



P r o d u c t i o n i n d u s t r i e l l e
a u t o m a t i s é e e t i n f o r m a t i s é e

Chapitre 2
Informatique et production

Ce second chapitre passe en revue les quatre grandes phases selon lesquelles a évolué la production industrielle entre le début du 19^{ème} siècle et aujourd'hui. Il s'agit successivement de la mécanisation et de l'automatisation des tâches, puis de l'émergence de l'informatique et de l'intégration des systèmes.

Tout en déclinant ces quatre phases, ce second chapitre s'intéresse à la toile de fond sur laquelle se déroule cette évolution ; une toile de fond sur laquelle est repérée une constante qui se renforcera au fur et à mesure du déroulement des quatre phases : l'inflation du concept d'information. Il montre en effet comment l'homme va d'abord passer d'une confrontation à l'objet qu'il fabrique à une confrontation à l'outil avec lequel il fabrique cet objet. Puis il va passer d'un rapport physique qu'il entretenait avec sa machine à un rapport informationnel avec cette même machine qui, entre temps, s'est automatisée. L'homme est de moins en moins confronté à la réalité sur laquelle il intervient et de plus en plus confronté à une représentation de cette réalité.

Informatique et production

Table des matières du chapitre 2

| | |
|---|----|
| 1. Mécanisation des tâches..... | 4 |
| 1.1. De l’objet fabriqué à l’outil fabricant | 4 |
| 1.2. De la conception du produit à la conception du procédé | 5 |
| 2. Automatisation des tâches | 6 |
| 2.1. Dualité partie opérative – partie commande | 6 |
| 2.2. D’un rapport physique à un rapport informationnel | 7 |
| 3. Emergence de l’informatique..... | 8 |
| 3.1. De la logique câblée à la logique programmée | 8 |
| 3.2. Dualité matériel - logiciel | 9 |
| 4. Intégration des systèmes | 11 |
| 4.1. De la dissémination à l’intégration des technologies..... | 11 |
| 4.2. Entre système maître-esclave et système client-serveur | 12 |
| 4.3. Normalisation des systèmes et de leurs applications | 13 |
| 5. Inflation du concept d’information | 15 |
| 5.1. Dualité matière - information | 15 |
| 5.2. Dualité réalité observée – réalité représentée | 16 |
| 5.3. Dualité réalité essayée – réalité simulée | 17 |
| Conclusion | 18 |

1. Mécanisation des tâches

La mécanisation des tâches, ça n'est bien sûr pas que la simple utilisation d'un outil manuel pour façonner un objet. C'est plus largement le recours à un mécanisme motorisé qui intègre l'outil de façonnage, qui en produit et surtout en guide le mouvement vers l'objet façonné. C'est, par exemple, une perceuse sensitive qui assure en même temps la rotation du foret et sa progression dans la matière de l'objet à percer. Mais c'est, autre exemple, un tour qui entraîne l'objet dans un mouvement de rotation et assure le maintien contre cet objet de l'outil de coupe qui confère à l'objet son profil de révolution.

1.1. De l'objet fabriqué à l'outil fabricant

Des trois systèmes physique, informationnel et décisionnel sur lesquels nous prendrons appui pour définir l'entreprise manufacturière, seul le premier, lieu de transformation de matières, est concerné par la mécanisation des tâches ; les deux autres systèmes, lieu de traitement d'informations et lieu de prise de décisions, ne sont pas encore concernés.

La **mécanisation des tâches** est le recours généralisé ou l'appel de plus en plus fréquent à la machine pour remplacer la force musculaire de l'homme au travail ; le geste physique assuré par ce dernier bénéficie de l'assistance d'organes mécaniques qui :

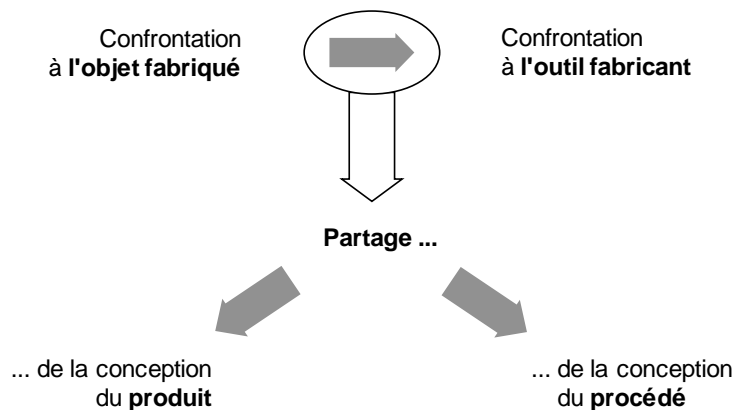
- permettent, pour le moins, une économie d'effort,
- apportent généralement plus de précision,
- assurent toujours plus de reproductibilité dans l'opération réalisée.

Sensiblement contemporaine du taylorisme, la mécanisation des tâches va avoir pour effet majeur d'éloigner l'ouvrier de son matériau, l'artisan de son œuvre ou, plus généralement, le sujet fabricant de l'objet fabriqué. L'ouvrier passe d'une **confrontation à l'objet fabriqué** à une **confrontation à l'outil fabricant**.

1.2. De la conception du produit à la conception du procédé

Avant la mécanisation des tâches il y avait une certaine exclusivité de préoccupation sur l'objet fabriqué, sur le produit. Il va falloir dorénavant se préoccuper, au moins autant sinon plus, de l'outil fabriquant et donc du procédé de fabrication.

Jusque-là, la réalisation d'un objet consistait en une seule et même démarche. La mécanisation des tâches va, en amont de la fabrication, **séparer la conception du produit de la conception du procédé**. Avec l'essor du taylorisme, deux fonctions nouvelles vont voir le jour au sein de l'entreprise : le **bureau d'études** en charge de la conception du produit et le **bureau des méthodes** en charge de la conception du procédé.



La mécanisation des tâches sépare donc ce que l'automatisation, le moment venu, réunira de nouveau dans un même processus de conception, à la fois du produit et du procédé ; mais cela, c'est une autre histoire.

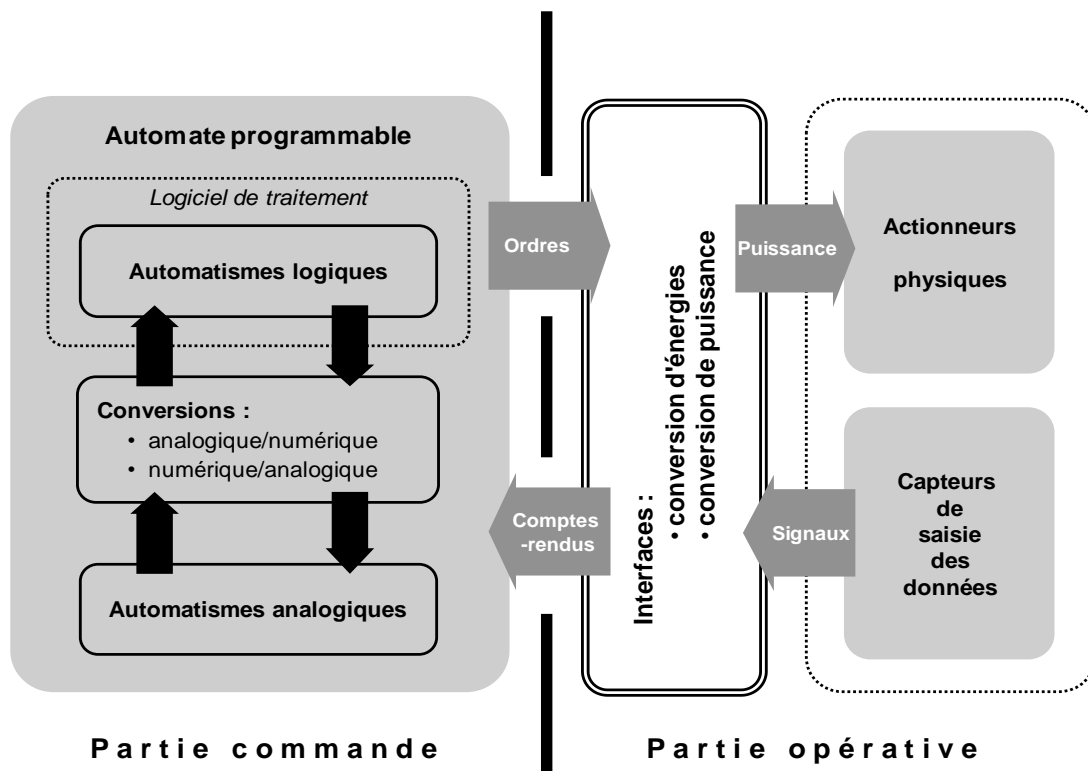
2. Automatisation des tâches

Après qu'une machine se soit substituée à la main de l'homme, il devenait possible de faire en sorte que cette machine devienne capable de fonctionner sans intervention humaine, si ce n'est pour la préparer à exécuter une tâche donnée sur un objet à fabriquer. L'automatisation des tâches, c'est l'autonomie donnée à des machines non plus seulement dotées d'une partie opérative qui agit, mais dotées aussi d'une partie commande qui donne les ordres dont a besoin la partie opérative pour agir et qui reçoit en retour de cette dernière des comptes-rendus d'exécution. C'est par exemple un tour automatique qui réalise à partir d'un barreau métallique des entretoises, des vis ou tout autre pièce mécanique de révolution.

2.1. Dualité partie opérative – partie commande

Cette fois, ce n'est plus seulement le système physique qui est concerné dans l'entreprise, mais c'est aussi le système informationnel. Avec l'**automatisation des tâches**, on va assister à la montée en puissance du concept d'information, même si, à ce moment-là, on parle plus encore de signal analogique ou d'état logique, que d'information.

En effet tout système automatisé comporte une **partie opérative** et une **partie commande**.



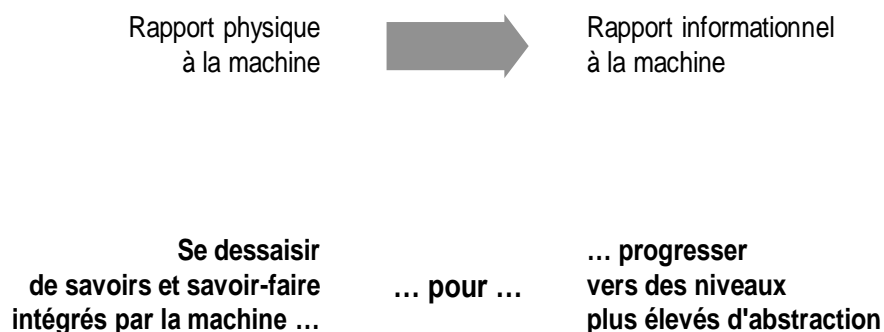
Constituée d'**actionneurs physiques** (moteurs, vérins, organes mécaniques, etc.) et de **capteurs de saisie de données**, la partie opérative exécute, dorénavant sans intervention humaine, les gestes physiques nécessaires à la réalisation d'une tâche, voire à la fabrication d'un objet. A l'aide de ses capteurs, encore appelés senseurs, la partie opérative renseigne la partie commande autant sur les conditions d'exécution que sur le résultat des gestes physiques accomplis.

La partie commande, pour sa part, recueille les informations que lui fournissent les capteurs de la partie opérative ; elle est dépositaire d'un programme décrivant l'enchaînement des opérations à faire exécuter ; elle génère par conséquent des ordres dont elle contrôle l'exécution par les actionneurs physiques de la partie opérative.

Si la partie opérative qui transforme de la matière relève bien du système physique, la partie commande qui traite de l'information relève bien, quant à elle, du système informationnel. Après la mécanisation et surtout l'automatisation des tâches, **l'homme va devoir passer d'un rapport physique à un rapport informationnel avec sa machine.**

2.2. D'un rapport physique à un rapport informationnel

Avec la mécanisation des tâches, l'homme avait consenti à s'éloigner de l'objet fabriqué pour nouer et entretenir un lien physique avec sa machine. Avec l'automatisation des tâches, l'homme va devoir abandonner ce lien physique, s'éloigner d'une machine qui n'est plus la sienne dans la mesure où ce n'est plus lui qui, de ses mains, en assure la conduite ; il n'a même plus à en connaître les caprices car ceux-ci ont disparu, à force de n'être plus tolérables par la commande automatisée. En fait, l'essentiel de son rôle consiste à déterminer et contrôler un enchaînement de phases ou de séquences réalisées par des « boîtes noires ». Il lui faut accepter de ne pouvoir agir sur ces « boîtes noires » qu'au travers de ce qui y entre et de ce qui en sort. Pire ou mieux encore, très largement et définitivement déchargé de l'effort physique, l'homme au travail se voit progressivement dessaisi de savoirs et savoir-faire maintenant intégrés par la machine. D'où la nécessité pour les acteurs concernés de **progresser vers des niveaux toujours plus élevés d'abstraction.**



3. Emergence de l'informatique

De même que la mécanisation des tâches a rendu possible leur automatisation, de même l'automatisation de tâches a rendu possible, le moment venu, leur informatisation. Mais cette informatisation des gestes physiques dans les ateliers ne s'est pas faite tout de suite. Il a en effet fallu attendre que la partie commande des machines automatisées soit devenue programmable, c'est-à-dire réalisée à l'aide d'automates programmables qui ne sont rien d'autre que des ordinateurs conçus pour travailler en milieu industriel. Il a donc fallu attendre que l'automatisation des machines soit réalisée à l'aide de systèmes fonctionnant en logique programmée et non plus seulement en logique câblée.

Mais l'informatique n'a pas attendu l'avènement de la logique programmée dans les ateliers pour investir plus largement le monde de la production. Alors qu'elle ne s'était donc pas encore imposée dans les ateliers de fabrication, l'informatique gérait depuis longtemps déjà, à partir des nomenclatures de produits finis, les stocks de matières premières ou de composants nécessaires à la fabrication ; depuis longtemps déjà, elle planifiait, à partir des ordres de ventes du commercial, la planification et le lancement dans les ateliers des ordres de fabrication.

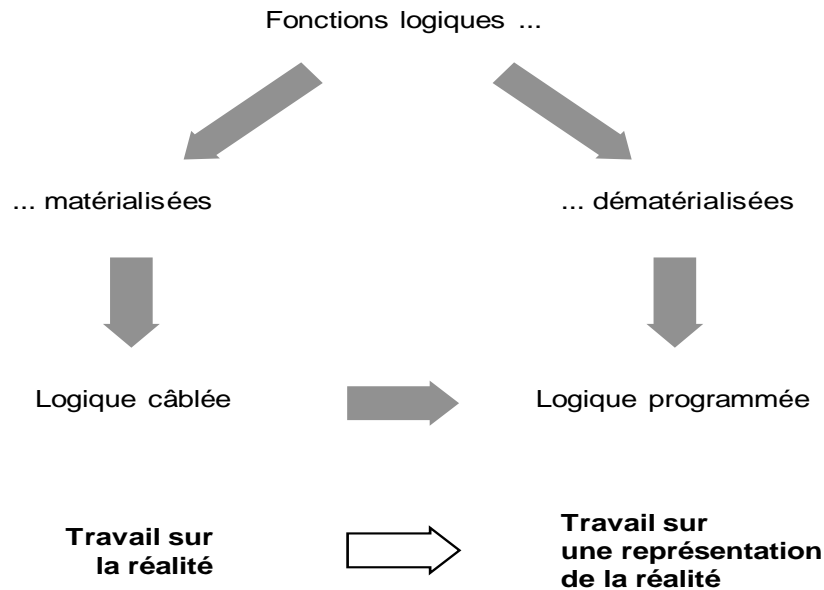
Ce passage de la logique câblée à la logique programmée dans les ateliers va donc être déterminant. Il était d'autant plus prévisible et se passera d'autant mieux que la gestion de la production des entreprises était déjà très largement informatisée, c'est-à-dire automatisée par le recours aux ordinateurs.

Ce passage de la logique câblée à la logique programmée n'est donc pas qu'un simple changement de technologie. Sans doute s'agit-il davantage, dans le milieu industriel, d'une mutation conceptuelle ; sans doute s'agit-il d'une sorte de révolution culturelle qui verra l'homme de moins en moins confronté à la réalité et de plus en plus confronté à une représentation de la réalité : une mutation technologique ou révolution industrielle largement favorisée plus tard par l'intégration des systèmes, c'est-à-dire par l'interconnexion de systèmes hier autonomes et dorénavant interconnectés au sein d'un unique système de pilotage de la production dans toute entreprise industrielle.

3.1. De la logique câblée à la logique programmée

Qu'est-ce qui pourrait bien marquer l'émergence de l'informatique ? L'informatique n'est pas apparue le jour où l'on a su matérialiser des fonctions logiques en mettant à profit les ressources de la technologie. Cette matérialisation est le signe même que l'informatique n'émerge pas encore car ces fonctions logiques, aussi complexes et élaborées soient-elles, sont encore réalisées physiquement à partir d'une technologie qui les « matérialise » ; nous sommes encore à l'époque de la **logique câblée**. C'est

fondamentalement le passage de la logique câblée à la **logique programmée** qui va marquer le passage à l'informatique ou qui, du moins, en est le signe. Dès cet instant, la fonction logique se « dématérialise » en ce sens qu'elle n'est plus réalisée physiquement par la technologie qui pourtant lui sert toujours de support ; la fonction logique ne s'identifie plus à son seul support technologique. Ce dernier, en effet, devient apte à générer des fonctions logiques complexes différentes ; celles-ci sont dorénavant réalisées par un enchaînement d'instructions ou de lignes de programme.



3.2. Dualité matériel - logiciel

Deux nouveaux concepts prennent alors naissance simultanément : celui de **matériel**, le hardware, et celui de **logiciel**, le software ; c'est grâce à cette dualité que l'on pourra, avec le même équipement, effectuer des traitements radicalement différents.

Ces deux concepts de matériel et de logiciel sont à rapprocher, mais sans nullement les confondre, avec ceux évoqués plus haut de **partie opérative** et de **partie commande** en automatique.

Ces deux dualités, matériel/logiciel et partie opérative/partie commande, procèdent l'une et l'autre d'un même « partage entre le dur et le mou » ; elles se réfèrent l'une et l'autre à une même dualité perceptible à un niveau plus profond : celle du réel et du formel. Sans vouloir aller trop loin dans la réflexion, on notera simplement que le réel est ici ce que le formel commande et le formel, ce que le réel demande. Réel et formel ne s'appréhendent pas en soi, mais toujours l'un par rapport à l'autre.

Sans doute ce point mériterait-il d'être développé. Avec l'émergence de l'informatique, l'abstraction étend son empire plus encore qu'avec l'automatisation des tâches ; malheur à ceux qui ne voudront pas

se soumettre au pouvoir grandissant de l'abstraction. Ceux-là même qui « se cognaient au dur », parfois avec plaisir, doivent maintenant « s'affronter au mou ». Dans cette course qui s'engage vers des niveaux toujours plus élevés d'abstraction, **l'homme est de moins en moins confronté à la réalité et de plus en plus confronté à une représentation de la réalité.**

4. Intégration des systèmes

L'intégration des systèmes, c'est l'interconnexion de systèmes hier autonomes et dorénavant interconnectés au sein d'un **unique système de pilotage de la production** dans les entreprises industrielles. C'est donc, au sein de ce système de production, la possibilité donnée à plusieurs systèmes technologiques de partager des informations nécessaires à leur fonctionnement ou d'échanger des données que d'autres génèrent au fur et à mesure où ils produisent de la valeur ajoutée.

L'intégration des systèmes est donc le résultat de la dissémination des technologies d'automatisation et d'informatisation dans tous les compartiments du système de production des entreprises industrielles. Elle a été rendue possible par l'avènement des réseaux informatiques dont les normes et les protocoles garantissent l'univocité des échanges de données et d'informations nécessaires.

Un concept va donc s'imposer dans la manière de concevoir, de réaliser cette intégration de différents systèmes automatisés et informatisés, c'est celui d'**architecture du système intégré de l'entreprise industrielle** et plus seulement du système intégré de la production.

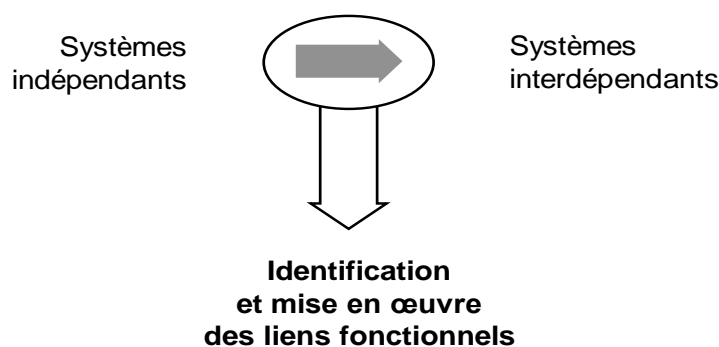
4.1. De la dissémination à l'intégration des technologies

Les entreprises doivent comprendre la **dimension systémique** des outils informatiques et automatiques dont elles se dotent. S'agissant par exemple du secteur manufacturier, la conception des produits ou des procédés, la fabrication des produits ou la gestion de la production, la qualité des produits ou des procédés, ... sont aujourd'hui concernées par les outils d'automatisation ; qu'il s'agisse d'automatiser la transformation de matière, le traitement d'informations ou la prise de décisions, avec toutes les précautions requises dans l'acceptation de ces termes.

Au-delà de leur **dissémination**, on assiste, entre ces différents outils, à l'identification et à la mise en œuvre de liens fonctionnels supportés par le réseau. C'est cela l'**intégration de systèmes**. Même s'ils tendent encore à privilégier les entreprises manufacturières, quatre exemples parmi d'autres illustrent bien cette nécessité d'intégrer des systèmes, c'est-à-dire d'interconnecter, de relier entre eux ces systèmes, de les rendre interdépendants.

- La conception assistée par ordinateur permet, à partir d'une banque de données régie par les concepteurs, d'adapter très rapidement un produit existant aux exigences d'une demande particulière déjà présente dans la planification de la production.

- Les outils flexibles d'une fabrication assistée par ordinateur doivent pouvoir assurer une production variable et diversifiée, contrôler des gestes physiques et en même temps gérer des quantités dictées par l'ordonnancement.
- L'organisation de la production, en termes de prévision et de suivi, permet avec l'aide de l'ordinateur d'optimiser le potentiel de production dès lors que le savoir-faire de l'entreprise a été codifié par les concepteurs.
- Le relevé instantané des temps et coûts-matière à la sortie des machines, confronté aux engagements commerciaux, permet de vérifier, en temps réel, la réalisation de prévisions budgétaires.



C'est ce passage de la simple dissémination des technologies d'automatisation et d'informatisation dans l'entreprise à leur intégration sur un même réseau qui en garantit une utilisation optimisée ; ce qui suppose une véritable ingénierie de prescription, de conception, de réalisation, de mise en œuvre et de maintenance d'un **système global de management**, c'est-à-dire du système général de l'entreprise intégrée ou d'entreprises intégrées.

4.2. Entre système maître-esclave et système client-serveur

Aujourd'hui comme hier, l'architecture selon laquelle différents systèmes automatisés et informatisés sont intégrés, c'est-à-dire interconnectés, dépend de la réponse apportée à cette seule question :

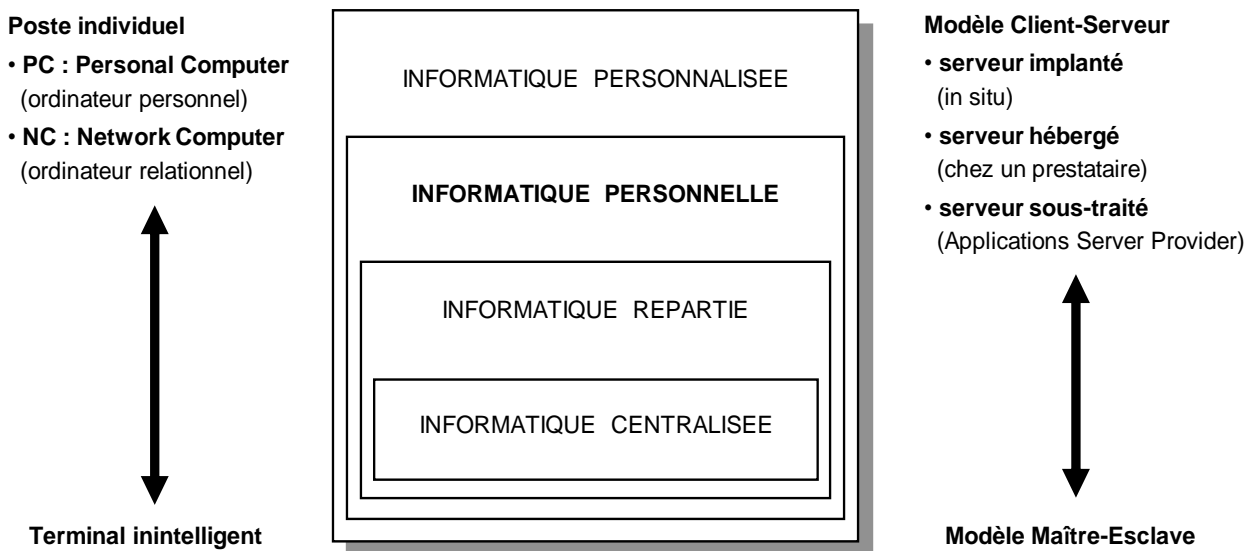
faut-il localiser ou faut-il répartir « l'intelligence » dans l'architecture d'un système intégré ?

Et c'est ainsi que l'on a d'abord connu les **systèmes maître-esclave**. Dans de tels systèmes à l'architecture centralisée, l'intelligence, c'est-à-dire la puissance de calcul, est localisée dans un « gros » ordinateur central auquel sont connectés, en nombre important, des terminaux inintelligents mis à la disposition des utilisateurs : c'est l'**informatique centralisée**.

Puis est arrivée l'**informatique répartie** ou informatique départementale dont l'architecture repose sur plusieurs mini-ordinateurs reliés entre eux par un réseau local ; chaque mini-ordinateur adressant un nombre limité de terminaux toujours inintelligents.

Plus récemment, on a assisté à l'avènement de l'**informatique personnelle** qui met un micro-ordinateur à la disposition de chaque utilisateur ; ces multiples PC (*Personal Computer*) étant reliés entre eux par un réseau local ou étendue à l'échelle d'une planète maintenant « câblée ».

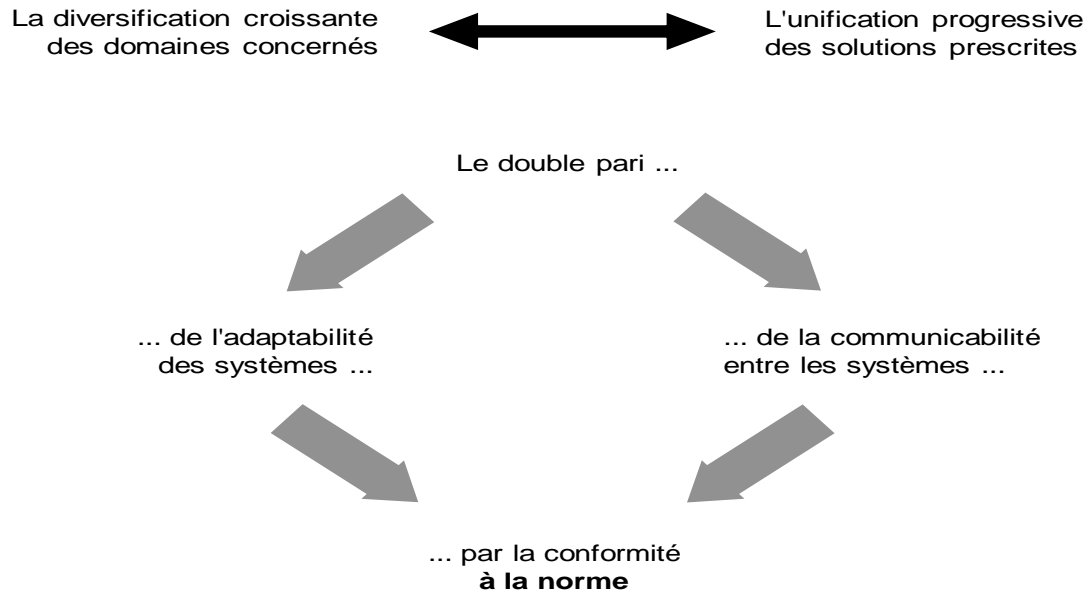
Arrive aujourd'hui ce que l'on pourrait appeler l'**informatique personnalisée** qui ne met à la disposition de l'utilisateur que ce dont ce dernier a véritablement besoin. A l'aide d'un NC (*Network Computer*), l'utilisateur localement « prélève » sur un serveur distant la « quantité d'intelligence » nécessaire, c'est-à-dire les fonctionnalités dont il a strictement besoin pour exécuter son travail.



Il est intéressant de noter que s'est posée, à la même époque dans le monde de la téléphonie, cette même question de la localisation de l'intelligence entre le terminal (le combiné ou le portable) et un serveur ; et ce, d'autant que les télécommunications d'aujourd'hui, c'est plus du traitement d'informations que de la transmission de signaux.

4.3. Normalisation des systèmes et de leurs applications

L'informatique comme l'automatique sont aujourd'hui présentes partout où l'on pense, décide et agit ; partout où il est nécessaire de communiquer, d'échanger des informations, de partager des ressources, de transmettre des consignes, etc. De ce fait, les constructeurs se trouvent soumis à une double attente de leurs clients et partenaires : d'une part, apporter des solutions à tous les types possibles d'applications et, d'autre part, garantir une possibilité d'intégration entre ces différentes solutions ; c'est à dire une possibilité de mise en relation, y compris à distance.



En effet, à la diversification croissante des domaines d'application de l'informatique correspond la compatibilité croissante de systèmes devenus capables de dialoguer entre eux ; **à la diversification croissante des problèmes à résoudre informatiquement correspond l'unification progressive de solutions régies par la normalisation** ; *plus ça diverge et plus ça converge*, oserait-on dire en abusant une fois encore du paradoxe. Plus que le rêve jamais totalement absent en la matière, c'est la réalité du marché qui pousse à de tel progrès et pousse à de tels propos : la conformité à la norme est l'élément fédérateur que les constructeurs ont été, dès hier pour certains, ou aujourd'hui pour les autres, condamnés à intégrer dans leurs stratégies respectives ; il y va de la pérennité de ce qu'ils préconisent comme de leur propre survie.

5. Inflation du concept d'information

Avec son cortège de normes et de protocoles, le concept d'architecture d'un système intégré de pilotage de la production illustre jusqu'où est allé l'inévitable inflation d'un autre concept encore plus fondamental qu'est celui d'information. Il suffit pour s'en convaincre de passer en revue trois dualités qui ont pour nom :

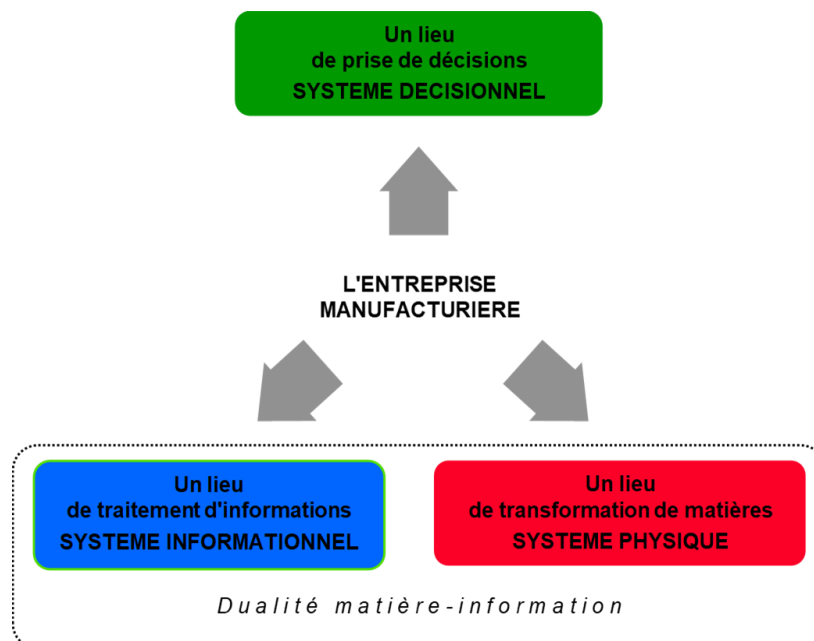
- matière – information,
- réalité observée – réalité représentée,
- réalité essayée – réalité simulée.

Ces trois dualités ont pour point commun de mettre en tension un premier terme toujours issu du réel matériel, issu de la matière palpable et tangible et un second terme issu du formel, issu du « discours » prononcé sur le réel, issu de la représentation du réel ou de la simulation de son comportement.

5.1. Dualité matière - information

Chacun peut aujourd'hui constater l'inflation du concept d'information que connaît le monde de la production industrielle. Il suffit pour s'en convaincre d'analyser quelques-unes des tendances qui sous-tendent son automatisation et son informatisation.

La première de ces tendances concerne singulièrement l'entreprise industrielle définie non plus seulement comme un lieu où l'on fabrique, mais comme un triple lieu de transformation de matières, de traitement d'informations et de prise de décisions.



Cela a été dit précédemment, ces trois lieux sont les trois sous-systèmes du système de production de toute entreprise industrielle ; trois sous-systèmes qui ont chacun leur monopole :

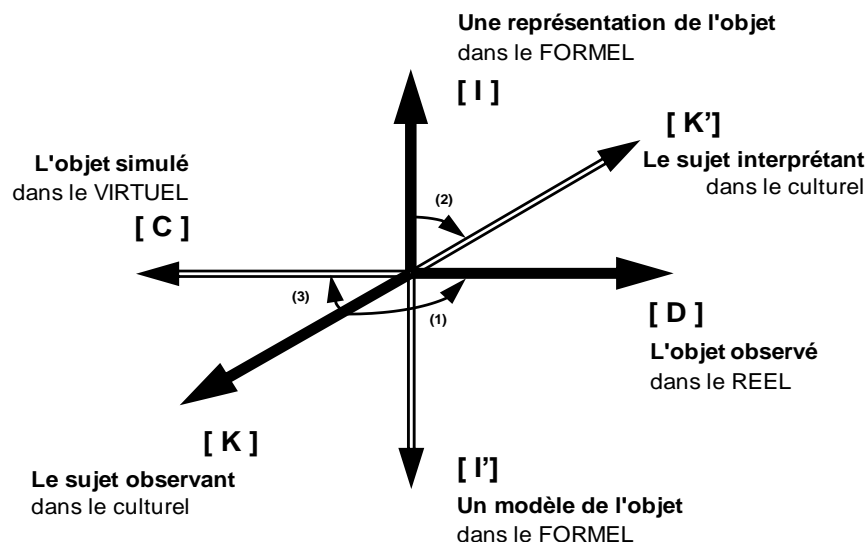
- la transformation de matières pour le premier,
- le traitement d'informations pour le second,
- la prise de décisions pour le troisième.

Seul le premier de ces trois sous-systèmes a un domaine d'action matériel. Ceux respectifs du second et du troisième sont en revanche parfaitement immatériels : traiter des informations pour l'un et prendre des décisions pour l'autre. Le schéma précédent illustre clairement cette dualité matière – information ; il montre l'importance qu'ont prise le traitement d'informations et la prise de décisions avant, pendant et après la transformation de matières des gestes fabricants. Ce schéma est, pour le moins, une première et belle illustration de cette inflation du concept d'information en milieu industriel.

5.2. Dualité réalité observée – réalité représentée

La deuxième de ces tendances se repère dans l'élaboration d'interfaces entre l'homme et la machine ; c'est à dire dans l'énoncé des problèmes que l'ergonomie cognitive s'efforce de résoudre pour aider ceux qui avaient hier accès, sur la machine, à la réalité de ce qu'elle faisait. Ceux-là n'ont plus aujourd'hui accès, sur les nouvelles générations de machines automatisées, qu'à une représentation sur des écrans de cette même réalité ; tant qu'elle travaille, la machine ne leur permet plus d'observer la réalité, mais d'en analyser une représentation sur un écran. Ce qui renvoie, après la dualité matière – information à cette seconde dualité : **réalité observée - réalité représentée**¹.

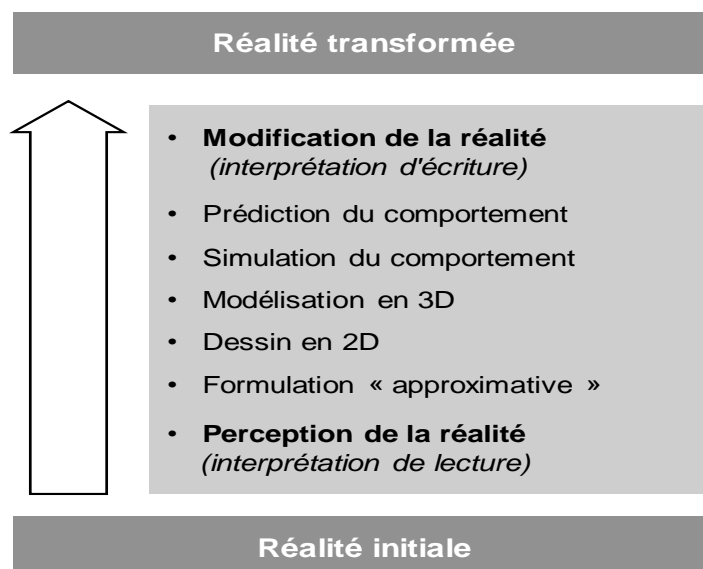
¹ On trouvera au paragraphe 2.1.3 (page 15) du chapitre de l'ouvrage sur les Technologies de la Connaissance : usage et sens de l'usage une analyse de ce schéma qui définit ces notions d'objet observé, sujet observant, représentation de l'objet, etc. Mais ce schéma a aussi le mérite de bien articuler entre elles ces six notions singulièrement fondamentales.



5.3. Dualité réalité essayée – réalité simulée

La troisième de ces tendances liées au fantastique essor des technologies réside dans le développement encore récent des systèmes dédiés, au-delà de la modélisation, à la simulation de phénomènes complexes. Il s'agit là d'un domaine d'application de l'informatique où les représentations de la réalité ont pris le statut de modèle : il ne s'agit plus d'une représentation statique aussi rigoureuse soit-elle (par exemple les trois vues d'un dessin en 2D), mais d'une représentation dynamique, nécessairement en 3D, un **modèle prédictif** sur lequel est simulé le comportement de la réalité.

De telles applications sont singulièrement mises à profit dans les bureaux d'études des entreprises manufacturières où sont conçus et mis au point les produits et dans les bureaux des méthodes où sont conçus les procédés de fabrication. Dans un cas comme dans l'autre, on part d'une réalité initiale pour atteindre une réalité transformée en passant par les cinq étapes que décline le schéma ci-dessous.



Au niveau le plus bas sur le schéma, la perception de la réalité est une primo-représentation que se font les techniciens, dessinateurs-projeteurs de l'objet ou du procédé qu'il leur faut concevoir. Au niveau le plus haut, la modification de la réalité est le geste physique de fabrication qu'exécute sur la matière à façonner par exemple une machine-outil à commande numérique ou un robot.

Ce domaine d'application de l'informatique est celui où d'aucuns osent imaginer que la simulation puisse devenir plus sûre, plus fiable que l'expérimentation en vraie grandeur ; ce qui renvoie à la dernière des trois dualités : **réalité essayée - réalité simulée**².

² On trouvera au paragraphe 3.1.2 (page 26) du même chapitre 3 de l'ouvrage sur les Technologies de la Connaissance : usage et sens de l'usage, un autre exemple prélevé dans le monde de l'aéronautique qui illustre l'extraordinaire efficacité de la simulation à partir d'une modélisation de la réalité.

Conclusion

En passant de la mécanisation à l'automatisation des tâches, les entreprises industrielles en général et manufacturières en particulier se sont pliées à un double mouvement à la fois de réunification et de séparation.

Elles ont d'abord appris à ne plus concevoir leurs produits sans en même temps concevoir la façon de les fabriquer. Elles ont donc réunifié la conception du produit et la conception du procédé qu'elles avaient auparavant soigneusement séparées en les affectant au bureau d'études pour la première et au bureau des méthodes pour la seconde.

Ensuite, dans tout système automatisé mis en œuvre, elles ont appris à bien séparer la partie opérative qui exécute les gestes physiques de la partie commande qui génère les ordres à exécuter et en enregistre les résultats.

Enfin, en intégrant les différents systèmes automatisés de leurs ateliers, c'est-à-dire en les reliant à un même réseau informatique, les entreprises manufacturières ont dû, elles aussi, se soumettre à l'inflation du concept d'information. Plus que d'autres acteurs de cette mutation technologique, les entreprises manufacturières ont été le terrain où se sont sans doute le plus spectaculairement exprimées ces dualités qui ont pour noms, non seulement **matière-information** ou **matériel-logiciel**, mais aussi **réalité observée-réalité représentée** ou **réalité essayée-réalité simulée**.
