

DE L'ORGANISATION AU CALCUL... LE TEMPS DE CHARLES BABBAGE¹

Philippe AIGRAIN*

Résumé. - Depuis longtemps déjà, hommes et machines entretiennent des relations particulières. Il y a des moments où de soudains basculements philosophiques font entrevoir en l'homme une machine particulière, et dans la société, la machine par excellence.

L'idée de machine devient alors si générale, si essentielle, si englobante, que plus rien ne lui échappe, hors l'essence divine ou l'intelligence poétique, incertains refuges. Mais il y a aussi des moments où, entre hommes et machines, les rapports se déploient sur d'autres modes. Un troisième terme est introduit dans leur face à face : la production, la vérité, l'intelligence ou la communication. Ce troisième terme joue le rôle d'un processus abstrait et pratique tout à la fois, par rapport auquel le rapport des hommes et des machines, la définition même de ces entités, ne sont plus que des problèmes – si l'on ose dire – techniques. On voit alors fleurir des discours dont le but est l'agencement des hommes et des machines, leur distribution à l'intérieur du processus abstrait qui joue le rôle du monde, leur perfectionnement, leurs adaptations réciproques, leurs imitations. Ces discours pèsent de peu de poids philosophique si on les compare aux grandes invocations de la *Machine*, mais ils sont au cœur d'un univers pratique, ils constituent l'usine où l'on redéfinit concrètement les activités humaines.

Ce texte vous invite à la découverte de l'un de ces *temps techniques* de l'histoire des rapports homme-machine : celui où le troisième terme qui les agençait portait le nom de production. Mais que l'on se rassure, c'est bien de l'informatique qu'il s'agit, car, en ce temps-là, la production s'annexa le calcul. Ce ne fut pas son moindre exploit.

¹ Cet article a été écrit il y a de nombreuses années, (1985) par Philippe AIGRAIN. Il fut publié alors dans *AFCET, Interfaces* 25. Sa lecture est particulièrement intéressante plus de vingt ans après.

* Chef du secteur « Technologies logicielles et société » Commission Européenne, DG Société de l'Information.

1. Présentation

Charles Babbage aimait les machines à calculer : il ne vivait que pour elles. Au panthéon des inventeurs scientifiques, on le célèbre pour avoir amoureuxment construit de 1830 à 1867 les pièces d'une extraordinaire machine, que, dans le langage de son temps, il appelait une machine à calculer, mais dans laquelle on voit aujourd'hui le premier ordinateur. Il mourut sans avoir eu le temps et l'argent d'assembler sa machine, mais en 1920, un savant espagnol, M. Torres y Quevedo reconstruisit sur le même plan (avec une technologie de relais électromagnétiques) la machine de Babbage, qui se révéla fonctionner parfaitement.

Les machines de Babbage – il en construisit une autre avant *l'analytic engine* qui fit sa renommée – sont devenues célèbres ces dernières années, et il n'est pas un historien de l'informatique qui ne mentionne ces « précurseurs des ordinateurs ». Mais Babbage et ses machines méritent plus qu'une référence « en passant ». *L'analytic engine* est une machine mécanique à base de pignons et d'engrenages, semblable en cela aux machines à calculer de l'époque, tel l'arithmomètre de Thomas de Colmar. Mais, fait unique, cette machine possède une mémoire (également mécanique et décimale), est programmable avec un programme séparé écrit sur des cartes perforées de métier à tisser Jacquart, et enfin possède la possibilité d'entrée « conversationnelle » des données en temps réel, comme Babbage l'explique :

« ... La question était de savoir comment la machine analytique pourrait exécuter des calculs pour lesquels l'utilisation des tables de logarithmes, de sinus, etc. ou de toute autre table serait nécessaire ... La machine, en arrivant à tout nombre qu'on ne peut trouver que dans une table, le logarithme de 1207, par exemple, sonnerait une cloche pour appeler un assistant qui trouverait écrit à un certain endroit de la machine : « j'ai besoin du logarithme de 1207 ». L'assistant regarderait alors dans les tables précédemment calculées par la machine le logarithme requis, et l'introduirait à l'endroit souhaité, puis appuierait sur un levier, permettant à la machine de continuer son travail » (1).

En dehors des technologies utilisées (mécaniques au lieu d'électriques puis électroniques) un seul point différencie au fond la machine de Babbage des ordinateurs que nous connaissons : le programme ne peut agir sur lui-même, se transformer lui-même, ou agir sur d'autres programmes. Cette différence importante – essentielle même – tient à ce que les supports du programme (cartes perforées) et de la mémoire (roues dentées) sont distincts, alors que dans les ordinateurs modernes, le même support est utilisé : le programme est « en mémoire ». Le fondement théorique de la machine de Babbage est sa théorie de la calculabilité, c'est-à-dire de la possibilité de faire des calculs à partir d'opérations élémentaires, qui est extraordinairement proche de celle que Turing développera au XX^{ème} siècle.

Babbage inspirera directement les constructeurs de machines à calculer complexes : Hollerith, Bull, puis ceux qui formaliseront la structure des ordinateurs des années 1940. Mais ce

n'est pas seulement parce qu'il est en avance sur son temps que Babbage mérite l'intérêt. Ce n'est même pas parce qu'il avait pour assistante Ada Byron, Comtesse de Lovelace, et fille de poète, qui inventa la programmation de sa machine. C'est qu'il est une autre face du génie de Babbage, qui est au cœur du mouvement même de son temps : la science des manufactures.

En effet, lorsqu'en 1820 le projet de sa première machine à calculer prend forme dans son esprit, Babbage se rend compte que tout lui fait défaut : la connaissance des technologies à mettre en œuvre, et jusqu'aux moyens de dessiner une machine aussi complexe pour expliquer ses projets aux artisans chargés de l'exécution des pièces. Babbage entreprend alors un voyage de dix ans à travers l'Europe des manufactures ; il s'intéresse aux fabrications les plus diverses, note les moindres détails de l'environnement économique, des principes technologiques, de l'agencement des machines. Il invente une méthode de description des machines sous forme d'automates qui est très proche de la « science des machines » qu'élaborent des ingénieurs allemands à la même époque (2).

En chemin le projet change. Babbage oublie presque le projet de son voyage : fasciné par l'univers de la production, il entreprend la fondation d'une méthode rationnelle d'organisation de la production, qui fait à la division technique du travail et au machinisme une place sans précédent. En 1831, Babbage publie sa « Science économique des machines et des manufactures » (3) ouvrage rapidement traduit en français, en italien et en allemand. On reviendra sur le contenu de cet ouvrage, mais qu'il soit dit dès à présent qu'il s'agit, pour Babbage, de penser le processus matériel de production comme un enchaînement de tâches élémentaires, lesquelles peuvent être assurées par des hommes et des machines. Le rapport matériel, économique et social, qu'entretiennent les hommes et les machines, devient le nœud de la science des manufactures.

Il y a dans ce nœud, que l'organisation du calcul automatique tisse avec le modèle d'organisation des tâches incarné par la production manufacturière, autre chose qu'une rencontre de hasard. Ce « modèle productif », c'est l'univers général dans lequel les rapports des hommes et des machines peuvent être pensés au XIX^{ème} siècle. Les ordinateurs et nous-mêmes en portons encore les traces : le modèle a changé mais l'habitude est prise, la *machinisation* continue.

2. La division du travail entre les hommes, et la machine comme outil

A la fin du XVIII^{ème} siècle, la conception dominante de la division du travail est celle qu'a formulée Adam Smith dans l'exemple de la manufacture d'épingles (4). Il s'agit déjà d'une division du travail au sein d'une même fabrication et non d'une division entre différentes fabrications. Le principe est simple : en faisant faire à chaque homme, non pas l'ensemble des actes nécessaires à la fabrication d'un objet, mais seulement certains d'entre eux, en réunissant dans un même lieu les travailleurs qui font les mêmes tâches, on augmente considérablement

l'efficacité du travail, grâce principalement à l'accroissement de l'habileté des ouvriers affectés à une seule tâche. La machine est déjà présente dans la division « smithienne » du travail ; mais elle est présente comme outil, dont la division du travail stimule l'invention et l'introduction, mais qui n'a pas de valeur directement substitutive au travail humain.

La division du travail humain est essentiellement une division du travail entre les hommes (ici les ouvriers) : c'est ce qui fonde sa généralité, sa valeur de paradigme social. La manufacture donne l'exemple de la division technique du travail, mais cet exemple n'est pas encore un modèle, le modèle reste celui de la division dans l'échange. La production n'est pas abstraite du travail humain, saisie comme processus objectif. Smith parle bien de l'ensemble des tâches nécessaires à une fabrication, mais il s'agit de l'ensemble des travaux humains. L'idée d'une équivalence possible entre travail humain et action mécanique – qui a déjà été formulée à cette époque – est rejetée hors de la pensée.

La machine économise certes le travail humain, elle permet de réaliser la même chose avec moins d'ouvriers, on s'en était aperçu longtemps avant Smith. Ainsi F. Braudel rapporte une lettre écrite en 1754 par un ambassadeur de France en Hollande qui demande « un bon mécanicien en état de dérober le secret des différents moulins et machines que l'on emploie à Amsterdam et qui évitent la consommation du travail de beaucoup d'hommes » (5). Mais si les machines y parviennent, c'est par un meilleur emploi des forces humaines (quand on ne leur suppose pas une véritable magie). Cette économie de travail humain n'est d'ailleurs pas valorisée en général : F. Braudel fait remarquer que l'on refusa d'envoyer le mécanicien demandé.

De même, l'idée que la division du travail puisse concerner le travail de l'esprit, le calcul, n'a pas été formulée. Elle révolterait sans doute Smith qui sous le titre « Inconvénients de la division du travail », n'hésite pas à dénoncer le caractère abêtissant et démotivant des tâches répétitives, dont la saine participation de tous à la vie politique est l'antidote nécessaire (6).

Cette idée que la division du travail passe entre les hommes, que les machines ne sont que des outils, se retrouve également dans les essais sur machines à cette époque. Lazare Carnot, ingénieur militaire et physicien à l'époque, et qui réapparaîtra bientôt dans ces lignes, publie en 1783 son *Essai sur les machines en général*. Par-delà les premières énonciations des principes de la mécanique, on peut y lire clairement une conception de la machine comme outil. Carnot pourfend la croyance tenace à une production des forces par la machine, alors qu'il ne faut y voir qu'une aide pour une meilleure application des forces. Ainsi « l'avantage que procurent les machines n'est pas de produire de grands effets avec de petits moyens, mais de donner à choisir entre différents moyens que l'on peut appeler égaux, celui qui convient le mieux à la circonstance présente. » Et plus loin : « les machines sont donc très utiles, non en augmentant l'effet dont les puissances sont capables, mais en modifiant cet effet (7). »

Les forces que les machines agencent ne sont pas nécessairement des forces humaines (moulins, machines à vapeur). Si la science des machines s'était préoccupée d'organisation de la production, elle aurait sans doute été amenée à formuler la substituabilité des hommes et des machines. Mais ce n'est que par des voies détournées, et fort lentement, que les ingénieurs poseront le problème de l'environnement économique et humain des machines.

A la fin du XVIII^{ème} siècle, l'équivalence des hommes et des machines, la faculté que peuvent avoir les machines d'imiter les hommes, de s'approprier certaines de leurs activités, ne sont pas impensables, mais sont à l'extérieur des problèmes que se posent l'économie et le discours savant sur la technique. Seuls « les fous de la techné » ou les « philosophistes », de Vaucanson à La Mettrie..., mais c'est une autre histoire.

La division du travail à l'assaut du calcul

Dans ce monde, un événement et une dérive vont nous entraîner vers d'autres rivages. Honneur soit d'abord à l'événement. Il se situe au point de départ obligé des sagas françaises : nous sommes en l'an II de la Révolution française, le Comité de Salut Public gouverne, la guerre est aux frontières et la Raison aux nues.

En ce début de l'an II, le Comité de Salut Public, sur proposition de Lazare Carnot, avec l'appui des citoyens Prieur et Brunet, met à la disposition du citoyen de Prony des ressources humaines illimitées, avec pour mission « d'élever à la gloire du système métrique français un monument de calcul plus grandiose qu'on n'en exécuta jamais, ni même qu'on en conçut » (8). Les auteurs de la proposition ne s'intéressent pas au calcul par une quelconque lubie. Carnot, ingénieur militaire déjà cité, futur chef d'état-major, est un spécialiste de balistique ; Brunet est l'un des trois membres de la Commission des Subsistances qui doit résoudre les gigantesques problèmes du ravitaillement des armées et des villes ; Prieur dit Crieur de la Marne, est un défenseur des réquisitions économiques et l'auteur du célèbre décret sur la levée en masse du 24 février 1793. Or, avec les questions militaires et les problèmes de subsistance, nous sommes au cœur des pratiques de gouvernement qui imposent les calculs les plus complexes, les plus répétitifs. Cependant la motivation du Comité du Salut Public est sans doute de « faire la pige aux Anglais ». Lesquels, beaux joueurs, proposèrent d'aider à financer le projet, ce qui ne fut pas fait, la guerre aidant.

Voilà donc de Prony, mathématicien renommé, chargé de l'établissement de « grandes tables logarithmiques et trigonométriques » (les logarithmes des 200 000 premiers nombres avec les 19 décimales, les fonctions trigonométriques des 10 000 premiers 100 000 ièmes du cercle avec 25 décimales !) (8). On lui adjoint les calculateurs du service du Cadastre – autrefois royal. Un délai terriblement sévère lui est fixé qui ne le rassure pas, en ces temps où l'on fait vite d'un retard une trahison. A première vue, le problème est insoluble car, avec les méthodes de calcul de l'époque, chaque valeur des tables doit être calculée séparément par des formules complexes

que seuls quatre ou cinq mathématiciens savent utiliser au Cadastre. De Prony, stimulé par la peur et l'enthousiasme révolutionnaire, trouvera pourtant une solution. Il se remémore la lecture d'Adam Smith et invente, le mot n'est pas trop fort, l'application de la division du travail au calcul. Voici comment il procède :

« La nouvelle méthode que je projetai d'employer est précisément l'inverse de la précédente : elle consiste à calculer immédiatement, et par des formules particulières, un nombre déterminé de la table, un sinus par exemple, et ses différences de plusieurs ordres [...] et à partir de ces différences pour obtenir par de simples additions ou soustractions successives, tant les différences qui se rapportent aux sinus suivants que ces sinus eux-mêmes. Ce procédé de calcul conduit depuis le sinus dont on est parti, jusqu'à un autre sinus tel que, dans l'intervalle qui les sépare, la différence de l'ordre le plus élevé puisse être regardée comme constante »... « Il est aisé de comprendre comment cette méthode rend possible et commode la distribution du travail à autant de calculateurs qu'on veut, parmi lesquels il suffit d'en avoir un très petit nombre exercés à la théorie du calcul et à l'analyse : ce qu'on doit exiger rigoureusement des autres se réduisant à écrire lisiblement les chiffres, et à savoir faire l'addition et la soustraction numériques. D'après ce plan, les calculateurs du cadastre ont été divisés en 3 sections :

La première section était composée de 5 à 6 mathématiciens d'un très grand mérite... Ils s'occupaient de la partie analytique du travail, et en général de l'application de la méthode des différences à la formation des tables, du calcul de plusieurs nombres fondamentaux, etc.

La deuxième section contenait 7 à 8 calculateurs exercés tant aux calculs arithmétiques qu'à l'analyse : ils étaient employés à déduire des formules générales les nombres et différences formant les points de départ et d'arrivée des intervalles, à vérifier les cahiers qu'on leur faisait repasser de la troisième section, etc.

... Le résultat du travail des mathématiciens dont je viens de parler était de remplir la première ligne horizontale et la dernière ligne verticale d'un certain nombre de tableaux qu'on distribuait aux calculateurs de la troisième section et ceux-ci au moyen des deux lignes qui leur étaient données remplissaient tout le surplus de l'aire de la table par de simples additions ou soustractions : ils ont été communément au nombre de 60 ou 80 ; les 9/10 ième au moins d'entre eux savaient tout au plus les 2 ou 4 premières règles de l'arithmétique et ceux qui en savaient davantage n'ont toujours pas été les moins sujets à erreur.

Le travail de chaque section se faisait en double, par des formules différentes dans les deux premières et sans aucune communication pendant la durée du calcul, en sorte qu'on pouvait considérer l'ensemble des calculateurs comme composé de 2 divisions dont chacune était séparément occupée à faire le même travail que l'autre » (9).

Ironie terrible, ces « Grandes tables du Cadastre » qui représentent 17 volumes grand in-folio, sans erreur, réalisées dans un délai invraisemblable de 6 mois, ne furent jamais éditées, « les embarras des finances, la chute du papier-monnaie et des dépenses plus urgentes »

l'empêchant. De Prony, amer, ne put que souhaiter « que, dans des temps de paix et de bonheur, un gouvernement ami des arts ordonnera l'achèvement d'un ouvrage qui doit être désiré au cœur de tous ceux qui cultivent les sciences mathématiques » (10). On en parlera en 1830, mais la chose ne fut pas faite. Les Tables eurent pourtant un brillant destin car la méthode de Prony donna à Babbage l'idée de ses machines et l'intuition de sa théorie de la calculabilité. On reconnaît d'ailleurs sans peine dans la description des trois sections une structure de la division du travail qui s'est maintenue jusque dans les services informatiques modernes.

Mais, si la division du travail vient de franchir un pas décisif en s'installant dans les activités de l'esprit, elle n'y a pas encore entraîné à sa suite les machines. Il faudra pour cela que toute la conception des rapports de l'homme et des machines se modifie lentement, au long de la dérive promise plus haut.

3. Les performances de la machine énergétique humaine

On l'a vu, les ingénieurs se préoccupent assez peu jusqu'en 1792 des rapports entre les hommes et les machines, en France du moins. Ils se désolent périodiquement des réactions hostiles des ouvriers casseurs de machines, sans y trouver de remède. Or, progressivement le problème des rapports physiques des hommes et des machines va être posé à partir de l'impulsion que la république jacobine va donner au machinisme dans quelques secteurs (coton, armes). Il s'agit d'un processus qui s'est probablement déroulé antérieurement dans d'autres pays où le machinisme était plus développé (Angleterre, Italie) mais qui ne semble pas avoir donné lieu aux mêmes formulations (11).

Dans les nouvelles manufactures, un problème inédit se pose : les machines « mal calculées » ne peuvent être actionnées par les hommes qui sont censés le faire, l'effort physique nécessaire dépassant leurs possibilités. C'est ainsi que va se trouver posé le problème des performances de l'homme comme machine.

C'est le physicien Coulomb qui formule le problème. Au départ Coulomb est un ingénieur militaire, comme Carnot. Il a publié en 1779 sa « Théorie des machines simples » où il étudie les frottements, tout à fait dans l'esprit de la science des machines comme outils dont on a parlé plus haut. Mais le 6 Ventose An VI, Coulomb lit à l'Institut son mémoire intitulé « *Résultat de plusieurs expériences destinées à déterminer la quantité d'action que les hommes peuvent fournir par leur travail journalier, suivant la manière dont ils emploient leur force* ».

Dans ce mémoire, Coulomb décrit les possibilités du travail humain moyen en un certain temps, lorsque les hommes :

- marchent,
- portent un fardeau (à plat, en montant),

- le transportent avec une brouette,
- enfoncent des pieux
- « agissent » des manivelles,
- « agissent » des leviers, etc.

L'homme est ainsi étudié comme une machine particulière. L'attention portée au caractère scientifique de l'observation produit des résultats étonnants comme cette description des principes du chronométrage : « *Je prie ceux qui voudraient répéter (mes expériences), s'ils n'ont pas le temps de mesurer les résultats après plusieurs jours de travail continu, d'observer les ouvriers à différentes reprises dans la journée, sans qu'ils sachent qu'ils sont observés. L'on ne peut trop avertir combien l'on risque de se tromper en calculant soit la vitesse, soit le temps effectif de travail, d'après une observation de quelques minutes* » (12).

Il ne faudrait cependant pas généraliser hâtivement à partir des accents « tayloriens » de Coulomb. Lorsque Coulomb étudie les performances humaines, il n'a pas en tête l'organisation du travail, mais uniquement le calcul des machines et c'est dans ce seul domaine que les résultats de ce genre de travaux furent appliqués avant longtemps. Paradoxe : c'est parce que l'on veut adapter la machine à l'homme (par souci de productivité, certes pas par philanthropie) que l'on est amené à décrire l'homme comme une machine particulière.

Cette description emprunte ses catégories à la science des machines, comme plus tard la psychologie de la connaissance (*cognitive psychology*) empruntera les siennes à l'informatique. La description de Coulomb est principalement énergétique, contrairement à celle de Taylor, qui est mécanique et donc plus adaptée à l'organisation du travail humain dans les détails.

Premier pas, donc, cette description de l'homme comme machine. Un autre pas est franchi, sur un tout autre plan, avec le développement de processus de production qui apparaissent comme machiniques de bout en bout, ce qui ne veut pas dire que les hommes n'y interviennent pas, mais que les étapes du processus sont définies par les machines dont les hommes ne sont plus que les « servants ». Les exemples les plus marquants sont ceux de la machine à papier en continu (vers 1830) et du laminage. Là, la production s'abstrait de la division du travail entre les hommes, elle s'automatise comme processus technique.

Enfin, il est un domaine où une mise en rapport et une substitution des machines aux hommes ont été pratiquées depuis longtemps : celui de la surveillance. E. Thomson rapporte l'introduction de mouchards pour les veilleurs de nuit, puis d'horloges pointeuses au XVIII^{ème} siècle (13). On verra que le mouvement ne fait que s'intensifier. Les machines de surveillance présentent le double avantage de remplacer un personnel dont la prolifération n'est pas valorisée par les capitalistes (« non-productif »), et de donner un caractère impersonnel à la surveillance.

C'est parce qu'il discerne ces processus, qu'il sait les réunir, que Babbage occupe une place à part dans ce petit récit.

4. Le « modèle productif »

Ce que va réussir Babbage, c'est la redéfinition simultanée de la production et du calcul ! De Prony avait rapproché ces deux termes en montrant que la division du travail pouvait également s'y appliquer, mais Babbage va pousser beaucoup plus loin l'analyse : il va leur appliquer une définition formelle commune.

Tentons de préciser ce qu'est cette définition formelle, ce modèle productif. Qu'on se représente une boîte, percée d'un certain nombre d'orifices par où sont introduits des flux matériels et d'où ressort un flux unique, matériel lui aussi. Vue en coupe, la boîte fera apparaître une succession d'opérations que subissent les flux d'entrée pour se transformer en celui de sortie.

L'application de ce modèle à la production est aujourd'hui évidente. On espère avoir fait ressortir qu'elle ne l'était pas en 1830, et que Babbage fait œuvre de novateur lorsqu'il définit la production comme processus, comme succession d'opérations abstraites de transformations des matières premières. Par « abstraites » il faut entendre bien sûr abstraites du travail humain, définies indépendamment de qui ou quoi les effectue.

Babbage a tiré des enseignements forts concrets de l'application de ce modèle à la production ; il s'en est servi pour construire des instruments pratiques :

- un questionnaire d'enquête dans les manufactures permettant de recenser toutes les données sur les améliorations pouvant être apportées à une production existante (ce qu'on appellerait aujourd'hui un questionnaire d'audit) ;
- un questionnaire d'étude préalable à toute tentative de fabrication nouvelle ;
- un projet d'association manufacturière consistant en un système de rémunération qui réunit le paiement aux pièces, la participation aux bénéfices et surtout l'intéressement au progrès technique, et qui valorise les associations (opposées aux « ligues ») parce qu'elles permettent une meilleure connaissance par les ouvriers des contraintes économiques.

L'ensemble de l'organisation de la production vue par Babbage est centrée autour du machinisme, ce qui répond à deux avantages centraux des machines. D'une part, bien sûr, l'augmentation de la productivité qu'elles permettent, mais aussi « *cette surveillance qu'elles exercent sur l'inattention, la négligence et la paresse de l'homme* » (14). Cette citation introduit un chapitre consacré par Babbage aux machines de surveillance et de mesure du travail humain. Mais si les machines surveillent les hommes, c'est parce que l'essence même de l'activité

productive est le rapport de l'homme à la machine. Le travailleur, c'est celui qui fabrique, actionne, surveille les machines. Le fait que la production ait été abstraite ne sert pas à substituer les machines aux hommes, il sert à installer leur face à face : c'est dans son rapport à la machine que l'ouvrier doit être observé, éduqué, encouragé.

Plus encore, à partir de la redéfinition de la production, le travail créateur, celui qui mobilise le savoir, se trouve déplacé et non supprimé ; la création passe aux mains de deux spécialités étroitement liées : l'organisation du travail, l'invention/fabrication des machines.

... Appliqué au calcul

L'application du « modèle productif » au calcul est moins familière, au moins aux non informaticiens. Tout d'abord, l'insistance sur le caractère matériel des flux d'entrée et de sortie de la boîte « calcul » peut surprendre. On pourrait penser que les entrées du calcul sont des concepts mathématiques, des nombres en particulier. Or, à partir de Babbage, il n'en est rien. Les entrées du calcul sont des signes, il devient essentiel que les nombres soient écrits quelque part : dans les neurones humains, les tables imprimées, les roues dentées, les tores magnétiques. Le calcul devient un processus de transformation de signes (15). A partir de là, il devient intégrable dans une économie d'ensemble des signes, dont la notion d'information est venue plus tard ponctuer la naissance.

Ensuite, on discerne peut-être de façon moins évidente la redistribution des rôles, les savoirs spécifiques sur le rapport des hommes et des machines (ici à calculer), le déplacement de l'activité créatrice qui ont succédé à cette redéfinition du calcul.

Les machines informatiques modernes portent encore les traces de cette origine « manufacturière » dans leurs spécifications techniques. C'est ici que joue la pesanteur technique : même si la production n'est plus aujourd'hui l'espace théorique dans lequel on définit l'ordinateur, la structure de celui-ci continue à s'y référer. En particulier, le caractère séquentiel des opérations et des fichiers de données, la conception même d'un programme comme une boîte qui transforme un ou des flux séquentiels d'entrée en un flux séquentiel de résultats (particulièrement sensible dans les langages dits de gestion) sont des symptômes de cette origine. Cependant, les machines informatiques sont en train de se dégager de cette gangue technique. Leur structure interne reste dominée par elle (opérations et transmissions séquentielles) mais leurs opérations vues de l'extérieur le sont moins (*Full Screen Management*, fichiers à accès direct, langages « parallèles » ou « applicatifs »).

Mais c'est dans le domaine de la pensée sociale des machines, de la place qu'une société leur fait que Babbage peut le plus nous éclairer. Il nous apprend à viser d'emblée l'essentiel : que ce qui compte est ce qui se joue entre hommes et machines, et que c'est un double jeu. Jeu de savoir, où l'adaptation réciproque des hommes et des machines fonde de nouvelles disciplines – dans tous les sens du mot - : la psychologie de la programmation, la science du dialogue

homme-machine, en un mot, le *machinal*. Mais aussi jeu de création, où l'on jette toujours en avant une machine de plus, dans un espace qui n'est certes pas libre, mais dont les règles ont le bon goût d'être mal connues : une *machination*.

Entre le machinal et la machination, les sociétés industrielles maintiennent à grand peine un équilibre pesant qui interdit malheureusement de les considérer comme deux termes indépendants dont nous pourrions jouer l'un contre l'autre. IBM, par exemple, embauche systématiquement les meilleurs machinateurs avec comme but à peine caché de les neutraliser : nos sociétés ne se jettent dans la technique que lorsqu'elle a déjà secrété ses antidotes disciplinaires.

Ainsi s'éclaire peut-être l'extrême difficulté qu'il y a à porter un jugement sur l'intelligence artificielle : elle apparaît tour à tour comme un projet d'une terrifiante bêtise (16) et comme un exercice d'une merveilleuse ingéniosité.

5. Bibliographie

- (1) Charles Babbage, « Exposition of 1851 », Londres 1851, p. 186.
- (2) « On a method of expressing by signs the action of machinery », *Philosophical Transactions*, 1826.
- (3) On citera la traduction française de 1833.
- (4) A. Smith, « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des Nations », Ed. Gallimard, p. 37-46.
- (5) F. Braudel, « Civilisation matérielle, économie et capitalisme », t. 1, p. 382.
- (6) A. Smith, op. cit., Ed. Dalloz, p. 281-282.
- (7) L. Carnot, « Essai sur les machines en général », 2^e éd., 1786, p. 85 et 89.
- (8) De Prony, « Eclaircissements sur un point de l'histoire des grandes tables trigonométriques », Mémoire lu à l'Institut le 16 Germinal An IX, *Mémoires de l'Institut*, t. V, 1^{ère} série.
- (9) De Prony, op. cit., p. 3 à 6.
- (10) Annexe au mémoire de De Prony cité précédemment.
- (11) Sur l'introduction du machinisme en France, voir Ch. Ballot, « L'introduction du machinisme en France », Lille 1923.
- (12) Mémoire lu à l'Institut, t. 1, 1^{ère} série le 6 Ventose An VI. E. Thomson fait remonter les origines du chronométrage jusqu'en 1700, mais il donne une définition totalement différente de ce mot, qu'il considère comme la mesure du temps effectif de travail (qui sert alors à établir la paye) ce qui n'a rien à voir avec la mesure des performances humaines que recherche le chronométrage moderne. Voir E. P. Thomson, « Temps, Travail et Capitalisme Industriel », *Revue Libre* n° 5, p. 30-33.
- (13) E. P. Thomson, op. cit.
- (14) Ch. Babbage, « Science économique des machines et des manufactures », p. 70.

- (15) La machine de Turing qui est un modèle formel de la calculabilité qu'ont utilisé les concepteurs des ordinateurs est une petite usine à signes.
- (16) Si l'on examine par exemple le « résultat » du programme SHRDLU de Terry Winograd, on est confondu par l'inanité de ce qui se passe entre l'homme et la machine. Mais si l'on examine les tripes de SHRDLU ou que l'on parle avec Winograd on a sans doute un sentiment différent.