



**HAL**  
open science

## Les techniques de l'expérimentation. Entretien avec Simon Schaffer

Christelle Rabier, Aurélien Ruellet

► **To cite this version:**

Christelle Rabier, Aurélien Ruellet. Les techniques de l'expérimentation. Entretien avec Simon Schaffer. *Tracés: Revue de Sciences Humaines*, 2009, 16, pp.265-281. 10.4000/traces.2743. halshs-00823959

**HAL Id: halshs-00823959**

**<https://shs.hal.science/halshs-00823959v1>**

Submitted on 20 May 2013

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

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



# Tracés. Revue de Sciences humaines

16 (2009)  
Techno-

---

Christelle Rabier et Aurélien Ruellet

## Les techniques de l'expérimentation. Entretien avec Simon Schaffer

---

### Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

**revues.org**

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

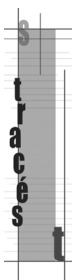
---

### Référence électronique

Christelle Rabier et Aurélien Ruellet, « Les techniques de l'expérimentation. Entretien avec Simon Schaffer », *Tracés. Revue de Sciences humaines* [En ligne], 16 | 2009, mis en ligne le 20 mai 2011, consulté le 05 janvier 2013.  
URL : <http://traces.revues.org/2743> ; DOI : 10.4000/traces.2743

Éditeur : ENS Éditions  
<http://traces.revues.org>  
<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur : <http://traces.revues.org/2743>  
Ce document est le fac-similé de l'édition papier.  
© ENS Éditions



## Les techniques de l'expérimentation. Entretien avec Simon Schaffer

PROPOS RECUEILLIS ET TRADUITS DE L'ANGLAIS  
PAR CHRISTELLE RABIER ET AURÉLIEN RUELLET

Simon Schaffer est professeur d'histoire et de philosophie des sciences à l'université de Cambridge. Né en 1955, il s'est tourné, après des études universitaires scientifiques, vers l'histoire des sciences. Sa thèse, soutenue à l'université de Cambridge en 1980, portait sur la cosmologie newtonienne et ses relations avec la situation politique et les modèles idéologiques de l'Angleterre du début du xviii<sup>e</sup> siècle (voir Schaffer, 1980). Ses travaux ont par la suite interrogé les rapports entre science, technologie et société.

En 1985, il a écrit avec Steven Shapin un ouvrage jalon pour les *Sciences Studies*, *Leviathan and the Air-Pump*, récompensé en 2005 par le prestigieux prix Erasmus. Dans cet ouvrage, les deux auteurs analysent, selon une méthode inspirée du « programme fort », une controverse peu connue mettant aux prises, dans l'Angleterre de la Restauration, le philosophe Thomas Hobbes et Robert Boyle, physicien et membre de la *Royal Society*. À Oxford, à la fin des années 1650, celui-ci a élaboré un équipement expérimental, une pompe à air, capable de produire du vide. Hobbes conteste le bon fonctionnement de la pompe à air et refuse d'admettre qu'elle produit du vide. Mais plus largement, il ne reconnaît pas la valeur du programme expérimental développé par Boyle et ses alliés. Pour ceux-ci, dans la lignée de Francis Bacon, il importe d'abord, plutôt que de chercher des causes, de produire des faits (*matters of fact*). Pour Hobbes, la connaissance réside d'abord dans l'élucidation des causes et dans la démonstration rationnelle. Au cœur de la stratégie développée par Boyle pour convaincre et gagner des soutiens, on trouve ce que Simon Schaffer et Steven Shapin ont appelé trois « technologies ».

*TRACÉS* : *Historien des sciences et des techniques, vous avez eu un usage assez particulier du concept de « technologie » – peut-être mieux rendu en français par « technique ». Pour décrire les débuts de la science expérimentale, vous avez choisi d'articuler « technologie littéraire », « matérielle » et « sociale ». Pourquoi ?*

SIMON SCHAFFER : Nous avons décrit trois « technologies » étroitement associées dans le projet expérimental. En premier lieu, une technologie littéraire, relevant de la figure rhétorique de l'*enargeia* – produire un effet : je vais décrire un événement auquel vous n'avez pas assisté, avec tant de détails et de telle manière que c'est comme si vous l'aviez vu. C'est une figure qui a

été utilisée dans les tragédies grecques, par Sophocle, dans l'*Orestie*. On ne voit pas la mort d'Agamemnon : elle est décrite de telle manière que c'est comme si vous l'aviez vue. Boyle emprunte cette figure et la transforme en technique à fabriquer des faits. La description des faits ou événements doit être effectuée à la première personne, au passé. Elle doit être circonstanciée. Elle doit renvoyer à un événement unique, particulier, singulier, et non au cours normal de la nature.

Il y a par ailleurs dans le projet expérimental une « technologie » sociale. Il semblait important de recourir à des témoignages. Et on pouvait faire cela de diverses manières. D'abord, en faisant advenir l'événement devant les yeux de personnes qui s'accordaient sur ce qu'elles avaient vu. Il était d'ailleurs utile que ces yeux appartiennent à des gens dont on ne pouvait normalement songer à contester le témoignage. Aussi les hiérarchies et les codes sociaux furent-ils mobilisés pour rendre crédibles ces témoignages. Pour témoigner d'une expérience, mieux valait un évêque qu'un imprimeur. Mais mieux valait un imprimeur qu'un domestique, ou encore mieux valait un domestique qu'un enfant. Mais le nombre de témoins, aussi éminents fussent-ils, était forcément limité, de sorte que la « technologie » littéraire pouvait permettre la multiplication de ce qu'on appelle les témoins virtuels. Les descriptions sur la page, les caractères d'imprimerie et les images font comme si vous voyiez l'événement lui-même.

Enfin, il y a une « technologie matérielle », le dispositif, la technique instrumentale et son opérateur, sans lesquels on ne pourrait pas faire advenir les événements. C'est l'usage classique du terme « technologie », lié à l'idéologie promue par Francis Bacon<sup>1</sup> et d'autres, selon laquelle on connaît la nature d'autant mieux qu'on l'interroge. Et cette interrogation passe par l'intervention plus que par l'observation. On fabrique des apparences. Derrière cet usage de la technique, il y a clairement quelque chose qui relève du principe connu en latin sous le terme *verum factum* et en anglais sous l'expression « *maker's knowledge argument* », « l'argument du fabricant » : on connaît mieux ce que l'on fabrique. Cela devint objet de contestation à l'âge classique, de Bacon à Vico, disons. Le statut de la philosophie naturelle

---

1 Francis Bacon (1561-1626), baron Verulam et vicomte de St-Alban, fut membre du Parlement avant de devenir, sous Jacques 1<sup>er</sup>, garde des sceaux et grand chancelier. Ses ouvrages de philosophie, parmi lesquels on compte le *Novum organum* ou encore *The Advancement of Learning*, sont souvent considérés comme fondateurs de l'esprit scientifique moderne. Le « programme baconien » promeut la production et l'accumulation de faits objectifs par l'expérimentation, tout en rejetant tout système théorique. L'héritage baconien est patent chez la plupart des scientifiques anglais du XVII<sup>e</sup> siècle et dans l'institution qui les rassemble, la *Royal Society*.

connaissait alors d'importants débats. Si on ne connaît que ce que l'on fait, comment connaît-on la nature ? Pour les expérimentateurs, la production de faits était une manière de répondre. Les pompes, les machines, les pendules, les microscopes semblent avoir la qualité de dispositifs à produire des faits.

Ces trois « technologies », finalement, qui manipulent des mots, des images, des machines et des hommes, furent associées en certains lieux cependant fragiles et transitoires. On doit garder présent à l'esprit que nous ne parlons pas encore du laboratoire au sens moderne du mot ; nous parlons d'espaces dont la fonction change en fonction de ce qui s'y passe. Une fonction de la « technologie », entre autres, est de produire un espace fiable sur lequel on va pouvoir ensuite s'appuyer pour asseoir l'autorité des techniques. Il y a donc un va-et-vient entre les techniques et l'espace qu'elles définissent. Faire fonctionner une machine dans un salon ne va pas de soi. Et il n'est pas évident que si vous avez une machine dans une pièce, celle-ci soit un salon, un lieu de savoir. Le mouvement entre la machine et le salon est donc tendu, flou, inquiétant. C'est ce qu'a dit Hobbes en substance : les savants n'utilisent pas de machines.

C'est Steven Shapin qui a eu l'idée d'utiliser le mot « technologie ». La raison pour laquelle nous avons choisi le mot « technologie » est qu'en anglais, *technique* signifie « truc », voire « triche ». Nous voulions un terme qui pouvait lier des entreprises normalement déconnectées : écrire, parler, disposer des gens en groupe, utiliser des machines, les faire fonctionner, montrer leur fonctionnement. Et nous voulions également associer cela avec ce que l'on appelait à cette époque les « arts ». Le mot latin *ars* est difficile à traduire. Plutôt qu'« art », nous avons songé à *technology*. La traduction française aurait dû être « technique ». Et nous voulions qualifier les différents types de techniques en jeu dans l'expérimentation. Pourquoi sont-elles des techniques ? Ce sont des techniques car elles sont instrumentalisées, elles obéissent à des calculs, elles ont différents objectifs. Les « technologies » opèrent sur diverses formes de systèmes matériels. Elles opèrent sur le langage, elles opèrent sur les machines, elles opèrent sur les hommes afin de produire des dispositifs pour convaincre.

Les autres problèmes sont probablement d'ordre philologique ou terminologique. Par exemple, nous aurions sans doute dû utiliser le mot « rhétorique » pour décrire ce que nous avons appelé « technologie littéraire ». Mais au xx<sup>e</sup> siècle, en anglais, qui est après tout une langue protestante et scientifique, *rhetoric* désigne ce qui n'est pas sérieux ou qui est superficiel. « Rhétorique pure et simple », dit-on en anglais : nous souhaitions éviter cette connotation. Pour quelqu'un qui n'a pas de formation classique, rhétorique

et technologie littéraire sont à peu près synonymes. La même chose est vraie s'agissant de la technologie sociale. « Technologie sociale » a de nombreux synonymes : façon d'organiser les individus, *habitus*. Nous voulions montrer que pour Robert Boyle en particulier, et pour un groupe que nous appelons *experimental natural philosophers* – autre expression difficile à traduire en français –, il y avait un certain nombre de techniques qu'il semblait utile de développer de façon à produire des faits, c'est-à-dire des éléments de savoir qu'on ne pouvait légitimement remettre en cause. C'était d'autant plus important que ces hommes vivaient à une époque – la seconde moitié du XVII<sup>e</sup> siècle – où ils avaient appris qu'une dispute pouvait mener à une guerre. Leur projet, disaient-ils, était une entreprise irénique.

TRACÉS : *Pouvez-vous dire que ce qui vous a intéressé dans Léviathan et la pompe à air était précisément la matérialité, ou encore les pratiques d'expérimentation ?*

S. SCHAFFER : Cet ouvrage a pour objet l'expérimentation, c'est certain – c'est ce que nous disons d'entrée de jeu dans l'introduction. La raison évidente pour laquelle nous avons choisi cela – et c'est une façon d'entrer dans la matière de l'ouvrage –, c'est que nous pensions – et je pense toujours – qu'il y a quelque chose qui paraît évident au sujet de l'expérimentation. Il semble évident que si l'on veut obtenir des faits irréfutables sur la manière dont le monde fonctionne, on doit tester, essayer et expérimenter. Nous avons donc là une institution, un type de pratique et d'enquête, qui dispose d'une énorme autorité, à juste titre me semble-t-il. Mais il paraît utile de se demander pourquoi. Deux types de questions émergent alors immédiatement.

La première est d'ordre généalogique : comment cela s'est-il produit ? À travers quel processus ? On peut présumer qu'à un certain point, il n'avait pas ce caractère évident. Les généalogies, cependant, vous apprennent quelque chose, mais peut-être pas grand-chose, sur les légitimités actuelles. Si on connaît l'arbre généalogique, cela ne signifie pas qu'on sait d'où vient le patrimoine.

De là vint le second mode d'enquête, l'expérience de pensée : imaginons qu'on n'accorde pas à cette entreprise une autorité et une légitimité immédiates. Qu'advient-il alors ? Empiriquement, Steven Shapin a trouvé une controverse du XVII<sup>e</sup> siècle qui n'avait pas été étudiée jusqu'alors, où cette question précise était en jeu. Il nous semblait que l'on pouvait faire d'une pierre deux coups : on pouvait, d'une part, travailler sur la généalogie et l'origine ; d'autre part, il nous semblait qu'on pouvait examiner la plausibilité d'un point de vue autre, à la manière des anthropologues, ce que nous avons appelé « jouer les étrangers ». Nous essayons de faire les deux choses

que les historiens des sciences font : rendre ce qui était très familier extrêmement étrange, et rendre ce qui semblait complètement bizarre bien plus plausible dans le récit historique. Il s'agissait, d'une part, d'essayer de rendre familier l'exotique, de remettre en scène des entreprises qui ont longtemps été exclues de l'histoire de la raison et, d'autre part, de poser des questions qu'en général on ne pose pas au sujet de la légitimité d'entreprises et de faits apparemment évidents, et de la manière dont nous les établissons.

TRACÉS : *Vous avez, depuis, continué à travailler sur l'expérimentation. Que pouvez-vous nous en dire aujourd'hui, plus de vingt ans après la parution de Léviathan ?*

S. SCHAFFER : Les deux domaines sur lesquels j'ai travaillé depuis *Léviathan* sont, d'une part, les relations entre l'expérimentation et les projets industriels, en particulier dans l'industrie manufacturière, et d'autre part le grand domaine scientifique où le statut de l'expérimentation était extrêmement troublé et difficile : l'astronomie.

Ainsi, j'ai d'abord beaucoup écrit sur les relations entre les manufactures et l'expérimentation. Et l'enquête a suivi trois directions différentes.

J'ai d'abord travaillé en relation étroite avec des collègues de l'université d'Oldenburg, tout particulièrement Otto Sibum, qui est venu à Cambridge<sup>2</sup>. Il nous a appris l'importance de ce qu'il a appelé le « savoir gestuel », qui attire l'attention sur l'importance historique des savoir-faire manuels, au point que l'histoire de l'expérimentation et l'histoire du travail manuel doivent être mêlées. Une grande partie de mon travail consiste à constater que c'est effectivement le cas, en montrant quelles familles de savoir-faire sont en jeu dans un type d'expérimentation, ce qui peut expliquer les limites de la diffusion d'une expérimentation. J'ai étudié par exemple l'électricité au XVIII<sup>e</sup> siècle, et je voulais montrer que de nombreux précurseurs des expériences sur l'électricité étaient également des hommes qui travaillaient dans le textile – teinturerie, tapisserie, etc. –, soit précisément les types de savoir-faire qui ont été exploités dans les expériences sur l'électricité par des hommes comme Stephen Gray, Francis Hauksbee et, à Paris, Charles Dufay (Schaffer, 1997)<sup>3</sup>. Ce n'est pas un hasard si Dufay navigue

2 Directeur du département d'histoire des sciences à l'université d'Uppsala, en Suède. Sur la notion de « savoir gestuel », voir Otto Sibum (1995).

3 Charles Dufay (1698-1739), intendant du Jardin des plantes, membre de l'Académie des sciences de Paris, fut également administrateur de la teinturerie des Gobelins. Francis Hauksbee (1666-1713), membre de la *Royal Society*, fameux pour ses expériences électriques, était un négociant en toile. Stephen Gray (1666-1736) était un teinturier, mais il est surtout resté célèbre pour ses observations astronomiques et ses travaux sur la conduction électrique.

entre la fondation du projet expérimental électrique et l'administration des Gobelins. Il y a beaucoup d'exemples similaires.

La seconde ligne d'enquête consiste à examiner le processus de déqualification (*deskilling*), très familier aux historiens de la technologie et de l'industrie, mais qui n'a peut-être pas été assez lié à l'histoire de la science expérimentale. J'ai ainsi étudié les travaux de Charles Babbage, de James Clerk Maxwell, de Lord Kelvin et d'autres pour enquêter sur la façon dont les savoir-faire étaient incarnés dans des étalons, dans des normes. Ainsi, une grande partie du travail que j'ai effectué sur l'histoire de la métrologie montre précisément sa connexion avec le projet de circonscrire l'arbitraire des individus. Ici, je pense, on doit se référer à l'œuvre d'un historien américain comme Theodore Porter (1995) et de beaucoup d'autres autour du Centre Alexandre Koyré, où l'intérêt porté aux standards, aux étalons, est relatif à certains types d'actions à distance, à certains types de contrôle et de systèmes disciplinaires, etc.

Et enfin, la troisième dimension de mon travail fut d'insister sur ce qu'on pourrait appeler la géographie historique de l'expérimentation, la dimension spatiale de l'expérimentation. Nous avons vu, après tout, que ce que cherchait Robert Boyle était la coproduction de faits irréfutables et de lieux dotés d'autorité. J'ai étudié avec beaucoup d'intérêt la manière dont certains sites acquièrent de la puissance, de sorte que l'expérimentation qui s'y passe est, en quelque sorte, déjà répliquée. Il y a certains types d'endroits où la vérification n'est pas indispensable. Et c'est le cas, par exemple, des institutions productrices de normes. Sèvres est un très bon exemple. On ne vérifie pas les normes du Bureau international des poids et mesures. C'est l'origine incontestable de la « chaîne de délégation » dont parle Bruno Latour (2006). Comment certains sites acquièrent-ils une telle autorité ? C'est une question *par excellence* pour un historien des sciences.

Par ailleurs, j'ai beaucoup travaillé sur l'astronomie et j'ai écrit plusieurs articles sur ce qui se passait en astrophysique (Schaffer, 1980b, 1988 et 1989), par exemple, quand l'observatoire est devenu un lieu où l'on faisait des expériences, ce qui était très problématique. Car le statut de l'astronomie, comme le dit Laplace, Kant également, n'est pas celui d'une science expérimentale. Donc qu'advient-il quand elle le devient ?

TRACÉS : *Outre ce travail passionnant sur l'expérimentation, vous avez écrit sur les automates des Lumières en insistant, au-delà de leur aspect technique, sur leur dimension politique et idéologique (Schaffer, 1999a). Pourquoi cet intérêt ?*

S. SCHAFFER : Les automates m'intéressaient notamment parce que la méca-



nique classique, en fait l'ensemble des sciences exactes classiques, sont beaucoup plus liées aux machines et à la technique que de nombreux historiens de la mécanique classique l'affirmaient. Il me semblait donc possible d'écrire l'histoire de la mécanique en étudiant deux types de machines : les machines à mouvement perpétuel et les automates.

J'ai donc écrit un article au sujet du mouvement perpétuel ainsi que deux articles au sujet des automates pour montrer surtout que ce qui semblait, entre Newton et Lagrange, être une analyse abstraite et mathématique du mouvement était directement lié à ce qu'on pourrait appeler la technologie sociale de la machine (Schaffer, 1994, 1995, 1999a). Il est possible de construire des dispositifs qui ne nécessitent pas d'énergie. Il est possible de construire des dispositifs qui imitent complètement le mouvement animé. Pour autant, cela, tout cela, a une histoire. Il y a une théâtralisation de la technique. On devrait prendre au sérieux l'expression *théâtre des machines*, qui est une expression de la Renaissance, mais qui devient très importante pendant les Lumières. J'ai été très marqué par les arguments d'historiens comme Antoine Picon sur le statut du travail dans l'*Encyclopédie*, sur la notion de machine et sur la représentation qui en était donnée par Diderot et d'Alembert (Picon, 1988). On peut dire qu'il y a de la politique dans l'automate, la machine à mouvement perpétuel, et le théâtre de la machine, des dispositifs dans lesquels, pour le dire simplement, le public doit à la fois regarder la scène et ignorer les coulisses.

Les deux machines que je préfère, la roue au mouvement perpétuel d'Orffyreus<sup>4</sup> et le joueur d'échecs de Kempelen, appartiennent à l'histoire du théâtre au moins autant qu'à celle de la mécanique<sup>5</sup>. Dans le cas du joueur d'échecs, Kempelen ne dit pas : « Ceci est une machine jouant aux échecs. » Il dit : « C'est une machine, une partie d'échecs se joue, et vous, le public, les spectateurs, vous devez deviner ce qui se passe. C'est le jeu. » Et finalement, c'est un ingénieur fabricant d'instruments, l'Anglais Robert Willis, qui a découvert ce qui se passait : derrière la machine se cachait un homme. C'est ainsi l'histoire d'un humain qui se fait passer pour une machine qui se fait passer pour un humain. Pour les historiens des techniques et de l'intelligence, cela rappelle le test de Turing. C'est exactement ce dont parle Turing (1950) dans son fameux article sur les ordinateurs

4 Orffyreus, Johann Bessler de son vrai nom (1680-1745), avait prétendu en 1712 avoir inventé une roue au mouvement perpétuel, ce qui lui valut, en plus d'une grande notoriété, d'être invité et pensionné dans plusieurs cours européennes. Voir Schaffer (1995).

5 Wolfgang Von Kempelen (1734-1804) avait mis au point le « Turc mécanique », un automate capable, prétendait-il, de jouer aux échecs. Voir Schaffer (1999a, p. 154-163).

et l'intelligence humaine : un jeu d'imitation dans lequel une machine fait semblant d'être un humain tout en se comportant comme une machine.

Cet *emboîtement*, comme on peut l'appeler, est directement lié, d'un point de vue philosophique, à la notion de fétiche. Car le fétichisme, c'est l'attribution de l'intelligence et de la vie à des entités qui en sont dépourvues. Et les historiens des techniques savent qu'il y a une relation très ancienne entre l'historiographie du capitalisme manufacturier et les processus de réification et de fétichisation. C'est pourquoi l'étude du célèbre chiasme marxiste de la réification et de la fétichisation m'a toujours particulièrement intéressé. Comment ces attributions arrivent-elles et comment ce double mouvement se déploie-t-il ? Quelle est son histoire et quel rôle joue-t-il dans l'histoire de la science ? C'est, en un sens, la réponse à la question biographique : il s'agit d'une longue et sans doute infructueuse tentative pour expliquer ensemble les processus de réification et de fétichisation. L'histoire de la déqualification tend à être une simple histoire de la réification, où le « savoir gestuel » se matérialise dans des dispositifs mécaniques. Quant à l'histoire du fétichisme, elle se résume à une simple histoire de la consommation où les consommateurs sont constamment cernés par le fantasme. Mais il y a évidemment une relation entre les deux, et les historiens des sciences et des techniques devraient avoir beaucoup de choses à en dire. Les automates, la déqualification, les différentes machines, le calcul mécanique, le mouvement perpétuel et les télégraphes, le laboratoire plus généralement, sont devenus des lieux où il est très intéressant d'enquêter pour qui s'intéresse non pas seulement aux deux processus, mais à la simultanéité des deux processus : c'est là que se trouve la réponse adéquate.

TRACÉS : *L'héritage de Foucault semblait également manifeste dans votre travail.*

S. SCHAFFER : Foucault fournit un autre point d'entrée dans ce thème, en effet. Tous les historiens des sciences depuis les années soixante-dix pensent avec ou contre Foucault. C'est particulièrement vrai dans le monde anglophone, où *Surveiller et punir* (1975) a été traduit par *Discipline and Punish* (1977). Délibérément, Alan Sheridan a décidé que le titre allait être *Discipline and Punish*, peut-être parce que « surveiller » ne peut pas être traduit en anglais. J'en doute. Il en a résulté une voie royale pour conduire une analyse foucauldienne de l'histoire des disciplines, c'est-à-dire, par un jeu de mots, établir la relation entre la disposition des ordres du savoir et celle des systèmes de pouvoir. Ce fut plus évident dans le monde anglo-saxon qu'en France, à cause de ce titre-là. Le concept de discipline a joué un rôle immense dans la récente historiographie des sciences : l'héritage foucauldien

permet d'établir ce lien, selon lequel les disciplines sont conçues comme une microphysique du pouvoir.

De plus, pour écrire sur les automates à l'âge des Lumières, Foucault est indispensable. L'essentiel de sa thèse sur l'internalisation de l'autorité, dans son analyse des Lumières, repose sur l'intériorisation et l'incorporation de l'autorité politique, comme par exemple dans les entreprises de Frédéric le Grand, le « roi des petites machines ». Foucault pose également le problème du rapport entre ce modèle d'absolutisme et les techniques incorporées qui apparaissent à la fin de l'âge classique, avec le *panopticon*. C'est pour cette raison, précisément, que j'ai beaucoup écrit sur le *panopticon*, qui, en effet, est un dispositif important de l'industrialisation britannique, pas dans les faits, mais dans l'idéologie (Schaffer, 1994). Ce n'est pas un hasard si Samuel Bentham, l'homme qui a inventé le *panopticon* avant que son frère Jeremy n'écrive à ce sujet, a été un allié très proche de Charles Babbage, de Henry Maudslay<sup>6</sup>, etc.

On peut poursuivre les thématiques développées dans *Surveiller et punir* et *Il faut défendre la société* (Foucault, 1997), non pas tant par une investigation dans le registre politique que par une enquête sur la généalogie des chaînes de fabrication industrielle. La première chaîne de production britannique est inventée pour les chantiers navals, à Portsmouth, dans les années 1780 et 1790. Et elle est conçue par Samuel Bentham. Il est vrai que les Britanniques n'ont pas réellement construit de *panopticon*, mais ils ont bel et bien bâti des chaînes de production, moins dans un contexte civil que dans celui d'un État industriel et militaire. Les plus grands projets industriels dans l'Angleterre des Lumières n'ont pas été ceux de James Watt, de Matthew Boulton et du *factory system*<sup>7</sup>, mais bien ceux des chantiers navals. Je viens de publier un article à ce sujet, où je m'intéresse au rôle des mots « théorie » et « pratique » dans le langage des chantiers navals du XIX<sup>e</sup> siècle. Un chantier, Portsmouth par exemple, pour prendre le plus grand d'entre eux, employait des milliers d'hommes, près de cinq mille, quand l'usine

6 Henry Maudslay (1771-1831), ingénieur et inventeur, a travaillé, pour les docks de Portsmouth, à la mécanisation de la production de pièces de gréement, prolongeant les efforts de Samuel Bentham, inspecteur général des chantiers navals de Portsmouth au début du XIX<sup>e</sup> siècle. Il était lié, notamment par l'ingénieur Joseph Clement, à Charles Babbage (1791-1871), mathématicien et ingénieur. Sur le milieu des ingénieurs anglais du XIX<sup>e</sup> siècle, et sur ses liens avec les projets industriels, voir Schaffer (1994).

7 Matthew Boulton (1728-1809) a établi la première usine de production en série d'objets décoratifs, à Soho, au nord de Birmingham. Il s'est associé à l'ingénieur et inventeur James Watt (1736-1819) pour fabriquer, toujours à Soho, des machines à vapeur. Cette entreprise, par ses innovations en termes de division du travail, d'organisation de l'espace de production et, bien sûr, de mécanisation, a joué un rôle majeur dans la Révolution industrielle anglaise.

Soho, l'usine de machines à vapeur de Matthew Boulton, en employait seulement des dizaines. L'échelle est complètement différente. Un navire de guerre anglais de première ligne est plus grand que n'importe quelle usine. J'ai été très influencé par les travaux d'historiens français comme Antoine Picon et Hélène Vérin, et notamment par le livre de cette dernière, *La gloire des ingénieurs* (1993), qui est pour moi extraordinairement important. J'ai également été très influencé par John Brewer (1988), le grand historien de ce qu'il a appelé « l'État fiscal militaire ». Il est véritablement l'un des premiers historiens à expliquer que l'État du XVIII<sup>e</sup> siècle est volontariste et efficace, c'est-à-dire qu'il s'intéresse à la technique et qu'il organise un système fiscal très performant, dans le but de faire la guerre. Si l'on considère l'État britannique sous cet angle, de nombreux malentendus se dissipent. Nous sommes passés à côté de cette analyse car nous pensions, à tort selon moi, que le laisser-faire était l'idéologie britannique, que les Anglais étaient libéraux. Et ce n'est pas vrai du tout.

*TRACÉS* : On pourrait aller jusqu'à dire que vous êtes un des premiers historiens à inclure la technique dans l'histoire de l'État moderne.

S. SCHAFFER : On ne peut pas dire que les historiens de l'État moderne ont oublié la technique. Bien au contraire, on pourrait dire que pendant longtemps, les historiens de l'État ont fait reposer la construction et la perpétuation de l'État presque uniquement sur la technologie.

Prenons, par exemple, un auteur sans doute passé de mode, comme Wittfogel (1957), qui a forgé au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, sur fond d'opposition au communisme, la notion d'« État hydraulique ». Il voulait expliquer l'émergence du totalitarisme, notamment le totalitarisme de type soviétique, en l'inscrivant dans une longue généalogie qu'il faisait remonter à l'époque axiale<sup>8</sup>. Pour simplifier outrageusement son argument, il affirme que ce n'est pas par hasard que les premiers grands systèmes étatiques centralisés et absolutistes ont émergé là où existaient des systèmes de contrôle hydraulique, comme en Égypte, en Mésopotamie, en Chine ou en Amérique du Sud. Et sa thèse est assez simple : dans les systèmes où les ressources agricoles dépendent du contrôle du réseau hydraulique, il faut un contrôle centralisé, il ne peut y avoir de paysans particuliers, car ils doivent collaborer. Le contrôle sur la distribution de l'eau représente le contrôle sur la vie et sur la

---

8 Ce concept, forgé par le philosophe allemand Karl Jaspers, repris par Wittfogel, désigne la période allant de 800 à 200 av. J.-C., et qui, en Occident, en Inde et en Chine, a vu l'émergence des grandes philosophies et systèmes de croyance et qui se caractériserait par le creusement de l'écart entre ici-bas et au-delà, l'éloignement du divin et l'émergence de transcendances.

surface cultivable. Il s'agit là d'un récit profondément technique de l'émergence des formations étatiques. C'est loin d'être le seul. On trouve cela chez Weber, après tout, ou chez Lewis Mumford (1934). Les histoires de l'État qui reposent sur la technique ne sont pas rares. Rien de neuf dans cette idée.

Ce qui est nouveau dans mon travail, c'est l'idée que les décisions techniques, toutes les décisions techniques, reposent sur des cosmologies politiques. Et encourager un système technique pour ses qualités et sa valeur, c'est encourager en même temps la valeur et les qualités d'un système social. Et la médiation entre les deux est le mot très ennuyeux de « savoir », précisément. Qui est l'expert ? Qui doit-on croire ? La distribution de la confiance va de pair avec des projets techniques autant qu'elle va de pair avec les systèmes de formation étatique. Cette idée n'est certainement pas neuve, mais reste intéressante : entre les techniques et l'État, il y a une articulation très importante qui est le problème de la fiabilité. Un exemple : une bonne part des discours sur les machines en Angleterre au XVIII<sup>e</sup> siècle concerne ce qu'on pourrait appeler des « discours négatifs ». Les « livres de machines »<sup>9</sup> ou les livres au sujet des techniques visent non seulement ceux qui vendent et fabriquent ces machines, mais aussi les financeurs. Lorsque Jean Désaguliers<sup>10</sup>, par exemple, publie au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle plusieurs traités au sujet des machines à vapeur ou des pompes, son intention, explicitement, est d'éviter la fraude à son lecteur. Grâce à ces livres, ce dernier saura quelles sont les limites des machines et ne deviendra pas la victime d'un faussaire. C'est ce que j'entends par « discours négatif ».

L'essentiel du discours sur les machines porte sur leurs limites, ce que nous ne devons pas ignorer. Ces auteurs n'exposent pas seulement leurs utopies techniques. Ils le font, bien sûr, mais souvent dans le même geste, dans le même mouvement, ils parlent du fait qu'aucune pompe ne peut élever de l'eau à plus de trente-deux pieds de haut, par exemple, ou qu'il y a une limite à la quantité de travail supplémentaire qu'on peut obtenir d'une machine. Si quelqu'un se présente chez vous en disant : « Vous avez une mine de charbon au bout de votre propriété. J'ai une pompe qui va extraire l'eau de cette mine pour toujours, presque sans énergie », ne le croyez pas. Nous avons donc besoin d'une histoire spécifique des limites. Toute l'entreprise des pompes débute comme un discours sur les limites. Quelle est la hauteur maximale à laquelle une pompe peut élever l'eau ?

9 Genre éditorial apparu à la Renaissance et dont la fonction est de présenter les innovations techniques et d'assurer leur publicité.

10 Jean Désaguliers (1683-1744), fils de huguenot réfugié en Angleterre, fut un scientifique membre de la *Royal Society*, partisan et propagateur des théories newtoniennes.

Est-ce le même problème que l'horreur du vide? *Horror vacui* et les difficultés des pompes à créer le vide sont-ils une seule et même chose? C'est également vrai des travaux de James Watt autour de la machine à vapeur. De nombreux ingénieurs anglais, Watt, Smithson, Boulton, Ackword, James Joule enfin, sont obsédés par cette limite. Nous pouvons certes évoquer la seconde loi de la thermodynamique, mais ce qui est en jeu, c'est que cela a directement une fonction politique régulatrice. Et nous n'avons pas vraiment d'histoire des livres d'ingénieurs sur les limites. On a là, avec les machines et la régulation, un exemple de ce qui fait le pont entre l'État et la technique, entre la machine et la régulation.

TRACÉS : *Doit-on vous considérer comme un historien de l'État ou comme un historien des religions ?*

S. SCHAFFER : Ne peut-on pas être les deux à la fois? Surtout quand on a une Église nationale...

TRACÉS : *Une importante dimension de votre travail touche à la foi, ou à la confiance, comme dimension essentielle de l'expérimentation. Les lieux d'expérimentation fonctionnent comme des espaces sacrés. Est-ce une lecture religieuse de l'histoire des sciences ?*

S. SCHAFFER : C'est sûr qu'une partie de notre travail use de termes, comme *confiance, foi*, qui sont normalement associés au discours religieux. Mais un des thèmes majeurs de la sociologie de l'innovation, de la sociologie des techniques, n'est-il pas le désenchantement du monde? La modernité, la mécanisation, le déterminisme technique restreignent-ils la liberté humaine de sorte que le monde devient instrumentalisé, finalisé, sécularisé? La réponse, à l'évidence, est non. Notre monde contemporain ne correspond pas à cette idée. Je suis très méfiant à l'égard de la vieille historiographie qui associe de manière simple technique et sécularisation. Entre les deux, je ne vois pas de relation contingente ou nécessaire. Les millénaristes utilisent des machines. Certains des plus grands ingénieurs étaient des millénaristes. Et certains des plus grands millénaristes étaient ingénieurs. Nous devons prendre au sérieux des entreprises du genre de celles que Jeffrey Herf (1985) a regroupées sous l'expression de « modernisme réactionnaire », désignant un projet à la fois technique et spirituel aux conséquences désastreuses, à mon avis. Je ne suis pas en train de dire, comme certains de mes collègues, que c'est une bonne chose. L'idée d'une sorte de sécularisation monotone se déroulant au même rythme qu'une automatisation monotone n'a pas de sens : ce n'est pas de l'histoire.

Steven Shapin (1994) a fait un travail très important autour de la notion de confiance, son plus important à mon avis. Quel est son propos? Une conséquence du désenchantement du monde est, nous dit-on, l'effondrement des structures de déférence. On ne respecte plus les experts traditionnels ou les cadres traditionnels. Et, soi-disant, cela va de pair avec une crise de la confiance, surtout une crise de la confiance dans la technique. C'est une explication que l'on peut retrouver chez un auteur comme Ulrich Beck (2001) et sa notion de « société du risque ». Mais on retrouve aussi cette notion chez des sociologues de la science et de la technique. Ils affirment, à tort selon Steven [Shapin, n.d.l.r.], que nous vivons dans un âge où on ne fait plus confiance aux experts, où il n'y a plus de hiérarchie et de déférence. Dans son fameux discours prononcé aux États-Unis en 2000, Hendrik Verfaillie, le PDG de Monsanto, essayait d'expliquer pourquoi les OGM n'avaient pas rencontré beaucoup de succès en Europe. Il affirmait en substance : « Nous pensions vivre dans un monde du "croyez-moi". Nous vivions en fait dans un monde du "prouvez-moi". » L'idéologie sous-jacente à ce discours, c'est que les techniques sont en crise à cause d'un effondrement de la confiance, lui-même lié à une crise de nature religieuse ou spirituelle. Ce que voulait dire Steve, et j'ai également un peu travaillé là-dessus, c'est que le problème ne vient pas du fait que nous ne croyons pas dans les experts. C'est qu'il y a trop d'experts en qui croire. Ce n'est pas qu'il n'y a plus de déférence. Il y a une quantité énorme de déférence. Elle est juste répartie de manière incroyablement hasardeuse. Ce qui arrive, et c'est mon histoire maintenant, c'est qu'il y a des experts pour tout.

Si vous voulez vous marier, vous avez besoin d'un expert ; si vous voulez rencontrer quelqu'un, vous devez demander à un expert ; si vous voulez rédiger votre CV, vous devez demander à un expert ; si vous voulez traverser la rue, ou élever votre enfant, ou vous occuper de vos grands-parents, il existe des experts qui vous aideront. La société, tout particulièrement la société industrielle moderne, est pleine d'experts qui inspirent la confiance. Le problème est de réconcilier le tout. Ainsi, ce qui ressemble à une disparition complète de la déférence est en fait une multiplication des lieux de déférence. Et ce à quoi répond Hendrik Verfaillie n'est pas le fait que l'on ne se fie pas à Monsanto ou à qui que ce soit d'autre, mais le fait que l'on puisse accorder davantage de confiance à Greenpeace qu'à Monsanto.

C'est la guerre entre les experts qui me semble caractériser la modernité. Nous ne vivons pas un âge sécularisé, mais un âge de Réforme. Aujourd'hui, tout le monde est Martin Luther. Personne n'est Nietzsche. Cela me semble être une meilleure description de la situation de la technique aujourd'hui.

Et je pense, comme je l'ai dit plus tôt, que les arguments à propos de la réification et de la fétichisation peuvent revenir en force, du fait que ces deux termes sont des termes religieux. D'ailleurs, c'est ce que Marx a dit. Et d'où viennent ces processus? L'un d'eux désigne la manière par laquelle l'esprit devient chair; l'autre la manière par laquelle la chair devient esprit. Nous savons d'où viennent ces deux idées.

Il me semble qu'il y a eu un transfert de valeur dans la machine, de façon très intéressante. C'est pourquoi, à mon avis, les robots sont si intéressants. Si je pouvais faire un téléfilm, ce serait une histoire des robots, car cela capturerait tout ce qui m'intéresse. On m'a bien autorisé à faire une série documentaire sur la lumière (Schaffer, 2006), mais je n'ai pas réussi à convaincre qui que ce soit à la BBC de faire une série sur les robots. Pas encore. Ce qui est incroyable, car ils sont bien plus faciles à filmer.

TRACÉS : *Pourquoi vous êtes-vous intéressé à la vulgarisation, qu'on appelle outre-Manche public understanding of science? Était-ce une façon pour vous d'entrer dans le débat politique autour de la science?*

S. SCHAFFER : Pour ce qui est de la seconde question, la réponse est : « oui, absolument ». *Public understanding of science* est une expression qui est entrée dans le discours politique anglais il y a vingt ans. Elle est extrêmement ambiguë. Elle peut désigner la bonne compréhension que les citoyens ont du fonctionnement de la science. Elle peut tout aussi bien désigner la bonne compréhension que les citoyens ont de ce qui se passe dans la nature, dans le monde que la science décrit. Il y a une *déformation professionnelle du vulgarisateur* à supposer que ces deux choses sont identiques. L'intelligence publique du fonctionnement de la science m'intéresse beaucoup. Je ne suis pas compétent pour aider ou aider beaucoup avec l'intelligence publique du monde que décrit la science. Je suis bien plus intéressé par le premier objectif. Selon moi, les institutions principales qui sont impliquées dans ce travail sont les musées et la télévision. J'ai organisé plusieurs expositions qui articulent l'histoire de la physique et les histoires que racontent les physiciens. Par ailleurs, j'ai beaucoup travaillé récemment avec le *Science Museum* de Londres, qui est l'institution la plus importante, et la plus intéressante, pour la vulgarisation en Grande-Bretagne. La raison pour s'y impliquer, me semble-t-il, est que les analyses qu'ont développées les historiens des sciences et des techniques doivent être connues du public. Parce que si ce travail n'a pas de signification politique, il ne vaut pas la peine d'être accompli. Et je pense que ces histoires de contingence, comme celles cherchant à mieux comprendre les processus selon lesquels la science fonc-



tionne, seraient d'une immense valeur, puisque la plupart de ces problèmes sont les plus importants de nos jours.

Aussi je pense que nous autres historiens des sciences devons nous faire entendre sur ce point. Cela veut dire également, *entre nous*, que, si vous vous engagez, si vous faites des programmes de télévision, si vous aidez à la conception d'expositions, alors vous avez le droit de critiquer les autres programmes de télévision et les autres expositions parce que vous vous y êtes essayé. Si vous vous dites juste que ce qu'il y avait à la télévision, c'était bon à jeter, ou que le propos de telle exposition était trop simplifié, la réponse est simple : « faites-le vous-même ». Cela veut dire que j'ai gagné le droit de dénoncer ce que presque tous les autres font. Il y a un énorme débat au sein de la communauté du *public engagement in science and technology* pour savoir dans quelle mesure les citoyens peuvent participer aux discussions en amont, *upstream*, pour user d'un terme à la mode en anglais. En d'autres mots, peuvent-ils intervenir dans ces polémiques plus tôt qu'ils ne le font aujourd'hui ? Eh bien, une des raisons pour lesquelles je pense que nous avons quelque chose à dire à ce propos, est que les histoires que nous racontons à propos du fonctionnement des sciences et des techniques devraient permettre une plus grande participation en amont. Ces histoires montrent les énormes ressources – techniques, sociales, financières – mobilisées pour fabriquer des faits scientifiques. Elles ne savent pas l'autorité de ce que disent les scientifiques, au contraire, elles l'expliquent mieux. Si nous pouvions faire cela, alors je pense que davantage de participation en amont pourrait être possible. C'est là qu'on trouve une arrière-pensée politique qui, je pense, est très importante.

## Bibliographie

- BECK Ulrich, 2001 [1986], *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Paris, Aubier.
- BREWER John, 1988, *The Sinews of Power. War, Money and the English State, 1688-1783*, Cambridge, Harvard University Press.
- FOUCAULT Michel, 1975, *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Paris, Gallimard (1977, *Discipline and Punish. The Birth of the Prison*, trad. Alan Sheridan, Londres, Allen Lane).
- 1997, *Il faut défendre la société. Cours au collège de France, 1975-1976*, Paris, Gallimard/Le Seuil.
- HERF Jeffrey, 1985, *Reactionary Modernism*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HUNTER Michael et SCHAFFER Simon éd., 1989, *Robert Hooke. New studies*, Woodbridge, Boydell and Brewer.

- LATOUR Bruno, 2005, *Reassembling the Social : an Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford, Oxford University Press (*Changer de société, refaire de la sociologie*, trad. N. Guilhot, Paris, La Découverte, 2006).
- LOWE Adam et SCHAFFER Simon, 2000, *Noise. Universal Language, Pattern Recognition, Data Synaesthetics*, Cambridge, Kettle's Yard.
- MORUS Iwan, SCHAFFER Simon et SECORD James, 1992, «Scientific London», *London World City 1800-1840*, C. Fox éd., Londres, Yale University Press, p. 149-162.
- MUMFORD Lewis, 1934, *Technics and Civilization*, Londres, Routledge.
- PICON Antoine, 1988, *Architectes et ingénieurs au siècle des Lumières*, Marseille, Parenthèses.
- PORTER Theodore, 1995, *Trust in Numbers. The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*, Princeton, Princeton University Press.
- SCHAFFER Simon, 1980a, «Newtonian Cosmology and the Steady State», PhD, Université de Cambridge.
- 1980b, «Herschel in Bedlam : natural history and stellar astronomy», *The British Journal of History of Science*, vol. 13, n° 3, p. 211-239.
- 1984, *Isaac Newton : his Life and Work [Video Recording]*, Devides, Sussex Video.
- 1987a, «Godly men and mechanical philosophers : spirits and souls in Restoration England», *Science in Context*, vol. 1, n° 1, p. 55-85.
- 1987b, «Priestley and the politics of spirit», *Science, Medicine and Dissent : Joseph Priestley*, R. G. Anderson et C. J. Lawrence éd., Londres, Wellcome Institute, p. 39-53.
- 1988, «Astronomers mark time : discipline and the personal equation», *Science in Context*, vol. 2, n° 1, p. 115-145.
- 1989, «Glass works : Newton's prisms and the uses of experiment», *The Uses of Experiment. Studies in the Natural Sciences*, D. Gooding, T. Pinch et S. Schaffer éd., Cambridge, Cambridge University Press, p. 67-104.
- 1991, «The history and geography of the intellectual world : Whewell's politics of language», *William Whewell. A Composite Portrait*, M. Fisch et S. Schaffer éd., Oxford, Oxford University Press, p. 201-231.
- 1992, «Self evidence», *Critical Inquiry*, vol. 18, n° 2, p. 327-362.
- 1993, «The consuming flame : electric showmen and tory mystics in the world of goods», *Consumption and the World of Goods*, J. Brewer et R. Porter éd., Londres, Routledge, p. 489-526.
- 1994, «Babbage's intelligence. Calculating engines and the factory system», *Critical Inquiry*, vol. 21, n° 1, p. 203-227 («Les machines calculatrices de Babbage et le factory system», *Réseaux*, n° 69, 1995, p. 159-191).
- 1995, «The show that never ends : perpetual motion in the early eighteenth century», *The British Journal for the History of Science*, vol. 28, n° 2, p.157-189.
- 1997, «Experimenters' techniques, dyers' hands, and the electric planetarium», *Isis*, vol. 88, n° 3, p. 456-483.
- 1999a, «Enlightened automata», *The Sciences in Enlightened Europe*, W. Clark, J. Golinski et S. Schaffer éd., Chicago, The University of Chicago Press, p. 126-165.
- 1999b, «OK computer», *Ecce Cortex : Beitrage zur Geschichte des modernen Gehirns*, M. Hagner éd., Göttingen, Wallstein Verlag, p. 254-285.
- 2001, «James Clerk Maxwell», *Cambridge Scientific Minds*, P. Harman et S. Mitton éd., Cambridge, Cambridge University Press, 2001, p. 123-140.

- 2004a, «A science whose business is bursting : soap bubbles as commodities in classical physics», *Things that Talk. Object Lessons from Art and Science*, L. Daston éd., New-York, Zone Books, p. 147-194.
- 2004b, «Fishes and chips : models in the age of reason», *Models. The Third Dimension of Science*, S. de Chadarevian et N. Hopwood éd., Stanford, Stanford University Press, p. 71-105.
- 2005, «L'inventaire de l'astronome. Le commerce d'instruments scientifiques au XVIII<sup>e</sup> siècle (Angleterre-Chine-Pacifique)», *Annales HSS*, vol. 60, n° 4, p. 791-816.
- 2006, *Light Fantastic*, BBC, documentaire sur la lumière en quatre épisodes diffusé entre le 7 août 2006 et le 10 août 2006, [en ligne], [URL : <http://www.bbc.co.uk/bbcfour/documentaries/features/light.shtml>], consulté le 18 février 2009.
- SCHAFFER Simon et SHAPIN Steven, 1985, *Leviathan and the Air Pump : Hobbes, Boyle and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press, 1985 (*Leviathan et la pompe à air. Hobbes et Boyle entre science et politique*, trad. T. Piélat, Paris, La Découverte, 1993).
- SHAPIN Steven, 1994, *A Social History of Truth. Civility and Science in Seventeenth-Century England*, Chicago, The University of Chicago Press.
- SIBUM Otto, 1995, «Working experiments : a history of gestural knowledge», *Cambridge Review*, n° 116, p. 25-37.
- TURING Alan, 1950, «Computing machinery and intelligence», *Mind*, vol. 59, n° 236, p. 433-460.
- VÉRIN Hélène, 1993, *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique au siècle des Lumières*, Paris, Albin Michel.
- WITTVOGEL Karl A., 1957, *Oriental Despotism. A Comparative Study of Total Power*, New Haven, Yale University Press.