

Colloque International
Maîtrise sociale de la Technologie
9 - 12 Septembre 1991
Lyon

PROCESSUS ET FORMES SOCIALES D'AUTOMATISATION

FREYSSENET Michel
Directeur de recherche CNRS

Résumé

A partir d'enquêtes réalisées sur la conception d'installations automatisées et de systèmes experts, l'auteur montre comment les présupposés économiques et sociaux des concepteurs conduisent à un processus et à des choix d'automatisation qui se révèlent être en contradiction avec les efforts faits parfois pour mettre en place des organisations du travail qualifiantes. Les difficultés rencontrées, ainsi qu'une expérience menée par l'auteur, l'amènent à esquisser un autre processus et une autre forme sociale d'automatisation exigeant plusieurs conditions sociales pour se réaliser

Abstract

From inquiries on the design of automatized lines and expert-systems the author presents the economics and socials presuppositions wich to day directs the technical choices. The difficulties of this automatisaton as well as an experience led by the author allow to think an other process and other social form of automation. Nevertheless two social conditions are to be united, to make

Une prise de conscience semble apparaître dans le monde industriel. La préparation et la formation du personnel, l'aménagement des conditions de travail, la mise en place d'organisations nouvelles, l'adoption d'une politique de promotion et de salaire incitative, la décentralisation, le décloisonnement des services ... ne suffisent pas pour parvenir à une maîtrise effective de la production automatisée, à une implication durable des salariés et finalement à des performances satisfaisantes. La conception même de l'automatisation apparaît aussi en jeu, à travers les mises au point et les montées en cadence toujours longues et difficiles, les taux de disponibilité des machines et des lignes automatisées inférieurs à ceux visés, malgré les améliorations obtenues par les équipes de conduite et les services techniques des usines ; à travers la qualité qui plafonne après une période de progression, et les accidents parfois graves qui sont à déplorer ; à travers enfin la désillusion de nombre de salariés quant à l'intérêt du travail et aux possibilités qu'il offre d'acquérir une compétence professionnelle réelle.

Ce constat rejoint le débat qui a traversé et traverse les sciences sociales du travail sur la place et le statut des techniques productives dans le processus de division du travail. Il a le mérite de le relancer sur des bases plus concrètes que par le passé. Le débat a connu trois phases. Une quatrième commence.

Dans les années cinquante et soixante, est avancée l'idée, en opposition aux thèses friedmaniennes, d'une technique à la fois déterminante sur l'évolution du travail et autonome dans son développement. Lui succède au cours des années soixante-dix, l'affirmation selon laquelle les machines sont conçues pour imposer physiquement une forme et norme au travail humain, affirmation étayée alors par des exemples plus suggestifs que démonstratifs. Début des années quatre-vingts, les deux orientations précédentes sont confondues, à tort, dans la même critique du "paradigme technologique". La variété des organisations du travail constatée dans des entreprises de pays différents, utilisant pourtant des machines similaires, amène à conclure à une autonomie de la division du travail par rapport à la technique et à la possibilité de l'orienter dans un sens ou dans un autre en agissant sur les facteurs qui conditionnerait l'organisation du travail, à savoir les rapports hiérarchiques, les "cultures" d'entreprises et les structures éducatives nationales. La mise en évidence d'une variété d'organisation du travail à technique identique, non seulement dans le même pays, mais dans la même entreprise, voire dans la même usine, a obligé depuis à compléter ou à atténuer les explications exclusivement sociétales. L'autonomie du contenu et de l'organisation du travail par rapport aux techniques productives ne s'en est trouvée que plus confirmée aux yeux de beaucoup.

Cependant, les interrogations et les doutes des directions d'entreprises sur le bien fondé des choix d'automatisation faits par leurs services techniques ont permis que s'engagent, dans la deuxième moitié des années quatre-vingts, des recherches de sciences sociales reconstituant ou suivant la conception et la mise en exploitation d'installations automatisées, pour en comprendre les insuffisances et les effets. Il est devenu dès lors possible d'appréhender les techniques productives nouvelles pour ce qu'elles sont, c'est-à-dire comme des produits sociaux, ainsi que le fait l'anthropologie depuis longtemps pour les outils des sociétés pré-industrielles.

Un outil a toujours été la matérialisation de l'intelligence des producteurs, en vue d'atteindre, plus efficacement de leur point de vue, le but qui est le leur. Mais le but poursuivi, les conditions sociales dans lesquelles il doit être atteint, les modalités sociales de la matérialisation de l'intelligence productive, et par conséquent la forme

matérielle et l'usage qui peut être fait des moyens de travail ainsi conçus, ne sont pas les mêmes selon le type de rapport social qui lie ceux qui concourent à la production étudiée, selon le mode de division de travail à l'oeuvre dans ce rapport social, enfin selon les différentes organisations de travail possibles dans le mode de division du travail à l'oeuvre.

L'anthropologie a cependant l'avantage de pouvoir comparer les outils de plusieurs sociétés nettement distinctes et d'identifier plus aisément ce que leurs formes matérielles et leurs usages doivent aux rapports sociaux qui caractérisent chacune d'elles. Les moyens de production de nos sociétés ont une homogénéité de conception, qui n'est pas qu'apparente et qui rend plus difficile de montrer qu'ils pourraient être conçus autrement, sous certaines conditions sociales.

Pour notre part, nous nous sommes attachés, en reconstituant ou en suivant la conception et l'exploitation de plusieurs installations automatisées (lignes d'usinage, ligne robotisée de soudure, postes d'aiguillages et de régulation, lignes de montage mécanique, ligne d'embouteillage, outils-tests et systèmes experts de conduite et de maintenance), à identifier et à interroger les objectifs, les principes, les présupposés, les représentations sociales qui ont orienté les choix techniques qui caractérisent ces installations. Nous avons d'autre part participé à la conception d'une ligne automatisée et pu tester ce qu'un changement de principes et d'objectifs économiques et sociaux entraîne de modifications dans les spécifications techniques des machines, et par conséquent dans l'usage qui peut en être fait.

1. LES PRÉSUPPOSÉS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX DE L'AUTOMATISATION ACTUELLE

1.1. Le fonctionnement réel d'une installation doit et peut correspondre à son fonctionnement théorique

Les concepteurs des installations automatisées considèrent que les responsables qui en assureront l'exploitation devront et pourront faire respecter les conditions et les règles qui en garantissent le bon fonctionnement. Or la coupure existante entre eux est encore telle aujourd'hui que les premiers méconnaissent souvent les conditions réelles de fabrication, et en postulent d'autres que les seconds sont dans l'incapacité de réunir et de tenir. La conséquence en est une impossibilité d'atteindre les rendements théoriques annoncés.

Quand ils sont parfois approchés, c'est tout d'abord au prix d'un travail long, difficile et coûteux de modification en phases de mise au point et de montée en cadence. Ce travail compense en partie le déficit d'échanges entre les Méthodes et l'atelier concerné, lors de l'élaboration des cahiers des charges, de la réalisation des études et de l'adoption du projet. C'est au prix ensuite d'un travail supplémentaire en phase d'exploitation des ouvriers de conduite et de maintenance, contraints de pallier à l'inadaptation et aux déficiences de l'installation, qui n'ont pu et ne peuvent être corrigées. Ce travail consiste le plus souvent en des opérations parcellaires sous contrainte de temps et en des interventions sur pannes ou incidents répétitifs.

En revanche l'analyse préalable avec les opérateurs des paramètres intervenant effectivement en cours de fabrication peut conduire à différer l'automatisation de telle ou telle fonction jusqu'à ce que les facteurs perturbateurs soient tous identifiés, maîtrisés ou éliminés. Il s'en suit un processus d'automatisation plus progressif et plus fiable, dans lequel les opérateurs sont parties prenantes. Lorsque l'activité à automatiser est caractérisée par des événements imprévisibles nombreux, la priorité donnée aux conditions réelles de fonctionnement conduit à doter le conducteur de moyens supplémentaires, automatiques, de perception et de contrôle, lui permettant d'anticiper et de prendre des décisions plus appropriées, et à ne pas prendre le risque de lui substituer un pilotage automatique dont les conditions de validité sont limitées.

1.2. Les performances économiques sont d'autant plus élevées que la réduction de main-d'oeuvre est importante et rapide

La diminution maximale du nombre des ouvriers de fabrication et de maintenance est considérée comme le moyen privilégié pour relever immédiatement les performances économiques. Même si l'on voit apparaître, depuis le milieu des années quatre-vingts, dans les dossiers d'investissements d'autres critères pour justifier une automatisation, la réduction de la main-d'oeuvre "directe" et "indirecte" reste la variable déterminante dans les formules de calcul de rentabilité. Il en résulte la préoccupation des concepteurs à "engager" pleinement le personnel pour en limiter l'effectif.

Parmi toutes les activités à assumer, la surveillance humaine est alors très souvent perçue comme une activité, largement improductive, avantageusement et facilement remplaçable par des alarmes et des arrêts automatiques sur défaut ou sur incident. L'opérateur, dégagé ainsi de l'astreinte de l'observation directe ou indirecte du fonctionnement de l'installation, peut être affecté soit à des tâches annexes de contrôle qualité, de relevés d'information, de préparation d'outils ou d'entretien-nettoyage (et cela d'autant plus aisément que ces tâches ont été elles-mêmes entre temps simplifiées), soit à la "conduite" de plusieurs machines sur des tronçons de ligne automatisée plus étendus.

Or la suppression de la surveillance et de l'anticipation humaines implique, pour ne pas être contreproductive, plusieurs conditions. Il faut tout d'abord que le plus grand nombre possible de défauts, d'incidents et de pannes puissent être prévus lors des études et puissent être repérables automatiquement, et cela à un coût raisonnable. Il faut ensuite que les alarmes et les arrêts ne soient pas trop fréquents et ne soient pas simultanés. Il faut enfin que l'identification des causes premières des défauts et des incidents, nécessaire pour les éliminer définitivement et rapidement, soit possible hors fonctionnement. Ces trois conditions, l'expérience le montre, sont rarement remplies.

Les performances, à moyen terme, d'une installation automatisée dépendent, en fait, d'abord de la capacité à éliminer les causes des arrêts. Or cette capacité nécessite notamment la disponibilité des agents de conduite et de maintenance pour observer et analyser le fonctionnement réel des machines dont ils ont la charge.

1.3. Le dépannage rapide est à la base de la disponibilité des lignes automatisées

La production automatisée serait dépendante en volume, en qualité et en délais, de la rapidité d'intervention des agents de conduite et de maintenance en cas d'arrêt sur défauts, incidents ou pannes. Il en découle la préoccupation d'agir sur tous les temps dont se compose une intervention.

Le temps de localisation de l'incident est ainsi écourté par l'affichage automatique et instantané sur écran du lieu où il s'est produit et parfois de sa nature. Le temps de diagnostic, qui est le plus long, le plus aléatoire et le plus variable d'un agent à un autre, est diminué et homogénéisé par le recours à des outils-tests et à des systèmes experts. Le temps de démontage, de réparation et de remontage est fortement réduit par l'amélioration de l'accessibilité des pièces et des organes, mais surtout par l'échange standard qui permet de réparer hors site, en "temps masqué", l'élément défaillant ou bien, lorsque l'échange standard n'est pas possible, par la limitation de la réparation à ce qui est juste nécessaire pour reprendre la production. Le traitement approfondi des pannes, immobilisant les moyens, est reporté la nuit ou en fin de semaine, c'est-à-dire hors période de production. De même les opérations de fiabilisation ne sont engagées qu'après analyse des enregistrements automatiques des temps d'arrêts et de leur nature, ainsi que des documents remplis par les conducteurs et les agents de maintenance sur les causes immédiates des incidents. Il est possible ainsi à un service spécialisé de déterminer quels sont les arrêts les plus pénalisants par leur durée et leur fréquence et par conséquent les actions prioritaires à mener.

Les moyens automatiques de repérage, de diagnostic et d'enregistrement, ainsi que la modularisation des machines et la standardisation des pièces en vue du dépannage rapide, ont permis de distinguer et de séparer nettement quatre niveaux de maintenance, en fonction de la durée et de la complexité des interventions, et de confier chaque niveau à une catégorie particulière d'agent.

Les interventions brèves (deux à trois minutes maximum) et simples, de déblocage de produit, de nettoyage de cellules, et de recyclage, suite à des arrêts automatiques localisés automatiquement, constituent le premier niveau. Elles sont attribuées aux conducteurs de lignes, dont la proximité et la présence permanente assurent qu'elles soient les plus courtes possibles.

Les interventions du deuxième niveau consistent en un diagnostic de la cause immédiate de la panne par identification automatique (à l'aide d'outils-test ou de système expert) de la pièce, de l'organe, des circuits électriques, ou des boîtiers électroniques hors service. Il s'en suit un échange standard ou une réparation limitée. Les ouvriers d'entretien, électriciens, électromécaniciens, ajusteurs, sont affectés à ce type de dépannage, qui exclut dorénavant ce qui faisait leur métier, à savoir la recherche des causes premières des pannes et la réparation approfondie.

Cette dernière s'effectue au troisième niveau, hors site en atelier central ou hors période de production. En atelier central, les boîtiers et les cartes électroniques sont testés automatiquement pour déterminer les composants hors service. Les pièces et organes mécaniques y sont expertisés pour choisir entre réparation ou remplacement par des éléments neufs, selon le coût de l'une et de l'autre opérations.

Le traitement des causes premières des pannes, quatrième niveau de maintenance, est une activité de plus en plus différée. Il est déclenché lorsqu'un élément est trop fréquemment échangé ou réparé et lorsque les enregistrements automatiques des arrêts

révèlent des pannes répétitives et pénalisantes. Cette activité est réalisée par un service technique en liaison ou non avec les agents de maintenance ou un technicien d'atelier.

La priorité donnée au dépannage rapide avec ses conséquences sur les choix techniques et organisationnels n'est évidente qu'en apparence. Si elle permet à court terme un relèvement du taux de marche des machines, celui-ci plafonne très vite en raison du report des actions de fiabilisation, puis tend à régresser en raison de l'usure prématurée du matériel et de l'impossibilité alors de faire face aux incidents trop nombreux.

Le "circuit long" de fiabilisation qu'implique cette philosophie de la maintenance est coûteux, démotivant et peu efficace. Coûteux, parce que les pannes se répètent tant que leurs causes premières ne sont pas éliminées. Cumulés, les temps d'arrêt, de dépose et de pose, sont finalement importants ainsi que le parc d'organes, de modules et de pièces en rotation. La répétition des arrêts génère elle-même d'autres incidents, défauts et pannes. Démotivant pour les agents parce qu'ils doivent vivre avec des incidents permanents et répétitifs. Ils se découragent de les voir traiter réellement un jour, se lassant dès lors de les "documenter" correctement pour les services techniques, et cela d'autant plus qu'ils sont souvent réduits à devoir en faire une description sommaire ou "aveugle", c'est-à-dire sans en connaître les éléments pertinents. Peu efficace enfin, parce qu'en définitive personne ne concentre l'intelligence pratique du fonctionnement réel des installations. Dès lors les solutions envisagées pour éliminer les causes des pannes, loin des conditions réelles de production, se révèlent généralement inadaptées et inutilement compliquées.

Le dialogue et le décloisonnement entre l'atelier, la maintenance et les services techniques, prônés et mis en oeuvre dans certaines entreprises, sont en fait des mesures palliatives aux inconvénients d'une conception technique et organisationnelle rarement remis en cause.

1.4. La recherche du "bon compromis" comme stratégie d'optimisation

L'optimisation du fonctionnement et de l'emploi d'une installation automatisée est pensée comme la recherche du bon compromis entre des exigences considérées nécessairement contradictoires.

L'intégration des machines dans des lignes automatisées de fabrication crée le problème de l'arrêt général de la production en cas d'incident ou de panne sur un des tronçons. Les services d'étude le reformulent généralement sous la forme de la question suivante : comment dimensionner les stocks tampons entre ces tronçons, de telle sorte qu'ils "absorbent" l'arrêt de l'un d'entre eux, en évitant toutefois que la somme des stocks soit trop importante ? La réponse a été recherchée, et cela reste encore vrai dans la plupart des entreprises, dans la détermination du compromis "économique" entre le coût d'un arrêt général et le coût des stocks tampons. Pour ce faire, la fréquence et la durée des arrêts de chaque machine sont enregistrées et étudiées afin de calculer le volume des stocks approprié à prévoir en amont et en aval.

À l'inverse, prendre le temps de dépanner en profondeur et d'éliminer les causes premières des pannes, pour qu'elles ne se reproduisent plus jamais, et parvenir ainsi à terme à un flux tendu, effectivement sans stocks tampons, y compris "sauvages", commence à être envisagé comme une stratégie possible, efficace et finalement raisonnable, au vu des performances des entreprises japonaises qui l'ont adoptée.

On retrouve également une opposition de conception de l'optimisation dans le rapport homme-machine. Ainsi, l'automatisation du pilotage ou de l'aiguillage d'un moyen de transport en situation normale crée le problème de la capacité de l'opérateur de "reprise en manuel" en situation perturbée et de sa crainte de ne pas avoir la réaction immédiate appropriée. La capacité de pilotage s'érousse en effet lorsqu'elle n'a plus à s'exercer en permanence. De même l'attention à l'événement exceptionnel, exigeant une décision rapide, faiblit lorsqu'elle est transformée en surveillance passive. Le "compromis" trouvé a été d'obliger périodiquement les opérateurs à conduire en "manuel assisté" pour entretenir leur capacité et leur attention, ou bien à faire des stages de conduite, en situation perturbée, simulée.

Dans de tels cas, la nécessité de trouver un compromis ne s'impose que parce que le processus d'automatisation n'est pas remis en cause. L'automatisation de la fonction de conduite a été engagée prématurément, alors que les causes de perturbation n'ont pas été préalablement suffisamment identifiées, analysées et éliminées avec l'aide des conducteurs, pour rendre inutile leur présence permanente, faite d'attente passive et angoissante de l'incident.

Les exigences contradictoires entre lesquelles un "compromis" est trouvé dictent donc des choix techniques précis. Elles se révèlent en fait dépassables si les présupposés du processus et de la forme sociale d'automatisation qui font naître la contradiction sont interrogés et remis en cause.

1.5. La supériorité de la solution technique sur tout autre type de solution

La solution technique est de fait considérée comme toujours plus efficace, plus "claire", plus définitive et plus "dans le sens de l'histoire" que les solutions, de type organisationnel, social ou gestionnaire : qu'il s'agisse de relever rapidement la productivité et la qualité, de garantir la sécurité des équipements et des personnes, d'améliorer les conditions de travail, de suppléer à un manque de compétence, de décentraliser l'information, ou bien de résoudre un problème social.

Ainsi, au cours des années soixante-dix, le "malaise des O.S." ne pouvait avoir, dans cette vision de l'avenir, de solution rapide et définitive que par la marche forcée à l'automatisation. La réorganisation du travail, infiniment moins coûteuse et plus immédiate dans ses effets pour les O.S. et l'entreprise, aurait pourtant eu l'avantage de préparer les esprits et les compétences à une automatisation plus progressive, performante et qualifiante.

De même, la raréfaction des ouvriers ayant encore les connaissances et les savoir-faire nécessaires dans des domaines spécialisés trouve immédiatement sa solution technique dans l'introduction de systèmes experts prescriptifs de conduite ou de maintenance, au lieu de provoquer une réflexion sur les raisons de cette raréfaction et sur les mesures organisationnelles, sociales, techniques à prendre pour reconstituer les compétences nécessaires.

L'automatisation intégrale d'une activité, n'ayant d'autre justification immédiate que de faire disparaître une catégorie professionnelle devenue socialement ingérable par des comportements considérés comme mettant en péril l'entreprise, sera admise voire préconisée, au nom de l'idée selon laquelle cette activité sera, de toute façon, un jour ou l'autre nécessairement automatisée. La recherche d'une solution sociale à un problème

de nature sociale, en mettant à jour les conditions qui conduisent un groupe professionnel à des pratiques strictement corporatistes, est perçue comme une démarche aléatoire, ambiguë ou naïve.

1.6. L'aléa majeur est l'aléa humain et social

Ce présupposé est vraisemblablement le plus important, parce que plongeant ses racines dans le rapport salarié lui-même. L'efficacité du système technique serait constamment menacée par les éléments majeurs d'incertitude que seraient d'une part l'agent productif lui-même, en tant qu'être humain, donc soumis à des défaillances, et en tant que salarié, donc mû par des forces et des intérêts propres ; et d'autre part par la vie sociale en atelier caractérisée par des tolérances, des arrangements et des compromis mettant en cause la rationalité du système.

D'où la préoccupation, lors de la conception, de restreindre le champ des possibles et de pré-déterminer matériellement les opérations à faire. Il en résulte par exemple la préférence pour une solution technique au résultat moyen mais sûr, au détriment d'un autre choix technique au résultat meilleur mais plus dépendant du ou des opérateurs. Il découle également de la conviction de la non-fiabilité humaine et de l'impossibilité de parier sur la compétence et la conscience professionnelles à l'échelle collective, la tendance à concevoir un cadre matériel de travail qui ne donne à comprendre de l'installation automatisée que ce qui est considéré par les concepteurs comme nécessaire et suffisant aux opérateurs, et qui les contraignent autant que faire se peut à intervenir selon les modalités considérées a priori comme logiques et cohérentes avec les principes théoriques de fonctionnement du système. Plus un système réduit l'intervention humaine, plus il est "bouclé", plus il est censé être sûr et parfait. Il est dès lors logique de chercher à "extérioriser" l'opérateur.

Les présupposés économiques et sociaux précédents induisent donc un processus et une forme sociale d'automatisation qui se présentent aux agents de conduite et de maintenance comme prescriptif, extériorisant et substituant. Comment comprendre alors que l'automatisation actuelle s'accompagne d'organisations nouvelles du travail considérées quasi-unanimement comme des organisations « requalifiant » le travail ?

2. COMPATIBILITES OU INCOMPATIBILITES DE L'AUTOMATISATION ACTUELLE AVEC LES FORMES NOUVELLES D'ORGANISATION DU TRAVAIL.

Le processus et la forme sociale d'automatisation actuelle sont compatibles avec certaines des formes nouvelles d'organisation du travail et sont en contradiction avec d'autres. Toutes ne sont pas en effet, malgré les apparences et les discours tenus à leur sujet, des organisations qualifiantes.

2.1. Les organisations "enrichissantes"

L'automatisation prescriptive et extériorisante est non seulement compatible avec les organisations "élargissant" et "enrichissant" le travail des opérateurs, mais elle les appelle même pour être pleinement efficace. Leur couplage conduit paradoxalement à une division accrue du travail. Il s'agit des formes dans lesquelles les conducteurs d'installations automatisées se voient confier la première maintenance, le contrôle qualité, le changement d'outils et le suivi de production, mais dont les modalités d'exécution ont été simplifiées.

On l'a vu précédemment, l'automatisation actuelle, présupposant que la surveillance humaine ne soit qu'attente de l'incident, donc improductive (et de fait elle l'a souvent rendue telle, en ne donnant à connaître du fonctionnement de l'installation que les informations jugées a priori nécessaires et suffisantes par les concepteurs), elle en "libère" l'opérateur grâce à des alarmes et à des arrêts automatiques. Ce dernier devient disponible pour exécuter d'autres tâches. Précisément la priorité donnée à l'intervention rapide pour relancer au plus vite la production amène à diviser les tâches d'entretien, de dépannage, de contrôle qualité, de réglage, de changement d'outils, et de suivi de production selon leur durée et leur complexité, après que certaines d'entre elles aient été simplifiées par des automatismes. On l'a vu pour le dépannage, c'est vrai aussi du contrôle qualité. La détection automatique des défauts réduit l'intervention de l'opérateur soit à retirer le produit, soit à le "pastiller" pour retouche en aval, soit à le retoucher immédiatement, si cette opération est réalisable simplement et dans le temps de cycle. De même le changement d'outil se limite aujourd'hui, suite à un arrêt déclenché automatiquement au bout de x cycles, à fixer un manchon portant l'outil préalablement réglé, dans l'atelier ou ailleurs, à l'aide d'appareils de réglage.

Ces attributions nouvelles, volontiers considérées comme induisant une "requalification" du travail, et donnant lieu de fait, souvent, à une "formation" et à une classification plus élevée, voire au titre de professionnel de fabrication, sont en fait la juxtaposition d'opérations devenues partielles, dont l'exécution ne donne pas, seule, les moyens d'appréhender le fonctionnement réel de l'installation dans son ensemble et d'en acquérir l'intelligence pratique, conditions à toute requalification effective et durable.

En revanche, le transfert aux conducteurs de tout ou partie des fonctions de réglage, de contrôle et de maintenance, préalablement divisées et simplifiées, conduit à la suppression des régleurs, des contrôleurs et des retoucheurs et prépare la réduction du nombre des agents d'entretien. L'automatisation du diagnostic des pannes, partie qualifiée par excellence du travail de maintenance, à l'aide d'outils-tests ou de systèmes experts prescriptifs, ainsi que la généralisation de l'échange standard, permettent en effet d'envisager le transfert prochain d'une part croissante de l'activité de dépannage deuxième niveau aux conducteurs d'installation sans que ce transfert nécessite pour eux une réelle professionnalisation. Une division accrue du travail est en gestation avec d'une part la formation d'une catégorie indifférenciée de "conducteurs-dépanneurs" polyvalents et d'autre part la constitution d'un groupe réduit de spécialistes pour traiter les pannes rares ou nouvelles, et enrichir les bases de connaissances et de "règles" des systèmes experts.

L'automatisation prescriptive et extériorisante, couplée aux organisations nouvelles du travail qui se limitent à élargir et à enrichir le travail des opérateurs, semble conduire à une division accrue du travail. Or c'est ce couplage là qui est aujourd'hui le plus répandu dans les entreprises, françaises notamment. Tout se passe comme si se répétait

le scénario observé à l'origine de la "mécanisation spécialisée" et du taylorisme, à savoir d'une part la "requalification" des manoeuvres en "ouvriers spécialisés", en les affectant à la "conduite" des machines-outils spécialisées, et d'autre part la constitution de la catégorie des ouvriers d'entretien, en remplacement des professionnels de fabrication qui conduisaient, réglait et entretenaient les machines-outils universels sur lesquels ils travaillaient. Il s'est agi alors, pour les manoeuvres, d'une "requalification réelle", dans la mesure où, à l'origine, la décomposition des tâches et la spécialisation des machines étaient encore loin de ce qu'elles sont devenues ensuite. Mais cette requalification a été relative et fut temporaire, comme risque de l'être celle des conducteurs d'installations automatisées dans le modèle technico-organisationnel le plus répandu aujourd'hui.

2.2. Les organisations "qualifiantes"

Les organisations du travail, effectivement qualifiantes, se caractérisent généralement par la formation d'équipes de conduite et de maintenance, s'auto-organisant, et ayant la responsabilité effective, non seulement de la réalisation du programme de production, mais surtout de l'amélioration des performances de l'installation dont elles ont la charge, en volume, en qualité et en délais. Elles se révèlent en contradiction, dans leurs principes et dans la pratique, avec l'automatisation telle qu'elle est conçue.

L'amélioration des performances d'une ligne automatisée par une équipe de base implique que celle-ci puisse en connaître le fonctionnement réel, au-delà de ce qu'en donne à voir l'installation elle-même. Or les lignes automatisées et les machines qui les composent sont fréquemment architecturées de telle sorte que quiconque, qualifié ou non, se trouve dans l'impossibilité matérielle d'observer, en cours de production, les zones susceptibles d'être le lieu d'incidents, les organes sujets à des défaillances, les outils pouvant se dérégler et les mouvements amorçant une désynchronisation. Les zones opératives, les parties motrices ainsi que les transferts ne sont pas plus visibles que la cinématique générale n'est lisible. Les synoptiques comme les pupitres de commande et de signalisation ne permettent de se représenter que la marche de l'installation sur laquelle il est éventuellement autorisé d'agir. L'invisibilité du fonctionnement réel, et son remplacement par une représentation censée permettre les seules interventions pertinentes, se comprennent lorsque les fonctions de conduite et de maintenance sont strictement séparées dans leurs objectifs, leurs attributions, leurs modalités et leurs temporalités. Dans un tel cas de figure, où la production peut généralement être reportée sans surcoût excessif sur d'autres machines, la maintenance a la possibilité d'immobiliser la ou les machines en panne, durant le temps nécessaire au démontage des éléments gênant l'observation et à la réalisation d'essais à blanc pour comprendre l'origine de l'incident.

Il n'en va plus de même avec des installations hautement intégrées et automatisées. Leur transparence, leur intelligibilité et leur analysibilité en fonctionnement réel deviennent des conditions à l'amélioration de leurs performances par l'équipe qui en a la charge. Le paradoxe est que c'est à ce moment-là que les machines deviennent encore plus compactes et opaques. Leur conception même décourage ou dissuade les tentatives d'en comprendre, en cours d'exploitation, les faiblesses et les dérives et ainsi d'en anticiper les pannes et les incidents en traitant préventivement les causes, y compris de la part d'équipes de conduite et de maintenance composées exclusivement ou en majorité d'agents qualifiés d'entretien.

Il arrive, parfois, cependant que, malgré les obstacles matériels mis à leur compréhension, les agents en charge de l'installation parviennent, à force de modifications plus ou moins autorisées et de transgressions des consignes, à acquérir une bonne connaissance et maîtrise de leur ligne et à en améliorer les résultats. Mais la poursuite de l'automatisation dans sa forme actuelle et notamment l'implantation de systèmes experts de conduite et de diagnostic de pannes de caractère prescriptif et substitutifs à la compétence qu'ils se sont forgés, viennent ruiner les raisons de leur implication et décrédibiliser les discours tenus sur les organisations qualifiantes.

La conception même de l'automatisation est alors clairement en question. En participant à l'élaboration d'un cahier des charges d'une ligne automatisée, nous avons essayé de voir quelles seraient les conséquences techniques d'un changement d'objectifs.

3. UN PROCESSUS ET UNE FORME SOCIALE D'AUTOMATISATION VISANT LA PERFORMANCE ECONOMIQUE ET LA QUALIFICATION DU TRAVAIL

3.1. La priorité donnée à la fiabilisation sur le dépannage rapide : une stratégie de performance et de qualification

L'automatisation des machines et des transferts et leur intégration dans des lignes de fabrication font du taux de marche de ces dernières et de la stabilité des réglages les composantes essentielles de leurs performances en volume, en qualité et en délais. Il est par exemple plus efficace et plus rentable de prévoir ou de rajouter un agent si celui-ci contribue par son travail à élever de un ou deux points le taux de marche réel de l'installation automatisée, plutôt que d'essayer de supprimer un poste de travail pour augmenter le ratio théorique de l'effectif de main-d'oeuvre affectée rapporté au volume produit. Nous avons pu le démontrer dans le cas d'une ligne d'embouteillage. Le manque à gagner que représentaient deux points de taux de marche, au niveau de production où se situait la ligne, correspondait au coût d'un salarié qualifié pendant un an. Un des tronçons notamment était à l'origine, depuis de nombreuses années, de 25 % des temps d'arrêt de cette ligne. Le remplacement de l'O.S. qui n'avait à assurer que la surveillance et la relance en cas d'incident mineur, par un électromécanicien ayant pour fonction de prévenir les arrêts et d'en éliminer les causes, était une mesure à la fois hautement profitable et réellement qualifiante, y compris pour un ouvrier professionnel.

En l'état actuel de maîtrise technique des automatismes, et surtout de connaissance des conditions concrètes de production et des causes premières des pannes, les services d'études des moyens de fabrication ne peuvent garantir (pour l'instant et dans la plupart des cas), par les seules qualités intrinsèques des installations qu'ils projettent, un taux de marche élevé, et définir a priori un entretien préventif systématique susceptible de le conserver durablement. Le taux de marche ne peut également être substantiellement augmenté, en procédant, en cours d'exploitation à des relances de production par dépannage rapide, et en renvoyant à plus tard l'analyse des défauts, des incidents et des pannes par un service spécialisé. Celui-ci est amené en effet à hiérarchiser les urgences selon sa logique propre de fonctionnement qui n'est plus celle de l'atelier. Il est soumis ensuite à des arbitrages budgétaires qui lui échappent souvent. Il finit par intervenir sur

une installation dont les conditions d'exploitation ont pu changer entre temps. Ce "circuit long" de la fiabilisation, apparemment rationnel et "économique" se révèle dans les faits, on l'a vu, coûteux pour l'entreprise, démotivant pour les ouvriers de fabrication et de maintenance, et insuffisamment efficace par la perte d'informations et de connaissances concrètes qu'il engendre.

3.2. L'illusion d'un lien nécessaire entre performances et organisation qualifiante

Précisons toutefois, avant d'aller plus loin dans l'exposé du scénario annoncé, qu'il est possible de parvenir, lorsque l'expérience d'automatisation est déjà ancienne, à des taux de fiabilité très élevés et stables en maintenant un "circuit long" de conception et de fiabilisation. Ce dernier peut aboutir, finalement, après des années de performances médiocres et de surcoûts d'investissement et d'exploitation, à des résultats satisfaisants, si entre temps l'entreprise n'a pas disparu sous les coups de la concurrence. Il est important de ne pas céder à la vision angélique, fréquemment partagée aujourd'hui, selon laquelle l'efficacité technique exigerait nécessairement la qualification systématique de la main-d'oeuvre, comme si la division du travail séparant toujours plus conception et exécution avait été jusqu'à ce jour une gigantesque erreur historique. Le scénario performant et qualifiant que nous développons ci-après a des conditions sociales et politiques très difficiles à réunir. Et on peut penser à bon droit que l'impossibilité de réunir ces conditions a été à l'origine de la division du travail séparant progressivement la conception de l'exécution, telle que nous l'avons connue jusqu'à présent, et qui, faut-il le rappeler, n'est pas une particularité du taylorisme et n'a pas débuté avec lui (celui-ci n'ayant fait que proposer, à une époque historique donnée, une façon, parmi bien d'autres, d'accentuer cette séparation). Plus le temps passera, plus la fiabilité initiale des équipements automatisés sera élevée, plus les conditions concrètes de production seront connues, anticipées et maîtrisées et plus l'automatisation et l'organisation actuelles pourront se maintenir, malgré leurs implications sociales, maintenant bien connues.

3.3. La mise en place d'un "circuit court" de la fiabilisation

Cette parenthèse étant faite, il est devenu aujourd'hui possible de penser un autre processus et une autre forme sociale d'automatisation, même si le type de rapport salarié qui est à leur horizon peut faire douter de leur possibilité de généralisation.

Les exemples donnés précédemment conduisent à penser que l'analyse et l'élimination sans retard des causes premières des défauts, des incidents et des pannes par une équipe de conduite et de maintenance dont ce serait la fonction essentielle et la responsabilité effective et qui disposerait des moyens matériels et budgétaires nécessaires et des appuis techniques dont elle aurait besoin pourraient être les moyens d'une élévation rapide et durable du taux de marche des lignes automatisées. L'instauration d'un "circuit court" de la fiabilisation pourrait être le point de départ d'un processus continu d'inversion réelle de la division du travail. L'équipe de conduite et de maintenance deviendrait en effet un partenaire obligé pour la conception des installations futures, parce que détentrice d'un savoir nouveau indispensable.

3.4. Un processus progressif et non excluant

Dans une telle perspective, la réduction de l'effectif n'a pas besoin d'être brutale. Elle doit même se faire progressivement, au fur et à mesure que l'équipe parvient à élever la fiabilité de la ligne dont elle a la responsabilité. De même, la substitution complète d'un type de main-d'oeuvre par une autre, comme c'est souvent le cas aujourd'hui, non seulement n'est pas nécessaire mais se révèle contreproductive. L'activité de fiabilisation nécessite en effet une bonne connaissance du comportement du produit et des machines ainsi que des conditions concrètes de production, connaissance que possèdent généralement les agents de conduite et de maintenance qui ont travaillé sur les installations précédentes. Dans une telle démarche, on peut même imaginer que l'automatisation d'une fonction ou d'une opération ne soit décidée qu'à partir du moment où l'équipe est parvenue, avec l'aide des services techniques, à identifier les paramètres intervenant et les événements survenant dans l'accomplissement de cette fonction ou de cette opération. On a dès lors un processus d'automatisation beaucoup plus "lissé" économiquement et socialement dans lequel l'équipe de base devient acteur, non seulement reconnu, mais obligé. Surtout, il induit lui-même, si la volonté politique se maintient, une autre forme sociale d'automatisation.

L'agent d'exploitation n'est plus considéré comme l'élément non fiable du système productif, mais au contraire comme l'agent de la fiabilisation du système technique. Pour qu'il devienne tel, pour qu'il acquière, au-delà des connaissances professionnelles indispensables, l'intelligence pratique du fonctionnement réel et des défaillances possibles du tronçon de ligne auquel il est affecté, encore faut-il que l'organisation du travail s'y prête, et surtout que la conception technique de l'installation le permette et l'exige en la rendant lisible et intelligible, testable et expertisable, adaptable et modifiable.

3.5. La disponibilité des agents à la source de la disponibilité des machines

Le "circuit court" de fiabilisation qui caractérise le présent scénario implique tout d'abord la disponibilité des agents pour observer et se placer aux points de complexité et de possibles difficultés. À l'inverse de la philosophie actuelle de la fabrication et de la maintenance, on peut dire que la disponibilité de l'installation est proportionnelle à la disponibilité des agents pour assurer une surveillance permettant l'analyse et le diagnostic. Pour cela deux problèmes doivent être résolus.

Les agents doivent être libérés des opérations sans contenu et sous contrainte de temps, en automatisant celles-ci. De même le problème de la conformité des matières aux tolérances des machines doit, à défaut d'être réglé, être traité en priorité de telle sorte que le conducteur ne soit pas en fait contraint, comme c'est souvent le cas aujourd'hui, de se placer en permanence à l'entrée de la ligne pour retirer ou rectifier en temps voulu le produit susceptible, par sa non conformité visible, de se détériorer et de bloquer le flux. Le contrôle et l'éjection automatiques, s'ils étaient réalisés, ne seraient qu'une sophistication coûteuse et une prothèse pour pallier à un problème qui doit être traité en fait à sa source. S'il n'en est pas ainsi, le conducteur peut difficilement s'éloigner du flux d'entrée de son tronçon, afin de porter son attention sur le fonctionnement de ce dernier et sur la qualité des opérations et des manipulations dont

le produit est l'objet. En revanche, si l'on est parvenu à une "hygiène" produit satisfaisante, il peut se consacrer à une surveillance active.

Dès lors, les arrêts automatiques, qui n'ont d'autres raisons d'être que de dispenser l'opérateur d'une surveillance, rendue effectivement passive et improductive, afin de l'occuper à des tâches annexes, seraient alors à reconsidérer. Leur élimination pourrait se faire au fur et à mesure que les causes des problèmes qu'ils ont à détecter auraient été traitées complètement et exhaustivement. Non seulement il est possible ainsi de désophistiquer l'équipement, mais l'on supprime aussi la cause supplémentaire d'incidents que représente la défaillance du système de détection automatique lui-même, à l'origine soit d'arrêts "injustifiés" (qui peuvent être nombreux) soit de non-arrêts aux conséquences plus ou moins graves.

3.6. Des machines lisibles et intelligibles

Si donc la fonction essentielle des membres de l'équipe de base peut ainsi être de prévenir défauts, incidents et pannes, alors la qualité première des machines et des lignes qu'elles composent est de donner à voir, par tous les moyens disponibles et possibles, leur fonctionnement réel en cours d'exploitation, afin de le rendre lisible, appréhendable dans son ensemble et intelligible. L'acquisition de cette intelligence pratique par les agents, qu'aucune formation préalable en salle ne peut remplacer, est la condition pour que se constitue une capacité individuelle et collective à identifier les causes premières des dysfonctionnements.

Tout d'abord, l'architecture même des machines doit les rendre transparentes. La clarté de leur cinématique, c'est-à-dire des différents mouvements mécaniques et de leurs enchaînements, est une qualité facilitant la reconstitution de l'enchaînement des causes d'incidents. La visibilité des zones opératives, c'est-à-dire des zones où organes, pièces et bien sûr outils, sont les plus sollicités et susceptibles de dérèglement et de casse compromettant la qualité du produit, est souvent une nécessité pour saisir à son origine une dérive et pour en identifier la raison. La compréhension des dérèglages est la condition pour concevoir des dispositifs qui en assurent la stabilité et pour parvenir ainsi à produire la qualité, plutôt que de devoir a posteriori la contrôler, et d'avoir à effectuer des retouches. La séparation des opérations et des zones opératives, au lieu de leur regroupement dans une même station, comme on peut en observer la tendance sur de nombreux équipements pour gagner de la place, réduire la durée des transferts et limiter les en-cours, peut être en définitive plus rentable, si, par la visibilité qu'elle assure, elle permet d'anticiper les dérèglages et mieux encore d'en éliminer les causes. Ce n'est que lorsque ce niveau de maîtrise est atteint, et il peut l'être plus rapidement si l'équipe de base en est l'artisan, que le regroupement des zones opératives n'est plus contreproductif. Les parties motrices sont généralement reléguées dans les endroits les moins visibles et les moins accessibles, alors que les dysfonctionnements se répercutent directement sur eux, et en font varier considérablement la régularité et la durée de vie. Enfin, les zones de flux, entre les stations opératives, étant considérées comme des zones sans action transformatrice sur le produit et donc non justifiable d'une attention particulière, sont généralement totalement invisibles, alors même que les encrassements, les blocages, les rayures, les déformations, les bris, etc., y sont fréquents, rendant donc

difficiles et longues la localisation de ce type d'incident et à plus forte raison leur anticipation.

Tant qu'un très haut niveau de maîtrise et de fiabilité n'est pas atteint, il n'y a donc pas de raison économique à faire des machines compactes et opaques. Au contraire, pour y parvenir, il faut en passer par des machines "extraverties" et "transparentes". Il n'y a pas non plus de raisons de sécurité. Outre que celle-ci ne rime pas avec opacité, on sait que la sécurité active des agents est d'abord fondée sur leur compréhension des machines en mouvement et des événements qui peuvent se produire. Cette compréhension leur permet d'acquérir les automatismes de gestes en situation normale et les réflexes en situation imprévue, qui sont à la base de leur sécurité.

En ce qui concerne la conception des commandes, des visualisations et des signalisations, il n'existe plus, dans le scénario développé ici, de raisons poussant à limiter et à canaliser les interventions de l'opérateur et à lui fournir une représentation du fonctionnement de la machine qui ne puisse induire une interprétation autre que celle jugée correcte par le concepteur. Au contraire, devenu agent de fiabilisation, l'agent doit pouvoir visualiser sur tableau ou écran (ou bien voir directement) chaque mouvement élémentaire de la machine, et éventuellement le commander, afin d'être en mesure de remonter l'enchaînement de certaines causes et de procéder à des vérifications et à des "essais dynamiques".

3.7. ... testables et expertisables ...

Il est impossible de prévoir a priori tous les points, les organes, les mouvements qui devront faire l'objet d'enregistrement ou de prélèvement pour repérer les causes premières des incidents, et donc qui doivent être accessibles et en mesure de recevoir des moyens d'analyse et de test. L'architecture générale de l'installation doit donc non seulement être "ouverte" pour en rendre lisible et intelligible le fonctionnement, mais elle doit aussi rendre physiquement "osculables" les éléments qui la composent et "analysables" les flux qui la parcourent, aux endroits qui se révèlent à l'usage pertinents, et cela en cours de production.

La recherche prioritaire des causes premières des pannes rend également sans objet la distinction d'une part des pannes connues, susceptibles d'être diagnostiquées par des outils-tests ou par des systèmes experts dont l'agent aurait à suivre les prescriptions, et d'autre part des pannes nouvelles ou rares, dont l'analyse serait réservée à des techniciens spécialistes. Toutes les pannes simples ou complexes, fréquentes ou rares relèvent du même traitement : l'élimination de leurs origines. La fonction et la conception des outils-tests et des systèmes experts s'en trouvent modifiées.

Par définition, ces moyens ne pourraient être prescriptifs, puisqu'ils auraient à aider à trouver des causes encore inconnues. En première approximation, ils auraient tout d'abord à mémoriser les informations les plus diverses saisies automatiquement ou introduites par les opérateurs sur les conditions de fonctionnement et le fonctionnement lui-même des lignes et des machines, particulièrement à leurs points de faiblesse, de complexité et d'exposition aux agressions externes. Ils pourraient fournir des exemples d'enchaînement de causes découverts pour des pannes ayant quelques parentés avec celles en cours de traitement. Ils devraient tendre à restituer les raisonnements, les règles de méthode, les méta-connaissances, et les mises en relation qui se sont révélés jusqu'à présent appropriés au matériel étudié pour aider à voir, à penser et à trouver.

Mais les formalismes et les moteurs d'inférences disponibles, résultant des recherches en Intelligence Artificielle ne semblent pas pouvoir répondre à un tel cahier des charges. Ils ont été en effet conçus pour parvenir à des machines faisant aussi bien que l'homme, donc substituable à lui.

3.8. ... adaptables et modifiables

La fiabilisation passe souvent par l'adaptation aux conditions singulières d'exploitation d'une installation donnée. Dès lors, la modularisation intégrale des machines ainsi que la standardisation systématique des pièces peuvent ne pas s'imposer, surtout lorsque celles-ci n'ont d'autres raisons d'être que de permettre le dépannage rapide.

Enfin, la fiabilisation passe par des modifications qui ne sont importantes et coûteuses que parce que, en raison de l'architecture mécanique ou informatique de la ligne, elles nécessitent de proche en proche des démontages, des reconstitutions, des recâblages ou des réécritures longs et complexes. Un autre type de modularisation est à concevoir qui réponde, non pas à l'exigence du dépannage rapide et limité, mais à l'exigence de modification nécessaire pour atteindre la fiabilité visée.

CONCLUSION

La priorité donnée à la fiabilisation sur le dépannage rapide a donc des conséquences importantes à la fois sur le processus d'automatisation et sur la conception des installations automatisées. Les choix techniques qui en découlent ne se limitent pas à une adaptation ergonomique des postes de travail pour en réduire la pénibilité et en enrichir le contenu, ni à des aménagements pour rendre possibles des organisations plus collectives et autonomes de travail. Ils affectent les machines et les lignes dans leur structure et leur composition et les automatismes dans leur fonction et leur destination. Ils permettent aux équipes de conduite et de maintenance de devenir des agents effectifs de la fiabilisation et, de ce fait, des acteurs incontournables du développement technique. Une inversion réelle de la division du travail peut alors s'enclencher.

Et, tel est bien l'enjeu social et politique de ce scénario. Plusieurs conditions sont en effet à réunir pour qu'il puisse s'amorcer et se généraliser.

Tout d'abord, les salariés ne s'engageront dans une activité de fiabilisation, et donc ne travailleront directement à la réduction du nombre d'emplois nécessaires pour une production donnée, que s'ils ont la garantie, non seulement de l'emploi, mais d'un emploi dans lequel les compétences nouvelles qu'ils auront acquises par leur travail de fiabilisation pourront être réutilisées et développées. Cela implique que les entreprises pensent leur croissance, leur diversification et leur essaimage en fonction de l'évolution des capacités de leurs salariés.

Il faut enfin que le risque soit pris d'une redistribution importante du pouvoir au bénéfice des salariés des équipes de production, redistribution qui accompagne inévitablement l'inversion de la division du travail.

Bibliographie

« Pour une automatisation raisonnable de l'industrie », *Annales des Mines*, n° spécial, Janvier 1988, 125 p.

Daniellou F., *L'opérateur, la vanne, l'écran : l'ergonomie des salles de contrôle*, Ed. de l'ANACT, 1986, 435 p.

Durand Cl., *Le travail enchaîné*, Seuil, Paris, 1978.

Freyssenet M., « La requalification des opérateurs et la forme sociale actuelle d'automatisation », *Sociologie du Travail*, n° 4, 1984, pp. 422-433.

De Montmollin M., *L'intelligence de la tâche. Eléments d'ergonomie cognitive*, Peter Lang, Berne, 1985, 183 p.

Nakajima S., *La maintenance productive totale*, Ed. de l'AFNOR, Paris, 1989, 271 p.

-Noble D.F., *Forces of production. A social history of industrial automation*, Knopf, New York, 1984.

Ohno T., *L'esprit Toyota*, Masson, Paris, 1989, 132 p.

Perrin J., *Comment naissent les techniques*, Publisud, Paris, 1988, 182 p.

Shaiken H., *Le travail à l'envers*, Flammarion, Paris, 1986, 309 pages.

Recherches à l'origine de la présente communication

« Evolution du contenu et de l'organisation du travail d'usinage », CSU, Paris, 1984, 84 pages.

« La requalification des opérateurs et la forme sociale actuelle d'automatisation », *Sociologie du Travail*, Paris, 4/84, pp 422-433.

« Les conducteurs confirmés d'unités automatisées », *Actes du Gerpisa*, n° 2, 1986, pp. 75-92.

« Genèse sociale de choix d'automatisation et d'organisation : le cas de l'aiguillage dans les chemins de fer », CSU, Paris, 1986, 185 pages (avec Françoise Imbert).

« Choix d'automatisation, efficacité productive et contenu du travail », *Cahier de recherche du GIP Mutations Industrielles*, Paris, n° 22, 1988, 67 p. (avec Jean-Claude Thénard).

Freyssenet M., "Processus et formes sociales d'automatisation", in Actes du Colloque International Mastech "Maîtrise sociale des technologies", Lyon, 9-12 septembre 1992. Vol 2. Édition numérique, <http://freyssenet.com/?q=fr/node/375>, 2006, 120 Ko.

« La conception de lignes automatisées d'embouteillage conduites par des ouvriers professionnels », GIP M.I., Paris, 1988, 35 p.

« Conception des équipements et travail de maintenance », *Cahier de recherche du GIP Mutations Industrielles*, Paris, n° 30, 1989, 72 p. (avec Elsie Charron et Françoise Imbert).

« Le "développement" des systèmes experts en entreprise », *Cahier de recherche du GIP Mutations Industrielles*, Paris, n° 35, 1989, 85 p. (avec Martine Blanc et Elsie Charron).

« Les techniques productives sont-elles prescriptives ? », *Cahier de recherche du GIP Mutations Industrielles*, Paris, n° 45, 23 mai 1990, 39 p.