $\sqrt{-1}$ des algébristes du XVIII^e siècle, et à une forme fondamentale de symétrie plane. C'est pour avoir un résultat aussi simple, quasiment une involution bien représentée par la propriété des signes $(-1)(-1) = +1$, et une involution stricte si l'on se restreint aux fonctions f paires, que l'on a pris en exponentielle la forme $-2i\pi$, le signe moins utilisé se retrouvant en $+$ pour l'inversion par le passage de f à $\tilde{f}$.

Naturellement, il faut des propriétés particulières de la fonction f et de celle avec un chapeau pour que les intégrales sur un intervalle infini aient un sens. Pour le moment, je ne spécifie pas ces propriétés, car on verra plus loin qu'il existe plusieurs solutions intéressantes et que l'on peut même gérer le meilleur cas possible de comportement des fonctions pour en retour, au moyen d'une notation particulièrement habile, disposer d'une très grande généralité, presque inespérée. L'intérêt de la notation avec le chapeau pour la transformée de Fourier est de porter sur la fonction elle-même, sans faire apparaître la variable. Du coup, la fonction est un élément individualisable, qui dès lors peut lui-même servir de variable. Envisager ainsi une fonction comme un point d'un espace, c'est en un sens très général installer l'épistémologie de l'analyse fonctionnelle du XX^e siècle comme une géométrisation. Elle peut prendre plusieurs visages, soit avec le produit scalaire, soit avec la notion plus algébrique de forme linéaire. Nous le verrons plus loin avec la mécanique quantique.

Une propriété essentielle de la transformation de Fourier, dans les bons cas d'intégration, est donc son inversion qui a été écrite en (2). Le résultat a été fourni sans aucune précaution par Fourier dès sa *Théorie analytique de la chaleur* en 1822, et d'ailleurs avec d'autres notations. Car il n'adoptait pas la notation de l'exponentielle complexe et préférait utiliser les cosinus et les sinus. Mais je voudrais y revenir, justement en insistant sur les notations actuelles. Car une notation moderne s'avère utile pour écrire de la façon la plus simple cette inversion. La transformée de Fourier a l'avantage d'échanger deux opérations, la multiplication d'une fonction f par la variable et la dérivation. Cette remarque essentielle qui tient à l'écriture de l'exponentielle $e^{-2i\pi xy}$ et de sa dérivée est à la base de l'utilisation de la transformée de Fourier pour les équations différentielles et les équations aux dérivées partielles, devenues primordiales

pour la physique mathématique. On écrit en deux formes équivalentes grâce à la formule d'inversion :

$$(4) \widehat{(-2i\pi x f(x))} = \frac{d\hat{f}(y)}{dy}$$

et

$$(5) \frac{d\hat{f}(x)}{dx} = 2i\pi y \hat{f}(y)$$

En acceptant de faire l'effort mental – ce que les formalistes détestent – d'associer le chapeau à une variable particulière à chaque fois dans (4) ou (5), ces formules ne sont plus gênantes pour l'œil. Si l'on définit alors par M le produit d'une fonction par 2π fois sa variable et par D la dérivation, on écrira simplement

$$(6) \widehat{Mf} = -D\hat{f},$$

Ce qui lie la loi de multiplication (opération M) à la dérivation (opération D) par le biais de la transformation.

La transformée de Fourier possède une autre propriété encore, celle de conserver à peu près le produit scalaire. Mais, comme annoncé, nous verrons cela un peu plus loin. Pour le moment, remarquons que l'écriture avec le chapeau est suffisamment versatile pour s'adapter à d'autres situations, que l'on peut justement dire analogues par l'usage de cette notation. Choisissons en effet une fonction périodique f et de période 1, pour laquelle on va choisir $e^{-2i\pi nx}$, n étant un entier relatif quelconque (puisque selon la propriété de l'exponentielle complexe $e^{-2i\pi n(x+1)} = e^{-2i\pi nx}$), et définissons cette fois le n -ième coefficient de Fourier par l'expression :

$$(7) \hat{f}(n) = \int_0^1 f(x) e^{-2i\pi nx} dx$$

On aura la fonction f de départ, en place de l'inversion dite par (2) et dans de bons cas pour f , en gros quand cette fonction est continue et à variation non trop rapide (ce qu'on appelle après Darboux une variation bornée).

$$(8) f(x) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \hat{f}(n) e^{2i\pi nx}$$

Même si la fonction chapeau est cette fois définie sur les entiers relatifs, alors que f est définie sur un intervalle de longueur 1 et prolongée par périodicité 1 ensuite, la relation d'inversion (2) correspond exactement à la somme (8) qui est une synthèse (reconstitution d'une fonction) de la même façon que l'intégrale (7) est une analyse (obtention de coefficients constitutifs d'une fonction).

Avec analyse et synthèse, j'ai volontairement utilisé un vieux vocabulaire pour qualifier les raisonnements de la géométrie, et cette fois on les retrouve subsumés par une écriture. Qu'avec l'intégrale de Fourier, la quasiment même formule d'inversion exprime par une même écriture, les deux aspects, analyse et synthèse, prouve que ces deux aspects sont en l'occurrence les deux faces d'un même raisonnement.

Forcément doit exister sur les fonctions, au lieu du produit ordinaire, une loi de composition correspondant au produit ordinaire pour les fonctions surmontées d'un chapeau. Si l'on définit $f * g = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u)g(t-u)du$, la seule propriété de l'exponentielle induit la relation multiplicative : $\widehat{f * g} = \widehat{f} \widehat{g}$. La preuve peut se voir selon les égalités suivantes à partir d'une intégrale double et de la possibilité d'intervertir les opérations d'intégration en u ou en x , tout en manifestant la symétrie par le changement de variable sur $x-u$ qui redonne la même intégrale définie (bornes infinies) compte tenu du passage à $-du$.

$$\widehat{f * g} = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2i\pi xy} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} f(u)g(x-u)du \right) dx = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2i\pi uy} f(u)g(x-u)e^{-2i\pi(x-u)y} du dx = \widehat{f} \widehat{g}$$

J'ai tenu à présenter ce calcul simple pour donner à voir algébriquement, et oserai-je dire concrètement, puisque l'idée abstraite devient alors celle de la géométrie, le jeu de la multiplication complexe dans l'intégrale de Fourier, et ainsi le rôle de la symétrie dont je parlais au départ, manifestée par l'opération *tilde* sur les fonctions.

UNE PAUSE ÉGOTISTE SUR L'AIR DU TEMPS

+++++

Ce n'est pas la première fois que je réfléchis d'une manière un peu générale sur la nature et la spécificité de l'écriture mathématique, et entraîné en 1978 par mon ami et aîné le philosophe Jean-Louis Gardies, il y a plus de trente ans déjà, l'un de mes premiers papiers, qui n'était pas de recherche mathématique, concernait la mise en écrit des mathématiques²¹. Je me permets une citation d'une partie de la conclusion d'alors.

L'écrit n'est pas neutre en mathématiques et bien au contraire les mathématiciens jouent très souvent de ses ressources aussi bien

21. Jean Dhombres, « L'écriture mathématique. De l'impensé à l'impensable », in Georges Bernard et al. (dir), *L'accession à l'écriture*, Nantes, Publications de l'université de Nantes, 1978 (Textes et Langages), p. 67-103.

linéaires que spatiales, de ses qualités suggestives ou descriptives au risque d'ambiguïtés – tant pour exposer que pour investir de nouveaux territoires, « intuitionner » l'impensé et organiser l'impensable. Toute conquête de taille, cependant, conduit, à partir de l'écriture et du parler usuels, à un réaménagement global de l'écriture mathématique, donc à un nouveau classicisme. Ce dernier fige alors, mais pour un temps, la syntaxe (c'est-à-dire le déroulement automatique – donc obligatoire du calcul) et les paradigmes dans une langue complète, fermée sur elle-même, sans passé apparent autre qu'archaïque. Tout est alors mûr pour une nouvelle querelle des Anciens et des Modernes²².

Je n'ai pas beaucoup à regretter en l'occurrence, mais pris par la question du progrès des mathématiques et par des exemples alors assez contemporains, et paradoxalement ne voulant pas engager la question de l'écriture sur ordinateur des mathématiques, je n'avais pas assez consacré de temps pour réfléchir sur le phénomène du très long terme de l'écriture, auquel Jack Goody nous contraint très élégamment. Je n'avais pas en 1978, je l'avoue, une grande expérience de la lecture des textes mathématiques anciens, et je les interprétais – je n'ai en l'occurrence aucun remords de l'avoir fait – pour ce qu'ils me donnaient à penser en liaison avec des questions modernes. Je vivais en outre la paradoxale situation d'une mode qui consistait à dire, au nom de la positivité des sciences sociales *a priori* décrétée, que les révolutions scientifiques ne permettent pas la comparaison épistémologique, ni même une mesure critique du progrès.

Ceci m'empêchait de considérer qu'il y avait quelque chose à penser sur l'écriture mathématique. C'était un temps où les théories étaient créées « incommensurables les unes aux autres », et je me souviens d'une visite que je fis cette année à Thomas Kuhn à Boston alors qu'il repensait radicalement l'incommensurabilité en réunissant divers articles sous le nom de *The Essential Tension*²³. J'en ai profité pour revenir à une vision plus globale de l'histoire des mathématiques, celle qui n'est pas faite des seules avancées de quelques esprits, mais prend en compte, notamment

22. *Ibid.*, p. 92.

23. Thomas S. Kuhn, *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Changes*, Chicago, The University of Chicago Press, 1977. Traduction française : *La tension essentielle : tradition et changement dans les sciences*, Paris, Gallimard, 1990 (collection Bibliothèque des sciences humaines).

par les façons de l'enseignement, la transmission des innovations et ce qu'elle impose de mise en forme et d'écriture qui ne peuvent se contenter d'une conservation ou d'une éradication de modes anciens.

Une autre tendance, qui me plaisait beaucoup, et au fond fort voisine, avançait qu'en science tout était bon qui réussissait²⁴. Cependant, la question même de ce qui était bon perdait vite son sens, puisque la science était dite déterminée par les seuls rapports sociaux, analogue en cela à la religion, à l'économie, ou à l'art. Précisément, si je me « mettais » à l'histoire des sciences, comme on peut dire vulgairement, c'était pour mieux comprendre comment le contingent social et historique pouvait créer du nécessaire en mathématiques. Sans que j'éprouve le besoin de considérer un même mouvement en littérature, en art, en religion ou en économie. En décortiquant le texte de Pierre Hérigone, comme je viens de le faire en ayant cherché non pas à le déstructurer, mais à saisir les moteurs visibles et moins visibles de son fonctionnement épistémologiquement efficace, je trouve une tendance temporelle, et de nature sociale qui est celle du développement du cours de mathématique, s'adressant à d'autres qu'à des clercs. Je peux vérifier que cette façon enregistre, pour parler comme Goody cité en début de cet article, une liaison qui fait unité entre la géométrie et l'algèbre. Sans pour autant que cette liaison soit celle que Descartes trois ans plus tard exhibait par la géométrie, où la liaison est une traduction de la géométrie à l'algèbre.

L'écriture n'est donc pas seulement une abréviation, ni une notation qui se nourrit d'analogies à la manière de celles de l'espace, comme on vient de le discuter ; elle peut devenir l'indication d'une structure, celle que l'on a avec le produit de convolution pour la transformation de Fourier. La régularité de l'écriture vaut aussi vérification que l'on ne se trompe pas. La langue vernaculaire pouvait le faire entendre aussi bien, en usant des ressources de l'oral rythmé, quasiment de la poésie apprise par cœur, selon une des ressources des arts de la mémoire. Est inintéressante, car insoluble si on la traite par l'histoire, la question de savoir si la déshérence de l'art de mémoire tient à l'algèbre, ou si l'algèbre est issue de cet art de la mémoire rénové. C'est une affaire de rythme. L'algèbre naissante par ses écritures mêmes dit combien les ressources de l'*Ars Memoriae* paraissaient désuètes aux yeux d'un certain nombre d'intellectuels. Ainsi puisque l'apparition d'une forme de pensée rend compte du passage du

24. Paul Feyerabend, *Against Method: Outline of an Anarchist Theory of Knowledge*, London, Verso, 1976. Traduction française : *Contre la méthode : esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, Paris, Seuil, 1979.

temps, les modes nouveaux de présentation et d'écriture ne peuvent être de simples accidents.

En le disant ainsi, voici terminée la partie de mon exposé dont le but était de faire saisir le rôle même de la pensée dans l'écriture mathématique. Je peux passer à la partie plus analytique, qui n'implique pas plus de mathématique technique, contrairement à ce que le passage par la transformée de Fourier pouvait laisser penser.

L'ÉCRITURE SANS FIGURE DU CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL AVEC LA SUSPENSION DU JUGEMENT SUR LA VARIABLE

+++++
En me permettant quelques allers et retours entre les xvii^e et xix^e siècles, je devrais évoquer après Hérigone, Barrow, qui pose les prémisses du calcul différentiel, avec d'astucieuses représentations graphiques à partir d'un « triangle caractéristique » qui prennent presque le pas sur le raisonnement, tant celui-ci est encore peu théorisé, puis Leibniz, qui introduit véritablement le calcul différentiel. Là encore, il s'agit de regarder de près les modalités d'écriture, car chez Leibniz, la tangente à une courbe, si recherchée par ses prédécesseurs, n'est qu'un résultat parmi d'autres alors qu'est mis en évidence un objet écrit dx , qui symbolise toute variation d'une variable, indépendamment de son statut vis-à-vis d'autres.

Et ces écritures ne sont pas quelconques : dès le titre de son article, Leibniz se moque des difficultés liées aux différents ordres de racines dans les « expressions de calcul », et qui posaient tant de problèmes à ses prédécesseurs, qui avaient imaginé des méthodes algébriques pour définir la tangente à une courbe.

« L'exemple » que Leibniz adopte en premier dans son article des *Acta Eruditorum* est qualifié « d'inutile », ou de « rebutant » par des commentateurs²⁵ : c'est sans doute qu'il ne résout aucun problème déjà constitué (figure 2). Mais il faut aller au bout de cette épithète : en étant sans référence, le problème traité en premier par Leibniz dans son court article a la vertu de ne faire voir que le fonctionnement du calcul différentiel, dont le but est, comme l'écrit l'auteur pour le cas général avec une concision

25. G. W. Leibniz, Nova methodus pro maximis et minimis, itemque tangentibus, quae nec fractas nec irrationales quantitates moratur, et singulare pro illis calculi genus, *Acta Eruditorum*, octobre 1684. Il est reproduit dans *Leibnizens mathematische Schriften* (réédition Olms, 1962) et traduit dans *La naissance du calcul différentiel. 26 articles des Acta Eruditorum*, introduction, traduction et notes de Marc Parmentier, Paris, Vrin, 1989.

remarquable, de « déterminer dz en fonction de dy » : *utique determinanda esset dz per dy*²⁶.

Car la fonction, mot que Leibniz n'a pas encore mis en valeur, correspond à ce qui détermine par le biais du calcul. Après le long extrait du texte original, avec ses notations propres mais en traduction, j'adopte des notations modernes, et même modifie l'écriture de Leibniz lorsqu'elle est liée à des ambiguïtés de signes (on le voit à l'utilisation du signe $\pm$) afin de mieux scander les temps du calcul, allant de la « première équation » à la « quatrième équation ». Cet ordre de la méthode fait écho direct à l'ordre algébrique que Descartes avait mis en place un peu moins de cinquante années plus tôt pour le calcul des tangentes. Les références des lettres majuscules de ce texte sont à la figure, mais ces repérages n'ont vraiment d'intérêt que dans la dernière phase, non numérotée par Leibniz, pour lire les tangentes, donc à ce moment précis pour interpréter les axes, les paramètres des courbes n'étant indiqués que sur les équations. Il vaudrait mieux dire que l'écriture algébrique qui est en cause présuppose un cadre analytique de référencement des courbes, mais il n'a pas besoin, de fait, de référence au tracé des courbes elles-mêmes.

Je décompose en outre l'explication de Leibniz en séquences, celles qu'il a lui-même pris le soin de numéroté, et peux commenter chacune d'elles pour son écriture propre, quitte à perdre l'allant même de la preuve leibnizienne que l'on récupère bien sûr en consultant le texte original.

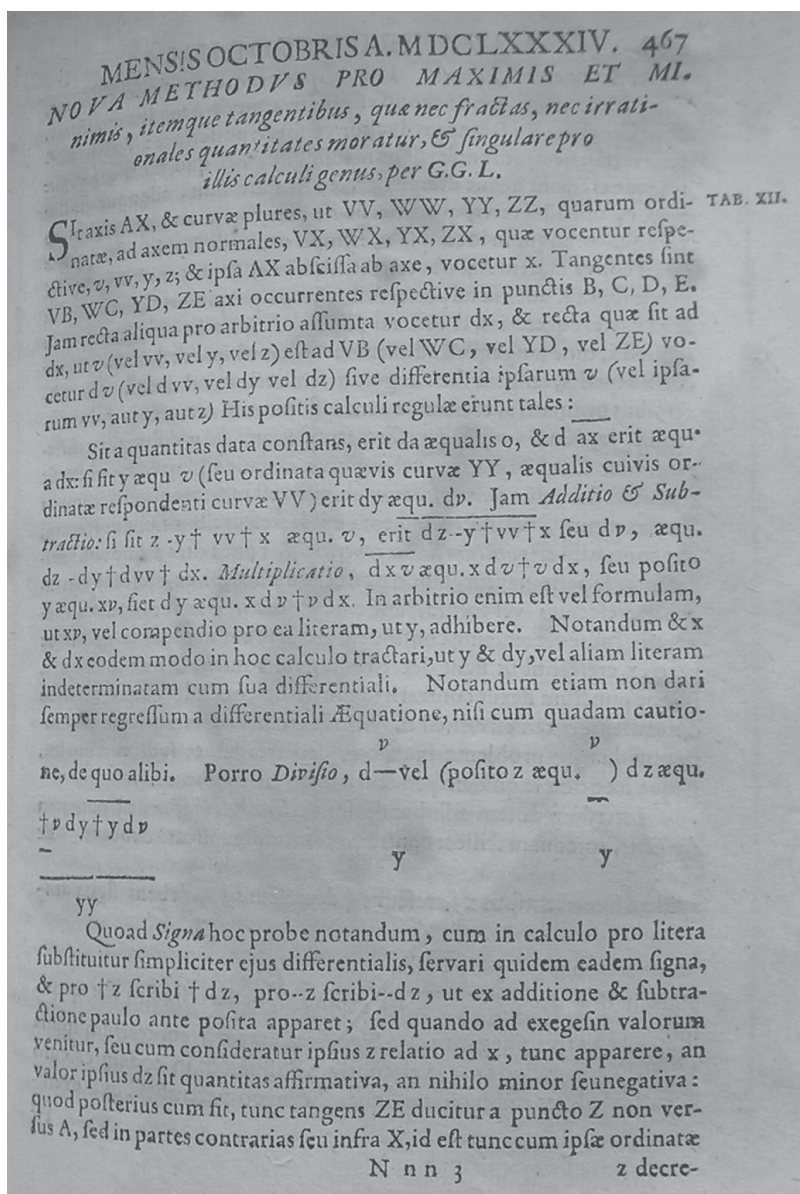
« Soit l'équation *première*, c'est-à-dire l'équation donnée

$$\frac{x}{y} + \frac{(a + bx)(c - x^2)}{(ef + fx^2)^2} + ax\sqrt{g^2 + y^2} + \frac{y^2}{\sqrt{h^2 + lx + mx^2}} = 0,$$

équation exprimant la relation entre x et y , c'est-à-dire entre AX et XY , a, b, c, d, f, g, h, l étant donnés ; nous cherchons comment mener la tangente YD à la courbe au point Y donné, soit le rapport du segment DX au segment XY qui est connu. »

Les x et y , non nommées comme variables, correspondent à la relation entre les coordonnées AX et AY , quant à elles repérées sur la figure (voir figure 3), mais d'une façon qui est déjà indépendante de la nature même de la courbe, laquelle n'est pas autrement dite que par la relation donnée, suffisamment compliquée pour contenir toutes les difficultés algébriques imaginables à l'époque. Que cet exemple n'atteigne pas les fonctions

26. G. W. Leibniz, *Nova methodus pro maximis et minimis...*, *art. cit.*, p. 223.



Source : exemplaire de la Basel Landesbibliothek. Photographie : Patricia Radelet-de Grave.

Figure 2 : Début de l'article de G. W. Leibniz, Nova methodus pro maximis et minimis, itemque tangentibus, quae nec fractas nec irrationales quantitates moratur, et singulare pro illis calculi genus, Acta Eruditorum, octobre 1684

transcendantes est visible, mais compréhensible : on se demande comment Leibniz aurait pu écrire une relation transcendante sans s'appuyer sur une courbe, telle une cycloïde ou une courbe logarithmique. Or il veut avant tout faire fonctionner le calcul sur une écriture qui n'a pas besoin d'une représentation précise par une courbe, même s'il conçoit que son lecteur ait besoin d'une représentation. Lisons-le :

« Pour abrégé, remplaçons $a + bx$ par n , $c - xx$ par p , $ex + fxx$ par q , $gg + yy$ par r , $hh + lx + mxx$ par s , nous obtiendrons une équation seconde

$$\frac{x}{y} + \frac{np}{q^2} + ax\sqrt{r} + \frac{y^2}{\sqrt{s}} = 0 \text{ »}$$

La simplification d'écriture exercée par Leibniz consiste à systématiquement faire apparaître des produits, mais sans simplifier plus quant aux puissances ou aux racines. Dans ce procédé, disparaît la visibilité des deux variables x et y , preuve s'il en fallait que cette étape ne se sert pas de la figure, qu'elle est une disposition en vue de calcul dont les règles portaient précisément sur les produits quotients et puissances entières ou non.

« Or mon calcul montre que²⁷ $d(\frac{x}{y}) = \frac{ydx - xdy}{y^2}$, semblablement

$$d(\frac{np}{qq}) = \frac{2qnpdq + qndp + pqdn}{q^3}, \text{ puis } d(ax\sqrt{r}) = \frac{axdr}{2\sqrt{r}} + a\sqrt{r}dx$$

et $d(\frac{y^2}{\sqrt{s}}) = \frac{y^2ds - 4ysdy}{2s\sqrt{s}}$. Par conséquent, la somme de toutes ces différentielles [...] fera 0, et fournira de la sorte une équation troisième, obtenue en remplaçant les membres de l'équation seconde par leurs différentielles. Or dn vaut bdx , dp vaut $-2xdx$, dq est égal à $edx + 2fxdx$, dr vaut $2ydy$, et ds est égal à $ldx + 2mxdx$. »

Le calcul avec d fonctionne sans qu'intervienne la figure, mais pourtant de sorte que les coordonnées réapparaissent systématiquement sous la forme dx et dy , Leibniz n'ayant pas le vocabulaire de forme linéaire en dx et dy .

27. Je ne prends pas la notation de Leibniz utilisant des signes pour la différentiation d'un quotient, dont la complexité tient à la positivité supposée de dx , ou dy , envisagées comme des longueurs géométriques ainsi que Leibniz le spécifie sur sa figure. Cependant, les figures 2 et 3 convaincront les lecteurs de la nature de la rançon à payer pour fonder sur un dessin un raisonnement algébrique.

« Une fois ces valeurs reportées dans l'équation troisième, nous aurons une équation *quatrième*, où les seules différentielles restantes, dx et dy , apparaissent toutes en dehors des dénominateurs et des radicaux ; de surcroît, chacun des membres est multiplié soit par dx , soit par dy , [...] On peut toujours en conséquence en déduire la valeur $\frac{dx}{dy}$, c'est-à-dire celle du rapport de dx à dy . »

La quatrième équation, qui n'est pas la dernière étape du calcul, est la première équation différentielle jamais décrite, quoiqu'elle ne soit pas *écrite*. Et ce sera à Johann Bernoulli, qui fut le premier à s'exprimer sur la démarche de Leibniz, de dire qu'une telle équation doit être traitée d'une manière qui requiert une connaissance des différentes formes de ces équations²⁸. Mais pour ce qui est de l'exemple de Leibniz, le but précis du calcul est atteint : disposer de la valeur du quotient différentiel, ce que l'on appelle la dérivée de nos jours et depuis Lagrange à la fin du XVIII^e siècle. Qu'il s'agisse d'une nouvelle fonction est implicitement signifié par Leibniz puisqu'il en donne la courbe représentative, dans un autre quadrant, compte tenu de sa conception des coordonnées comme des quantités géométriques, donc des valeurs positives (voir figure 3). Il ne reste plus qu'à interpréter en termes géométriques, compte tenu du problème posé, et le recours à la figure est assez rhétorique, puisqu'il s'agit seulement de reconnaître que l'on peut reporter systématiquement les résultats du calcul, indépendamment de la nature de la courbe.

« Soit encore du rapport de l'inconnue DX à XY , qui est donné [...]. Le point Y étant donné, x et y le seront aussi, ainsi que les valeurs des lettres, n , p , q , r , s définies plus haut, en fonction de x et y ²⁹. Nous voilà parvenus à nos fins. »

Leibniz sait assurément que ce qu'il vient d'écrire donne intégralement la manière de travailler avec la lettre d , et s'il sait sans doute que l'explication est bien trop abstraite pour être entièrement assimilée, il exhibe ensuite des « exemples plus intelligibles ».

28. Pour caractériser la parabole à partir de la propriété du milieu, comme l'exige le problème de la chute des corps évoqué avec Galilée en début de cet article, Johann Bernoulli écrit une équation différentielle, simplement déduite de la situation géométrique : $2ydx = xdy$ (on remarquera qu'elle correspond à un raisonnement inverse de celui d'Hérigone, pour ce qui est des relations entre x et y). La difficulté pour l'intégration, aux yeux de Bernoulli, est qu'il faille passer par la fonction logarithme pour aboutir à la fonction puissance.

29. *Dantur et valores supra scripti literarum, n, p, q, r, s per x et y.*

En incise de mon questionnement sur l'instrumentation de la pensée mathématique par le biais de l'écriture, je rappelle que l'habitude historique est, depuis longtemps, de dire que Leibniz a fourni un algorithme, en l'occurrence celui du calcul de la dérivée à partir du fonctionnement automatique de l'opérateur d . L'expression ne peut être fausse, de par la longue tradition d'emploi à la suite de Leibniz. Mais elle ne correspond pas à la notion d'algorithme tel que les mathématiciens l'utilisent aujourd'hui, et dont l'exemple fondateur est le calcul euclidien du *pgcd* de deux nombres entiers : un algorithme est la répétition d'opérations jusqu'à ce que l'opération en cause se réduise à une égalité triviale qui signale la fin de l'opération. Cela n'a lieu ici avec d que par le découpage préalable de l'expression de calcul, ce qui est fait à la deuxième étape, pour laquelle des lettres supplémentaires ont été introduites : le choix de ces lettres n'a rien d'automatique, car il dépend de la volonté de qui calcule pour distinguer des unités d'expressions de calcul particulières³⁰. Ces unités sont dès lors traitées à égalité avec les x et y , et il est normal de les considérer non plus comme des expressions, mais comme des relations sur lesquelles porte précisément d . Ainsi l'expression $r = g^2 + y^2$ est traitée comme une relation entre r et y . On brûle bien sûr de parler de fonction, car à chaque fois une seule variable est en jeu, qui est x ou y .

Toutefois, on ne serait pas aussi affirmatif si Leibniz avait choisi une expression mêlant x et y : il ne le fait que dans le cas du quotient x/y , mais son calcul commence justement par donner ce cas. Il y a pourtant bien une automaticité, qui est celle qui revient à faire apparaître les deux coordonnées, et il vaudrait mieux dire les deux « lettres »³¹ x et y si l'on ne veut pas parler de variables³². Toutefois comme le jeu ne porte que sur dx et dy , on ne peut pas précisément dire qu'il soit fonctionnel, en ce qu'il n'y a *a priori* aucune nécessité de privilégier x fonction de y ou y fonction de x (ce qui, d'ailleurs, fait toute la force de la méthode leibnizienne). Il n'y a donc pas d'algorithme pour la résolution des équations différentielles, et il faut savoir réaliser à bon escient des changements de variables (qui sont aussi bien des changements de fonctions).

30. Et l'on constate que chacun a ses habitudes particulières à ce propos.

31. Telle sera la terminologie de Johann Bernoulli dans son manuscrit sur le calcul différentiel et intégral (Ms Landesbibliothek Universitäts Basel L I a6), transcrit en 1922 par Paul Schafheitlin dans *Vorhand der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, Bd XXIX, *Johannis (I) Bernoulli Lectiones de calculo differentialum*.

32. Telle sera la terminologie du marquis de L'Hospital dans son *Analyse des infiniment petits pour l'intelligence des lignes courbes* en 1696.

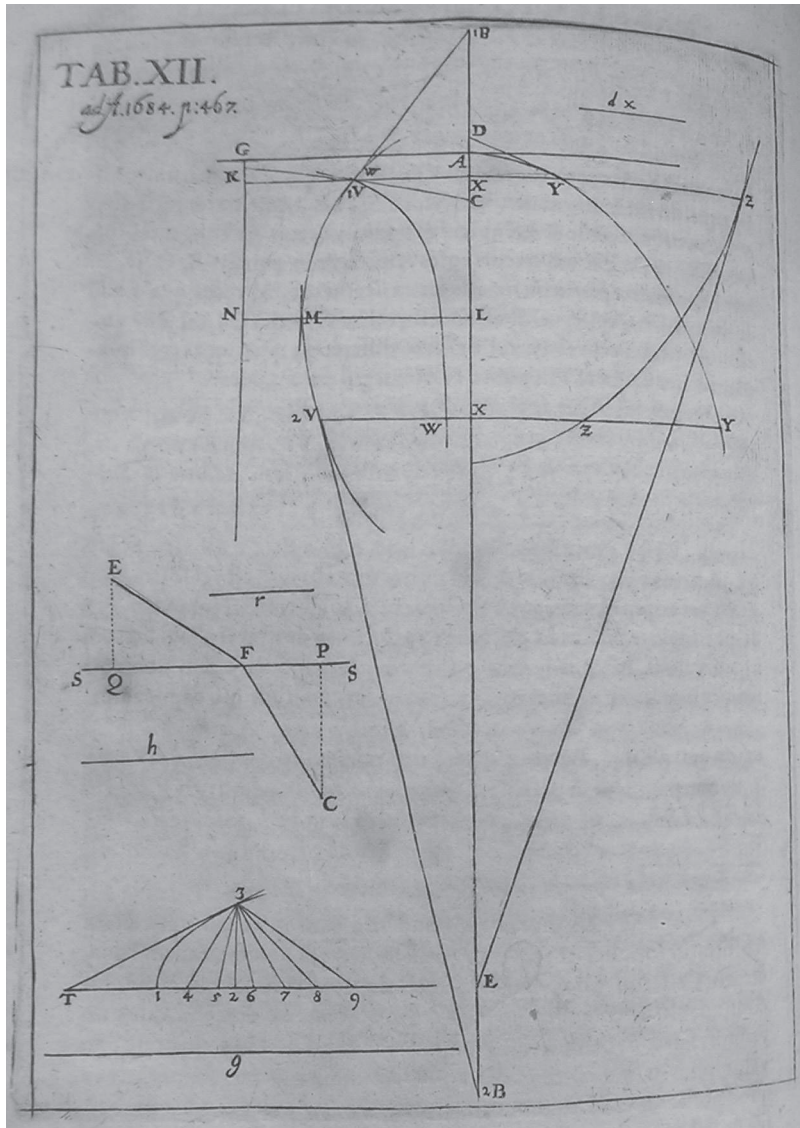


Figure 3 : G. W. Leibniz, Nova methodus pro maximis et minimis, itemque tangentibus, quae nec fractas nec irrationales quantitates moratur, et singulare pro illis calculi genus, Acta Eruditorum, octobre 1684

Ce qui sera précisément montré par Bernoulli sur la chaînette. Ce savoir-faire constitue ce que l'on apprend aujourd'hui dans les classes. Il s'apparente donc à une culture.

On apprend à décider que telle expression du calcul conduit à ne plus envisager x ou y , mais une combinaison de ces lettres qui devient la variable utile. Il me semble que c'est ce que sous-entend Leibniz lors de la deuxième étape, en montrant la versatilité de son calcul, qui pourrait prendre dn ou dp , au lieu de dx , puisqu'il dispose de relations permettant de les exprimer avec dx , quitte à faire intervenir dy . On s'aperçoit donc, avec ce calcul de Leibniz, qu'avant même l'équation différentielle de la quatrième étape, il y a effectivement des équations différentielles antérieures qui pourraient servir. On peut alors dire que l'expression de dp , par exemple, est une sorte de *suspension de jugement* sur la nature même de la variable x ou y qui importe : le calcul différentiel ne se déroule automatiquement qu'après que l'on a décidé des (seules) variables qui importent ; le bon maniement de ce calcul est que les formes mêmes que l'on trouve font décider du bon choix. Il n'y a alors plus d'algorithme automatique, puisque l'écriture du calcul, par elle-même, donne à penser. En ce cas, on peut interpréter les pensées *aveugles* de Leibniz venues plus tôt comme des pensées qui n'ont pas besoin de voir les figures géométriques. En ce cas, on doit dire que la lettre d fonctionne comme une technique intellectuelle et il faut une maîtrise des formes, une culture de l'écrit ou de l'érudition, dirait David Olson, pour effectuer les choix. Cette version est évidemment évacuée lorsque, dans les exercices scolaires, on fixe *a priori* la variable de l'énoncé.

Il serait intéressant de montrer que les fluxions de Newton donnent moins de visibilité aux changements de variables. Indéniablement nées quelques années avant la différentielle de Leibniz, mais notées tardivement par Newton par un point au-dessus d'une lettre, sans doute vers 1690 et après la parution de l'article de Leibniz, les fluxions considèrent les quantités en jeu comme des fluentes, à la manière d'un écoulement selon un paramètre que l'on peut interpréter comme un temps. L'habitus n'est donc pas du tout le même pour les différentielles dans le choix des bonnes variables à faire, mais il ne faut pas pour autant parler d'un blocage qui tiendrait aux fluxions. Il pourrait y avoir une plus grande difficulté des fluxions à intervenir dans la mathématisation de problèmes physiques, par exemple quand la variable temps n'est pas essentielle, comme en dynamique.

LES RELATIONS D'INCERTITUDE EN MÉCANIQUE QUANTIQUE LORSQU'ON LES ENVISAGE DU POINT DE VUE DE L'ÉCRITURE

+++++

Mon dernier propos n'est évidemment pas de reprendre un récit épistémologique et historique³³ des relations d'incertitude. Le premier exposé physique fut fourni³⁴ par Werner Heisenberg en 1927, et déjà avec une interprétation probabiliste de Wolfgang Pauli. Mais le formalisme des espaces de Hilbert ne vint qu'avec John von Neumann en 1929. Il n'est pas non plus de discourir sur les diverses interprétations de l'incertitude en jeu, et jusqu'à la remise en cause de l'épistémologie de la causalité qui a donné lieu à tant de discussions, et qui me ferait revenir à ce par quoi j'ai commencé en commentant la citation de Jack Goody³⁵.

Après la description du contenu d'une notation et l'analyse du cas du Calcul (différentiel et intégral, ce qui vaut sa majuscule historique au mot « calcul ») chez Leibniz, je veux maintenant montrer comment la confrontation d'un assez grand nombre d'écritures se révéla épistémologiquement favorable, non seulement pour comprendre ces relations, mais aussi pour les manipuler de façon rigoureuse d'un point de vue mathématique. Car c'est un des aspects essentiels de la mécanique quantique que d'avoir cherché une présentation offrant la plus grande garantie mathématique, et ce par le biais de l'axiomatique, et certainement il faut y voir l'influence directe de Hilbert³⁶, largement exécutée par John von Neumann.

Avec Hilbert, l'axiomatique devenait une méthode de découverte, et c'est par la pratique de l'axiomatique que John von Neumann inventa les espaces de Hilbert (qui n'ont donc pas été *inventés* par ce dernier) en tant que substrat de la mécanique quantique, c'est-à-dire comme référent. La différence est nette avec l'invention du calcul différentiel et intégral que nous avons examinée à partir du symbole *d*, mais aussi avec les

33. Voir, par exemple, pour de telles informations, le texte de Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, McGraw-Hill, 1966, ou de James T. Cushing, *Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony*, Chicago, The University of Chicago Press, 1994.

34. Werner Heisenberg, Ueber den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, *Zeit. Phys.*, vol. 43, 1927, pp. 172-198.

35. La première prise en compte philosophique fut celle d'un membre du cercle de Vienne, Moritz Schlick, Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik, *Die Naturwissenschaften*, 19, 1931, pp. 145-162.

36. On retrouve aujourd'hui le détail historique précis du programme de David Hilbert grâce à la publication remarquable du contenu de ses cours à Göttingen, semestre après semestre, qui est une des plus belles réussites de l'érudition des dernières années. Voir la série en cours de publication de *David Hilbert's Lectures on the Foundations of Mathematics and Physics, 1892-1932*, et en particulier Michael Hallett et Ulrich Mayer (eds.), *David Hilbert's Lectures on the Foundations of Geometry, 1891-1902*, Berlin, Springer Verlag, 2004.

logarithmes de Grégoire de Saint-Vincent confrontés aux logarithmes de Mercator (dont je ferai l'histoire dans un prochain article³⁷ en relation avec cet ouvrage). Je voudrais maintenant envisager le plus simplement possible les ingrédients mathématiques qui furent utiles à la formalisation mathématique des relations dites d'incertitude de Werner Heisenberg pour la mécanique quantique, en débordant à peine ce qui serait strictement nécessaire pour un seul exposé logique, dans la mesure où je cherche à exhiber plusieurs écritures qui, toutes, tentaient de capter une généralité. L'écriture, en l'occurrence, s'adaptait à la méthode axiomatique, qui était en tout cas dans l'air du temps de Hilbert. Pour cela, je solliciterai les quelques éléments suivants.

Les espaces hermitiens

En géométrie euclidienne à trois dimensions, c'est-à-dire dans l'espace vectoriel R^3 , le produit scalaire se définit intrinsèquement à partir de la notion d'angle, à savoir pour deux vecteurs x et y , le nombre réel $\langle x | y \rangle$ exprime ce produit scalaire comme produit des deux longueurs de x et de y et du cosinus de l'angle que forment les deux vecteurs. Mais considéré comme une forme dans les variables x et y , le produit scalaire noté $\langle x | y \rangle$ possède les propriétés suivantes :

- Pour tout y , l'application de R^3 dans R définie par $x \rightarrow \langle x | y \rangle$ est linéaire.
- Pour tous x et y de R^3 , $\langle x | y \rangle = \langle y | x \rangle$.
- $\langle x | x \rangle > 0$ si (et seulement si) $x \neq 0$.

La notation précise du produit scalaire, une notion développée plus tôt dans le cadre de la mécanique pour désigner le travail d'une force, a été adoptée après quelques hésitations par Hermann Grassmann en 1862 sous le nom de produit interne, contre d'autres propositions, aussi bien $x \times y$ que xy . C'est Paul Dirac qui l'adopta pour la mécanique quantique en 1925, et même il individualisait les vecteurs sous la forme $|x\rangle$, ou $\langle x|$, en *bra* et *ket*. John von Neumann, dans ses *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* de 1932, préférait la symbolisation (x,y) .

Il faut d'abord concevoir que l'on peut définir plus généralement un produit scalaire dans un espace vectoriel réel S à partir des seules trois propriétés précédentes. En fait, et pour des raisons de fond déjà

37. Jean Dhombres, *Les savoirs mathématiques et leurs pratiques culturelles. De l'émancipation de l'âge baroque à la moisson des Lumières*, Paris, Hermann, 2012, chapitre 20.

brièvement évoquées, on a besoin de quantités complexes, et donc d'espaces vectoriels complexes, que l'on peut encore noter S , et pour lesquels la seule propriété à changer est la symétrie *hermitienne* remplaçant la simple symétrie par échange de x et de y , à savoir :

- Pour tous x et y de S , $\langle y | x \rangle$ est le nombre complexe conjugué de $\langle x | y \rangle$.

On parle alors de produit hermitien. Par suite, on parle aussi d'un opérateur linéaire hermitien A de S dans S lorsque la propriété suivante est satisfaite :

- Pour tous x et y de S , $\langle Ax | y \rangle = \langle x | Ay \rangle$

La propriété de positivité du produit hermitien implique une inégalité³⁸, dite de Cauchy-Schwarz-Buniakowski³⁹ compte tenu de son interprétation géométrique dans R^3 :

$$(14) \quad |\langle x | y \rangle|^2 \leq |\langle x | x \rangle| \cdot |\langle y | y \rangle|$$

On ne doit pas s'étonner de la richesse de cette inégalité lorsqu'on constate qu'elle permet en dimension trois de définir l'angle par un cosinus. Aussi d'elle seule provient une autre relation pour deux opérateurs linéaires hermitiens A et B qui satisfont la relation $AB - BA = iI$, où I est l'opérateur identité. En effet, on dispose de :

$$(15) \quad \langle x | x \rangle^2 \leq 4 \langle Ax | Ax \rangle \cdot \langle Bx | Bx \rangle$$

La vérification de (15) est quasi immédiate, à partir de $(AB-BA)x = ix$, de $\langle ABx | x \rangle = \langle Bx | Ax \rangle$, et de $\langle BAx | x \rangle = \langle Ax | Bx \rangle$, puisqu'alors $i \langle x | x \rangle = \langle (AB - BA)x | x \rangle = \langle Bx | Ax \rangle - \langle Ax | Bx \rangle$. La propriété hermitienne fait que l'expression précédente est deux fois la partie imaginaire du nombre complexe $\langle Bx | Ax \rangle$, à laquelle il suffit d'appliquer l'inégalité de Cauchy-Schwarz-Buniakowski (14). C'est de celle-ci au fond que la relation d'incertitude va être déduite, mais il faut encore faire intervenir des espaces fonctionnels convenables.

L'espace de Schwartz

+++++
En vue de la théorie des distributions tempérées, c'est-à-dire pour éviter des difficultés de définition de certains opérateurs, Laurent Schwartz dans

38. Pour obtenir l'inégalité, il suffit de remarquer que l'application définie sur les nombres réels $\lambda \rightarrow \langle x + \lambda x | x + \lambda x \rangle$, qui s'exprime comme un polynôme du second degré en λ , reste toujours positive ou nulle, et donc le discriminant doit être négatif ou nul.

39. Voir le livre de G. H. Hardy, *Inequalities*, Cambridge (UK), Cambridge University Press, 1932.

sa thèse de 1944 envisage l'espace vectoriel S des fonctions f définies sur l'axe réel et à valeurs complexes, qui sont indéfiniment dérivables et dont le comportement à l'infini (positif ou négatif) est tel que le produit d'une dérivée d'ordre quelconque de f par une puissance quelconque de la variable reste chaque fois borné. Cet espace a de bonnes conditions de régularité locales et de bonnes conditions de comportement à l'infini. On va bien vite comprendre son intérêt pour la transformée de Fourier. Un produit scalaire sur ces fonctions est une expression utilisée depuis longtemps pour les équations différentielles dans le cadre du problème de Sturm-Liouville, débuté en 1836.

$$(16) \langle f | g \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \overline{g(t)} dt$$

On vérifie aisément que les opérateurs suivants $Af = i \frac{df}{dt}$, et $Bf = tg(t)$ sont des opérateurs hermitiens pour lesquels on a la relation de commutation précédente, à savoir $AB - BA = iI$. Par conséquent, l'inégalité (14) fournit la relation

$$(17) \langle f | f \rangle \leq 2 \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} |tf(t)|^2 dt} \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} \left| \frac{df}{dt}(t) \right|^2 dt}$$

Cette inégalité à elle seule peut conduire à l'inégalité d'Heisenberg mais, comme annoncé, il vaut mieux passer par d'autres notions encore pour en comprendre la raison.

Les espaces de Hilbert

John von Neumann définit un espace de Hilbert H comme un espace vectoriel muni d'un produit scalaire, pour lequel une propriété supplémentaire est exigée. L'espace H , quand il est muni de la norme que l'on peut déduire du produit scalaire $\|f\| = \sqrt{\langle f | f \rangle}$, est complet : cette expression signifie qu'on dispose de la même condition nécessaire et suffisante de convergence d'une suite x_n d'éléments de H que si la suite était composée de nombres réels, donc que la norme $\|x_p - x_q\|$ tende uniformément en p et q vers 0. La propriété majeure d'un espace de Hilbert est que chaque représentation d'une forme linéaire, à condition qu'elle soit continue, se réalise par l'intermédiaire d'un élément de cet espace, moyennant le produit scalaire.

Malheureusement, l'espace S , quoique muni d'un produit scalaire comme on l'a vu avec la définition 16, n'est pas complet. Mais on peut toujours construire un espace de Hilbert contenant S comme sous-ensemble dense : le complété de S muni du produit scalaire donné. On peut identifier

ce complété à un espace de fonctions, celui des fonctions mesurables au sens de Henri Lebesgue : les fonctions dont le carré de l'intégrale existe. L'intégrale à prendre ici est obligatoirement celle de Lebesgue, nouvel avatar de la théorie de l'intégration qui permet de concrétiser l'espace de Hilbert complété de S . Le désavantage est que dans ce nouvel espace de Hilbert, souvent noté $L^2(R)$, la dérivation n'a pas de sens ordinaire, et le produit par une puissance de x ne reste pas toujours dans l'espace initial $L^2(R)$. Peut-on pour autant remplacer S par un espace, qui ne serait peut-être pas de Hilbert, mais qui contiendrait le complété de S , et sur lequel la dérivation, comme la multiplication par une puissance de x aurait un sens ? L'idée est de passer par la transformée de Fourier dont on a vu qu'elle échangeait les deux opérations.

La transformation de Fourier dans S

+++++
Pour une fonction f de S , la transformée de Fourier, déjà notée, est bien définie par $\hat{f}(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-2i\pi xy} dx$.

Et sur S , les propriétés déjà décrites sont aisément justifiées. Sur S aussi, on dispose d'une conservation du produit scalaire $\langle f | g \rangle = \langle \hat{f} | \hat{g} \rangle$.

Cette relation se déduit aisément de la définition du produit de convolution comme correspondant en transformée de Fourier au produit ordinaire de deux fonctions de S , et de l'inversion de la transformée de Fourier. A joué alors, nous l'avons déjà remarqué, la propriété dite spatiale de l'exponentielle complexe, celle qui au fond fait comprendre le phénomène d'addition des angles dans la multiplication de deux nombres complexes.

Ceci dit, puisque l'espace S n'offre pas à la physique une souplesse suffisante en n'étant pas un espace de Hilbert, l'idée de Laurent Schwartz fut de définir un autre espace, celui écrit S' , constituée des formes linéaires continues sur l'espace S . La continuité exige toutefois une précision topologique, car l'espace S n'est pas un espace normé. Mais lorsque ceci est mis en place, à tout élément F de S' on peut associer sa transformation de Fourier selon la règle : $(\hat{F}, f) = (F, \hat{f})$.

Ici les parenthèses servent à définir la valeur que la forme linéaire continue F prend en f . Mais si F désigne un élément de l'espace de Hilbert $L^2(R)$, on peut changer les parenthèses en des crochets, définissant de cette façon la transformée de Fourier d'une fonction de $L^2(R)$. On conçoit maintenant la raison pour laquelle John von Neumann substitua les parenthèses aux crochets des physiciens tels que Dirac ou Heisenberg.

On peut démontrer que la transformée de Fourier est bijective sur S' , de la même façon qu'elle est bijective sur S et d'ailleurs sur $L^2(R)$. C'est-à-dire, avec des notations précédemment expliquées et pour des fonctions f de S auquel cas on pourrait marquer la variable x , mais aussi pour des distributions dites tempérées F , nom des éléments de S' , qui ne sont plus des fonctions au sens ordinaire, mais sur lesquels peut porter l'opération tilde ($\sim$), ou encore pour des fonctions de $L^2(R)$.

$$(18) \quad \hat{\hat{f}} = \tilde{f}$$

La relation précédente se lit donc avec f , mais aussi bien avec F comme distribution tempérée et avec f comme élément de $L^2(R)$.

Les inégalités d'Heisenberg

+++++
Ces inégalités sont une conséquence des relations (14) et font intervenir des constantes juste parce que la dérivation de l'exponentielle $e^{-2i\pi xy}$ le fait. On a avantage à utiliser une notation pour désigner la multiplication d'une fonction $f(x)$ par x , sous la forme $(Mf)(x) = xf(x)$, qui fait disparaître la mention de la variable de la fonction concernée. Soit,

$$(19) \quad \frac{1}{4\pi} \langle f | f \rangle \leq \sqrt{\langle Mf | Mf \rangle \langle M\hat{f} | M\hat{f} \rangle}$$

Et du coup, on est conduit à écrire un opérateur D sur les fonctions selon $(Df)(t) = i \frac{df}{dt}(t)$, pour lequel aussi bien⁴⁰

$$(20) \quad \frac{1}{4} \langle f | f \rangle \leq \sqrt{\langle Mf | Mf \rangle \langle Df | Df \rangle}$$

Il est facile, sous cette deuxième forme avec la transformation de Fourier, d'utiliser le vocabulaire et les notations des probabilités. En posant l'espérance mathématique $E(f)$ de f comme valant $\int_{-\infty}^{+\infty} x |f(x)|^2 dx$, et la variance $V(f)$ comme valant $\int_{-\infty}^{+\infty} (x - E(f))^2 |f(x)|^2 dx$. On dispose alors de la minoration :

$$(21) \quad V(f)V(\hat{f}) \geq \frac{1}{16\pi^2}$$

En termes de représentation par les probabilités, on voit donc qu'on ne peut assurer une bonne précision de la mesure de la position simultanément avec une bonne mesure de la vitesse : c'est cela qui les a fait appeler les relations d'incertitude. On doit alors constater que l'inégalité, qui porte sur des éléments mécaniques (position et vitesse), se trouve vérifiée

40. Pour les fonctions de norme 1, on aura l'inégalité $\frac{1}{4} \leq \sqrt{\langle Mf | Mf \rangle \langle Df | Df \rangle}$, ou aussi bien

$$\frac{1}{4\pi} \leq \sqrt{\langle Mf | Mf \rangle \langle M\hat{f} | M\hat{f} \rangle}.$$

précisément parce que ces éléments sont échangés par la transformation de Fourier qui impose ce que l'on peut appeler encore des symétries, au sens même que prend le terme grâce à la formule d'inversion. Aussi bien, les inégalités auront automatiquement lieu, dès lors que l'on adopte pour représentation de la mécanique un espace de Hilbert, ou aussi bien l'espace des distributions tempérées. L'incertitude, si on veut le dire ainsi, est le prix à payer pour changer la représentation classique de la vitesse et de la position en distributions ou en éléments de $L^2(R)$ qui ont *ipso facto* un caractère géométrique. C'est précisément cette géométrie que rappelle le produit scalaire avec des crochets, ou encore les parenthèses de John von Neumann, et elle va jusqu'aux inégalités d'incertitude qui correspondent à la définition d'un angle en géométrie euclidienne ordinaire. L'écriture, cette fois, prend un rôle de mémoire épistémologique, manifestement ce qu'impose la géométrisation de la mécanique quantique et que le calcul seul pourrait faire oublier.

CONCLUSION

+++++

Si j'ai dissocié deux aspects de l'écriture, ce n'est surtout pas pour faire de l'un, l'écriture des figures, de simples peintures de faits analytiques à la façon dont Auguste Comte les désigne dans le cadre très étroit de ce qu'il appelle la géométrie analytique. En n'éliminant pas la géométrie des figures comme témoignage d'écriture, je peux examiner non seulement les formes de l'enregistrement par les mathématiques, selon la forte expression de Goody qui ne s'embarrasse pas de toutes les précautions des sceptiques, mais encore leurs évolutions qui vont aussi bien à une géométrisation des écritures algébriques qu'à une algébrisation des figures. Ce n'est pas tomber dans le paradoxe du relativisme que de constater que l'histoire, en effet, est bien moins fille du temps selon l'expression si ancienne, que mère des différents rythmes des temps qui, quelquefois, peuvent battre à l'unisson.

Avec les différentes notations de la théorie des proportions et jusqu'à l'égalité des fractions, on a pu saisir en quoi l'algébrisation contraignait l'écriture, et on pourrait mieux parler de négociation entre l'écriture du langage ordinaire et la cohabitation avec d'autres symboles ayant leur vie propre, ainsi de la différentielle dont on a décrit l'introduction fonctionnelle par Leibniz. Aussi bien, sans lui faire perdre une spécificité, l'écriture mathématique s'inscrit dans le processus général de l'évolution du langage écrit qui, comme toute technique, s'adapte aux innovations mais,

comme toute technique aussi, doit tenir compte des choix que ces innovations imposent à un moment du déroulement historique de la science. Une particularité frappante de l'écriture mathématique est son jeu spatial, et son emprunt à ce dont initialement elle parlait principalement, à savoir les figures de géométrie. On l'a particulièrement vu avec le *Cours mathématique* de Pierre Hérigone, mais on a aussi bien noté que l'écriture y était contrainte par une demande épistémologique exorbitante, celle d'une idée et d'une seule par ligne écrite. C'était bien une forme de spatialisation, mais plus contraignante encore que d'écrire en vers ou avec des rimes, allant jusqu'à une atomisation du raisonnement, qui est la négation même de la pensée géométrique. Ces emprunts à la spatialité, qui sont certainement une condition de la banalisation du contenu mathématique, peuvent être tels que tout ce qui est nécessaire à la représentation spatiale pour la théorie en jeu se résume dans des formules, et ainsi fasse algèbre, avec au mieux une mémoire spatiale. Mais l'algèbre développe son écriture par sa logique interne, ce qui est un autre jeu fondamental de toute écriture. Aussi l'origine spatiale peut alors être oubliée, et ce fut le cas pour l'origine du calcul différentiel et intégral, la conception de ce dernier omettant le rôle aussi bien de la formule algébrique du binôme de Newton que du développement de la fonction logarithme perçue géométriquement avec l'aire sous l'hyperbole. À l'inverse, le plus frappant avec le produit scalaire, dont dérivent fondamentalement les relations d'incertitude en mécanique quantique, est la « géométrisation » manifestée par les espaces de Hilbert. Mais on a aussi bien vu comme en parallèle les distributions tempérées, et cette fois il convient de souligner une algébrisation si manifeste par les relations de commutativité des opérateurs fondamentaux de la mécanique. Le rappel de la transformation de Fourier et de son jeu de symétries formelles est alors bienvenu.

Tout mathématicien sait qu'il y a une grande liaison entre l'écriture d'une quelconque théorie et son contenu de science, comme une mémoire aussi de ce qui sinon a fait origine pour la théorie, mais peut en être dit comme l'essentiel.

par Cédric Villani

+++++

L'ÉCRITURE DES
MATHÉMATICIENS

+++++

+++++
L'ÉCRITURE DES MATHÉMATICIENS
+++++

Cette note résume et développe certains sujets abordés lors de ma participation à la table ronde « Les écritures des mathématiciens et des physiciens », avec Patrick Flandrin et Jean Dhombres, dans le cadre du colloque *Écritures : sur les traces de Jack Goody*.

En mathématiques, comme en physique théorique, le rôle de l'écriture présente quelques caractères distinctifs. Sans faire d'étude détaillée, et sans mise en perspective historique sérieuse, je me contenterai de décrire l'existant, à la manière d'un témoignage, ou d'une brève étude sociologique « de l'intérieur » basée sur ma propre expérience de mathématicien.

L'ÉCRITURE COMME SUPPORT DE PENSÉE

+++++
Les théoriciens de la science entretiennent souvent un rapport intime à l'écriture comme support de pensée, selon deux axes en apparence contradictoires, mais en fait complémentaires. D'une part, l'écriture mathématique, qu'elle soit utilisée de manière interne aux mathématiques ou appliquée à d'autres sciences, est vecteur de sens et d'idées. Les formules mathématiques cristallisent ce mode de fonctionnement, résumant en quelques symboles des concepts d'une portée considérable : il suffit de penser à $E = mc^2$ (Einstein), $S = k \log W$ (Boltzmann), $H \psi = E \psi$ (Schrödinger), $x^n + y^n = z^n$ (Fermat), $R_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}$ (Einstein encore)... N'importe laquelle de ces identités est emblématique d'une théorie profonde, dont l'exposé nécessiterait un ouvrage entier. Dans les colloques de mathématique se vendent d'ailleurs souvent des t-shirts imprimés de telles formules, célébrant par leur seul énoncé un domaine scientifique entier.

Sans aller jusque-là, le support écrit est utilisé systématiquement pour la *transmission* des idées. Un séminaire de mathématiques ou de physique ne peut s'envisager sans formules. Quelques conventions universelles favorisent ce rôle de l'écriture, éveillant dans le lecteur ou l'auditeur des concepts connus (ε désigne presque toujours un nombre strictement positif arbitrairement petit, M est souvent une variété différentielle, x une variable, f une fonction, etc.), faisant gagner un temps considérable à la communication.

Ceci vaut également pour la phase de recherche où les idées se forment maladroitement : pour moi comme pour la plupart des mathématiciens, ce processus de découverte est accompagné par le griffonnage de formules sur un brouillon. Les *calculs*, que l'on peut considérer comme une forme d'écriture, participent d'ailleurs aussi à la réflexion, même théorique. Une anecdote célèbre raconte comment Gauss découvrit *numériquement*, par des calculs écrits réalisés avec une précision d'une dizaine de chiffres après la virgule, la formule de la longueur de la lemniscate : si m est la limite de la suite définie par

$$a_0 = 1, \quad b_0 = \sqrt{2}, \quad a_n = \frac{a_{n-1} + b_{n-1}}{2}, \quad b_n = \sqrt{a_{n-1} b_{n-1}},$$

$$\text{alors } \frac{1}{m} = \frac{2}{\pi} \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-x^4}}.$$

Mettons-nous un instant à la place de Gauss : non content d'extraire les racines carrées avec une précision remarquable, il connaissait suffisamment bien la valeur de $\int dx/\sqrt{1-x^4}$ pour l'identifier à l'inverse de la limite, à un facteur $\pi/2$ près... un exploit surnaturel bien sûr. Mais même pour de simples mortels, le rôle des calculs préliminaires, plus ou moins concrets, peut être vital dans la résolution d'un problème, si abstrait soit-il. Le deuxième rôle de l'écriture est au contraire un rôle désincarné de vérification *mécanique* de l'enchaînement des idées. On connaît la citation de Hilbert selon laquelle on devrait pouvoir remplacer, dans un cours de géométrie, les mots *point*, *droite*, et *plan* par *table*, *chaise* et *verre de bière*. En effet, la solidité d'une démonstration mathématique découle tout entière de l'enchaînement logique des idées, sans aucune notion de sens préalable, par une vérification automatique de règles logiques que l'on pourrait voir comme des règles de « grammaire ».

Le concept même de démonstration fut à l'origine de vifs débats, au cours desquels Hilbert trouva un adversaire fameux en la personne de Poincaré. Une preuve mathématique est-elle un argumentaire destiné à convaincre un autre mathématicien ? Ou bien au contraire un texte logiquement écrit et dont on doit oublier le sens ? Il me semble que les deux points de vue doivent coexister ; en tout cas, on est forcé de reconnaître que le second est fructueux, puisqu'il a donné naissance à la théorie de la vérification automatique, actuellement en plein essor. Cela peut ressembler à un aveu de défaite de la part du mathématicien renonçant à dominer le sens de son œuvre ; mais ici comme ailleurs, il convient d'être humble, de reconnaître ses propres limites, et d'accorder une part à la

technique : dans des situations extrêmes, on se repose avec soulagement sur la vérification mécanique et désincarnée.

L'exemple du « théorème des quatre couleurs » est un cas extrême dont la discussion nous entraînerait trop loin : cet énoncé célèbre a été démontré avec l'aide d'un programme informatique, qui a examiné de manière automatique un nombre considérable de situations, sans que l'on puisse dire qu'un être humain a *compris* l'ensemble de la preuve.

Plutôt que d'aborder ce cas célèbre et controversé, où le problème dépasse l'écriture pour toucher à l'informatique, je vais me limiter à évoquer ma propre expérience. Avec un collaborateur, j'ai travaillé récemment sur un théorème dont la démonstration couvrait plus d'une centaine de pages : pour la vérifier, il était hors de question de nous en remettre à la vision globale et au sens ; au contraire, nous avons relu mécaniquement les théorèmes mot à mot, en vérifiant, chaque fois que nous appliquions un résultat intermédiaire, que toutes les hypothèses requises étaient satisfaites. Il aurait été vain de prétendre dominer l'ensemble de la démonstration : même si nous l'avions créée petit à petit, sa complexité était trop grande pour tenir tout entière dans nos cerveaux humains, nous ne pouvions en appréhender que le plan d'ensemble, et seul le secours de l'écriture nous permettait de vérifier la cohérence des détails. On pourrait dire que c'est également le sort d'un écrivain qui couche son roman sur le papier et ne le connaît pas par cœur ; mais pour le mathématicien, c'est une situation plus critique, car une formule fautive au cœur de son article peut compromettre la validité de l'édifice tout entier.

De ce point de vue, toutes les façons d'écrire ne sont pas équivalentes. Un style trop proche de l'abstraction mécanique empêche le lecteur de comprendre les intentions de l'auteur. À l'opposé, un style trop porteur de sens rend difficile la vérification. Parfois également, une bonne notation entraîne un progrès considérable en simplifiant la vérification et en allégeant l'écriture. Beaucoup de spécialistes des équations aux dérivées partielles seraient perdus sans les notations abrégées pour la différentiation, héritées de Leibniz : par exemple, u_{ijk} est une abréviation pour

$\frac{\partial^3 u}{\partial x_i \partial x_j \partial x_k}$ – nul besoin d'insister sur le gain de temps et d'espace.

Dans un ordre d'idées voisin, les notations d'Einstein en géométrie différentielle (pas de signe de sommation, remplacé par la contraction des indices se trouvant à des positions différentes, l'un en haut, l'autre en bas) sont d'une efficacité redoutable et permettent souvent de détecter très vite des erreurs. Voici une formule extraite d'un de mes articles récents :

$$\begin{aligned}\Delta_H u = g^{ij} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^i \partial x^j} - \Gamma_{ij}^m \frac{\partial u}{\partial x^m} \right) + \Gamma_{ir}^s \Gamma_{jl}^m p_m p_s \frac{\partial^2 u}{\partial p_r \partial p_\ell} \\ + 2g^{ij} \Gamma_{ir}^s p_s \frac{\partial^2 u}{\partial x^j \partial p_r} + g^{ij} (\Gamma_{ir}^\ell \Gamma_{jl}^m - \Gamma_{ij}^s \Gamma_{sr}^m) p_m \frac{\partial u}{\partial p_r} \\ + g^{ij} \partial_j \Gamma_{ir}^m p_m \frac{\partial u}{\partial p_r}.\end{aligned}$$

Sans chercher à expliciter le sens de cette formule (elle exprime le Laplacien horizontal d'une fonction définie sur le fibré cotangent d'une variété riemannienne ; je n'en dirai pas plus...), notons la cohérence interne des indices et exposants : chaque fois qu'un indice, disons i , apparaît *en bas* dans un terme du membre de droite, il apparaît aussi *en haut* dans un autre terme qui le multiplie. Ainsi, ouvrant la première parenthèse dans le membre de droite, on voit que le premier produit est

$$g^{ij} \frac{\partial^2 u}{\partial x^i \partial x^j}$$

où le i de ∂x^i (compté comme « en bas » car il apparaît en haut, mais au dénominateur) répond au i de g^{ij} (compté comme « en haut »).

Une dérogation à la règle impliquerait une erreur ; par exemple, si j'avais écrit

$$\begin{aligned}\Delta_H u = g^{ij} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^i \partial x^j} - \Gamma_{ij}^m \frac{\partial u}{\partial x^m} \right) + \Gamma_{ir}^s \Gamma_{jl}^m p_m p_s \frac{\partial^2 u}{\partial p_r \partial p_\ell} \\ + 2g^{ij} \Gamma_{ir}^s p_s \frac{\partial^2 u}{\partial x^j \partial p_r} + g^{ij} (\Gamma_{ir}^\ell \Gamma_{jl}^m - \Gamma_{ij}^s \Gamma_{sr}^m) p_m \frac{\partial u}{\partial p_r} \\ + g^{ij} \partial_j \Gamma_{mr}^i p_m \frac{\partial u}{\partial p_r},\end{aligned}$$

j'aurais tout de suite (ou presque...) vu à la relecture qu'il y a un problème à la fin de la formule, et compris qu'il fallait reprendre mes calculs ; ceci parce que dans le dernier terme, le i de g^{ij} et celui de Γ_{mr}^i sont tous deux « en haut ». Erreur de cohérence des notations, certainement héritée d'une erreur antérieure dans les calculs.

Pour résumer, il y a (au moins) deux aspects dans l'écriture mathématique : vecteur de sens et vérification mécanique. En pratique, ces deux aspects, que l'on peut assimiler à deux formes de pensée, sont mêlés à des degrés divers et doivent être dosés en fonction des circonstances ; ainsi,

pour un exposé oral, on accordera une priorité au premier rôle, tandis que, pour un texte écrit, on accordera plus d'importance au second, en fonction des goûts, des exigences et de la complexité des preuves.

L^AT_EX

++++++
 T_EX (prononcer TeKK, à la façon d'un χ) est un programme informatique, dont l'impact sur la communauté mathématique a été si fort et durable, qu'aucune étude sérieuse sur cette communauté ne peut l'ignorer. Ceci justifie que j'y consacre une section et, en fait, on pourrait sans doute écrire des livres entiers sur le sujet... Durant les dernières décennies, les « progrès » des traitements de textes étaient principalement tournés vers le développement de programmes de haut niveau, prenant de nombreuses initiatives, et la montée en puissance du *Wysiwyg* (*What you see is what you get*). Cela est vrai pour le grand public comme pour la plupart des scientifiques. Cependant, pour les mathématiciens et les physiciens théoriciens, le progrès est passé au contraire par un programme de bas niveau : T_EX, un logiciel et langage de programmation qui met la mise en pages et l'écriture à la disposition de l'utilisateur, jusque dans ses moindres détails.

Né du cerveau fertile de Donald Knuth, professeur à Stanford University et l'un des informaticiens les plus célèbres de notre temps, T_EX s'est imposé dans la communauté des chercheurs en mathématique et physique théorique, à tel point que la plupart des revues scientifiques dans ces domaines n'acceptent d'articles que rédigés au moyen de T_EX ou de ses extensions (L^AT_EX le plus souvent). Notons, au passage, que c'est bien de mathématiques et de physique théorique dont il s'agit : dans les autres disciplines, le succès de T_EX est marginal. Ce n'est bien sûr pas un hasard : parmi les scientifiques, ce sont les mathématiciens (au sens large) qui sont le plus obsédés par la graphie !¹ L'aspect esthétique des formules, le goût pour la symétrie et la synthèse, l'attention portée aux détails, tout cela participe à faire du mathématicien un expert graphiste à sa manière. Au reste, si Knuth s'est lancé dans T_EX, c'est autant pour rendre service à la communauté, que pour s'assurer que ses propres ouvrages seraient imprimés comme il l'entendait.

1. Pourquoi T_EX n'a-t-il pas eu de succès chez les littéraires ? C'est peut-être simplement une réaction d'effroi devant une « technologie » et un effort d'apprentissage, ou peut-être parce que la pression exercée par le traitement harmonieux des formules mathématiques est bien supérieure à celle que l'on rencontre dans un texte littéraire, d'ordinaire beaucoup moins riche en symboles de toutes sortes.

Comme « tout le monde » possède $\text{\TeX}$ et ses dérivés (ce sont des logiciels gratuits, notons d'ailleurs qu'ils sont infiniment plus fiables que les alternatives payantes), les mathématiciens n'échangent plus que le fichier texte de « programmation » – fichier brut, texte, sans caractères cachés, sans formatage. Ce fichier texte contient alors toute l'information nécessaire à la reconstruction du manuscrit. Je vais illustrer mon propos avec des exemples tirés d'un livre que j'ai écrit récemment : *Optimal Transport. Old and New* (paru chez Springer-Verlag en 2008). Voici donc le début de mon livre ou, si l'on veut, de son fichier $\text{\LaTeX}$:

```
\documentclass{cedric-svmono}
\usepackage{graphicx, supertabular, makeidx, amsmath, amssymb}
\usepackage{color, multicol, array, amssym.def, amssym}
\include{macro}
```

Quelques explications : dans ce préambule, j'indique que j'utiliserai les conventions du fichier de style `cedric-svmono`, qui est une version légèrement modifiée par mes soins du fichier de style mis à disposition par l'éditeur, en l'occurrence Springer-Verlag ; puis, je donne la liste des *packages* que j'utiliserai – par exemple des banques de caractères mathématiques comme `amssym`, des bibliothèques de gestion des couleurs, etc. Ensuite, je fais référence au fichier `macro` qui contient tous mes raccourcis, dont voici un extrait :

```
\def\barint{\mathop{-\mkern-19.5mu\int}} %integrale barree
\def\derpar#1#2{\frac{\partial#1}{\partial#2}}
\def\spdot{^{\cdot}}
\def\R{\mathbb R}
\def\Q{\mathbb Q}
\def\N{\mathbb N}
\def\ovr{\overrightarrow}
\def\Dom{\mathop{{\rm Dom}\,},}
\def\CAT{{\rm CAT}}
\def\paral{{\!/}/{\!/}}
\def\sumjN{\sum_{j=1}^N}
\def\longleftarrow{\leftarrow\!\!\!\rightarrow}
\def\liminf#1{\underset{#1}{\underline{\lim}}}
```

Ainsi quand j'écirai dans une formule mathématique $\mathbb{R}$, $\mathbb{Q}$ ou $\mathbb{N}$, j'obtiendrai $\mathbb{R}$, $\mathbb{Q}$ ou $\mathbb{N}$, quand je taperai `\longleftarrow`, j'obtiendrai $\longleftrightarrow$, etc.

Le fichier de style est la clé de voûte, il met en place tous les paramètres : les marges, la fonte, les espaces, la numérotation, la table des matières, etc. D'habitude, on se contente de suivre l'un des fichiers de style fournis par les éditeurs, c'est seulement si l'on est perfectionniste

que l'on va fouiller dans les tripes de ces fichiers notoirement abscons. Voici le début de mon fichier de style :

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1995/12/01]
\ProvidesClass{cedric-svmono}[2005/09/23 v4.11
Springer Verlag global LaTeX document class for monographs,
very slightly modified by Cedric Villani]
\DeclareOption{natbib}{\ExecuteOptions{oribibl}%
\AtEndOfClass{% Loading package 'NATBIB'
\RequirePackage{natbib}
\setlength{\bibhang}{\parindent}
\let\bibfont=\small
\def\@biblabel#1{#1.}
\newcommand{\etal}{\textit{et al}.}}
\let\if@spthms\iftrue
\DeclareOption{nospthms}{\let\if@spthms\iffalse}
\let\envankh\@empty % no anchor for "theorems"
\let\if@envcntreset\iffalse % environment counter is not reset
\let\if@envcntresetsect=\iffalse % reset each section?
\DeclareOption{envcountresetchap}{\let\if@envcntreset\iftrue}
\DeclareOption{envcountresetsect}{\let\if@envcntreset\iftrue
\let\if@envcntresetsect=\iftrue}
\let\if@envcntsame\iffalse
% NOT all environments work like "Theorem",
% each using its own counter
```

et ainsi de suite pendant plus de 30 pages. À titre d'exemple, je vais décrire une modification que j'ai introduite dans ce fichier de style.

Chaque théorème dans mon livre est accompagné d'un « nom raccourci » qui résume son sens, et j'ai décidé de regrouper automatiquement tous ces noms dans une sorte d'index en fin de livre. Par exemple, voici un théorème extrait de mon livre (sans doute le plus simple, ce qui ne sera pas forcément clair pour les non-experts) :

Theorem 4.1 (Existence of an optimal coupling). *Let $(\mathcal{X}, \mu)$ and $(\mathcal{Y}, \nu)$ be two Polish probability spaces; let $a : \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R} \cup \{-\infty\}$ and $b : \mathcal{Y} \rightarrow \mathbb{R} \cup \{-\infty\}$ be two upper semicontinuous functions such that $a \in L^1(\mu)$, $b \in L^1(\nu)$. Let $c : \mathcal{X} \times \mathcal{Y} \rightarrow \mathbb{R} \cup \{+\infty\}$ be a lower semicontinuous cost function, such that $c(x, y) \geq a(x) + b(y)$ for all x, y . Then there is a coupling of (μ, ν) which minimizes the total cost $\mathbb{E}c(X, Y)$ among all possible couplings (X, Y) .*

Voici le texte correspondant, tel que je l'ai tapé et tel que je l'ai envoyé à l'éditeur quand le manuscrit fut prêt :

```
\begin{Thm}[Existence of an optimal coupling]
\index{optimal coupling!existence}
\label{thmexistopt}
Let  $(X, \mu)$  and  $(Y, \nu)$  be two Polish probability spaces;
let  $a: X \rightarrow \mathbb{R} \cup \{-\infty\}$  and  $b: Y \rightarrow \mathbb{R} \cup \{-\infty\}$ 
be two upper semicontinuous functions such that  $a \in L^1(\mu)$ ,
 $b \in L^1(\nu)$ .
Let  $c: X \times Y \rightarrow \mathbb{R} \cup \{+\infty\}$  be a lower
semicontinuous cost function, such that  $c(x, y) \geq a(x) + b(y)$ 
for all  $x, y$ .
Then there is a coupling of  $(\mu, \nu)$  which minimizes
the total cost  $\int c(X, Y)$  among all possible couplings  $(X, Y)$ .
\end{Thm}
```

... et grâce à la modification apportée au fichier de style, figure dans la *List of short statements* le groupe de mots *Existence of an optimal coupling* avec la page où ce théorème est énoncé. Pour obtenir ce résultat, j'ai ajouté les quatre lignes suivantes au fichier de style :

```
\def\listofstatements{%
  \chapter*{\liststatname}
  \@mkboth{\liststatname}{\liststatname}%
  \addcontentsline{toc}{chapter}{\liststatname}%
  \@starttoc{stt}%
}
```

Cette modification n'est pas si anodine ; les tables (des matières, des figures), les index (des notions, voire des notations ou des auteurs) sont d'une grande importance pour structurer le livre et rendre la pensée de l'auteur accessible « en direct » au lecteur, consultable. Quant au plan, il est inestimable, aussi bien pour faire passer les idées que pour structurer la pensée de l'auteur et délimiter le contenu du livre. Dans ma propre expérience, lors de l'écriture d'un livre, c'est le plan, mille fois modifié et remodifié, qui est la source des pires tourments. Une force de $\text{\TeX}$ et $\text{\LaTeX}$ est justement de prendre en compte à la fois les aspects globaux (plan, table des matières) et les détails fins. Examinons sa mise en œuvre dans l'écriture de formules, à travers un autre exemple tiré du même livre :

pour produire

$$(12.26) \quad \begin{cases} \dot{h}(t) = (\nabla_{x,y}^2 c(x, y_t)) \cdot (\eta, \zeta); \\ \ddot{h}(t) = \frac{2}{3} \int_0^1 \mathfrak{S}_c \left((\nabla_y c)^{-1}((1-s)q + s\bar{q}, y_t), y_t \right) \cdot (\eta, \zeta) (1-s) ds, \end{cases}$$

j'écrirai :

```
\begeq\label{h'h''}
\begin{cases}
\dot{h}(t) =
\bigl(\nabla^2_{\{x,y\}c(x,y_t)\bigr)\cdot (\eta,\zeta); \ll[3mm]
\dps \ddot{h}(t) =
\frac{2}{3} \int_0^1 \{\mathfrak{S}_c \bigl( (\nabla_{yc})^{-1}
\bigl( (1-s)q + s\ov{q}, y_t\bigr), y_t\Bigr)\cdot
(\eta,\zeta)\}, (1-s)\,ds,
\end{cases} \endeq
```

Noter, dans la formule précédente, le dosage de l'espace vertical par $\ll[3mm]$, la gamme de tailles de parenthèses ($\bigl($ petite parenthèse ouvrante, $\Bigr($ grande parenthèse ouvrante...), les petits espaces notés par $\backslash$, $\cdot$. Par défaut, il y a cinq commandes différentes d'espacement, et si cela ne suffit pas, on peut imposer la quantité d'espace souhaitée en fixant sa valeur en millimètres ou en points... aucun détail ne doit être négligé pour que la formule puisse être parfaite !

Ces outils n'ont produit rien moins qu'une révolution dans le mode de fonctionnement des mathématiciens. Non seulement c'est le retour des « belles » formules, mais aussi la réappropriation par les auteurs de la présentation. Mon livre, tel que l'éditeur l'a publié, est semblable au millimètre près à la version électronique que j'ai compilée moi-même à partir de mes fichiers source et de logiciels gratuits ; quitte à y passer le temps nécessaire, je peux en contrôler tous les aspects. L'éditeur peut alors se concentrer sur ce qu'il sait faire le mieux : la réalisation matérielle (reliure, choix du papier), la promotion, la distribution, etc. Ce qui ne le dispense pas de donner des recommandations à ses auteurs ou de les guider en leur fournissant un fichier de style.

En ce qui concerne la facilité de communication, le gain est également phénoménal : un standard universel, reconnu par tous ; jamais d'erreur dans la transmission des fichiers T_EX. « T_EX a changé ma vie », me disait un participant au colloque, littéraire de formation, reconverti dans l'édition de vieux ouvrages mathématiques.

Avec l'habitude, les mathématiciens parviennent même à déchiffrer « en direct » les absconses formules écrites en T_EX, par exemple, quand

elles surviennent dans le corps d'un courrier électronique. C'est presque comme si une nouvelle écriture mathématique avait été créée pour répondre aux besoins de la communication moderne.

Voici à titre d'exemple un extrait de courrier électronique que j'adressais récemment à mon collaborateur, alors que nous travaillions d'arrache-pied sur un problème de physique des plasmas appelé « amortissement Landau » :

```
Date: Sun, 1 Feb 2009 15:41:47 +0100
From: Cedric VILLANI <Cedric.VILLANI@umpa.ens-lyon.fr>
To: Clement Mouhot <clement.mouhot@ceremade.dauphine.fr>
Cc: Cedric Villani <Cedric.VILLANI@umpa.ens-lyon.fr>
Subject: Re: global-10

J'oubliais encore !! Qu'il y a beaucoup de marge sur les
estimations de scattering parce que par exemple elles sont
extremement regulieres en  $x$ , en tout cas d'ordre  $\lambda\tau$  au
temps  $\tau$ . Donc on doit pouvoir se permettre de les reporter
sur  $\mu$ .

L'ideal serait une inegalite du genre : si  $f$  est une fonction de
 $x$  alors

 $|f \circ X|_{Z^{\{(\lambda, \lambda)\}, \mu}_{(\tau, \tau)}}$ 
 $\leq |f|_{F^{\nu}}$ 

avec  $\nu = \lambda\tau + \lambda'\tau' + \mu +$ 
 $|X - Id|_{Z^{\{\alpha, \beta\}, \sigma}}$ 

et  $\alpha\sigma + \beta$  tres proche de  $\lambda\tau + \lambda'\tau'$ 
+  $\mu$ .

Et si ca ne marche pas, quelque chose de proche en norme
bishift pour  $X - Id$ . Mais en tout cas, finalement on doit pouvoir
s'autoriser de reporter sur le  $\mu$ , donc il y a lieu d'etre
optimiste.

En fait tout dependra de la section 7 ou il faut etre tres
precis...

Amities
Cedric
```

Voici un autre exemple :

```
Date: Mon, 16 Feb 2009 17:52:33 +0100
From: Cedric VILLANI <Cedric.VILLANI@umpa.ens-lyon.fr>
To: Clement Mouhot <clement.mouhot@ceremade.dauphine.fr>
Cc: Cedric Villani <Cedric.VILLANI@umpa.ens-lyon.fr>
Subject: Re: global-18 final

Alors, je suis d'accord qu'il semble y avoir un souci a prendre
 $\lambda'$  plus grand que  $\lambda$ , pour la convergence de
```

```
l'integrale quand t\to\infty. Est-ce que tu arrives a gerer ce
truc ? Je me dis que c'est peut-etre une erreur de faire
\|\int (...) ds \|\ \leq \int \|\ ... \|\ ds
```

Inutile bien sûr de transformer ce texte en utilisant T_EX pour visualiser les formules : en lisant ce message, mon collaborateur a tout de suite compris ce que je voulais dire. Et une fois notre travail terminé et diffusé, les collègues qui nous ont fait part de leurs commentaires ont aussi naturellement utilisé ce moyen, comme le montre le courrier que voici :

```
Date: Mon, 15 Jun 2009 11:55:41 +0200 (CEST)
Subject: amortissement Landau
From: texier@math.jussieu.fr
To: cmouhot@ceremade.dauphine.fr, Cedric.VILLANI@umpa.ens-
lyon.fr

Cher Clement, cher Cedric,
j'ai parcouru avec beaucoup d'interet votre preprint recent sur
l'amortissement Landau.

Dans le schema qui est decrit dans le paragraphe 8.3 (version
beta du 17 Avril), il me semble que le premier terme du membre
de droite de (8.10) (egal a \d_t f^n - Q(f^n), avec vos
notations du paragraphe 8.1) fait intervenir le champ F[h^n],
exactement comme dans (8.2). Pourquoi donc dites-vous, dans la
derniere phrase de la page 122, que dans (8.10) h^{n+1} ne sent
que l'effet de F[h^{n+1}] ?
Il me semble qu'en fait les deux termes "source" du schema (8.2)
(-F[h^{n+1}] \d_v f^n et - F[h^n] \d_v h^n) sont presents dans
(8.10), si bien que l'analyse des qualites eventuelles de (8.10)
devrait reposer sur l'analyse de la contribution des nouveaux
termes sources en Y et W.

(...)
Benjamin
```

Quand je parcourais ce message, en lisant $-F[h^{n+1}] \d_v h^n$, il y avait dans ma tête non seulement cette formule T_EX, mais aussi sa transcription en notation mathématique, $-F[h^{n+1}] \cdot \nabla_v f^n$, et enfin la représentation que je me faisais de cet objet (en l'occurrence la variation de la densité de particules f^n sous l'effet de la force induite par une densité h^{n+1} ...).

Je terminerai cette section avec une illustration spectaculaire des nouvelles possibilités offertes par T_EX, en combinaison avec un autre langage révolutionnaire en son temps. Dans mon laboratoire de recherche à l'École normale supérieure de Lyon, travaille un mathématicien aveugle de renommée internationale : tous ses échanges se font par T_EX. Il lui suffit, en effet, de convertir les caractères ASCII au moyen d'un code

braille, ce que des périphériques modernes branchés à un ordinateur font très bien. Utiliser un codage spécifique pour les formules mathématiques serait d'une complexité infiniment plus grande ! Avec de l'entraînement, il est capable de lire des livres entiers directement au moyen de leur code source.

UNIVERSALITÉ ET INDIVIDUALITÉ

+++++

Dire que le langage mathématique est universel est un lieu commun, mais il est bon de le rappeler car c'est un fait remarquable. Le processus mathématique lui-même, la façon de penser les mathématiques, varient considérablement d'un pays à l'autre ou d'un individu à l'autre : ainsi les mathématiques françaises sont connues pour être parmi les plus abstraites du monde – surpassées peut-être seulement par les mathématiques japonaises. Mais le langage mathématique est le même pour tous, et les formules écrites en France, aux États-Unis, en Russie, en Antarctique ou dans la Terre de Feu seront les mêmes, à quelques exceptions mineures près². Les mathématiques françaises, *via* Bourbaki, ont joué leur rôle dans ce remarquable état de fait.

Nous avons déjà vu comment cette universalité avait permis la naissance d'un logiciel d'écriture universel, $\text{\TeX}$. Ce n'est pas le seul exemple de logiciel universel, et un certain nombre de standards s'imposent peu à peu : par exemple, `matlab`, programme de simulation numérique dont les codes sont de plus en plus utilisés pour illustrer des articles numériques ; les programmes sont alors reproductibles par chacun.

Ceci laisse pour autant la part à l'individualité : au-delà du choix de la langue (anglais extrêmement dominant bien sûr, avec une résistance du français dans certaines branches très théoriques des mathématiques), il y a le choix des tournures, de la présentation. Un texte mathématique moderne ne sonne pas comme un texte vieux de 30 ans : cela peut se traduire par un ton moins précieux (« nous souhaiterions remercier » cède la place à « je remercie »), le choix du cadre théorique (moins de généralités, plus d'exemples), les explications (plus de raisonnements heuristiques pédagogiques), etc. La façon de donner les détails d'une démonstration (mâche-t-on le travail au lecteur ou pas), le degré de rigueur (fluctuant

2. C'est ainsi que les intervalles ouverts sont notés $]a,b[$ dans le monde francophone et (a,b) dans le monde anglo-saxon... en pratique, quand on traduit un texte mathématique du français vers l'anglais, c'est presque l'unique modification que l'on doit apporter aux formules !

selon les époques), le dosage entre texte et formules (les textes de mathématiques anciens nous paraissent souvent verbeux et illisibles du fait de la faible proportion de formules), tout cela concourt au style de chacun et subit des variations considérables en fonction de l'environnement et de la personnalité de l'auteur. Certains auteurs sont connus pour être incompréhensibles à cause de leurs explications parcimonieuses, ou de leurs notations mal choisies ; d'autres au contraire sont réputés pour « illuminer » le lecteur ; en ce sens, l'écriture de chacun est personnelle.

Une analyse un tant soit peu systématique nécessiterait un travail considérable et de nombreux exemples ; ce pourrait être l'objet d'un article à part entière. Pour l'instant, je me contenterai de conclure en rappelant l'importance de l'esthétique dans le développement des mathématiques, art autant que science, qui laisse aux personnalités la possibilité de s'exprimer par-delà les formules.

par Patrick Flandrin

+++++

ÉCRIRE UN ARTICLE

+++++

+++++

ÉCRIRE UN ARTICLE

+++++

Qu'il soit destiné à une revue, à une conférence ou à un *workshop* plus spécialisé, l'article est au cœur de l'activité scientifique. Pour celui qui l'écrit, un article est l'aboutissement, proprement mis en forme, d'un travail considéré comme suffisamment important pour qu'il mérite d'être partagé, et son existence est, *de facto*, une forme de preuve de la réalité de l'activité de son auteur. Pour celui qui le lit, l'article est source d'information et, comme tel, il se doit d'être accessible, sinon dans le détail de son contenu, du moins dans les règles qui ont présidé à sa rédaction. Il est donc naturel que l'écriture d'un article soit codifiée et réponde à des exigences (pouvant varier d'un domaine à un autre) qui à la fois offrent un socle commun de structuration de la pensée et une possibilité de mise en perspective du travail proposé par rapport à d'autres travaux (ce que l'on appelle la référence à la « littérature »).

On essaiera ici de dégager quelques caractéristiques de l'écriture scientifique dans ses liens avec la publication (l'article), mais il est bon de préciser en guise d'avertissement que l'on se placera essentiellement dans la position du praticien. Les éléments rapportés et les interprétations suggérées auront ainsi surtout valeur d'expérience et ne sauraient prétendre à une analyse rigoureuse ou une théorisation en bonne et due forme.

STRUCTURE

+++++

Si l'on ouvre une revue scientifique ou des actes de colloque de mathématiques ou de physique – pour être plus spécifique et rester en terrain connu –, de quoi les articles que l'on y trouve sont-ils faits ? De manière très générale, un premier niveau de description relatif à l'organisation globale révèle un cadre quasiment immuable : un titre, une liste d'auteurs avec leurs appartenances institutionnelles (généralement académiques) et un résumé ouvrent l'article ; une liste de références bibliographiques ordonnées le clôt, enserrant le contenu proprement dit de l'article de façon à le positionner quant à son objet (titre et résumé) mais aussi à sa légitimité (auteurs et références).

À la périphérie du texte

+++++

Les éléments périphériques au corps du texte lui-même sont primordiaux dans la mesure où ce sont souvent ceux qui décideront le lecteur à aller ou non plus en avant. Au-delà du titre qui, plus ou moins factuel, est supposé permettre d'opérer un premier tri, il ne faut pas négliger « l'impression » que peuvent donner de telles informations. Il peut donc être utile d'en dire deux mots.

Les références bibliographiques, par exemple, permettent de situer le travail par rapport à l'état de l'art et de mettre en avant des filiations ; mais elles délivrent en filigrane d'autres indications. En effet, si lister un grand nombre de références est louable quant à l'exhaustivité, trop en donner tend à minimiser l'originalité du travail ; à l'inverse, ne donner que peu ou pas de références est un luxe que ne peuvent guère s'offrir que les « grandes signatures » au capital de confiance déjà solidement établi. Un équilibre de même nature est à observer dans les autocitations (références à des travaux antérieurs des auteurs de l'article) : leur usage en nombre restreint est souvent non seulement nécessaire mais aussi bienvenu, car il tend à prouver une position déjà établie dans le domaine, mais un excès est cette fois mal venu en ce sens qu'il peut suggérer un travail de « niche », voire un manque d'ouverture.

On remarquera enfin qu'à l'importance du nom de l'auteur et/ou de son institution s'ajoute parfois une autre forme implicite d'argument d'autorité, se glissant entre la fin du texte et la bibliographie sous la rubrique « Remerciements ». Celle-ci peut bien sûr contenir des informations contractuelles liées au financement de l'étude ou saluer telle ou telle aide de collègues qui, sans aller jusqu'à la cosignature, ont pu jouer un rôle dans l'article. Mais elle peut aussi servir de « recommandation » en remerciant quelque personnalité reconnue pour ses encouragements et l'intérêt porté au travail, suggérant par là même une forme d'adoubement déjà acquis...

Le corps de l'article

+++++

Si l'on en vient maintenant au corps de l'article, qui est au centre de cette discussion, il est facile de voir qu'il est constitué non seulement de *texte* mais aussi de *formules*, de *tableaux*, de *graphiques* (voire, aujourd'hui, de liens vers des documents multimédias comme des animations visuelles et/ou sonores) donnant à l'ensemble une signature caractéristique qui

le rend immédiatement reconnaissable et le distingue de la plupart des autres documents écrits, par exemple littéraires. Ceci conduit naturellement à regarder de plus près cette forme d'écriture et sa pratique, ainsi que les modes de lecture qu'elle peut induire.

L'ARTICLE, ENTRE ÉCRITURE ET LECTURE

+++++

On peut s'intéresser à deux niveaux de l'écriture scientifique : l'un qui participe de la *production* du savoir et peut, par ses développements propres, servir également d'*heuristique*, et l'autre qui est davantage relatif à la *transmission* de ce savoir et à sa *dissémination*, via la lecture qui pourra en être faite. Entre les deux, ou en articulation avec ceux-ci, se trouve aussi un territoire de *représentation* dans lequel la mise en forme du message est primordiale, tant pour rendre compte du savoir construit et/ou acquis que pour aider à le partager, ainsi qu'une *pratique*, économique et sociale, de l'élaboration concrète de l'article en tant qu'objet.

Heuristique

+++++

Toute écriture scientifique a ses spécificités, qui sont liées à son objet d'étude, aux concepts qui s'y déploient et à la nécessité de disposer d'outils permettant de les manipuler aisément. Cependant, il ne s'agit pas seulement de rendre compte d'idées ou de résultats au moyen d'une écriture adaptée, mais aussi de forger cette dernière pour s'en servir en même temps comme aide à la découverte.

Si l'on veut s'en tenir à un exemple très simple, on peut considérer comment il en va ainsi du passage de la *description* au *tableau*, et du *tableau* au *graphique*, toutes « technologies de l'intellect » [Goody, 2007] apparaissant de façon usuelle et routinière dans la littérature scientifique. Soit en effet une grandeur (mesurée ou résultat d'un calcul) pour laquelle la question est par exemple de déterminer, dans son évolution, l'existence éventuelle d'un changement significatif. Comme cela est illustré en figure 1 (voir Abry *et al.* [2004a, 2004b] pour une description plus précise du contexte scientifique de cet exemple et de ses enjeux), il est clair à ce niveau que le texte d'une description énumérative ne serait pas le plus adapté. Un tableau y pourvoit évidemment de façon synthétique plus satisfaisante, en permettant de mettre directement en regard la quantité d'intérêt (ici la puissance) en fonction de son paramètre d'évolution (l'échelle d'observation).

Échelle	- 7	- 6	- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4	5	6
Puissance	10,5	10,7	11,0	11,3	11,5	11,5	11,7	11,8	12,2	12,7	13,3	14,1	15,1	15,7

Tableau 1 : mesure du trafic sur un lien internet : puissance des fluctuations en fonction de l'échelle temporelle d'observation

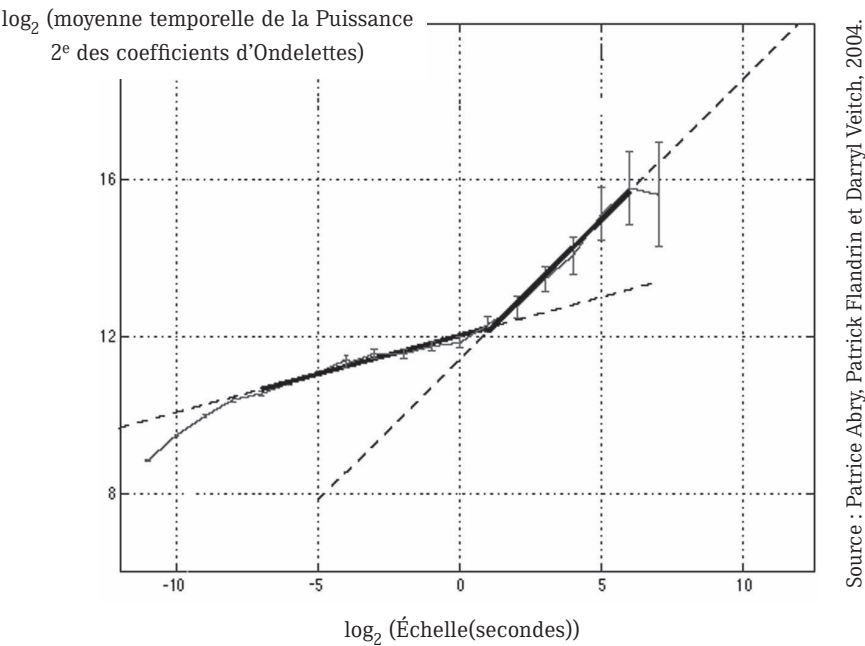


Figure 1 : mesure du trafic sur un lien internet : puissance des fluctuations en fonction de l'échelle temporelle d'observation

Pour une même mise en relation de deux grandeurs (ici le logarithme en base 2 de la puissance des fluctuations de trafic observées sur un lien internet en fonction de l'échelle temporelle d'observation, mesurée par le logarithme en base 2 de la durée en secondes), la figure 1 offre, par rapport au tableau 1, une intelligibilité plus directe de la structuration des données. Dans le cas présent, « écrire » les données sous la forme d'une courbe permet de les « décrire » de façon plus immédiate qu'en les énumérant ou en les rangeant dans un tableau, révélant ici sans ambiguïté l'existence de deux régimes linéaires de variation et l'identification du point de rupture.

La lecture croisée des deux informations (échelle et puissance) reste cependant malaisée dès lors que l'on veut répondre à la question posée (y a-t-il un changement ? si oui, à quelle échelle ?) et, au-delà, proposer par exemple une modélisation de l'évolution qui puisse aider à en chercher l'explication. Si l'on change alors de « technologie de l'intellect » pour passer du tableau 1 à la figure 1, la difficulté précitée s'estompe : dans le cas considéré, deux régimes d'évolution, chacun linéaire, apparaissent clairement, avec un point de changement bien marqué à la rupture des deux pentes. Par cet exemple très simple, on voit qu'une écriture adaptée permet non seulement de rendre compte d'un phénomène de façon non textuelle, mais également de mettre sur la piste de l'explication (le modèle) qui reste à construire.

On pourrait citer bien des exemples (comme les « diagrammes de Feynman » en électrodynamique quantique [Veltman, 1994] ou ceux de Venn en théorie des ensembles) où l'introduction et la « mise en musique » de nouvelles idées et de nouveaux concepts se sont accompagnées de nouveaux modes d'écriture qui soient à même de les rendre opératoires. Dans le domaine de la théorie des systèmes par exemple (donc à l'interface entre les mathématiques appliquées et l'ingénierie), il en est ainsi des écritures par *blocs-diagrammes*, dont la structure permet de façon directe une articulation d'opérations élémentaires symbolisant le transfert et la modification d'une information. Un exemple typique de la puissance de ce type d'écriture peut être recherché aux origines à peu près synchrones de la *théorie de l'information* de Claude Shannon [1948] et de la *cybernétique* de Norbert Wiener [1948]. Un concept clé de celle-ci, amplement utilisé dans celle-là, est en effet celui de *rétroaction* (*feedback*), schématisé à la figure 2, par lequel l'état instantané d'un système peut fonctionnellement dépendre de ses états antérieurs ou s'ajuster à ses propres variations (systèmes à mémoire, asservissements, etc.).

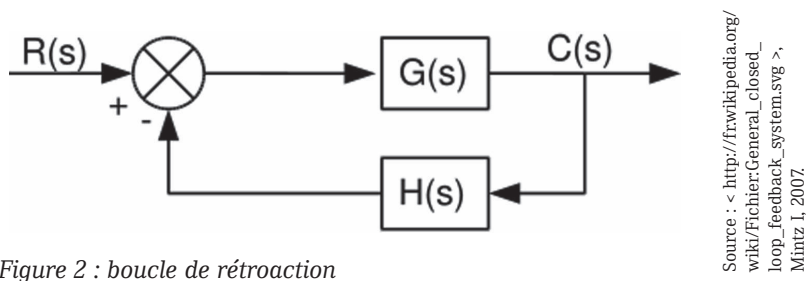


Figure 2 : boucle de rétroaction

Lorsqu'il y a rétroaction, l'état d'un système représenté par sa sortie $C(s)$ dépend non seulement de son entrée $R(s)$ et de sa transformation par l'opération $G(s)$, mais aussi d'une transformation par une autre opération $H(s)$ (incluant en général un retard) de la sortie elle-même. L'écriture naturelle d'un tel système par « boîtes » et « flèches » permet d'imager de façon directe le voyage de l'information à travers le système et la « boucle » de rétroaction sous-jacente à la récursivité d'un tel processus.

Là encore, de par la récursivité des opérations mises en jeu, une description textuelle serait laborieuse (voire induirait une « descente infinie ») alors même qu'un diagramme fait de boîtes et de flèches traduit de façon naturelle (conceptuellement et technologiquement, car il préfigure le circuit qui la réalisera) l'idée sous-jacente de *boucle*. Assembler de telles briques élémentaires permet ainsi « d'écrire » des fonctionnalités complexes, en s'appuyant éventuellement sur des langages de programmation (comme Simulink de The Mathworks, Inc. [Simulink]) opérant de tels jeux de construction par concaténation de blocs-diagrammes élémentaires.

L'écriture du type qui vient d'être évoqué est à rapprocher de celles prévalant en chimie, en particulier dans les agencements moléculaires complexes reposant à la fois sur un *vocabulaire* (atomes et molécules simples) et une *grammaire* (règles de combinaisons et d'appariements possibles). L'écriture y apparaît là aussi à la fois comme mode de description adapté et simplifié, et comme cadre contraint permettant l'innovation ou la découverte (on peut penser au formidable casse-tête qu'a posé l'établissement de la structure de l'ADN [Watson, 1953]).

Hors ce côté graphique de l'écriture, la chimie amène naturellement à l'idée de *formule* qui, elle aussi, est une forme particulière d'écriture, avec son symbolisme et ses règles. Cette notion est évidemment capitale en mathématiques et dans toutes les sciences qui, à des degrés divers, font usage d'une mathématisation. D'une certaine façon, la présence de formules au sein d'un texte lui confère au premier coup d'œil un statut de scientificité, et il est tout à fait exceptionnel de voir un article scientifique qui s'en affranchisse. La formule est en fait consubstantielle de l'activité mathématique et peut être vue comme son écriture (devenue) naturelle.

C'est un point qui mériterait des considérations approfondies pour lesquelles nous n'avons pas les compétences (en particulier historiques) nécessaires. Faute donc d'en retracer les origines ou d'en délimiter les tenants et aboutissants, nous nous contenterons ici de quelques remarques.

La première est que l'écriture des formules mathématiques est aujourd'hui dans une situation de quasi-universalité tout autour du globe, non seulement dans les notations des opérations (comme le grand « S » allongé pour l'intégrale ou le « Σ » pour la sommation discrète) mais y compris souvent dans le choix des variables, *a priori* pourtant arbitraires, utilisées pour représenter telle ou telle grandeur ou le libellé de ses constantes universelles (π pour le rapport de la circonférence au diamètre, e pour la base des logarithmes naturels, ζ pour la fonction de Riemann, h pour la constante de Planck, c pour la vitesse de la lumière, etc.). Il y a là un langage commun grâce auquel, si l'essentiel de son contenu est transcrit dans ses formules, un article de mathématiques (voire de physique) peut, pour une très large part, se lire en faisant abstraction du texte qui, hors ce qui relève bien sûr de l'interprétation, sert principalement de liant et d'articulation logique (la très grande majorité des publications actuelles est en langue anglaise, mais lorsqu'il arrive de tomber sur un article écrit par exemple en chinois, une compréhension très raisonnable du contenu peut être faite – pour qui est du domaine, bien sûr, et qui ne connaît pas le chinois... – à la seule vue des formules dans les équations et de leurs enchaînements).

Une deuxième remarque est que, si tout n'est pas possible dans une formule mathématique (pour des raisons de dimensionnalité, d'homogénéité, de règles de transformations, etc.), l'apparence peut, elle aussi, servir de guide pour l'établissement d'un résultat ou sa mise en doute. Certaine formule « aura l'air plus juste » qu'une autre ou, à tout le moins, semblera « plus belle », souvent parce qu'elle est plus simple ou qu'elle condense en moins de termes davantage d'éléments fondamentaux (comme dans l'admirable $e^{i\pi} + 1 = 0$), mais non moins souvent aussi parce que son déploiement laisse une part non négligeable à l'intuition et à l'imagination.

Représentation

+++++

On a mentionné précédemment le recours au graphique comme complément au tableau, et on a souligné les possibilités accrues d'intelligibilité globale qu'il offre en permettant de « voir » plutôt que de « lire ». Le graphique sous forme de courbes n'est évidemment qu'une possibilité (souvent la première et la plus simple) d'une écriture non textuelle dont la caractéristique centrale est de *traduire* un contenu informationnel en l'immergeant dans un espace de représentation jugé davantage pertinent

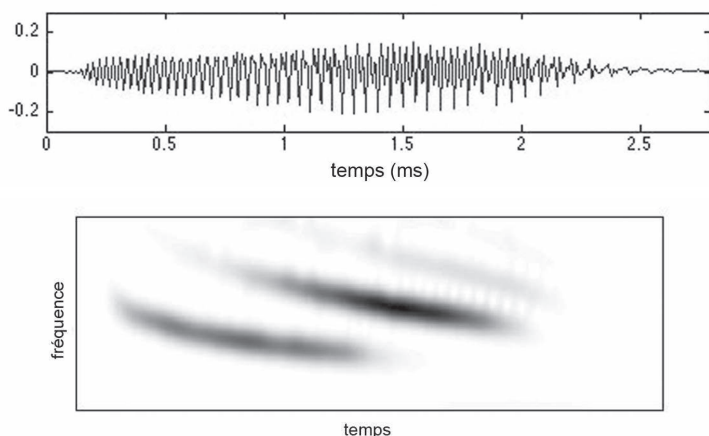
pour la présentation d'un résultat ou l'usage ultérieur que l'on peut souhaiter en faire.

Ce pas acquis, de multiples possibilités sont offertes (et communément exploitées) pour écrire, développer et faire vivre théories, méthodes et applications dans des espaces de représentation hors desquels une manipulation directe des objets considérés serait inaccessible. C'est, par exemple, le cas en statistiques ou en analyse de données [Benzécri, 1976], où le recours à des techniques opérant sur des « nuages de points » dans des espaces convenables permet d'accéder à des propriétés de structuration (analyse en composantes principales, catégorisation, classification, etc.) qui seraient très difficilement appréhendables à partir des observations brutes correspondant le plus souvent à de très grands flots de données dans des espaces de grande dimension.

Faute de pouvoir appréhender d'un seul point de vue global un objet de grande complexité, on cherche souvent à le cerner au moyen d'une multiplicité de points de vue partiels, chacun incomplet mais tous complémentaires, un peu à la façon dont on peut espérer remonter à une structure tridimensionnelle par l'intermédiaire de suffisamment de vues bidimensionnelles obtenues en tournant autour de l'objet. Inversement, lorsque l'information portée par des mesures est complexe et compactée en peu de données (par exemple dans le cas d'une analyse exploratoire – c'est-à-dire lorsque l'on cherche à comprendre la structure d'une observation en préjugant le moins possible de modélisations *a priori* – à partir de séries temporelles ou de signaux échantillonnés de façon critique, comme dans la figure 3), on peut « offrir » à celle-ci la possibilité de se déployer dans des espaces de plus grande dimension de telle sorte qu'elle s'y structure dans des représentations d'allure « géographique » comme des cartes en *fausses couleurs*. En ce sens, et tout comme pour la cartographie elle-même, la représentation peut se voir comme relevant aussi de l'heuristique évoquée précédemment, sa mise en œuvre même permettant d'accéder à ce surcroît d'intelligibilité qui non seulement peut aider à défricher la nature des objets étudiés mais aussi être une des clefs pour en proposer des modèles descriptifs, voire explicatifs.

Enfin, si la notion de représentation passe souvent par l'usage graphique de courbes, de surfaces, etc., pour traduire des grandeurs numériques, il n'est peut-être pas inutile de remarquer qu'elle est aussi à l'œuvre lorsqu'il s'agit de donner une forme imagée à des concepts pouvant être irréductibles à l'expérience commune. Voir un atome comme un système planétaire miniature a ses vertus mais cette image ne doit bien

sûr pas être prise au pied de la lettre [Lévy-Leblond, 2007]. Il y a là une difficulté consubstantielle à la nécessité de forger de nouveaux concepts pour explorer de nouveaux domaines, mais la question ressortissant sans doute davantage du langage que de l'écriture, nous nous contenterons ici de l'avoir mentionnée.



Source : Patrick Flandrin, 2012.

Figure 3 : représentations et analyse exploratoire

Lorsqu'une information complexe est compactée dans peu de données, la représenter dans un espace de plus grande dimension peut lui permettre de se structurer naturellement et d'en accroître l'intelligibilité. Dans le cas présent, l'enregistrement sous forme de série temporelle d'un cri d'écholocation de chauve-souris (graphique du haut : abscisse en millisecondes, ordonnée en unités arbitraires) se prête difficilement à une interprétation de la complexité de celui-ci au vu de la valeur de ses seuls échantillons au cours du temps. Passer à un espace transformé, redondant, dans lequel des informations fréquentielles (de hauteur) sont adjointes à la chronologie permet d'identifier des sifflements caractéristiques. Pour ce faire (carte du bas), l'énergie est codée en fausses couleurs (des bas niveaux en blanc aux hauts niveaux en noir), les zones de forte localisation énergétique identifiant ainsi directement la structure des sifflements comme trajectoires dans le plan. L'identification de la structure fine de ces sifflements (comme le type de modulation de fréquence qui, quasi hyperbolique dans le cas présent, est a priori adapté à l'estimation optimale de distance entre la chauve-souris prédatrice et sa proie, quelle que soit leur vitesse relative) permet de quantifier les performances de navigation de l'animal sur la base de traitements

supposés optimaux au sens de la théorie des communications et, par comparaison avec les performances réelles observées, de conforter ou invalider des modèles de traitements neuronaux à l'œuvre dans les processus réels d'écholocation.

Pratique et élaboration

+++++

Le contenu étant supposé acquis et ses modalités (réparties entre texte, tableaux, graphiques, voire supports multimédias) définies, comment écrit-on un article ? Il fut un temps où la question ne se posait pas vraiment, l'auteur noircissant du papier et précisant ses souhaits de mise en pages à une (toujours *une* !) secrétaire se chargeant de l'exécution, celle-ci étant relayée en temps utile (après que les versions préliminaires eurent été relues, corrigées et acceptées) par un compositeur et un imprimeur pour la forme finale. L'avènement du traitement de texte a complètement changé la donne, recentrant la quasi-totalité du travail de saisie et de mise en forme sur l'auteur (plus aucun secrétariat ne s'acquittant de cette tâche) et l'éditeur se contentant d'être surtout un « photocopieur », éventuellement un correcteur.

Ceci a été rendu possible par le développement de logiciels spécialisés (TEX, L^AT_EX [Lamport, 1994]) aux règles typographiques rigoureuses, s'apparentant en fait davantage à des langages de programmation qu'à des traitements de texte plus standard (Word, OpenOffice) pour lesquels l'écriture de formules mathématiques est malaisée.

Voici un exemple illustrant comment écrire une formule mathématique avec L^AT_EX : la syntaxe d'écriture

```
\begin{equation}
\int_{-\infty}^{+\infty} e^{(-\alpha t^2 - i 2\pi f t)} dt =
\sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} e^{-\pi^2 f^2 / \alpha}
\label{TFGauss}
\end{equation}
```

produit, après compilation, le résultat prêt à être imprimé suivant :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha t^2 - i 2\pi f t} dt = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} e^{-\pi^2 f^2 / \alpha} \quad (1)$$

On voit ainsi que, plutôt que d'écrire à proprement parler la formule (automatiquement numérotée et dûment identifiée par un `\label` pour pouvoir être appelée par l'instruction `\ref{TFGauss}` dans le reste du

document) au moyen de symboles prédéfinis que l'on utiliserait comme un alphabet augmenté et qu'il s'agirait d'agencer graphiquement sur la page, l'écriture effective sous L^AT_EX est celle d'un *code* générateur. L'avantage est multiple en ce sens que le code est paramétrable en amont, selon des règles typographiques bien établies mais modifiables, avec effet immédiat sur le texte en son entier. L'échange entre coauteurs en est de plus facilité car le code se présente sous la forme d'un fichier « texte » simple, aisément diffusable par courriel, et aux conventions suffisamment mnémotechniques (`\sqrt` pour la racine carrée, `\frac` pour la fraction, etc.) pour que l'écriture en soit facile et la lecture éventuellement possible avant même la compilation.

Il s'ensuit que la rédaction d'un article se résume alors à l'application d'une *feuille de style* donnant, après une saisie indifférenciée, une apparence bien définie qui est conforme à celle que l'on a choisie (et que l'on peut modifier à loisir une fois la saisie du contenu lui-même faite) ou à celle imposée par la revue à laquelle on soumet. On peut d'ailleurs noter à ce niveau que cette standardisation automatisée ne va pas nécessairement sans travers dans la mesure où la forme garantie du document produit peut créer un biais de perception quant à son fond. Il est en effet désormais banal de produire un document « Canada Dry » qui a tout de l'apparence d'un article en bonne et due forme, quel qu'en soit le contenu, à l'image de certains pastiches pour lesquels un survol distrait peut abuser le lecteur [Perec, 1991]. Sans vouloir faire jouer à l'expression de la forme un rôle exagéré, on peut néanmoins remarquer (fort de nombreuses expériences d'éditeur depuis une vingtaine d'années) que laisser à l'auteur la liberté de régler par lui-même ses choix typographiques (par exemple avec Word) tend souvent à fournir un résultat qui est à l'image du contenu, que ce soit en termes de rigueur, de cohérence ou d'homogénéité, toutes différences bien évidemment gommées dès lors que la mise en page est imposée par la feuille de style. Tout comme pour les relations naturellement dépendantes entre cryptage de protection et décryptage malicieux, il y a là un phénomène tout à fait général : c'est par l'établissement même de règles d'authenticité que l'on définit le cadre par rapport auquel l'activité de « semblant » (voire de faussaire) peut se situer, celle-ci se déployant d'autant plus facilement que celles-là sont plus précises...

Une autre facette de l'écriture scientifique, telle qu'elle a été renouvelée par l'informatique, est, au-delà des traitements de texte proprement dits, la possibilité accrue qui est maintenant offerte de les utiliser en partage lors de l'élaboration même du document par plusieurs coauteurs,

souvent distants de milliers de kilomètres. Ainsi, il est non seulement possible d'échanger de façon instantanée les états intermédiaires d'un texte en gestation de sorte qu'il soit modifié par l'un ou l'autre de ses auteurs, mais des outils sont désormais disponibles pour une véritable écriture *collaborative*, à la fois centralisée quant à la mise à jour univoque des ajouts ou modifications et diffuse quant aux modes d'intervention des uns et des autres. Cette dimension *réticulaire* [Herrenschmidt, 2007] de l'écriture scientifique induit de nouvelles pratiques qu'il conviendrait d'étudier plus précisément, sans doute davantage caractérisées par une construction de texte relevant d'ajouts fragmentés d'éléments plutôt que d'un fil continu, finalement à l'image des protocoles mêmes (commutation de paquets) mis en jeu pour leur circulation sur le réseau qui en est le support.

Dissémination

Après avoir envisagé (brièvement) la question du *comment* de l'écriture scientifique, la question en suspens est bien sûr : *pourquoi* écrit-on un article ? La réponse peut être désintéressée (pour rendre compte d'une avancée) ou pragmatique (pour allonger sa liste de publications, sésame de recrutement ou de promotion) ; mais, paradoxalement, la forme aboutie de l'article publié n'a aujourd'hui plus nécessairement pour objectif premier d'être lue ! De fait, le basculement progressif dans l'ère numérique, opéré depuis maintenant une bonne quinzaine d'années, a considérablement changé les habitudes de publication, bousculant tant les modalités de production que leur mise à disposition pour / par la communauté. Par le développement évoqué précédemment des logiciels de traitement de texte, les auteurs ont pu s'approprier le processus de mise en forme et, par l'accès généralisé à internet, ils se sont dégagés de la nécessité de médiation des éditeurs (*publishers*) traditionnels pour toucher leur lectorat. L'heure est maintenant à la culture généralisée du *pré-tirage* (*preprint*), sitôt écrit, sitôt diffusé, non seulement mis en ligne sur les sites personnels des auteurs, mais encore inséré dans des bases de données dédiées (arXiv, HAL, etc.).

La grande différence entre un pré-tirage et un article de revue est que celui-là est livré tel que son auteur en souhaite la diffusion, sans passer par le filtre usuel de la relecture de celui-ci. En ce sens, il n'a pas l'estampille, le label supposé lui donner, sur l'avis autorisé d'experts indépendants, une garantie de qualité. À la revue « traditionnelle » se voit ainsi, de plus en plus, dévolu un rôle essentiel d'acceptation et d'archivage, les

délais de publication (dus tant au processus d'expertise, avec la difficulté croissante qu'il présente de trouver des experts qualifiés et « réactifs », qu'à celui de la fabrication) faisant que, pour les spécialistes, le contenu d'un article est déjà connu à sa sortie (qui peut se produire entre un et deux ans après la soumission initiale), voire obsolète. La revue apparaît ainsi comme le marqueur, destiné à être conservé, archivé, répertorié, d'une science beaucoup plus volatile, en train de se faire (et de se défaire), et dont l'instantanéité est fixée dans le pré-tirage.

CONCLUSION

+++++

On a essayé ici de lister quelques-unes des caractéristiques essentielles d'un article scientifique, d'en dégager des invariants et de préciser certains des enjeux d'écriture qui à la fois en permettent la production (en forgeant des outils adaptés à l'articulation d'une pensée spécifique) et en codifient l'échange. Parmi les points qui ont été évoqués, on a mis en particulier l'accent sur le fait que l'écriture scientifique (au sens large) est consubstantielle de la pratique scientifique elle-même, étant non seulement *vecteur* des savoirs acquis, de façon quasi universelle dans sa forme actuelle, mais aussi *moteur* potentiel de découvertes. Un autre aspect important qui a été souligné est la transformation radicale qui s'est opérée dans l'élaboration et la dissémination de l'objet « article » en parallèle des évolutions de l'informatique (traitements de textes, représentations multiples et adaptées de données complexes, etc.) et du développement d'internet (accès électroniques, généralisation du pré-tirage, écriture distribuée, etc.).

L'angle choisi pour la discussion a été celui de l'expérience personnelle, et l'accent a ainsi été mis sur des pratiques d'écriture en action dans les sciences mathématiques et physiques. Il serait sans nul doute intéressant d'en élargir le propos, tant du point de vue des champs explorés (sciences du vivant, sciences humaines, etc.) que de celui d'une expertise plus extérieure à ceux-ci. Nous laissons à d'autres, plus compétents, le soin de s'y attacher et d'aller éventuellement au-delà de la forme finalement auto-référentielle adoptée ici (un article sur l'article, dont la structure reprend celle de son objet d'étude...).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

+++++

Abry Patrice, Flandrin Patrick, Hohn Nicholas et Veitch Darryl, « Invariance d'échelle dans l'internet », in Éric Guichard (dir.), *Mesures de l'internet*, vol. VI, Paris, Les Canadiens en Europe, 2004a, p. 96-111.

Abry Patrice, Flandrin Patrick et Veitch Darryl, Complexité dans l'internet : longue mémoire et invariance d'échelle, *La recherche*, n° 384, 2004b, p. 50-53.

Benzécri Jean-Paul *et al.*, *L'analyse des données*, Paris, Dunod, 1976.

Goody Jack, *Pouvoirs et savoirs de l'écrit*, Paris, La Dispute, 2007.

Herrenschmidt Clarisse, *Les trois écritures. Langue, nombre, code*, Paris, Gallimard, 2007.

Lamport Leslie, *LaTeX. A Document Preparation System. User's Guide and Reference Manual*, Reading (Ma), Addison-Wesley Professional, 1994.

Lévy-Leblond Jean-Marc et Balibar Françoise, *Quantique, rudiments*, Paris, Dunod, 2007.

Perec Georges, *Cantatrix sopranica L. et autres écrits scientifiques*, Paris, Le Seuil, 1991.

Shannon Claude E., A mathematical theory of communication, *Bell System Technical Journal*, vol. 27, 1948, pp. 379-423 et 623-656.

Simulink, [en ligne] < <http://www.mathworks.com/products/simulink/> > (consulté le 10 mars 2012).

Veltman Martinus, *Diagrammatica: The Path to Feynman Diagrams*, Cambridge (UK), Cambridge Lecture Notes in Physics, 1994.

Watson James D. et Crick Francis H. C., A structure for Deoxyribose Nucleic Acid, *Nature*, vol. 171, 1953, pp. 737-738.

Wiener Norbert, *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge (Ma), The MIT Press, 1948.

par Jack Goody

traduit par Anne Robatel

+++++
CULTURE ET TECHNIQUE
+++++

CULTURE ET TECHNIQUE ¹

Éric Guichard souhaite traiter la question importante de la relation entre la technique, la culture et l'écriture. Permettez-moi de laisser de côté la technique puisque je pense que l'écriture n'est pas autre chose, en tant que technologie (technique) de l'intellect. Elle permet à notre intellect de faire des choses plus compliquées. Les différences entre moi et un Africain non alphabétisé comme ceux que j'ai étudiés en Afrique de l'Ouest ne s'expliquent pas du tout en termes d'opposition entre mentalité primitive et mentalité moderne, surtout si l'on envisage la mentalité comme une variable et non comme une constante génétique ou même culturelle. Permettez-moi de proposer une illustration de ce fait tirée de mon expérience. J'ai travaillé avec une communauté qui, chaque année (ou tous les quatre ans dans le cas d'un lignage particulier), réalisait le Bagre, un ensemble de cérémonies qui incluait un rituel d'initiation et la récitation d'un long mythe censé témoigner de la « pensée mythopoétique » d'Ernst Cassirer, de la « pensée sauvage » ou du « bricolage » de Claude Lévi-Strauss, voire de la pensée non logique de Lucien Lévy-Bruhl. J'ai assisté à ces cérémonies et les ai enregistrées, retranscrites et traduites avec mon ami Kumboono Gandah. Surnommé « Kum », ce dernier était l'un des premiers de la région à avoir été scolarisé ; mais il avait également été initié au Bagre durant les vacances. Le calendrier des cérémonies avait, en effet, été adapté afin que lui et d'autres écoliers puissent y participer car son père, le chef de l'administration, un homme puissant sur bien des plans, souhaitait initier ses nombreux fils (et certaines de ses filles). Kum devint plus tard une personnalité importante et nous retournâmes ensemble au Ghana pour enregistrer les représentations.

Je décrirais la récitation connue sous le nom de Bagre comme un mythe qui présente de nombreuses caractéristiques typiques des longs poèmes oraux. Kum « croyait » sans aucun doute à l'efficacité du Bagre et à l'importance du mythe lui-même. Cela ne l'empêcha pas de se convertir à l'islam (façon, selon moi, de marquer son opposition au christianisme

1. Comme indiqué dans l'introduction, nous avons décidé de clore cet ouvrage par la conférence que Jack Goody donna le 4 juin 2008 à l'enssib, dans le cadre de l'Atelier Internet Lyonnais (AIL).

des autorités coloniales), de devenir un homme politique important au sens moderne du terme avant de se réfugier à Londres, où il suivit des cours de haut niveau en statistiques et en philosophie des sciences. Il trouva ensuite un emploi dans les chemins de fer britanniques où il élaborait les horaires et s'occupait de statistiques, puis travailla pour la brasserie Guinness, également comme statisticien. Parallèlement, il continuait de m'aider à traduire le Bagre.

Or l'expérience de Kum est celle de milliers d'Africains. D'après moi, elle montre que nos discussions sur les mentalités primitives ne tiennent tout simplement pas la route. La différence entre l'homme que Kum était autrefois et celui qu'il est devenu ressemble à la différence que nous observons en général entre le monde oral de notre petite enfance (dans notre cas, il s'agit d'un monde lecto-oral car il inclut déjà la littératie) et le monde de l'écrit. Cette différence n'est pas le produit d'une mentalité (prise dans un sens génétique), ni même peut-être de la culture (dans son sens communément accepté). Le sens dans lequel Kum a transformé sa « culture » est complexe. Ce qui l'a changé, du fait de sa scolarisation, c'est la technologie interne (de l'intellect) qui l'avait doté, pour l'essentiel, de la parole écrite. Cela induit un « changement culturel » qui touche toute la société, non comme si une culture spécifique se modifiait ou émergeait, mais en les termes très généraux de la culture humaine (le « comportement appris », dirait Ruth Benedict). Il va sans dire qu'avec l'introduction de l'écriture et des livres, l'apprentissage devient un processus entièrement différent. Les écoles telles que nous les connaissons n'existent que par l'écriture : bien qu'on parle parfois des « écoles de brousse » et de la socialisation dans les sociétés purement orales, les écoles du niveau primaire existent principalement pour enseigner l'alphabet et ce que nous appelons en anglais les 3 R : lire, écrire et compter (*Read, wRite, aRithmetics*) – l'« éducation » se distinguant ici de la « socialisation ».

Kum était passé par ce processus douloureux, bien différent de l'expérience de ses « frères illettrés », comme il disait, mais il participait néanmoins aux mêmes rituels qu'eux et reconnaissait croire un peu en certaines modalités de la sorcellerie, sans être exclusivement confiné à l'un de ces deux univers. S'il pouvait se comporter conformément au régime de sa société essentiellement orale, ses activités étaient nécessairement influencées par sa culture de l'écrit. Et il pouvait tout autant débattre de philosophie des sciences. Sa vision de l'histoire, parce qu'il l'avait étudiée à l'école, différait assurément de la connaissance du passé transmise par

la tradition locale et le mythe. Mais, de façon plus générale, sa conception du temps avait été influencée par l'univers de l'écrit.

Il ne s'agit donc pas de dire que Kum rejeta la culture orale dans laquelle il avait d'abord été élevé mais plutôt que les formes écrites de la communication et de l'apprentissage sont venues s'ajouter à son premier bagage. Ceci me paraît important quand nous considérons les effets de la littérature car nous devons évaluer la façon dont ils opèrent sur le « long terme ». Nombreux étaient ceux qui croyaient encore à la sorcellerie dans l'Europe et l'Amérique du XVII^e siècle, comme en témoigne la pièce d'Arthur Miller sur les sorcières de Salem. Pour autant, il ne fait, selon moi, aucun doute que l'effet de longue durée précité se déploie au niveau sociétal, même si les « sorcières » et les croyances qui leur sont associées ont toujours une actualité. C'est pourquoi, à certains égards, la distinction entre la culture des gens éduqués et de ceux qui le sont moins, pour importante qu'elle soit, n'est pas insurmontable.

Dans quelle mesure peut-on parler d'une différence entre les opérations effectuées par Kum et celles de ses frères illettrés ? Pour lui comme pour eux, elle était importante. Mais souvenons-nous que chaque membre de la communauté, qu'il fût alphabétisé ou non, avait commencé sa vie dans un contexte totalement oral, malgré l'étendue de l'abîme qui avait ensuite séparé Kum et ses frères. Cet abîme ne se traduisait pas en termes d'incapacité à communiquer, ni même à partager des moments, mais en termes de différence de savoir et de réalisation. Une telle disparité sociale a existé dans toutes les sociétés qui disposaient de l'écriture, de l'âge du bronze jusqu'à la fin du XIX^e siècle, où les individus sachant lire et écrire étaient fort minoritaires. Pour autant, cette minorité a largement contribué à l'avènement de la nouvelle civilisation de l'âge du bronze entendue au sens littéral du terme. Je ne veux pas dire par là que la majorité de la population somnolait, loin de là. Mais dans son ensemble, elle recevait de façon relativement passive une grande partie de la « culture ». La Bible et l'œuvre de Shakespeare furent créées et lues par les lettrés, même si des analphabètes pouvaient voir les pièces et participer aux rituels. Autrement dit, ces derniers étaient influencés par les productions et par la créativité émanant de la communauté alphabétisée, si bien que leur culture « orale » n'était pas du même ordre que ce que j'appelle la culture purement orale des sociétés sans écriture. Je préfère donc parler d'une culture « lecto-orale ». En outre, quelle que soit la vigueur de la culture « populaire », en ce qui concerne la communication, il y a toujours une stratification fondée sur la parole écrite : ceux qui maîtrisent cette

dernière sont tenus en plus haute estime. Aussi talentueux que puissent être les acteurs de la culture orale (on pense à Pierre dans *Guerre et Paix* de Tolstoï), un fossé hiérarchique sépare les deux cultures. Il existe une culture « supérieure » et une culture populaire « inférieure ». Au fil de l'évolution de la communication, la division culturelle fondamentale de la société (certes plus plurielle que binaire) ne s'est pas tant opérée entre les sciences et les arts qu'entre l'oral et l'écrit : entre ceux qui pouvaient profiter des bibliothèques et ceux pour qui le livre resterait à jamais fermé.

Par ailleurs, la perspective synchronique doit être complétée par un regard diachronique. Au lieu de rester focalisés sur le présent, nous devons prendre en compte le passé, qui, dans une société disposant d'une écriture, demeure toujours accessible : nous pouvons nous référer aux œuvres d'Aristote en grec (une langue « morte ») ou aux paroles de Dieu dans la Bible hébraïque alors que leurs auteurs ont disparu depuis longtemps. Notre regard rétrospectif est plus précis, si ce n'est plus confiant, que si nous ne disposions que de la tradition orale et du mythe. Je crois que c'est ce que Mike Cole veut dire lorsqu'il parle de « psychologie historique ». En tout cas, la discontinuité occasionnée par le passage d'un mode à l'autre est impressionnante. Jusqu'à l'invention de l'écriture à l'âge du bronze (environ 3000 avant J.-C.), le rythme du changement culturel était relativement lent mais son rayonnement était très large, quasiment universel : un biface ressemble beaucoup à un autre biface, quelle que soit la partie du monde dont il provient. Certes, au Néolithique, l'introduction de la domestication contribua à accélérer les changements et à différencier les cultures – le Paléolithique dura 700 000 années et le Néolithique environ 5 000. Mais depuis l'invention de l'écriture et ce que les préhistoriens ont appelé l'avènement de la civilisation à l'âge du bronze, seulement 5 000 ans se sont écoulés. Au cours de cette période, nous avons construit des villes, écrit de la littérature, inventé la charrue, la roue et de nombreuses autres techniques ; certains considèrent également que nous avons inventé l'art, la science et tous les champs qui caractérisent notre savoir (d'autres pensent qu'il a fallu pour cela attendre l'Antiquité) et que nous aurions là produit toutes les caractéristiques qui nous distinguent des « autres » (le « sauvage », le « barbare », le « primitif »). Tout ceci fut essentiellement accompli par une minorité alphabétisée dont l'activité permit à la culture de se transformer à un rythme sans précédent.

Et cette rapidité n'a cessé de croître. Si l'arrivée de l'écriture et des savoir-faire qui lui sont associés a bien représenté une rupture majeure, l'ensemble de la production lettrée a évidemment augmenté au fil du

temps et, par conséquent, il en fut de même pour le rythme du changement. Cette évolution ne vaut pas pour tous les champs ni pour tous les thèmes. On l'observe néanmoins sur le long terme dans une majorité de cas. Ce changement est largement dû à l'accumulation des connaissances. Toutes les cultures connaissent ce phénomène mais la littérature, la culture de l'écrit, permet un regard rétrospectif différent, plus assuré. Elle permet de faire revivre le passé et, dans la plupart des cas, de s'en servir comme fondation. Il y a une exception importante, qui concerne la sphère transcendantale. La parole divine, une fois prononcée ou plutôt écrite, demeure inchangée et affirme la vérité. On se retourne alors vers le Livre dont on préserve et conserve chaque mot.

Les religions écrites du Livre vont donc dans le sens d'une conservation telle quelle de la culture. La religion s'opposa au moulin à eau en Éthiopie ; elle résista à l'imprimerie dans le monde islamique ; pour autant, elle ne rejeta pas tous les changements technologiques. Les monastères bénédictins jouèrent un rôle dans la modernisation de l'agriculture médiévale. Mais dans certains domaines, l'immobilisme a triomphé, comme l'illustre la réception des théories de Darwin au ^{xix}^e siècle, et encore aujourd'hui dans certaines parties des États-Unis. Ce sont les croyances religieuses dominantes qui expliquent le refus d'enseigner la théorie de l'évolution dans certaines écoles, ou le rejet de l'imprimerie par l'islam (attitude qui l'empêcha de profiter de la « modernisation », malgré son intérêt antérieur pour des éléments de la culture manuscrite, comme les textes d'Aristote). Les anciennes condamnations chrétiennes qui visaient l'enseignement des savoirs profanes, l'art et le théâtre laïques, relèvent du même phénomène. Ces exemples montrent que la référence au Livre, rendue possible par la littérature, a pu parfois alimenter une tendance régressive et une tentative de nier l'apport d'autres formes de connaissance.

Mais revenons à l'interrogation plus générale d'Éric Guichard. Cette dernière semble en partie s'appuyer sur une distinction largement américaine (mais aussi européenne) entre la culture, qui relèverait du « spirituel », et la technique, qui aurait trait au matériel. Cette opposition ne me semble pas en accord avec la définition large de la culture proposée par Edward Tylor, ni avec ce que Ruth Benedict appelle le « comportement appris » (*learned behaviour*). C'est dans l'esprit de cette dernière formule que je parle d'une « technologie de l'intellect », avec le désir de modifier la distinction que je viens d'évoquer. En effet, la façon dont nous écrivons ne cesse d'influencer la façon dont nous pensons et dont nous agissons, c'est-à-dire la culture entendue au sens spirituel. En outre, si certains

des effets de l'écriture peuvent être expérimentés immédiatement (effets qui distinguent les deux modes de communication), il en est d'autres qui n'apparaissent qu'à la suite d'une longue fréquentation de la parole écrite. L'effet de l'écriture sur le changement culturel opère sur le long terme et se réalise de façon interactive, en produisant le type de rationalité qui, au fil du temps, a fini par éliminer la sorcellerie du registre des explications convoquées pour rendre compte des événements humains, même si elle peut survivre dans certaines niches, comme en témoigne notamment ce héros de la littérature enfantine contemporaine qu'est Harry Potter.

LISTE DES AUTEURS

Christophe Batsch

Maître de conférences en hébreu
classique et histoire du judaïsme
ancien, université de Lille,
Laboratoire du centre d'études
en civilisations, langues et littératures
étrangères (Cecille) du CNRS

Jean Béhue Guetteville

Chargé de mission,
ministère de l'Enseignement
supérieur et de la Recherche

Jens Brockmeier

Professeur, département de
psychologie, université de Manitoba,
Canada

Flavia Carraro

Docteur en anthropologie,
membre correspondant du Centre
Norbert Elias (CNE), Marseille

Henri Desbois *

Maître de conférences en géographie,
université de Paris Ouest Nanterre
La Défense (GECKO)

Jean Dhombres

Directeur d'études à l'EHESS,
responsable d'un séminaire
d'épistémologie à l'enssib

Patrick Flandrin

Directeur de recherche au CNRS,
Laboratoire de physique,
École normale supérieure de Lyon,
membre de l'Académie des Sciences

Éric Guichard *

Maître de conférences HDR
en sciences de l'information et de
la communication à l'enssib,
directeur de programme au Collège
international de philosophie

Jack Goody

Professeur émérite en anthropologie
sociale, université de Cambridge

Michael Heim

Professeur de philosophie,
Graduate Faculty in Humanities,
Mount St. Mary's College,
Los Angeles, California

Paul Mathias *

Ancien directeur de programme
au Collège international
de philosophie (2004-2010),
inspecteur général de l'Éducation
nationale (groupe philosophie)

David R. Olson

Professeur d'université émérite,
Ontario Institute for Studies
in Education (OISE),
université de Toronto

Cédric Villani

Professeur de mathématiques,
université de Lyon,
directeur de l'Institut Henri Poincaré,
Médaille Fields 2010

*, Membre fondateur de l'équipe Réseaux,
Savoirs & Territoires de l'ENS-Ulm.

Secrétariat d'édition :
Silvia Ceccani

Mise en page :
Alexandre Bocquier

Conception graphique :
atelier Perluette, 69001 Lyon.
< <http://www.perluette-atelier.com> >

Achevé d'imprimer en juillet 2012
imprimerie Bialec

dépôt légal : 2^e semestre 2012

L'écriture constitue-t-elle le trait d'union entre technique et culture, et par là entre science et culture ? Cet ouvrage donne des éléments de réponse à cette double question, à l'acuité renouvelée par le numérique. Il fait donc appel aux anthropologues et philosophes (Jack Goody, Jens Brockmeier, David Olson...), aux spécialistes des pratiques lettrées de l'Antiquité (Christophe Batsch, Flavia Carraro), de l'internet (Paul Mathias, Henri Desbois, Michael Heim...), de la physique et des mathématiques (Jean Dhombres, Patrick Flandrin, Cédric Villani).

En ce sens, cet ouvrage poursuit les réflexions largement entamées avec *Regards croisés sur l'internet* (enssib, 2011). Mais en explorant des voies nouvelles : les relations particulières qu'entretiennent les mathématiciens, et, plus largement les scientifiques, avec l'écriture.

Cette publication est issue d'un colloque international consacré à Jack Goody, qui s'est tenu à l'enssib du 24 au 26 janvier 2008, auquel il a contribué et qu'il a conclu.