

CHAPITRE XIII

La Machinerie et la grande industrie

1. Le développement de la machinerie

John Stuart Mill écrit dans ses *Principes d'économie politique* :

« On peut se demander si toutes les inventions mécaniques faites jusqu'à ce jour ont allégé le labeur quotidien d'un quelconque être humain »⁸⁶.

Mais telle n'est pas non plus, en aucun cas, la finalité de la machinerie utilisée de manière capitaliste. Semblablement à tout autre type de développement de la force productive du travail, elle est censée rendre les marchandises meilleur marché et raccourcir la partie de la journée de travail dont l'ouvrier a besoin pour lui-même, afin d'allonger l'autre partie de sa journée de travail, celle qu'il donne pour rien au capitaliste. Elle est un moyen pour produire de la survaleur.

Dans la manufacture, le point de départ du bouleversement du mode de production c'est la force de travail, dans la grande industrie c'est le moyen de travail. Il faudra donc étudier en premier lieu comment le moyen de travail est transformé d'outil en machine, ou en quoi la machine se distingue de l'instrument artisanal. Mais il ne s'agira là que de caractéristiques générales, car les époques de l'histoire de la société sont aussi peu séparées par des limites rigoureuses et abstraites que celles de l'histoire de la terre.

Les mathématiciens et les mécaniciens définissent l'outil

86. « It is questionable, if all the mechanical inventions yet made have lightened the day's toil of any human being ». Mill aurait dû dire : *de quelque être humain qui ne vit pas du travail des autres* **, car indiscutablement la machinerie a beaucoup augmenté le nombre des oisifs distingués.

comme une machine simple et la machine comme un outil composé — idée que l'on trouve répétée ici et là par certains économistes anglais. Ils ne voient aucune différence essentielle entre les deux et donnent même le nom de machines aux puissances mécaniques simples que sont le levier, le plan incliné, la vis, le coin, etc.⁸⁷. Toute machine se compose effectivement de ces puissances simples, quelle que soit la manière de les déguiser ou de les combiner. Mais, du point de vue économique, cette définition ne vaut rien, car il lui manque l'élément historique. D'un autre côté, on cherche la différence entre l'outil et la machine dans le fait que pour l'outil c'est l'homme qui est la force motrice, et que, pour la machine, c'est une force naturelle différente de celle de l'homme, un animal, l'eau, le vent, etc.⁸⁸. Si l'on suivait ce critère, une charrue tirée par des bœufs, et ressortissant aux époques de production les plus diverses, serait une machine, et le *métier à tisser circulaire*** de Claussen qui est mû par la main d'un seul ouvrier et fabrique 96 000 mailles en une minute, serait un simple outil. Mieux, ce même *métier*** serait un outil quand il est actionné à la main, et une machine quand il est actionné à la vapeur. Et comme l'utilisation de la force animale est l'une des inventions les plus anciennes de l'humanité, la production mécanique précéderait de fait la production manuelle artisanale. Lorsqu'en 1735 John Wyatt fit connaître sa machine à filer, annonçant avec elle la révolution industrielle du XVIII^e siècle, il ne dit mot sur le fait que c'était un âne qui faisait fonctionner la machine à la place d'un homme, et pourtant c'est à l'âne que ce rôle revint. Une machine « à filer sans les doigts », tel était son programme⁸⁹.

87. Voir par exemple *Course of Mathematics* de HUTTON.

88. « Car de ce point de vue on peut aussi tracer une limite nette entre outil et machine : bêche, marteau, ciseau à bois, etc., systèmes à vis et leviers pour lesquels, quel que soit d'ailleurs le degré d'art qui s'y trouve atteint, l'homme est la force motrice... Tout ceci est inclus dans ce que l'on entend par outil ; tandis que la charrue et la force animale, qui la meut, ainsi que les moulins à vent et autres moulins, etc. doivent être comptés parmi les machines ». (Wilhelm SCHULZ, *Die Bewegung der Produktion*, Zurich 1843, p. 38). Œuvre louable à maints égards.

89. Avant lui on utilisait déjà des machines à préparer le fil, bien que très imparfaites, vraisemblablement d'abord en Italie. Une histoire critique de la technologie prouverait d'ailleurs combien il est rare qu'une invention quelconque, au XVIII^e siècle, soit le fait d'un seul individu. Mais il n'existe jusqu'à présent aucun ouvrage de ce genre. Darwin a attiré l'attention sur l'histoire de la technologie naturelle, c'est-à-dire sur la formation des organes des plantes et des animaux en tant qu'instruments de production de la vie des plantes et des animaux. Mais l'histoire de la formation des

Toute machinerie développée se compose de trois parties essentiellement différentes, la machine motrice, le mécanisme de transmission et enfin la machine-outil ou machine de travail. La machine motrice agit comme force d'actionnement du mécanisme entier. Soit elle produit sa propre force d'actionnement, comme la machine à vapeur, la machine calorique ^{89*}, la machine électromagnétique, etc., soit elle reçoit l'impulsion d'une force naturelle qui existe déjà indépendamment d'elle, comme la roue dans le moulin à eau la reçoit de la chute d'eau, l'aile du moulin à vent du vent, etc. Le mécanisme de transmission composé de volants, d'arbres de transmission, de roues dentées, de pignons coniques, de tiges, de cordes, de courroies, de poulies et d'engrenages intermédiaires des variétés les plus diverses, règle le mouvement, en modifie la forme là où c'est nécessaire, par exemple transforme un mouvement perpendiculaire en rotation, le distribue et le transmet à la machinerie-outil. Ces deux parties du mécanisme n'existent que pour communiquer le mouvement à la machine-outil ; grâce auquel celle-ci s'empare de l'objet de travail et le transforme comme il convient. C'est de cette partie de la machinerie, la machine-outil, qu'est partie la révolution industrielle au XVIII^e siècle. Elle sert toujours et encore de point de départ chaque fois que l'on passe d'une exploitation artisanale ou manufacturière à une exploitation mécanisée.

organes productifs de l'homme social, de la base matérielle de toute organisation particulière de la société, ne mérite-t-elle pas la même attention ? Et ne serait-elle pas plus facile à exposer puisque, comme le dit Vico, l'histoire des hommes se distingue de l'histoire de la nature en ce que nous avons fait l'une et pas l'autre ? La technologie révèle le comportement actif de l'homme envers la nature, le procès immédiat de production de sa vie, donc aussi des conditions sociales de son existence et des conceptions intellectuelles qui en découlent. Et même toute histoire de la religion qui fait abstraction de cette base matérielle est elle aussi non critique. Il est en effet plus facile de trouver par l'analyse le noyau terrestre des conceptions religieuses les plus nébuleuses, qu'à l'inverse de développer à partir de chaque condition réelle d'existence ses formes célestifiées. C'est cette dernière méthode qui est l'unique méthode matérialiste, et donc scientifique. Les lacunes du matérialisme abstrait fondé sur les sciences de la nature et qui exclut le procès historique sont déjà visibles dans les représentations abstraites et idéologiques de ses porte-parole, dès lors qu'ils se hasardent au-delà de leur spécialité.

89*. Machine qui reposait sur le principe de l'extension et de la contraction du volume habituel de l'air par réchauffement et par refroidissement. Par rapport à la machine à vapeur elle était lourde et avait un faible rendement. Elle fut inventée au XIX^e siècle, mais pratiquement abandonnée dès la fin du siècle.

Si nous observons maintenant de plus près la machine-outil ou machine de travail proprement dite, nous voyons réapparaître en substance, quoique souvent sous une forme très modifiée, les appareils et outils avec lesquels travaille l'artisan ou l'ouvrier de manufacture ; mais au lieu d'être des outils de l'homme, ils sont à présent des outils d'un mécanisme ou des outils mécaniques. Ou bien la machine entière n'est qu'une version mécanique plus ou moins transformée du vieil instrument artisanal, comme dans le métier à tisser mécanique⁹⁰, ou bien les organes actifs fixés au bâti de la machine de travail sont de vieilles connaissances comme les fuseaux de la machine à filer, les aiguilles du métier à tisser les bas, les lames de la scie mécanique, les couteaux de la machine à hacher, etc. Ces outils se distinguent déjà par leur origine du corps proprement dit de la machine de travail. Ils sont en effet encore produits en grande partie de manière artisanale ou en manufacture, et c'est seulement ultérieurement qu'ils sont fixés au corps de la machine de travail lui-même produit à la machine⁹¹. La machine-outil est donc un mécanisme qui, après communication du mouvement correspondant, exécute avec ses outils les mêmes opérations que celles qu'exécutait autrefois l'ouvrier avec des outils semblables. Que la force motrice parte de l'homme ou de nouveau d'une machine ne change rien à la nature de la chose. Après le transfert de l'outil proprement dit de l'homme à un mécanisme, une machine prend la place d'un simple outil. La différence saute immédiatement aux yeux, même si l'homme reste encore le premier moteur. Le nombre des instruments de travail avec lesquels il peut agir simultanément est limité par le nombre de ses instruments de production naturels, ses organes corporels proprement dits. En Allemagne, on a d'abord tenté de mettre un fileur sur deux machines à filer, et de le faire travailler ainsi simultanément avec les deux mains et les deux pieds. C'était

90. En particulier dans la forme initiale du métier à tisser mécanique on reconnaît au premier coup d'œil l'ancien métier à tisser. C'est sous sa forme moderne qu'il apparaît profondément transformé.

91. C'est seulement depuis 1850 environ qu'une part sans cesse croissante des outils, des machines de travail sont fabriqués mécaniquement en Angleterre, bien que par d'autres fabricants que ceux qui font les machines proprement dites. Parmi les machines destinées à la fabrication de ces outils mécaniques, il y a, par exemple, l'*automatic bobbin-making engine*, le *card-setting engine*, des machines à faire des galons tissés, des machines à forger des broches pour *métier mécanique* ** et *métier continu* **.

trop pénible. Par la suite, on a inventé un rouet à pied à deux fuseaux, mais les virtuoses du filage qui étaient capables de filer deux fils en même temps ont été quasiment aussi rares que les hommes à deux têtes. Par contre, la *mule-jenny*^{91*} file d'emblée avec 12 à 18 fuseaux, le métier à tisser les bas tricote avec plusieurs milliers d'aiguilles simultanément, etc. Le nombre des outils que cette même machine-outil met simultanément en jeu est d'emblée affranchi de l'obstacle organique qui limite l'instrument artisanal d'un ouvrier.

Pour beaucoup d'outils manuels la différence entre l'homme, comme simple force motrice et comme ouvrier faisant marcher l'opérateur proprement dit, s'exprime dans une existence physiquement distincte. Par exemple, sur le rouet, le pied n'agit que comme force d'actionnement, tandis que c'est la main qui travaille au fuseau, file et tourne, qui accomplit l'opération du filage proprement dit. C'est précisément de cette dernière partie de l'instrument artisanal que s'empare d'abord la révolution industrielle, laissant encore au début à l'homme, en plus de son nouveau travail qui consiste à surveiller des yeux la machine et à corriger ses erreurs à la main, le rôle purement mécanique de la force d'actionnement. Par contre, les instruments sur lesquels l'homme n'agit d'emblée que comme simple force d'actionnement, qu'il s'agisse, par exemple, de tourner la manivelle d'un moulin⁹², de pomper, de lever ou baisser les bras d'un soufflet, d'écraser dans un mortier, etc. sont les premiers à entraîner l'utilisation des animaux, de l'eau, du vent⁹³ comme forces motrices. Pendant la période manufacturière, et sous

91*. Machine à filer inventée par James Hargreaves dans les années 1764 et 1767, et à laquelle il donna le nom de sa fille Jenny.

92. Moïse d'Égypte dit : « Tu ne musèleras pas le bœuf qui foule le grain ». [Deut., 25, 4.] Les philanthropes chrétiens-germaniques, par contre, plaçaient autour du cou du serf, qu'ils utilisaient comme force motrice pour moudre le grain, un grand disque de bois destiné à l'empêcher de porter la farine à sa bouche avec sa main.

93. Le manque de chutes d'eau vive, d'une part, et la lutte contre les excédents d'eau, d'autre part, ont contraint les Hollandais à utiliser le vent comme force motrice. Le moulin à vent proprement dit leur est venu d'Allemagne, où cette invention provoqua une jolie querelle entre la noblesse, le clergé et l'empereur dont l'enjeu était de savoir à qui des trois « appartenait » le vent. L'air asservit, disait-on en Allemagne, tandis qu'en Hollande le vent rendait libre. Ce qu'il asservissait, ce n'était pas le Hollandais, mais sa terre et pour lui. En 1836, on utilisait encore 12 000 moulins à vent en Hollande, d'une puissance de 6 000 chevaux pour empêcher les deux tiers du pays de revenir à l'état marécageux.

forme sporadique, longtemps auparavant, ils tendent partiellement à devenir des machines, mais ils ne révolutionnent pas le mode de production. Dans la période de la grande industrie, il devient évident qu'ils étaient déjà des machines même sous leur forme d'outils artisanaux. Les pompes, par exemple, avec lesquelles les Hollandais ont vidé le lac de Haarlem en 1836-1837, étaient construites selon le principe des pompes ordinaires, sauf que leurs pistons étaient actionnés par des machines à vapeur cyclopéennes au lieu de l'être par des mains humaines. En Angleterre, le soufflet ordinaire et très imparfait du forgeron est encore parfois transformé en pompe à air mécanique par simple raccordement de son bras à une machine à vapeur. La machine à vapeur proprement dite, telle qu'elle fut inventée à la fin du xvii^e siècle pendant la période manufacturière, et poursuivit son existence jusqu'au début de la huitième décennie du xviii^e siècle⁹⁴, n'a provoqué aucune révolution industrielle. C'est à l'inverse beaucoup plus la création des machines-outils qui a rendu nécessaire la révolution de la machine à vapeur. Dès lors que l'homme, au lieu d'agir avec l'outil sur l'objet de travail, n'agit plus que comme force d'actionnement sur une machine-outil, l'habillage de cette force en muscles humains est d'ordre contingent, et le vent, l'eau, la vapeur, etc. peuvent prendre sa place. Ceci n'exclut pas, évidemment, qu'un tel changement provoque souvent d'importantes modifications techniques du mécanisme qui n'était à l'origine construit que pour la force d'actionnement humaine. De nos jours, toutes les machines qui doivent d'abord se frayer un chemin et s'imposer, comme les machines à coudre, machines à pétrir, etc., quand leur destination n'est pas d'emblée incompatible avec de petites dimensions, sont construites à la fois pour une force d'actionnement humaine et pour une force purement mécanique.

La machine, qui est à la base de la révolution industrielle, remplace l'ouvrier manipulant son outil singulier, par un mécanisme qui opère en une fois avec quantité de ces outils ou d'outils de même espèce, et qui est mû par une seule force d'actionnement, quelle qu'en soit la forme⁹⁵. Nous avons ici la machine, mais

94. Elle fut, certes, déjà considérablement améliorée par la première machine à vapeur de Watt, dite à effet simple, mais elle resta sous cette forme une simple machine à lever l'eau et la saumure des salines.

95. « La réunion de tous ces instruments simples, mis en mouvement par un seul moteur, constitue une machine ». (BABBAGE, *ouv. cit.*, p. 136).

seulement comme élément simple de la production mécanique.

L'augmentation du volume de la machine de travail et du nombre de ses outils, qui opèrent en même temps, implique un mécanisme moteur plus volumineux, et ce mécanisme, pour vaincre sa propre résistance, implique une force motrice plus puissante que celle de l'homme, sans parler du fait que l'homme est très imparfait comme instrument de production de mouvement uniforme et continu. Une fois posé qu'il n'agit plus que comme simple force d'actionnement, c'est-à-dire qu'une machine-outil prend la place de son instrument, des forces naturelles peuvent aussi à présent le remplacer en tant que force d'actionnement. De toutes les grandes forces motrices issues de la période manufacturière, la force du cheval était la plus mauvaise, en partie parce qu'un cheval n'en fait qu'à sa tête, en partie à cause de son coût et de la faible ampleur de ses possibilités d'emploi dans les fabriques ⁹⁶. Pourtant le cheval a été abondamment utilisé aux débuts de la grande industrie comme en témoigne, outre les lamentations des agronomes de cette époque, le simple fait qu'on exprime la force mécanique en cheval-vapeur, expression encore en vigueur aujourd'hui. Le vent était trop inconstant et incontrôlable, et, au demeurant, en Angleterre, pays natal de la grande industrie, l'utilisation de la force hydraulique était déjà prédominante pendant la

96. John C. Morton lut en décembre 1859 devant la Société des Arts un essai sur « les forces utilisées en agriculture », où il est dit entre autres : « Toute amélioration qui favorise l'uniformité du sol rend plus utilisable la machine à vapeur pour la production de force purement mécanique... La force du cheval est indispensable là où des haies tortueuses et d'autres obstacles empêchent une action uniforme. Ces obstacles disparaissent chaque jour un peu plus. Dans les opérations qui exigent plus l'exercice de la volonté que la mise en œuvre de force réelle, seule est utilisable la force que dirige à tout instant l'intelligence humaine, c'est-à-dire la force humaine ». Après quoi M. Morton réduit la force de la vapeur, la force du cheval et la force humaine à l'unité de mesure habituelle pour les machines à vapeur, à savoir la force capable de soulever d'un pied un poids de 33 000 livres en une minute, et estime les coûts d'un cheval-vapeur pour la machine à vapeur à 3 d., et pour le cheval à 5 ½ d. l'heure. En outre, on ne peut utiliser le cheval, quand il est en parfaite santé, que huit heures par jour. En employant la force-vapeur, on peut économiser sur une terre cultivée durant toute l'année au moins trois chevaux sur sept pour un prix de revient qui n'est pas supérieur à celui des chevaux remplacés pendant les 3 ou 4 mois où ils sont seulement réellement utilisés. Enfin, dans les opérations agricoles où la force-vapeur peut être utilisée, elle améliore, par rapport à la force-cheval, la qualité de l'ouvrage. Pour faire exécuter le travail de la machine à vapeur, il faudrait employer 66 ouvriers à 15 sh. par heure, et pour exécuter celui des chevaux 32 hommes à 8 sh. par heure.

période manufacturière. Au xvii^e siècle, on avait déjà essayé de mettre en mouvement deux meules et donc aussi deux tournants au moyen d'une seule roue hydraulique. Mais l'accroissement du volume du mécanisme de transmission entra alors en conflit avec la force hydraulique désormais insuffisante et ce fut là l'un des facteurs qui conduisirent à une étude plus précise des lois du frottement. De la même façon, l'action inégale de la force motrice dans les moulins mus par poussée et traction de balanciers aboutit à la théorie et aux applications du volant⁹⁷ qui jouera plus tard un rôle si important dans la grande industrie. C'est ainsi que la période manufacturière a développé les premiers éléments scientifiques et techniques de la grande industrie. Les filatures à *métiers continus*** d'Arkwright furent actionnées hydrauliquement dès le début. Cependant l'emploi de la force hydraulique comme force dominante allait de pair avec des facteurs qui rendaient les choses plus difficiles. Il n'était pas possible de l'augmenter à volonté ni de suppléer à son éventuelle insuffisance ; elle avait parfois des défaillances, et surtout était de nature purement locale⁹⁸. C'est seulement avec la deuxième machine à vapeur de Watt, dite à double effet, qu'on disposa d'un premier moteur produisant lui-même sa force motrice à partir de l'ingestion de charbon et d'eau, et dont le potentiel énergétique était entièrement sous le contrôle de l'homme. A la fois mobile et moyen de locomotion, citadin et non assigné à la campagne comme la roue hydraulique, il permet la concentration de la production dans les villes au lieu de la disséminer dans les campagnes comme le fait la roue hydraulique⁹⁹. Il est

97. Faulhaber, 1625 ; De Cous, 1688.

98. L'invention moderne des turbines libère l'exploitation industrielle de la force hydraulique de nombreux obstacles qui la limitaient antérieurement.

99. « Aux premiers temps de la manufacture textile, l'emplacement de la fabrique dépendait de l'existence d'un cours d'eau ayant une chute suffisante pour faire tourner une roue à eau, et bien que l'installation des moulins à eau signifiât le début de la disparition du système de l'industrie domestique***, ces moulins, qui devaient nécessairement être situés près des cours d'eau et se trouvaient considérablement éloignés les uns des autres, n'en constituaient pas moins des éléments d'un système plutôt rural que citadin. C'est seulement avec l'introduction de la force-vapeur en remplacement du cours d'eau que les fabriques furent concentrées dans des villes et dans des endroits où l'on pourrait trouver en quantité suffisante le charbon et l'eau nécessaires à la production de la vapeur. La machine à vapeur est la mère des villes industrielles ». (A. REDGRAVE in *Reports of the Insp. of Fact.*, 30 avril 1860, p. 36).

99*. Marx ne précise pas « de manufacture » qui figure dans la citation originale en anglais.

universel dans son application technologique, et son lieu d'implantation dépend relativement peu des circonstances locales. Le grand génie de Watt s'exprime dans le descriptif du brevet qu'il prit en avril 1784, et dans lequel sa machine à vapeur est décrite non pas comme une invention destinée à des fins particulières mais comme le principe général de la grande industrie. Il y suggère des applications dont certaines, comme par exemple le marteau-pilon à vapeur, ne furent introduites que plus d'un demi-siècle plus tard. Ce qui ne l'empêchait pas, en même temps, de douter de l'applicabilité de la machine à vapeur à la navigation maritime. Ce sont ses successeurs, Boulton et Watt, qui exposèrent en 1851, à l'Exposition industrielle de Londres, la plus gigantesque machine à vapeur destinée aux steamers transocéaniques. C'est seulement après que les outils eurent été transformés d'outils de l'organisme humain en outils d'un appareil mécanique, la machine-outil, que la machine motrice acquit aussi une forme autonome, totalement affranchie des limites de la force humaine. La machine-outil isolée, que nous avons examinée jusqu'à présent, tombe par là même au rang de simple élément de la production mécanisée. Désormais une machine motrice pouvait actionner simultanément de nombreuses machines de travail. La machine motrice croît avec le nombre des machines de travail mises simultanément en mouvement, et le mécanisme de transmission s'agrandit pour devenir un vaste appareil.

Il faut maintenant distinguer deux choses, la coopération de plusieurs machines analogues et le système de machines.

Dans le premier cas, toute la fabrication est accomplie par la même machine de travail. Elle exécute toutes les différentes opérations qu'accomplissait un artisan avec son outil, par exemple le tisserand avec son métier, ou qu'exécutaient l'un après l'autre des artisans avec divers outils, soit à titre autonome soit en tant que membres d'une manufacture ¹⁰⁰. Dans la manufac-

100. Du point de vue de la division manufacturière le tissage n'était pas un travail simple, mais au contraire un travail de type artisanal complexe et c'est pourquoi le métier à tisser mécanique est une machine qui exécute des opérations très variées. C'est une erreur pure et simple de croire que la machinerie moderne s'empare à l'origine de préférence des opérations que la division manufacturière du travail avait simplifiées. Le tissage et le filage ont été séparés pendant la période de la manufacture en de nouvelles catégories, et leurs instruments ont été améliorés et diversifiés, mais le procès de travail proprement dit, nullement divisé, est resté de type artisanal. Ce n'est pas du travail, mais du moyen de travail que procède la machine.

ture moderne d'enveloppes, par exemple, un ouvrier pliait le papier avec le plioir, un autre appliquait la gomme, un troisième repliait le rabattant sur lequel est imprimée la devise, un quatrième la bosselait, etc. chaque enveloppe prise une à une devant changer de mains pour chacune de ces opérations partielles. Aujourd'hui une seule machine à enveloppes accomplit toutes ces opérations d'un coup et fait en une heure 3 000 enveloppes et plus. Une machine américaine destinée à fabriquer des cornets de papier, présentée à l'exposition industrielle de Londres en 1862, coupe le papier, colle, plie et achève 300 unités à la minute. La totalité du processus qui, dans la manufacture, était divisé et exécuté en séquence continue est ici réalisé par une seule machine de travail qui agit grâce à la combinaison de différents outils. Que cette machine de travail soit simplement la renaissance mécanique d'un outil manuel artisanal assez complexe ou la combinaison d'instruments simples diversifiés et particularisés pour le travail en manufacture, c'est toujours la coopération simple qui réapparaît dans la fabrique, c'est-à-dire dans l'atelier fondé sur l'emploi des machines, et ce d'abord (abstraction faite ici de l'ouvrier) sous la forme d'une agglomération spatiale de machines de travail analogues et agissant ensemble en même temps. Ainsi, une fabrique de tissage est constituée par la juxtaposition de nombreux métiers à tisser mécaniques, et une fabrique de confection, par la juxtaposition de nombreuses machines à coudre dans le même bâtiment de travail. Mais il existe ici une unité technique, en ce sens que ces nombreuses machines de travail identiques reçoivent simultanément et uniformément leur impulsion du battement de cœur du premier moteur commun, qui leur est transmise par le mécanisme de transmission, lequel leur est aussi en partie commun puisqu'il n'est relié à chaque machine-outil prise séparément que par une ramification de connexions particulières. De même que de nombreux outils forment les organes d'une machine de travail, de nombreuses machines de travail ne forment plus maintenant que les organes semblables d'un même mécanisme moteur.

Mais un système de machines proprement dit ne remplace la machine autonome isolée que lorsque l'objet de travail parcourt une série continue de procès différents échelonnés qui sont exécutés par une chaîne de machines-outils différenciées mais qui se complètent les unes les autres. La coopération par division du travail, caractéristique de la manufacture, reparaît ici, mais cette fois comme combinaison de machines de travail partiel.

Les outils spécifiques des différents ouvriers partiels, par exemple, dans une manufacture lainière, ceux des batteurs, des cardeurs, des tondeurs, des fileurs, etc. se transforment maintenant en outils de machines de travail spécifiées dont chacune forme un organe particulier destiné à une fonction particulière dans le système du mécanisme combiné d'outils. La manufacture elle-même fournit au système de machines, dans les branches où celui-ci est d'abord introduit, la base naturelle, en gros, de la division et donc de l'organisation du procès de production ¹⁰¹. Cependant une différence essentielle intervient aussitôt. Dans la manufacture, les ouvriers doivent, isolément ou en groupes, exécuter chaque procès partiel particulier avec leur outil artisanal. Mais, si le travailleur est approprié au processus, celui-ci est déjà d'avance adapté au travailleur. Ce principe subjectif de la division n'existe pas dans la production mécanisée. Le procès global est analysé ici objectivement, considéré en lui-même, dans ses phases constitutives, et le problème que posent l'exécution de chaque procès partiel et l'interliaison des différents procès partiels est résolu par l'application technique de la mécanique, de la chimie, etc. ¹⁰², ce qui bien sûr n'empêche pas qu'il faille toujours perfectionner la conception théorique par une expérience pratique accumulée à grande échelle. Chaque

101. Avant l'époque de la grande industrie, la manufacture prédominante en Angleterre était celle de la laine. C'est donc là qu'ont été réalisées la plupart des expérimentations pendant la première moitié du XVIII^e siècle. Les expériences faites sur la laine de mouton ont profité au coton dont la transformation mécanique réclame des préparations moins pénibles ; de la même façon plus tard, à l'inverse, l'industrie mécanique de la laine se développera sur la base du filage et du tissage mécaniques du coton. Certains éléments singuliers de la manufacture de laine, le cardage par exemple, n'ont été incorporés au système de fabrique que pendant les dernières décennies. « L'application de la force mécanique au processus du cardage... pratiquée sur une grande échelle depuis l'introduction de la " machine à carder ", celle de Lister spécialement... a eu indubitablement pour effet de jeter hors du travail un grand nombre d'ouvriers. Auparavant on cardait la laine à la main, le plus souvent dans la maison du cardeur. Aujourd'hui elle est cardée généralement dans la fabrique et le travail manuel a été refoulé, sauf quelques catégories spécifiques de travail où l'on préfère encore la laine cardée à la main. Beaucoup de cardeurs à main ont trouvé du travail dans les fabriques mais le produit de leur travail représente si peu de chose, comparé à celui de la machine, qu'un grand nombre de cardeurs est resté sans emploi ». (*Rep. of Insp. of Fact. for 31st Oct. 1856*, p. 16).

102. « Le principe du système de fabrique est donc... de substituer à la répartition ou à l'échelonnement du travail entre les différents artisans la division du procès de travail en ses composantes essentielles ». (URE, *ouv. cit.*, p. 20).

machine partielle fournit à celle qui la suit immédiatement son matériau brut, et comme toutes fonctionnent en même temps, le produit se trouve aussi bien constamment aux divers degrés de son procès de formation qu'à la transition entre une phase de production et une autre. De même que dans la manufacture la coopération immédiate des travailleurs partiels crée des nombres proportionnels déterminés entre les divers groupes d'ouvriers, de même dans le système articulé des machines l'occupation constante des machines partielles les unes par les autres crée un rapport déterminé entre leur nombre, leurs dimensions et leur vitesse. La machine de travail combinée, devenue un système articulé de différentes machines de travail isolées et de groupes de celles-ci, sera d'autant plus parfaite que son procès global sera plus continu, c'est-à-dire que le matériau brut passera avec d'autant moins d'interruption de la première phase à la dernière, que c'est davantage le mécanisme lui-même, et non la main de l'homme, qui le poussera d'une phase de production dans une autre. Si, dans la manufacture, l'isolement des procès particuliers est un principe donné par la division du travail elle-même, dans la fabrique développée, au contraire, c'est la continuité des procès particuliers qui règne.

Tout système de machinerie, qu'il soit fondé sur la simple coopération de machines de travail analogues, comme dans le tissage, ou sur une combinaison de machines différenciées, comme dans la filature, constitue en soi un grand automate dès qu'il est mis en mouvement par un premier moteur qui se meut de lui-même. Cependant, le système global peut être mû, par exemple, par la machine à vapeur, bien que certaines machines-outils isolées aient encore besoin de l'ouvrier pour certains mouvements, comme le mouvement nécessaire à la mise en marche de la mule avant l'introduction de la *self-acting mule* et comme cela se fait encore aujourd'hui dans le tissage fin, ou encore, bien que certaines parties précises de la machine doivent être dirigées comme un outil par l'ouvrier pour qu'elle puisse accomplir son travail, comme c'était le cas dans la construction de machines avant la transformation du *slide rest* (un appareillage de support rotatoire) en un *selfactor*. Dès lors que la machine de travail exécute tous les mouvements nécessaires à la transformation du matériau brut sans le secours de l'homme et ne réclame plus que son assistance éventuelle, nous avons un système de machinerie automatique, capable cependant de constants perfectionnements dans le détail. C'est ainsi, par exemple,

que l'appareil qui arrête de lui-même la machine à filer dès qu'un seul fil casse, ou le *selfacting stop* qui arrête le métier à tisser à vapeur amélioré dès que le fil de trame sort de la bobine de la navette, sont des inventions tout à fait modernes. La fabrication de papier moderne peut servir d'exemple aussi bien pour la continuité de la production que pour l'application du principe de l'automatisme. La production du papier permet du reste en général d'étudier avec profit dans le détail la différence entre les divers modes de production, sur la base des différents moyens de production, ainsi que la connexion entre les rapports sociaux de production et ces modes de production ; dans cette branche en effet, l'ancienne fabrication allemande du papier nous fournit un modèle de la production artisanale, la Hollande du xvii^e siècle et la France du xviii^e siècle un modèle de la manufacture proprement dite, et l'Angleterre moderne un modèle de la fabrication automatique, cependant qu'en Chine et en Inde, il existe encore deux formes asiatiques anciennes différentes de cette même industrie.

C'est comme système articulé de machines de travail qui ne reçoivent leur mouvement que d'un automate central par l'entremise de la machinerie de transmission que l'exploitation mécanisée a sa configuration la plus développée. La machine isolée y a fait place à un monstre mécanique dont le corps emplit des corps de bâtiment entiers de la fabrique, et dont la force démoniaque, un temps dissimulée par le mouvement précis et presque solennel de ses gigantesques membres, éclate dans la folle et fébrile sarabande de ses innombrables organes de travail proprement dits.

Il y a eu des *métiers mécaniques***, des machines à vapeur, etc., avant qu'il y ait des ouvriers dont l'exclusive besogne était de faire des machines à vapeur ou des *métiers mécaniques***, de la même façon que l'homme a porté des vêtements avant qu'il y eût des tailleurs. Les inventions de Vaucanson, Arkwright, Watt, etc., n'ont cependant été réalisables que parce que ces inventeurs avaient trouvé un nombre considérable d'ouvriers mécaniciens habiles, que leur léguait la période manufacturière. Une partie de ces ouvriers était constituée d'artisans autonomes de professions diverses, une autre partie était réunie dans les manufactures où, comme il a été dit précédemment, la division du travail régnait avec une rigueur particulière. Avec l'accroissement des inventions et la demande croissante de machines nouvellement inventées, il y eut un développement de plus en

plus grand, d'une part, du partage de la fabrication des machines en diverses branches autonomes, d'autre part, de la division du travail à l'intérieur des manufactures de construction des machines. Nous entrevoyons donc ici dans la manufacture la base technique immédiate de la grande industrie. La manufacture a produit la machinerie avec laquelle la grande industrie a supprimé l'entreprise artisanale et manufacturière dans les sphères de production dont elle s'est d'abord emparée. L'exploitation mécanisée a donc naturellement grandi sur une base matérielle qui lui était inappropriée. A un certain degré de développement elle a dû bouleverser cette base même, qu'elle avait d'abord trouvée toute faite, et dont elle avait ensuite poursuivi l'achèvement sous sa forme ancienne, et se créer une nouvelle base correspondant à son propre mode de production. De même que la machine isolée reste une petite chose tant qu'elle n'est mue que par les hommes et que le système de machines n'a pu se développer librement tant que la machine à vapeur n'eut pas pris la place des forces d'actionnement traditionnelles — l'animal, le vent et même l'eau — de même la grande industrie fut paralysée dans tout son développement tant que son moyen de production caractéristique, la machine elle-même, dut son existence à la force et à l'habileté humaines, et dépendit donc du développement musculaire, de l'acuité visuelle et de la virtuosité manuelle du travailleur partiel dans la manufacture, et de l'artisan hors de celle-ci, maniant l'un et l'autre leur instrument lilliputien. Abstraction faite du renchérissement des machines dû aux modalités de cette genèse — facteur qui domine le capital comme mobile conscient — l'extension de l'industrie fonctionnant déjà à l'aide de machines et la pénétration de la machinerie dans de nouveaux secteurs de production restèrent purement conditionnées par l'augmentation d'une catégorie de travailleurs dont le nombre, vu la nature semi-artistique de leur travail, ne pouvait s'accroître que progressivement et non par à-coups. Mais, à un certain degré de développement, la grande industrie entra aussi du point de vue technique en conflit avec son soubassement artisanal et manufacturier. L'extension du volume des machines motrices, du mécanisme de transmission et des machines-outils, une plus grande complexité et diversité et une régularité plus rigoureuse de leurs composantes à mesure que la machine-outil se détachait du principe artisanal de construction qui prévalait pour elle à l'origine, et qu'elle prenait une configuration libre, uniquement

déterminée par sa tâche mécanique ¹⁰³, le développement du système automatique et l'emploi de plus en plus inévitable de matériaux difficiles à travailler, par exemple du fer à la place du bois, — la solution de tous ces problèmes apparus spontanément et naturellement se heurta partout à des limites humaines que même le personnel ouvrier combiné de la manufacture n'était en mesure de dépasser que relativement et non dans leur essence même. Certaines machines modernes comme la presse d'imprimerie, le métier à tisser à vapeur et la machine à carder ne purent être fournies par la manufacture.

Le bouleversement du mode de production dans une sphère de l'industrie entraîne et conditionne son bouleversement dans l'autre. Cela vaut d'abord pour les branches d'industrie isolées par la division sociale du travail, qui produisent ainsi chacune une marchandise autonome, mais qui cependant s'entrelacent comme autant de phases d'un procès global. C'est ainsi que la filature mécanique a rendu nécessaire le tissage mécanique et que l'une et l'autre réunis ont rendu nécessaire la révolution mécanico-chimique dans la blanchisserie, l'imprimerie et la teinturerie. De la même façon la révolution dans le filage du coton a suscité par ailleurs l'invention du *gin* pour la séparation de la fibre du coton et de la graine, invention grâce à laquelle la production du coton fut enfin possible à la grande échelle désormais exigée ¹⁰⁴. Mais la révolution du mode de production dans l'industrie et l'agriculture a aussi notamment rendu nécessaire

103. Le métier à tisser mécanique, sous sa première forme, se compose essentiellement de bois, tandis que le métier moderne amélioré est en fer. Pour mesurer à quel point l'ancienne forme du moyen de production domine encore à l'origine sa forme nouvelle, il suffit de faire une comparaison très superficielle entre le métier à tisser moderne à vapeur et l'ancien métier, entre les souffleries modernes dans les fonderies et la première reproduction mécanique grossière du soufflet ordinaire, ou encore, exemple sans doute plus saisissant que tous les autres, de penser au modèle de locomotive que l'on a essayé avant d'inventer les locomotives actuelles, et qui avait deux pieds effectivement, qu'il levait alternativement à la manière d'un cheval. Il faut attendre que la mécanique évolue et que l'expérience pratique se soit accumulée pour que la forme soit entièrement déterminée par le principe mécanique et donc soit totalement affranchie de la forme traditionnelle de l'outil qui se métamorphose en machine.

104. La *machine à égrener le coton* ** du Yankee Eli Whitney a, pour l'essentiel, subi moins de modifications à ce jour que n'importe quelle autre machine du XVIII^e siècle. C'est seulement depuis les dernières décennies (avant 1867) qu'un autre Américain, M. Emery d'Albany, New York, a relégué la machine de Whitney aux antiquités, grâce à une amélioration aussi simple qu'efficace.

une révolution dans les conditions générales du procès social de production, c'est-à-dire dans les moyens de communication et de transport. De même que les moyens de communication et de transport d'une société dont le pivot, pour reprendre une expression de Fourier, était la petite agriculture, avec son industrie domestique secondaire et l'artisanat urbain, ne pouvaient absolument plus suffire aux besoins de production de la période manufacturière avec sa division élargie du travail social, sa concentration des moyens de travail et des ouvriers et ses marchés coloniaux, ce qui explique d'ailleurs qu'ils furent effectivement bouleversés, de même les moyens de communication et de transport légués par la période manufacturière se transformèrent bientôt en entraves insupportables pour la grande industrie avec sa vitesse fébrile de production à très grande échelle, sa projection continuelle de grandes quantités d'ouvriers et de capitaux d'une sphère de production dans une autre, ses connexions nouvellement créées à l'échelle du marché mondial. Mis à part le bouleversement complet dans la construction des grands voiliers, le système de communication et de transport fut par conséquent adapté progressivement, par un système de navigation fluvial à vapeur, de chemins de fer, de bateaux à vapeur de haute mer et de télégraphes, au mode de production de la grande industrie. Mais les quantités énormes de fer qu'il fallut alors forger, souder, couper, forer, façonner, exigèrent à leur tour des machines cyclopéennes que la construction mécanique manufacturière fut incapable de créer.

La grande industrie fut donc obligée de s'emparer de son moyen de production caractéristique, la machine, et avec des machines, de produire des machines. C'est seulement à partir de ce moment qu'elle se créa sa base technique adéquate, en se dressant sur ses propres pieds et devenant elle-même. Avec l'accroissement de l'emploi des machines dans les premières décennies du XIX^e siècle, la machinerie s'empara effectivement peu à peu de la fabrication des machines-outils. Toutefois, c'est seulement au cours des dernières décennies écoulées que les gigantesques constructions de voies ferrées et la navigation hauturière à vapeur firent naître les machines cyclopéennes utilisées pour la construction des premiers moteurs.

La condition de production la plus essentielle pour la fabrication de machines par des machines était une machine motrice capable de n'importe quelle puissance potentielle, et cependant

en même temps, totalement contrôlable. Elle existait déjà avec la machine à vapeur. Mais il s'agissait en même temps de produire mécaniquement les formes rigoureusement géométriques nécessaires aux différentes parties des machines, comme la droite, le plan, le cercle, le cylindre, le cône et la sphère. Ce problème fut résolu par Henry Maudslay dans la première décennie du XIX^e siècle par l'invention du *slide rest* qui fut bientôt rendu automatique et transféré, sous une forme modifiée, du tour auquel il était d'abord destiné, à d'autres machines de construction. Ce dispositif mécanique ne remplace pas n'importe quel outil particulier, mais bien la main de l'homme qui crée une forme déterminée en tenant, ajustant et dirigeant le tranchant d'instruments à découper, etc. contre ou sur le matériau de travail, par exemple le fer. On réussit ainsi à « produire » les formes géométriques des différentes parties des machines

« avec un degré de facilité, d'exactitude et de rapidité qu'aucune expérience accumulée par la main du plus habile ouvrier ne pouvait donner » ¹⁰⁵.

Si nous considérons maintenant la partie de la machinerie employée pour la construction des machines, celle qui constitue la machine-outil proprement dite, l'instrument artisanal réapparaît, mais avec des dimensions cyclopéennes. L'opérateur de la foreuse, par exemple, est un énorme foret actionné par une machine à vapeur, sans lequel inversement on ne pourrait pas produire les cylindres des grandes machines à vapeur et des presses hydrauliques. Le tour mécanique est la renaissance cyclopéenne du tour ordinaire actionné au pied ; la raboteuse est un charpentier de fer qui travaille dans le fer avec les mêmes outils que le charpentier dans le bois ; l'outil qui, dans les chantiers navals de Londres, découpe les plaques de métal, est un rasoir géant ; l'outil de la découpeuse qui coupe le fer, comme les ciseaux du tailleur le tissu, est une monstrueuse cisaille ; et le marteau à vapeur opère avec une tête de marteau ordinaire,

105. *The Industry of Nations*, Londres 1855, Part II, p. 239. On y lit au même endroit : « Pour aussi simple et extérieurement insignifiant que puisse paraître cet accessoire du tour, nous croyons ne rien exagérer en affirmant que son influence sur l'extension et l'amélioration de l'utilisation des machines a été aussi grande que celle des améliorations apportées par Watt sur la machine à vapeur. Son introduction a eu pour effet immédiat de perfectionner toutes les machines et de les rendre meilleur marché, et elle a conduit à de nouvelles inventions et améliorations ».

mais d'un tel poids que Thor lui-même ne pourrait le brandir ¹⁰⁶. L'un de ces marteaux à vapeur inventés par Nasmyth, pèse, par exemple, plus de 6 tonnes et tombe après une chute verticale de 7 pieds sur une enclume de 36 tonnes. C'est un jeu d'enfant pour lui de pulvériser un bloc de granit, mais il n'en est pas moins capable d'enfoncer un clou dans du bois tendre par une série successive de petits coups ¹⁰⁷.

Le moyen de travail acquiert en tant que machinerie un mode d'existence matériel qui implique le remplacement de la force humaine par des forces naturelles et celui de la routine empirique par l'utilisation consciente des sciences de la nature. Dans la manufacture, l'articulation du procès social du travail est purement subjective : c'est une combinaison d'ouvriers partiels ; dans le système des machines, la grande industrie possède un organisme de production tout à fait objectif que l'ouvrier trouve devant lui toute prête comme condition matérielle de production. Dans la coopération simple et même dans la coopération spécifiée par la division du travail, le refoulement de l'ouvrier isolé par l'ouvrier socialisé apparaît toujours de façon plus ou moins accidentelle. La machinerie au contraire, à quelques exceptions près que nous mentionnerons plus tard, ne fonctionne que grâce à un travail immédiatement socialisé ou commun. Le caractère coopératif du procès du travail devient donc maintenant une nécessité technique dictée par la nature du moyen de travail lui-même.

2. Valeur cédée par la machinerie au produit

On a vu que les forces productives issues de la coopération et de la division du travail ne coûtent rien au capital. Ce sont des forces naturelles du travail social. Les forces naturelles, comme la vapeur, l'eau, etc. que l'on approprie à des procès productifs, ne coûtent rien non plus. Mais de même que l'homme a besoin d'un poumon pour respirer, il a besoin aussi d'une « création de la main humaine » pour consommer de manière

106. Une de ces machines employées à Londres pour forger des *arbres de roue à aubes* ** porte le nom de « Thor ». Elle forge un arbre de 16 ½ tonnes aussi facilement qu'un forgeron réalise un fer à cheval.

107. Les machines qui travaillent sur le bois, et qui peuvent aussi être employées sur une petite échelle, sont généralement d'invention américaine.