

Bulferetti, Luigi

Quelques propositions de technométrie historique au sujet de l'industrialisation

Organon 11, 59-78

1975

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Luigi Bulferetti (Italie)

QUELQUES PROPOSITIONS DE TECHNOMÉTRIE HISTORIQUE AU SUJET DE L'INDUSTRIALISATION

Sommaire: 1. L'économétrie et la technométrie pour mesurer l'aspect technique de la révolution industrielle. — 2. La méthode de Purš pour mesurer le retard du développement économique et technique, et celle de Piaskowski pour mesurer la rationalisation de la production. — 3. La mesure du «rendement» des machines, utilisée comme critère «économique» du progrès technique. — 4. Le progrès technique comme approche à la science et comme partie du progrès scientifique. — 5. Le progrès technique comme évolution hyperorganique ou comme progrès de l'automatisme. — Conclusions. — Note bibliographique.

1. Les recherches que nous avons faites jusqu'aux discussions de Jablonna (août 1973) nous ont démontré que les positions fondées sur certains concepts («industrialisation», «révolution industrielle», «modèle de décollage» etc.) étaient plus aptes à évoquer les économies que les techniques, même si les deux sortes d'événements sont étroitement liées (comme la 1^{re} et la 2^e révolution industrielle — où des sources d'énergie — sont étroitement liées respectivement avec la 2^e et la 3^e révolution technologique) et elles peuvent s'encadrer dans l'histoire sociale. Mais les faits techniques peuvent être aussi considérés distincts des faits économiques, et le but fondamental de l'ICOHTEC c'est de se dédier à une considération spécifique des faits techniques même si l'approfondissement de certains secteurs par des spécialistes doit rendre ensuite possible des propos interdisciplinaires, et donner enfin sa contribution à la connaissance de l'histoire générale.

Puisque la première révolution industrielle s'est vérifiée en coïncidence avec la 2^e révolution technique (ou révolution de la mécanisation et de la vapeur la 1^{re} se suit à l'époque néolithique, et il s'agit de la révolution agricole; les événements situés autour de l'an 1000 ou de 1600 de notre ère ne sont pas toujours considérés comme une révolution spécifique) et puisque les pays en retard étaient si nombreux, aussi du point de vue industriel, que du point de vue technologique, et du moment

que l'agriculture elle-même, avec le progrès technique, s'est industrialisée, les recherches organisées par l'ICOHTEC au cours des premières années de son existence à propos des innovations d'origine anglaise des XVIII^e et XIX^e siècles, de leur introduction dans les pays non-initiateurs, du décollage des pays agricoles de l'Europe centro-méridionale non-initiateurs, de leur transformation en pays initiateurs, ont servi aussi à l'histoire des techniques, considérée surtout sous l'aspect économique: l'innovation, en effet est un concept en un fait qui intéresse autant la science et «l'histoire technique des techniques», que, dans ses répétitions, l'histoire économique, à laquelle appartient l'histoire non strictement technique des techniques.

Tandis que l'économétrie a acquis une structure précise depuis longtemps, ce qui nous permet d'exprimer numériquement ou quantitativement les accroissements et les progrès économiques, et nous permet, en utilisant les mesures du système C.G.S., les synthèses comme celle de C.M. Cipolla dans laquelle la notion de «calorie» donne de brillants exemples, ainsi que nous l'avons rappelé à Jabłonna, il manque encore une quantification du progrès technologique, parce qu'il manque une technométrie historique. Si nous avons affirmé génériquement à Jabłonna que dans la phase de la première révolution industrielle, nous sommes généralement au stade IV, ou au 4^e degré de l'évolution technologique — selon une échelle proposée par moi-même il y a quelques années —, degré caractérisé par des éléments tels que le régulateur de Watt, dépassé seulement en concomitance de la révolution des sources d'énergie par l'introduction, mettons, d'appareils fondés sur l'emploi de tubes cathodiques etc., ce qui permit de rejoindre le 5^e degré, cette affirmation aurait besoin d'une longue démonstration et de profondes recherches analytiques pour pouvoir être proposée d'une façon moins dogmatique et sommaire. Nous nous proposons seulement, ici, de donner quelques informations et indications sur le problème de la quantification de l'histoire des techniques. L'économétrie nous consent de mesurer la situation technico-économique qui a rendu possible dans les différentes régions, les révolutions industrielles: c'est-à-dire les dépenses pour la recherche technologique; le financement de nouvelles solutions dans les techniques productives pour le dépassement des barrières techniques précédentes; les investissements pour les nouvelles installations, pour les amortissements du matériel, pour la qualification technique des masses ouvrières grâce à l'instruction technique; les valeurs de l'accroissement des nouvelles productions dans les différents domaines; les coûts décroissants de différentes opérations productives; enfin tout ce que Babbage, «mécanicien» et économiste en même temps, comme il l'était, avait prévu dans son oeuvre sur l'économie des machines et des manufactures.

La comparaison des différentes données permet d'exprimer les indices de corrélation et de pourcentage (sur les productions et les ventes de

matières premières et de produits manufacturés par exemple, les heures de travail, les établissements, les migrations, les formations de capitaux et leur composition, le montant de l'accroissement de leur valeur, la décomposition des coûts des différents facteurs), indices qui, sans sortir de l'économétrie, nous présentent des modèles de développement, pour arriver, à partir du secteur de la révolution technique, à celui de la production industrielle, à l'influence de l'industrialisation sur les autres secteurs de la vie économique (distribution des revenus, par exemple), sur les services et les structures sociales, sur le milieu naturel et même sur la santé, si nous pouvons évaluer les dégâts et les dommages qui lui sont causés en termes économiques, tout au moins entre certaines limites. Quant à la valeur de l'invention qui dépend de la valeur de son utilité, sa mesurabilité en est évidente en termes économétriques, d'autant plus si nous en connaissons le prix payé pour les nombreux privilèges ou brevets, accordés à leurs inventeurs ou possesseurs, et le gain ou la perte des acheteurs. G. Barraclough a défini les caractéristiques de celle qu'on a dit deuxième révolution industrielle (commencée en Italie, comme dans d'autres pays «arriérés», pendant les dernières années du XIX^e siècle, et se superposant et s'entrelaçant avec la première), révolution que nous préférons appeler révolution des sources d'énergie, mettant ainsi l'accent sur l'aspect vraiment technologique plutôt que sur celui économique, même si cet aspect est traduisible, en grande partie, en termes économétriques.

Ces caractéristiques sont la production (ou transformation) de l'énergie à travers les dynamos mises en mouvement par des turbines hydrauliques, ou par des moteurs à vapeur, ou Diesel plutôt qu'à l'aide des roues hydrauliques; la production de pétrole et de ses dérivés djointe au charbon de bois, ou à la houille, et son utilisation dans des moteurs à combustion interne; la production enfin de «chevaux-vapeur» à travers des moteurs électriques ou à combustion interne (plutôt qu'à l'aide des roues hydrauliques) et ensuite, après les turbines au lieu des roues hydrauliques, les fours électriques en sidérurgie à la place des fours à charbon; les installations d'électrolyse et de synthèse en chimie; le transport à grandes distances de l'énergie utilisable par des moteurs de poids et de dimensions relativement mineurs (mais aussi l'augmentation en chiffres absolus des poids et des puissances, par exemple dans les moteurs de bateau); et enfin, souvent, la traction électrique à la place de la traction à vapeur; l'installation d'usines même très loin des sources primaires d'énergie; l'identification de la technique avec la science toujours plus évidente; l'accroissement de l'incidence des innovations (grâce à la vitesse des communications), sur la diffusion et l'accroissement de l'information et sur la vie humaine conditionnée ultérieurement par l'intervention technologique, dans des procédés mesurables économiquement ou mieux mesurables par l'économétrie.

L'économétrie révèle aussi un certain asynchronisme au moment du passage de la première à la seconde révolution industrielle, comme Gille et d'autres l'ont expliqué, en insistant sur les conditions d'installation, sur les antécédents nécessaires, ou mieux sur les « seuils de réception » selon la terminologie de Daumas, à part leur classification: Gerschenkron parle de subordonnées et d'indépendantes, Rusinski de facteurs communs régionaux ou spécifiques. Si le terme de révolution est plus apte que celui de *bouleversement* ou de *tournant*, ou bien encore que l'expression *période d'accélération de la croissance* (Marczewski) cela dépend du langage et du jugement de particuliers auteurs. Cette accélération par secteurs spécifiques a été connue en Italie, si nous excluons le discours préparatoire (très vif dès 1866), à partir de 1881 ou de 1891, et d'un point de vue plus général, au début du XX^e siècle, arrivant ainsi à la compénétration de la première et de la seconde révolution industrielle.

2. A travers l'économétrie le développement technique est surtout considéré comme une augmentation de « calories transformées » à disposition de chaque individu, et de l'humanité (Cipolla) (on peut parler d'accroissement de la « diète énergétique » individuelle moyenne); ou comme dynamique de la production, vue quantitativement dans des produits nouveaux, ou réalisés sur la base de nouvelles techniques. Ce type de considérations a uni les recherches sur la sidérurgie Piaskoska, effectuées sur d'amples zones européennes, et de Gueglio, limitées au contraire à l'Italie et particulièrement à la Ligurie. La comparaison entre la production du fer puddlé et celle de l'acier coulé par la Piaskoska, entre le « ferro-pacchetto » et l'acier Martin par Gueglio a été considérée comme un indice de progrès technique, analysé par la première avec rigueur statistique. Mais les considérations de Mme Pietrzak-Pawłowska qui partent du modèle britannique de révolution technique, considéré comme substitution des outils de travail manuel avec des outils de travail mécanique, et substitution de sources naturelles de force motrice avec des machines à vapeur, finissaient par reconduire le processus d'industrialisation à l'interprétation au fond économique, parce que la prévalence de la nouvelle énergie, de la vapeur, sur les forces naturelles, et la transformation du milieu naturel, avaient le but de multiplier la quantité de biens matériels. La micro et la macro-analyse de Pawłowska regardent principalement le monde économique et s'expriment surtout à travers une quantification qui consent à l'économétrie de représenter les cinq degrés de croissance du modèle universel d'industrialisation, présentés par V. V. Rostow en 1960, avec la distinction entre les pays qui avaient commencé, et ceux qui représentaient un certain retard. Pour ces derniers, l'accélération de la croissance du potentiel productif (minier, ou de toute autre espèce), pendant le dernier quart du siècle passé est un fait commun en Europe, même si

persistent les motifs d'asynchronisme, c'est-à-dire de développement non synchrone dans de divers pays. Le développement non synchrone peut être examiné sous l'aspect de «différence technologique» ainsi que nous voyons dans les études promues par l'I.S.V.E.T. (Istituto per gli studi sullo sviluppo economico e il progresso tecnico) dans l'oeuvre *La misurazione del divario tecnologico. Confronto tra la situazione italiana e quella di altri paesi industrializzati nel settore-chiave dell'industria* (vol. I: Costruzioni, elettronica, nucleare; Milano, Angeli 1971). Dans cette oeuvre Freye et d'autres auteurs nous montrent comment, en théorie, la comparaison entre les fonctions associées de production, relatives aux différents systèmes dont on parle, pourrait servir à mesurer la «différence». Le «troisième facteur» (c'est-à-dire le facteur technique selon plusieurs économistes), différent du capital et du travail, mesurés en termes physiques, c'est la partie opérative d'une fonction de production. Son expression a été proposée par Solow: la production totale (Q) est la fonction de l'emploi physique de travail (L), de l'emploi physique de capitaux (K) et d'une variable, le temps (t), qui exprimerait les effets du progrès technique sur la production. Dans l'hypothèse que le progrès technique se manifeste seulement à travers les variations de la production, réalisable avec une certaine combinaison entre les facteurs capital et travail, la fonction de production pourrait être présentée sous la forme suivante: $Q = A/T/ \cdot f/K, L/$, dans laquelle $A/T/$ serait l'indice cumulatif du progrès technique, ou mieux l'efficacité atteinte par le système économique: G . De Meo a discuté la possibilité d'application d'une méthode de mesure, fondée sur une fonction de production d'un tel type. Pratiquement, l'estimation de la différence peut apparaître plus simple en partant de l'examen de certaines composantes du 3^e facteur (amélioration de la connaissance, application des méthodes technico-organisatrices connues, utilisation des ressources, etc.). Naturellement il s'agit d'une comparaison statistique, quantitative dont les savants de l'I.S.V.E.T. nous fournissent des exemples.

Asynchronisme: voilà la méthode, en substance économétrique elle aussi, réalisée par Purš avec d'intéressants résultats qui nous semblent sortir du secteur plus proprement économique, tout en conservant, au centre, le *trend* à long terme dans le développement des machines à vapeur, pour une grande partie de l'Europe Centrale (mais avec des références aussi pour d'autres régions), au but de quantifier le «retard» relatif de différents pays dans une industrialisation au sens le plus large. L'indice asynchrone du retard est exprimé par le nombre d'années et répond, dérivant d'une notion de «devoir être» plutôt que d'une notion d'«être», à la question: En quelles années, différents pays ont-ils rejoint la même puissance pour 1000 habitants, en machines à vapeur industrielles, et par rapport à cet indice de combien d'années étaient-ils en retard, à un moment déterminé, par rapport à un pays plus avancé? L'indice synchro-

nique du retard répond, au contraire, à la question: de combien de chevaux vapeur, développés par la machine à vapeur, dans les industries, pour 1000 habitants, dans la même année était en retard un pays donné? Le coefficient synthétique du retard exprimé en CV/1000 h est appelé par Purš *asynchron*. Dans la traction à vapeur il devient *vapasynchron*, pour les machines électriques *élasynchron*, pour les sources d'énergie atomique *atomasynchron*, pour la production et la consommation de fer *ferasynchron*, pour l'extraction et la consommation de charbon *carbassynchron*, pour celles du pétrole *pétrasynchron*, pour l'ensemble des indices *uni-vasynchron*. Par rapport aux sources d'énergie, aux matières premières, aux moyens de communication (décomposés en éléments typiques), aux cerveaux électroniques (*compasynchron*) et jusqu'à l'armée, à la culture (ou mieux aux publications), à l'instruction et au système politique (*polasynchron*) d'une manière limitée au droit de vote, égal, direct, secret dans le corps législatif, la méthode apparaît assez simple et même convaincante, sauf le calcul que Purš n'a pas affronté pour sommer d'une façon pondérée, les différents indices dans le but d'obtenir l'indice universel. En réalité Purš a confiance dans les éléments de quantification habituels utilisables en économétrie. Et en effet, Purš prend l'axe des temps «historico-économiques» équivalents comme base chronologique: si le développement était parfaitement contemporain dans les différents pays pour lesquels il n'existerait donc aucune différence, l'asynchronisme serait égal à 0, et une telle situation «exprimerait un certain état d'entropie où le système respectif des pays est industrialisé de manière que [...] le système se trouverait dans un état d'équilibre ordonné». J'ai déjà expliqué dans mon *Introduzione alla storiografia* les dangers de l'emploi du terme entropie dans l'acceptation de quantité d'«ordre», parce qu'il implique l'emploi d'une notion absolue «d'ordre», même quand il se rapporte à la chaleur, qui devient presque métaphysique, et ne peut donc pas être utilisée dans une tentative de dessiner une évolution historique. La tentative de Purš est utile en tant qu'elle permet la quantification mettant en évidence soit les «retards» dans le développement, essentiellement économique, ou bien biologique (éventuellement physiologique et psychologique), soit la notion de temps sociologique (la structure économique serait à la base de la structure sociale dans une conception marxiste), c'est-à-dire une dimension concrètement historique. Au contraire, du point de vue de l'histoire technique des techniques, on a observé que la méthodologie proposée par Purš n'apparaît pas complètement satisfaisante parce qu'elle commence à mesurer là où finissent d'autres méthodes, c'est-à-dire à partir des chevaux-vapeur (H.P.), ou à partir d'autres énergies ou matériaux déjà produits; mais les techniques de production caractérisent différents moyens de production et, donc, pour leur histoire il est intéressant de savoir comment ont été produits, par exemple, ces chevaux-vapeur. Une autre proposition pour mesurer le progrès industriel a été avancée par Piaskowski

(*Chain Analysis of Technical Progress in Industry*) mais nous avons observé à Jabłonna que la méthode ingénieuse est plus apte à mesurer un seul progrès technique, c'est-à-dire celui de l'organisation de la production, de l'organisation du travail, génériquement conçu (des hommes et des machines en symbiose) dans un ou plusieurs secteurs.

La rationalisation du travail, de la production est certainement survenue à l'époque moderne et contemporaine, à travers un système que nous pouvons appeler technique de l'organisation, et c'est un important élément de ce qu'on appelle «productivité», concept économique et technique en même temps. L'efficacité, c'est-à-dire l'utilité, sans un système productif complexe, peut être mesurée, mais dans ce cas aussi il nous semble que nous ne sortons pas de l'économétrie formulée avec des indices d'un progrès technique spécifique analysable selon la méthode de Piaskowski.

3. Il y a cependant une façon de mesurer l'utilité, ou mieux même une application ou une méthodologie d'origine économique, qui peut nous montrer un développement technologique plus intrinsèque ou plus intime, ou un perfectionnement des techniques, et donc de mesurer le progrès technique déjà sous un de ses aspects propres ou «internes», sans sortir des notions de «coûts», de «rendement», de «perte», c'est-à-dire des notions communes à la science économique, à la mécanique et à d'autres parties de la physique qui se sont développées, comme nous le savons, plus ou moins contemporanément, dès les premières décades du XVIII^e siècle. Comme on le sait, en effet, le principe du «moyen minimum» fut appliqué pratiquement à la même période à l'optique (le «minimum parcours de la lumière»), à la mécanique, à l'économie politique, pour laquelle on préféra l'expression psychologiquement plus significative du «minimum effort», pour ne pas dire à la logique, c'est-à-dire à la philosophie, où il apparût avec l'expression de raison suffisante, ni de la science politique (le maximum de bonheur public). Nous savons aujourd'hui à quel stade de la pensée mathématique ce principe appartient, principe qui a été privé de conséquence, dès la fin du siècle dernier, comme nous l'avons rappelé à propos de Menabrea, du halo presque métaphysique qui l'entourait, et nous n'hésiterons pas à placer celui-ci à ce 4^e degré du développement technologique auquel nous avons fait allusion et sur lequel nous reviendrons (la pensée aussi en tant que méthode logique est une technique). Comme il existe un rendement du travail musculaire humain (étudié par tant de physiologues du XIX^e siècle, comme Mosso) analysé aujourd'hui particulièrement par ceux qui préparent des records sportifs, il existe un rendement de la machine: du point de vue de la physiologie, la notion de «calorie» suffit pour mesurer le premier de ces rendements (en faisant abstraction ici de l'élément coût économique, en termes monétaires; en effet le calcul pourrait donner des résultats différents et diver-

gents selon les prix des matières qui fournissent les calories et selon l'activité à laquelle le travail est appliqué). Du point de vue de la mécanique également, la mesure du travail de la machine peut être donnée par sa capacité à produire du travail en relation à la quantité d'énergie utilisée, et vice versa, avec des écarts par rapport à l'*optimum* théorique ou idéal, grâce auquel on mesure le rendement de la machine. Un tel rendement peut être ensuite évalué aussi en termes économiques, monétaires en considérant différentes formes de fonctionnement, par exemple par les combustibles utilisés, et donc là aussi avec des résultats divergents si on pense à la notion économique de coût, qui laisse aussi de côté, certaines, fois, le travail mental ou musculaire et certaines matières, tandis que la notion technologique, la seule qui nous intéresse ici, reste dans les limites de la mécanique et de la physique en général.

Pendant la révolution industrielle, l'extension du machinisme a signifié la substitution de beaucoup de travail musculaire, grâce au travail produit par les nouvelles machines, et l'intégration du travail de la machine au travail musculaire. La notion de cheval-vapeur unit le monde du travail animal avec celui du travail mécanique. Nous devons cependant observer tout de suite, que la machine humaine ou animale, d'un point de vue du rendement aussi, spécialement dans des circonstances particulières est relativement une bonne machine (son rendement peut atteindre environ 0,25) et que les machines à vapeur, les premières surtout, avaient un rendement inférieur même s'il apparaissait possible une amélioration: le brevet de Watt de 1769 ne s'intitulait-il pas «Méthode nouvellement trouvée pour la réduction de la consommation de vapeur et de combustible dans les machines à vapeur»? Sa nouvelle machine n'avait-elle pas une consommation d'1/4 à peine de celle de Newcomen et de la moitié de la machine atmosphérique de Smeaton qui avait perfectionné la première? Une telle réduction peut être comparée au meilleur «rendements», obtenu par d'autres voies, dans d'autres secteurs, par la réduction des frottements par exemple, étudiée alors par Leupold, par une meilleure utilisation sociale des compétences de chacun, c'est-à-dire par une ultérieure division du travail et ainsi de suite; ou plutôt par la réduction des efforts mécaniques, humains et de tout autre genre, dans le vaste règne de l'«économie politique», ainsi que l'indique une certaine acception du terme économie, dans le sens d'«épargne». Les théorèmes mathématiques du maximum et du minimum étaient appliqués à la même époque de Watt, par Coulomb, aux problèmes de la science des constructions. Et S. Carnot, en 1824, définit le «rendement maximum idéal» dépendant exclusivement de la quantité de chaleur fournie et de la différence des niveaux de températures à l'entrée et à la sortie, fournissant ainsi le principe général de chaque moteur thermique futur qui aurait dû s'approcher le plus possible de cette norme (rendement thermique auquel il faut joindre le rendement mécanique). Les progrès de la machine à vapeur peuvent

donc être mesurés en terme de rendement: avec des moyens variés (utilisation de la vapeur en série de cylindres, diminution des frottements, autorégulation optimale, etc.), le rendement depuis la machine de Newcomen jusqu'à la turbine à vapeur, au cours d'un siècle et demi, passa à travers de nombreuses améliorations intermédiaires, de centièmes d'unité à plus de 40%. La valutation monétaire du perfectionnement unitaire est possible aussi et en le multipliant par le nombre de H.P. produits par les différentes machines il est possible de voir à travers cette voie, le progrès technique d'un point de vue économique. Au contraire, les H. P. des précieuses tables de Purš sont considérés indépendamment de la machine qui les a produit, et cela porte à certaines distorsions justement dans la mesure des „retards”, c'est-à-dire dans l'asynchronisme. En effet, je note que souvent les pays en retard bénéficient des expériences des pays plus évolués et, commençant en retard une activité industrielle quelconque, quand ils ne sont pas le refuge de matériel usagé, ils peuvent au contraire commencer avec le matériel le plus perfectionné et, donc, leurs H. P. peuvent appartenir à une catégorie qualitativement plus perfectionnée et plus économique de beaucoup de H. P. produits par des pays considérés plus développés. Si nous admettons le concept de «rendement» (thermique, mécanique, organique, pratique, etc.) qui est aussi une notion de type économique, un premier jugement comparatif technique d'évolution entre les machines à vapeur du XVIII^e siècle et celles du XX^e, entre la machine à vapeur et le moteur électrique, entre les premiers moteurs électriques, celui de Botto par exemple et les plus récents, à travers de nombreux moments intermédiaires, nous est possible avec l'évidence du nombre.

Les résultats des calculs de Smeaton s'étaient concrétisés dans le redoublement du rendement de la machine de Newcomen: en effet le rendement d'une de ces machines construites en 1772 ne rejoignait pas 1%. Les plus grands rendements, après Carnot, furent réalisés plus qu'avec l'utilisation de la vapeur dans différents cylindres placés en série, avec l'augmentation des dimensions: déjà Desaguliers dans ses calculs quelque peu empiriques sur la «puissance» et sur le «rendement» de la machine de Newcomen, tenant compte du poids du piston et des frottements, avait conclu que «la partie de la puissance employée pour mettre en mouvement tout le [...] mécanisme est proportionnellement beaucoup plus grande dans une petite machine que dans une grande». Et les meilleurs rendements furent mesurés au début du XX^e siècle, dans les moteurs à piston des bateaux, avec de simples déviations dérivées de Carnot (dernière étape des tentatives entreprises, en 1717, par H. Brighton avec son «calcul physico-mathématique de la puissance d'une machine», fondé sur l'emploi à un niveau embryonnaire des principes des travaux virtuels): J. Bauer dans son texte sur le calcul et la construction des machines et des chaudières de bateaux (je cite la traduction italienne de la 4^e édition

allemande, Lucques 1924), avec la formule C. E. (cheval effectif) = η (travail organique). C. I. (cheval indiqué), déduisait pour les petites machines (inférieures à 10 HP de puissance sur le piston, c'est-à-dire en C. I.), $\eta = 0,58$ tandis que pour les plus grandes de 6000 H. P. $\eta = 0,91$; mais le travail organique pour établir le travail complexif, doit être soustrait du travail thermique, donc les rendements complexifs ou pratiques dépassaient le 10%, tandis que pour les très grandes turbines à vapeur installées aujourd'hui dans les centrales thermoélectriques, on peut arriver à des valeurs plus que quadruples. Nous pouvons procéder de la même façon pour les moteurs à combustion interne, à gaz, à explosion à deux ou à quatre temps, diesel, etc., de toutes les espèces les plus variées qui se sont succédées depuis désormais un siècle, et on voit comment dans le moteur Otto (1876) le η idéal, dans le cas d'un combustible mélangé, peut arriver à 57% en face d'un rendement pratique de 30%; tandis que dans le moteur Diesel plus récent on arrive à 35%. Naturellement les comparaisons technométriques doivent tenir compte de toutes les caractéristiques des moteurs, et des moyens de relever les rendements différents aussi à diverses époques, et aujourd'hui encore l'unification des normes, malgré les différentes ententes (par exemple C.U.N.A.) est à réaliser en grande partie. Dans le cas des moteurs hydrauliques déjà au XVIII^e siècle, le critère d'efficacité était donné par une fraction qui indiquait la capacité de rendre l'agent moteur (eau) à la source: s'il était de 50%, cela signifierait qu'une machine accouplée à une pompe « parfaite » pouvait générer suffisamment de puissance pour rendre les 5/10 d'eau qui l'avait mue à la même hauteur que celle dont elle était tombée (cf. A. Baracca et R. Rigatti, *Aspetti dell' interazione fra scienza e tecnica durante la rivoluzione industriale del secolo XVIII in Inghilterra. I. — La nascita dei concetti di lavoro ed energia*, in «Giornale di Fisica», 1974).

Les expériences de Smeaton, sur les roues hydrauliques pour les améliorer, se fondaient sur le chargement qu'une roue aurait dû avoir pour «travailler avec l'avantage maximum», en connaissant l'effet qu'elle devait produire, et la vitesse qu'elle devait avoir en le produisant. La prestation de presque tous les moulins pût être redoublée avec la même fourniture d'eau. Il précisa le concept de «puissance» comme «travail effectué pendant une unité de temps» (= le poids pour la hauteur à laquelle il est soulevé en un temps donné), et il eut l'intuition que l'énergie mécanique se conservait comme il calcula la «puissance disponible» en multipliant le poids de l'eau par la dénivellation totale, «en supposant que la machine soit privée de frottements». A une «puissance mécanique» égale, il pouvait correspondre des résultats différents, parce que «l'effet de la gravité des corps qui descendent est différent de l'effet de leur collision quand ils ne sont pas élastiques».

Au XX^e siècle (cf. G. Ippolito, *Le macchine idrauliche*, Napoli 1934)

on a l'habitude de distinguer dans les machines hydrauliques (les moteurs hydrauliques: à pistons, à roues, à turbines; les machines pour l'élévation des liquides, pompes, norias, cochlées; les machines opératrices: presses, pressoirs) alternatives ou rotatives, une puissance nominale ou théorique (W_0) exprimée en HP. (le travail par unité de temps qui serait fourni par la machine si son rendement était égal à 1) donnée par la formule $W_0 = \frac{YQH_0}{75}$ (Y est le poids spécifique de l'eau, Q le débit utilisé en m^3/s , et H_0 la hauteur de charge utile), de la puissance effective W fournie par exemple sur l'arbre de la turbine dont ρ (rendement) = $\frac{W}{W_0}$. Tandis que pour les roues Pelton le rendement maximum total oscille entre 0,80—0,88, dans les Francis il oscille entre 0,82—0,92, et dans la turbine à hélice entre 0,85—0,92. Mais dans la machine hydraulique le rendement total est le rapport entre l'énergie effectivement recueillie sur l'arbre de la machine et l'énergie totale de l'eau à l'entrée du distributeur, de telle façon que l'on a un ρ hydraulique (analogue au rendement thermique) et un ρ m organique auxquels on doit soustraire des pertes dans les canaux d'adduction et de vidange, etc. En effet, la machine n'est pas une entité isolée dans un système productif, mais elle en est une partie constitutive, et donc il faut calculer outre son rendement isolé, les rendements du système par lequel elle est conditionnée. D'autres rendements interviennent ainsi, à propos, par exemple, du transport de l'énergie nécessaire à son fonctionnement (charbon, gaz, électricité, eau, etc.) et à l'origine, les rendements des procédés de production de ces mêmes énergies. Il est nécessaire de tenir compte de tout ceci pour mesurer et comparer les rendements des processus productifs synchrones ou asynchrones, c'est-à-dire à la même époque ou placés diachroniquement. Cette considération est valable pour toutes les applications de la méthode de rendement, même dans des secteurs complètement différents de celui des moteurs: par exemple à propos des moyens d'illumination. Une ampoule électrique, alimentée par l'énergie électrique produite par une centrale thermoélectrique distance du siège d'illumination, peut avoir, à la fin, un rendement non supérieur à 2% de l'énergie qui a été dépensée au début pour alimenter, le reste a été éparpillé en chaleur, augmentant l'entropie universelle. En effet la chaudière de la centrale pourrait avoir un rendement de 90%, le générateur électrique de 99%, la turbine de 45%, l'ampoule de 5% si elle est à incandescence (la grande partie des radiations ne sont pas lumineuses), avec le total que nous avons dit. Il faut aussi tenir compte de la collocation de l'ampoule par rapport à l'objet que l'on doit illuminer, et par rapport à nos yeux. C'est la même chose, quoique cela puisse paraître paradoxal, dans les transformateurs pour obtenir de la chaleur: la cheminée ouverte n'arrive qu'à distribuer

20⁰/₀, la cheminée Franklin 75⁰/₀, dépassée à peine par nos modernes générateurs de chaleur. La technométrie fondée sur le «rendement» des machines peut être étendue des moteurs aux machines opératrices, transformatrices, etc., et à quelque autre type de machines faisant attention à l'énergie appliquée sur elles et au «travail» qu'elles sont capables de fournir, posant comme élément technique négatif, des facteurs mécaniques comme l'inertie, les frottements (sujet d'étude de la «tribologie»), et d'autres semblables, tandis que dans un compte économique proprement dit, la première place serait à l'équivalent en capital immobilisé, des coûts économiques du travail, des revenus monétaires de l'utilisation. Les dimensions, la puissance ou capacité de travail, soit en quantité, soit en qualité, une majeure ou mineure dépendance de l'homme, ou la capacité de le substituer, c'est-à-dire l'automation, tout cela sont, dans les machines des éléments quantitatifs de calcul technométrique évident, à l'exception du dernier, qui peut être ajouté avantageusement à la donnée de «rendement», pour qualifier le degré de progrès technique rejoint par une machine. Nous ne pouvons nous étendre sur les méthodes technométriques des rendements des machines opératrices, ni sur ceux des différents procédés mécaniques ou, de toute façon, de production, de transformation qui peuvent demander des connaissances profondes de plusieurs techniques ou sciences.

A ce propos, on a élaboré le concept d'efficacité technique (produit ou division selon que l'on s'exprime en pourcentage ou en fraction de l'efficacité de conversion à une phase intermédiaire si elle existe, et de l'efficacité d'application au niveau du dispositif qui accomplit le travail) et les analyses des transformations de sources primaires d'énergie jusqu'à l'emploi final, faisant attention aussi au fait que les pertes de conversion et de transmission peuvent cependant faire naître des utilités non énergétiques (sous-produits), de telle sorte que la notion de rendement devient encore plus complexe. On doit en tenir compte dans le projet des systèmes, des appareils, des procédés les plus variés. On pense par exemple au procédé de noircissement ou de blanchiment (cf., à ce sujet les articles parus dans la «Rassegna Ciba-Geigy» 1972 et 1973), à la construction d'un tunnel à vent pour une usine de carrosseries d'automobiles (cf., «Pininfarina», 1972-1973) ou d'un ensemble tel que peut l'être un bateau ou un avion dans lesquels confluent et doivent être évalués des milliers, ou plus, de rendements. Depuis quelques dizaines d'années les projets (la prévision se rattache à la vision *a posteriori*, à travers la systématisation abstraite et nomothétique, de celle-ci) nous offrent du matériel utilisable pour la technométrie historique mais dans la plupart de ces cas il faut procéder à une expérimentation appropriée *ex novo*: pour comparer par exemple le rendement d'une bougie de suif et celui d'une lampe à pétrole. Je dirais néanmoins que, tout en restant proche de l'économie et de son histoire, ce type de technométrie est le meilleur pour

celle-ci et, par certains aspects, le plus simple. Mais il n'est certainement pas le plus satisfaisant, assimilable comme il est, au progrès économique et à ses concepts, tels que justement ceux de l'industrialisation, de l'accroissement de la production, des «rendements», ou des revenus ou profits meilleurs.

4. Nous avons déjà vu deux façons d'évaluer le progrès proprement technique: l'une, proposée par moi-même, de caractère général, en tant qu'applicable à tous les artifices ou mécanismes et aux mesures de leur rendement; une autre, celle de Piaskowski, très utile à l'organisation du travail ou de la production, mais qui pourrait trouver d'autres exemples dans des techniques spéciales, isolées ou distinctes selon leurs buts principaux: par exemple la logistique nous fournit des moyens pour mesurer la majeure ou mineure rationalisation de certains types de navigation en convoi; le calcul des probabilités permet de vérifier la crédibilité des méthodes empiriques ainsi que la recherche opérationnelle. En généralisant, nous pourrions affirmer, il me semble, que toute science peut représenter une ligne d'arrivée, pour les tentatives, ou méthodes empiriques, déjà représentées comme techniques au cours des siècles, mais défectueuses par rapport à la science correspondante des contemporains, ou telle que celle-ci existera ensuite. Le progrès des méthodes empiriques, de beaucoup de techniques vers la science correspondante, a voulu dire une rationalisation plus profonde, mesurable dans le temps ou sous la forme descriptive ou même, quelquefois, sous la forme quantitative. Prenons, à l'époque de la révolution industrielle, l'exemple de la machine à vapeur. Elle fut d'abord construite sans connaissance des principes et des formules relatives de la thermodynamique, qui n'avait pas encore pris corps et qui, au contraire, devint ainsi possible à travers les différentes phases, exprimées par autant de savants: le progrès de la machine à vapeur peut se mesurer selon qu'elle répond au moins aux principes ou aux découvertes appliquées de la thermodynamique, soit dans les particulières phases intermédiaires, soit dans la phase terminale, et selon son éloignement de ces principes, comme des futurs principes de la mécanique et de la physique et général. Du point de vue quantitatif de tels éloignements peuvent être formulés en pourcentage, étant donné que 1 représente l'optimum, le rapport optimal ou idéal dans un système de conservation indiqué par les lois scientifiques, posées au fur et à mesure: le même moyen technique a donc des rendements différents selon la formule proposée par la science et sert pour en mesurer le progrès. Là où il existe une formulation scientifique correspondante, le progrès des réalisations techniques du secteur, peut se mesurer donc par des pourcentages qui finissent par nous reconduire au critère de «rendement», interprété aussi en d'autres termes que celui du travail, en faisant attention à toute quantité au début et à la sortie du moyen technique, ou du procédé technique. Prenons par exemple un

formulaire ou traité du XVIII^e siècle de «chimie métallurgique» comme celui de Benedetto Spirito de Robilant, rédigé pour la plus grande partie sur la base des enseignements donnés à Freiberg. En suivant les prescriptions relatives, dominées par des théories qui s'approchent des théories phlogistiques, les rendements étaient inférieurs à ceux que l'on obtient p.ex. avec les fours ou les convertisseurs Martin ou Bessemer successifs, ou grâce aux connaissances dues essentiellement à la chimie postérieure à Lavoisier. La différence entre les rendements actuels et ceux du XVIII^e siècle peuvent s'exprimer aussi par des pourcentages, dans lesquels la mesure du progrès est donnée, par l'approche progressive de l'unité limite de la science considérée pleinement réalisée. De telle façon l'aspect scientifique, ou culturel du progrès technique est encore mesuré en termes qui nous reportent aux considérations «économiques» de rationalisation comme résultat optimal, ou mieux, à l'effort minimum, ou au minimum de dépense ou de gaspillage, mais aussi aux principes théoriques, scientifiques ou culturels. Les différentes façons de mesure, à peine ébauchées, appartiennent toutes à la technométrie et permettent des rapports soit avec l'histoire économique, soit avec l'histoire de la science et à travers celles-ci, soit avec l'histoire de la culture, soit avec l'histoire sociale et générale telles que nous les concevons aujourd'hui.

5. Mais nous voudrions attirer l'attention sur une autre méthode qui, moins pratiquée jusqu'à maintenant, nous semble spécifique pour l'histoire interne des techniques, ou mieux, pour ressortir un aspect dynamique particulier des techniques. Etant donnée la complexité de ses préliminaires fondés sur le développement d'une thèse de Spencer au sujet de l'évolution superorganique (c'est-à-dire supérieure à l'évolution organique) reprise par certains évolutionnistes à notre époque, par des généticiens et par des anthropologues, nous nous limitons à esquisser que, selon une telle conception, à un certain stade de l'évolution organique (pas très avancé, et bien avant celui de l'apparition des oiseaux, qui comme chacun le sait, se construisent un nid avec des objets du monde extérieur élaborés à nouveau par leur propre activité), l'être vivant utilise des éléments du monde externe, sans une nouvelle élaboration à l'intérieur du propre organisme, ou sans modification de ce dernier, pour des buts, toujours plus indirectement en relation avec les propres nécessités élémentaires et immédiates. Et ceci en rapport à une augmentation de la prévision. La fuite devant l'ennemi peut déjà être considérée comme une telle attitude, en tant qu'utilisation d'obstacles naturels, ou tout au moins d'espace-temps; pour ne pas parler du refuge dans une anfractuosité ou de l'utilisation d'une pierre pour casser quelque chose de trop résistant à la force des organes animaux. Certains primates inférieurs à l'homme arrivent jusqu'à l'emploi de bâtons pour levier et donc aux «machines simples». La capacité de dresser les animaux de la part de l'homme a des

précédents dans l'échelle de l'évolution, et certains phénomènes de symbiose peuvent lui être en quelque sorte rapprochés, même s'il s'agit de phénomènes interprétables aussi comme une intégration de besoins, mais différente de la division du travail. Chez l'homme les facultés naturelles semblent devenir plus puissantes selon les principes de l'évolution superorganique qui, dans le domaine d'une terminologie proposée par moi-même, peut se dire hyperorganique quand, dépassant celle des autres primates et les formes sociales dont Spencer parlait à ce sujet, elle atteint des niveaux élevés et des rythmes particulièrement intenses. Pensons quelles fonctions ont été satisfaites, dans une telle évolution, par l'utilisation de téguments de quelque façon artificiels (depuis les peaux d'animaux séchées ou tannées jusqu'aux premiers tissus artificiels), qui ont ainsi réduit certaines activités physiologiques (par rapport au système pileux) et ont diminué la production de chaleur endogène, mais ont obligé l'homme à des formes de chasse associées et de travail, ignorées par les autres animaux, à l'utilisation des aides de la mémoire et des moyens de communication, du langage à l'écriture, et de l'organisation sociale dans une division du travail croissante et, si nous le voulons, dans une «aliénation» croissante, dans le sens donné par Marx, avec la naissance de nouvelles hiérarchies fondées souvent sur des critères très différents de ceux qui existent chez les animaux. Les machines en tant qu'instruments, ou artifices, ou méthodes, ou moyens toujours plus complexes, à partir des outils primitifs, et toujours plus «intermédiaires», se posent facilement en relation avec l'évolution superorganique, et avec ses autres manifestations: de l'élaboration des écritures à travers les différents types d'alphabets (toujours aptes à l'augmentation de la puissance, outre que de la communication, de la mémoire, et d'autres «psychismes») à la réflexion sur les actions que l'on répète, en vue de certains résultats toujours plus lointains dans le temps, aux abstractions qui reproduisent des concepts toujours plus généraux, permanents et «puissants» — des mathématiques, aux sciences empiriques et aux sciences humaines —, aux réflexions sur l'emploi concret de ceux-ci même, ou mieux sur la logique formelle et sur les différentes méthodes de calcul. Le parallèle entre les plus fréquents recours aux «psychismes», parmi lesquels la première place appartient à la mémoire (et aux prévisions) et à la pensée; la construction des instruments, des outils, des machines, etc.; la prédisposition des matières nécessaires à leur construction et à l'organisation du travail apparaît naturel, bien que jusqu'à maintenant il ait été indiqué seulement à propos, pour ne pas dire de l'évolution cérébrale, des corrélations entre la formation primitive du langage et celle des premiers outils. Au contraire, de telles corrélations sont indispensables autant que les relations avec l'histoire sociale, pour apprécier le degré d'évolution d'une découverte: d'un point de vue strictement mécanique, en effet, le piège préhistorique, à gravité, pour mammouthes par exemple, pourrait nous faire penser

à un stade bien plus évolué si nous ne réfléchissions pas sur le retard du travail psychique, qui en était presque la condition nécessaire, avec les identifications magiques entre l'objet et son image, entre les choses et leur force, de telle sorte que l'observation empirique ne trouvait pas une systématisation conceptuelle appropriée. Ces parallèles entre l'utilisation des énergies exogènes ou externes de l'homme, le développement des psychismes, le progrès des machines et des techniques constituent une série de lignes de développement interférentes, qu, à l'âge de la première et de la seconde (ou pour certains, de la troisième) révolution industrielle peut se schématiser ainsi avec quelques exemples. Tandis que le réchauffement artificiel en rapide progrès au XIX^e siècle, avec des méthodes centralisées exploitant la houille affranchit ultérieurement l'homme de la nécessité de calories endogènes, (on se rappelle qu'encore au XVII^e siècle l'usage quotidien d'aliments développant environ 8000 calories ne semblait pas énorme, en face des 4000 calories considérées nécessaires aujourd'hui seulement à l'exercice des travaux plus lourds), la domination de la force de la vapeur d'eau ajouta aux forces «naturelles» (musculaire, hydraulique, éolienne, de la gravité) une quantité de HP. comparable à celle qu'aurait pu fournir quelques milliards de quadrupèdes que le globe terraqué n'aurait pas pu porter, mais requit les développements de la technique des mines, de la sidérurgie, de la métallurgie, outre que de la physique dans tous les secteurs. Et encore: la révolution des sources d'énergie doit être mise en rapport avec le développement du secteur de la physique concernant l'électricité, et successivement, la disponibilité de l'énergie atomique, après les développements de la physique quantique, impensables sans certains précédents conceptuels comme les métagéométries, ainsi que la théorie de l'évolution n'a pu survenir sinon à l'âge qui connût aussi l'affirmation de l'historisme, le perfectionnement des logiques formelles et, à côté de celles-ci, la formulation de la «logique du concret».

6. Si tous ces progrès peuvent se reconstruire d'une façon descriptive et sont accostables entre eux synchroniquement, leur quantification avec l'emploi de la technométrie historique apparaît moins facile. C'est l'automatisation qui a semblé être le critère d'unification pour certains, en tant qu'elle représenterait le fil conducteur dans toute l'évolution superorganique, ou mieux — nous suivons approximativement De Latil — dans le même système artificiel ou «agent» artificiel de l'information outre que de la disposition exécutive et éventuellement de la force, s'il s'agit d'un «agent» dynamique. Sur la base d'un tel critère on fonde une échelle de degrés de 0 à 6, proposée par moi-même et complétée, en rapport aux réalisations actuelles, d'instruments tels que les missiles de l'espace capables de réaliser une autoorientation astronomique, ou d'exécuter des recherches et des analyses (donc de reconnaître et de connaître), ou de pren-

dre des décisions optimales, de programmer en conséquence et ainsi de suite. Selon d'autres auteurs (par exemple I.R. Bright) du degré 0 (l'«agent» demande constamment l'intervention humaine pour sa mise en oeuvre, pour son action, pour son application) on peut arriver au 18^e degré (automatisation totale). Les six degrés que nous avons proposés, répètent en substance, mais avec des perspectives historiques amplifiées, ceux que De Latil a découvert sur la base d'une fine analyse des composantes de l'action humaine, et même de celle de l'«agent» artificiel (ou machine). Ils peuvent se résumer ainsi: — degré 0 (attitude à l'action, ou pouvoir faire, mais l'«agent» — par exemple un levier — n'agit pas tout seul); — 1^{er} degré (*faire*: l'«agent» — par exemple une meule tournante — exécute un acte élémentaire et réagit à une seule donnée); — 2^e degré (*coordination* de plusieurs actions: l'«agent» — par exemple un outil — coordonne plusieurs actes élémentaires, et réagit seulement à un certain ensemble d'excitations reliées et obligatoires); — 3^e degré (*opportunité de l'action*, ou bien quand agir? l'«agent» — par exemple une soupape de sécurité — agit sous certaines conditions et est susceptible de réagir à une ou plusieurs excitations facultatives, prévues par son déterminisme); — 4^e degré (*stabilisation ou régulation de l'action*: l'«agent» — par exemple le régulateur de Watt — stabilise son action et les excitations facultatives modifient l'effet, sans modifier le déterminisme); — 5^e degré (*déterminisme de l'action*, ou comment agir? l'«agent» — par exemple un homeostat — recherche un déterminisme pour l'accomplissement de ses buts, et les excitations facultatives qui modifient l'effet, peuvent modifier également le déterminisme); — 6^e degré (*finalité de l'action*, ou quoi faire? l'«agent» — par exemple un multiétat — capable de rechercher un point d'équilibre entre les effets et les facteurs internes ou externes qui les produisent, recherche ses finalités et les excitations facultatives qui modifient l'effet peuvent modifier le déterminisme et les finalités).

De Latil a poursuivi son échelle graduée, pour l'instant d'une façon hypothétique, puisqu'il regarde à l'avenir, et dans celle-ci il tient compte d'autres composantes de l'action (par exemple le sujet et le lieu de l'action). Des degrés proposés cidessus, pour compléter le cadre historique (et donc pour insérer la technométrie dans un discours plus concret), il faut pouvoir montrer la correspondance ou la corrélation, comme nous l'avons déjà ébauché, soit avec les degrés d'abstraction (formation d'idées ou de concepts) dont le philosophe Rosmini avait eu l'intuition (il s'agit de toutes sortes de concepts: de celui de nombre — on pense à l'évolution depuis l'intuition matérialisée encore d'une quantité, à la définition de Peano —, à celui de société — on pense à la notion naturaliste familiale ou tribale et à celle morale, oecuménique, préconisée souvent aussi par les conceptions classistes après celles religieuses), soit avec les degrés de prévision (déjà à la base de mes propositions: de la prévision de la possi-

bilité d'utilisation incorporée dans un burin et de celle incorporée dans la mémoire d'un cerveau électronique, ou bien en se référant à la destination des machines jusqu'à leur capacité d'autoreproduction), soit avec les degrés de complexité (par exemple pour le nombre d'inconnues) du processus logique (par exemple du calcul) et ainsi de suite comme nous l'avons déjà dit. Pendant la révolution industrielle, et aujourd'hui aussi, nous avons la coexistence de différents degrés d'automatisation ainsi qu'il coexiste, dans le monde, des degrés culturels différents. Les sociétés coexistent dans le monde à des degrés différents de l'évolution, comme l'avait constaté Lénine, ainsi que les individus vivants au sein d'une même société. Mais ce qui, pour certains aspects, caractérise une société, ou la société, c'est le degré moyen rejoint par l'évolution dans le monde de la technique. Nous pouvons donc affirmer que la révolution industrielle a été réalisée dans un pays quand la plus grande partie de ses appareils productifs, de ses «agents» caractéristiques, ont rejoint le 4^e degré.

CONCLUSIONS

L'analyse prospectée selon les quatre critères énoncés est pratiquement une analyse qui regarde les machines ou des secteurs productifs matériels. Mais de leur total, quelques données moins particulières et d'une portée plus générale peuvent s'ensuivre sur le stade de rationalité, ou mieux de la capacité technique, rejoint dans la production et à ceci se réduit l'industrialisation d'un point de vue technique, non strictement économique, parce que pour ce dernier, les données devraient être, pour être correctes, seulement des données monétaires, vu qu'elles sont plus significatives pour mesurer la quantité ou l'intensité de l'utilité. Il est évident que la vie sociale (comme celle des individus) ne s'épuise pas dans la production matérielle, et dans ses moyens. Mais une considération plus attentive nous montre comment les moyens de la production matérielle et son système, reflètent les informations (ou mieux l'activité intellectuelle) et jusqu'aux conditions sociales et intellectuelles: en effet nous parlons de société industrielle ou agricole, innovatrice ou non innovatrice avec ses formes culturelles (jusqu'aux formes religieuses et artistiques), etc. Et chacun de ces types sociaux postule un certain ordre politique et institutionnel même si, apparemment, la même locomotive peut haleter dans un état libéral ou socialiste. Mais c'est l'ensemble des données technométriques, sélectionnées d'une façon opportune, qui nous donnera la réponse sur le type de société et de culture qui en sont caractérisées. Pour pouvoir disposer de telles données il faut cependant, que l'analyse technométrique soit entreprise à une très grande échelle, et vue sous de multiples corrélations.

lations; c'est là la première condition pour que nous puissions fournir des informations décisives pour l'historiométrie.

En ce qui concerne l'argument qui limite nos propositions, le passage d'un pays de la catégorie des non-initiateurs à la catégorie des initiateurs, nous nous limitons à observer qu'en Italie, comme dans d'autres pays semblables, autrefois agricoles et qui se sont industrialisés pratiquement d'une façon décisive à la suite de la révolution des sources d'énergie, le passage au 5^e degré est survenu probablement parce que seulement alors l'Italie fut en mesure de prendre, envers les pays restés aux 3^e ou 4^e degrés le rôle qu'avaient eu par rapport à elle-même, des pays comme l'Angleterre et l'Allemagne quand elle était justement aux 3^e ou 4^e degrés.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Sur les interférences entre les révolutions industrielles et les révolutions techniques: W. Rusiński, *La révolution industrielle, ses portées et notions dans l'historiographie universelle*, dans les «Actes» du Colloque ICOHTEC à Jabłonna, (27 Août-1^{er} Septembre 1973) et pour références bibliographiques, ses *Annotations* finales 1, 3, 4, 5, 7, 11, 12. Sur les interférences entre l'histoire économique et l'histoire des techniques je renvoie non seulement à mes travaux généraux, *Introduzione alla storiografia* (dans *Introduzione allo studio della storia*, Milano Marzorati), et *La scienze come storiografia* (Roma, Ed. Radio Televisione Italiana), mais aussi à l'article spécifique *Storia della tecnica e storia dell' economia* dans «Cultura e Scuola», n° 10, 1964.

ICI nous nous avons parlé seulement des systèmes de conversion artificiels des «calories» en travail et *vice versa*. On ne peut pas pourtant oublier que l'industrialisation a accompagné la création de ce que G. Cattaneo a appelé la «haute culture», c'est-à-dire l'agriculture industrialisée dans laquelle les convertisseurs artificiels s'entrelacent avec les naturels. Il exista déjà dans l'antiquité classique une évaluation comparative embryonnaire du travail humain, animal et mécanique, à la base du maintien de l'esclavage; mais c'est seulement au XIX^e siècle, par analogie à l'analyse des rendements thermiques et mécaniques, qu'on analysera scientifiquement le rendement du travail musculaire, la fatigue, etc. En 1807 Regnier conçut les premiers dynamomètres dans ce but, mais c'est seulement en 1888 que Mosso réalisa la courbe de la fatigue individuelle: sur ce sujet je renvoie à P. V. Karpovitch: *Fisiologia dell'attività muscolare*, trad. it. Roma 1967; à P. Cerratelli: *Fisiologia del lavoro e dello sport*, Roma 1973; à H. Harrison Clarke: *Muscular Strength and Endurance in Man*, New Jersey, Englewood Cliffs, qui possède une vaste bibliographie. La technométrie historique devra examiner quantitativement aussi, sur de telles bases, l'inclusion de l'homme dans le processus productif, d'autant plus que de telles bases étaient connues de Taylor, de Ford et de Bédau.

2. Pour les écrits de Purš et de Piaskowski cf. mes pages à l'occasion du cité Colloque de Jabłonna.

3. Au sujet du critère de «minimum», cf., mes pages introductives aux *Memorie* de L. F. Menabrea, Firenze, Giunti.

4. En ce qui concerne la notion d'évolution superorganique je renvoie à *l'Introduzione alla storiografia* déjà citée, et à mon article *Le problème de la classification historique des outils et des machines* (dans «Scientia», février 1965).

5. En ce qui concerne le concept d'automation, outre à l'article précédent, aux ouvrages généraux sur la cybernétique et sur la «bionica», on peut voir R. Teani, *Automatismo e automazione*, dans «Automazione e automatismi», septembre-octobre 1963, et *L'Automazione*, Firenze, 1964.