



**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 3**  
**Système de production industrielle**

---

**C**e troisième chapitre s'achève par un premier inventaire des systèmes assistés par ordinateur auxquels les entreprises industrielles ont recours pour assurer leur production. Il recense par conséquent la plupart de ces XAO développés et mis en œuvre au sein de leur système de production.

Mais pour en arriver là, ce court chapitre commence, dans un premier temps, par bien définir ce qu'est un système de production et ce que recouvre les trois sous-systèmes qui le composent. Puis, dans un second temps, le chapitre en présente à grands traits une carte qui révèle une sorte de « carrefour » où convergent deux lignes d'activités, techniques pour l'une et commerciales pour l'autre, et où règne la gestion de production.

En examinant cette carte, on se concentrera moins sur l'anatomie que sur la physiologie du système de production. La présence de boucles dans la circulation des informations manifeste le caractère systémique du modèle le représentant.

Enfin, pour faire le premier inventaire des systèmes assistés par ordinateur, le chapitre reprend l'un après l'autre les trois sous-systèmes du système de production dont il décline les fonctions constitutives de chacun d'eux avant d'en illustrer l'automatisation.

---

# Système de production industrielle

## Table des matières du chapitre 3

1. Modélisation d'un système de production industrielle.....	4
1.1. Trois sous-systèmes .....	4
1.2. Système physique .....	5
1.3. Système informationnel .....	6
1.4. Système décisionnel.....	7
2. Fonctionnement du système de production .....	8
2.1. Un carrefour : la gestion de production .....	8
2.2. Deux voies parallèles : le technique et le commercial.....	9
2.3. Production et fabrication.....	10
3. Automatisation du système de production.....	11
3.1. Automatisation des trois sous-systèmes .....	11
3.2. Premier inventaire des XAO.....	12
Conclusion .....	14

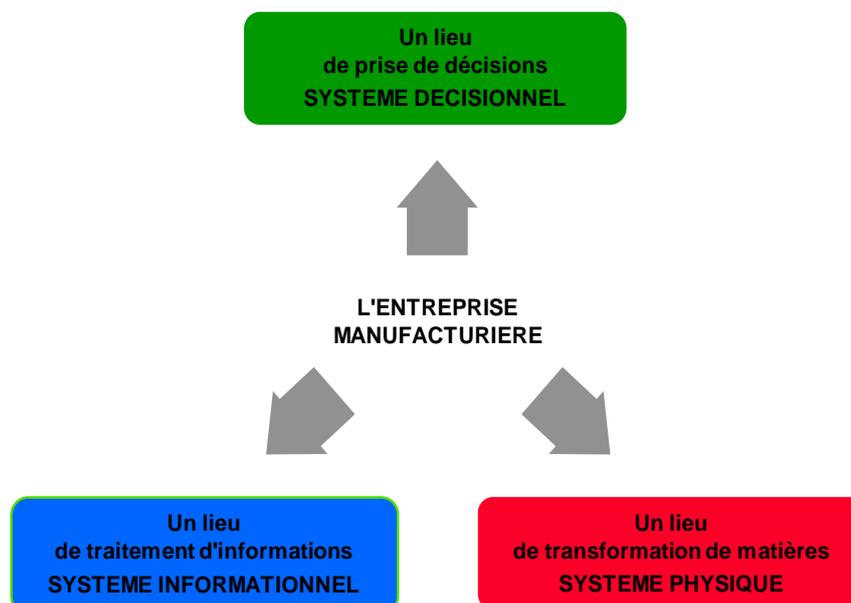
# 1. Modélisation d'un système de production industrielle

Avant d'en donner une cartographie, il s'agit dans un premier temps de produire ici un modèle du système de production. Plus encore que l'entreprise considérée dans son ensemble, le système de production se présente comme un triple lieu de transformation de matières, de traitement d'informations et de prise de décisions. Car s'il est une leçon qu'il faut retenir, c'est que « produire », ça n'est surtout pas que façonner de la matière, mais c'est aussi en permanence traiter des informations et prendre à des moments précis des décisions dont la rémanence des effets varie considérablement en fonction des lieux et des instants où elles sont prises.

## 1.1. Trois sous-systèmes

L'idée encore trop répandue que l'on se fait d'une entreprise industrielle est celle d'un lieu où l'on fabrique. L'atelier est fréquemment perçu comme le cœur de toute entreprise manufacturière ; des fonctions telles que méthodes, ordonnancement, contrôle, etc., sont, quant à elles, toujours perçues comme la périphérie d'une fonction jugée centrale : la fabrication. Cette prépondérance accordée à la fabrication est singulièrement présente dans la culture des petites et moyennes entreprises ; leurs dirigeants n'ayant de cesse de montrer la virtuosité avec laquelle « tombe » le copeau, prend forme une tôle, s'assemblent des pièces, etc.

Il faut donc, pour comprendre l'entreprise industrielle, faire appel à un autre modèle qui la définit comme un système où sont, à tout instant, transformées des matières, traitées des informations et prises des décisions.



Un tel modèle place donc l'entreprise industrielle en tension entre trois systèmes :

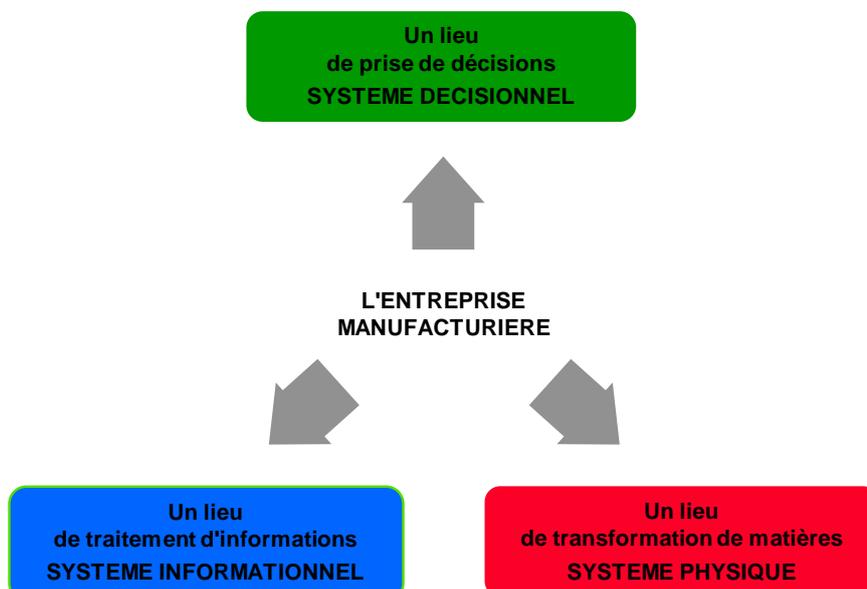
- son **système physique**, lieu de transformation de matières,
- son **système informationnel**, lieu de traitement d'informations,
- son **système décisionnel**, lieu de prise de décisions.

## 1.2. Système physique

On appelle système physique, celui où sont :

- effectués les gestes physiques de la fabrication,
- réalisés des traitements de toutes natures (cuisson, trempe, ...),
- contrôlés des flux de matières et stockées des quantités,
- maintenus en état de fonctionnement des machines ou des lignes de fabrication,
- etc.

Le **système physique** est donc la partie visible, la partie la plus évidente de toute entreprise manufacturière. Il recouvre, pour l'essentiel, d'abord les ateliers où sont effectuées les opérations de fabrication, mais aussi les magasins où sont stockés autant les matières premières que les produits finis ou produits semi-ouvrés. Pour autant, le système physique n'est pas toujours confiné à l'intérieur des murs de l'entreprise dans la mesure où il est fait appel à la sous-traitance pour effectuer certaines opérations de fabrication.

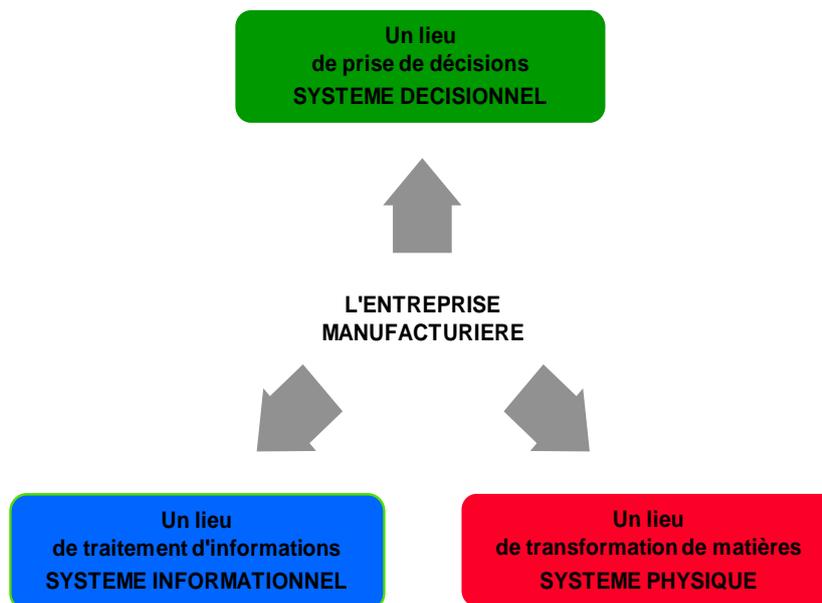


### 1.3. Système informationnel

On appelle système informationnel, celui où sont :

- stockées les données,
- gérées des informations, des connaissances,
- calculés des résultats (quantités, coûts, ...),
- gérés des quantités, des flux, ...,
- etc.

Le **système informationnel** n'a pas, lui aussi, pour limites les murs de l'entreprise, pas plus qu'il ne se limite à la structure de cette dernière. L'omniprésence de l'informatique dans ce système conduit, en effet, à considérer l'entreprise comme un réseau informationnel fait de multiples maillages. Un tel réseau, au demeurant fort complexe, comporte des points d'aboutissement ; ce sont ceux où s'effectuent en particulier les opérations de fabrication, où plus généralement est produite la valeur ajoutée nécessaire à la production de l'entreprise.



#### 1.4. Système décisionnel

On appelle système décisionnel, celui où sont :

- conçus les produits et les procédés,
- modélisés et simulés le fonctionnement et le comportement du système de production,
- pilotés chacun des systèmes automatisés intégrés dans une même architecture,
- réparties les ressources et déclenchées les actions productrices de valeur,
- traités les aléas et déclenchés les fonctionnements en mode dégradé,
- etc.

Le **système décisionnel** est encore plus difficile à localiser que les deux autres systèmes. Il est constitué des multiples « points de rencontre » ou « carrefour » qui sont autant de « lieux », géographiques ou fonctionnels, où sont prises des décisions. Une bonne manière de repérer la décision en milieu industriel consiste à évaluer la rémanence de ses effets. On peut de cette façon distinguer trois niveaux auxquels peuvent se prendre des décisions ; ces trois niveaux pouvant s'énoncer par ordre de rémanence croissante des effets de la décision prise. Il s'agit successivement :

- du **niveau logistique à court terme** (ex. : réagir à des aléas),
- du **niveau tactique à moyen terme** (ex. : démarrer telle phase d'un projet),
- du **niveau stratégique à long terme** (ex. : décider d'un investissement).

## 2. Fonctionnement du système de production

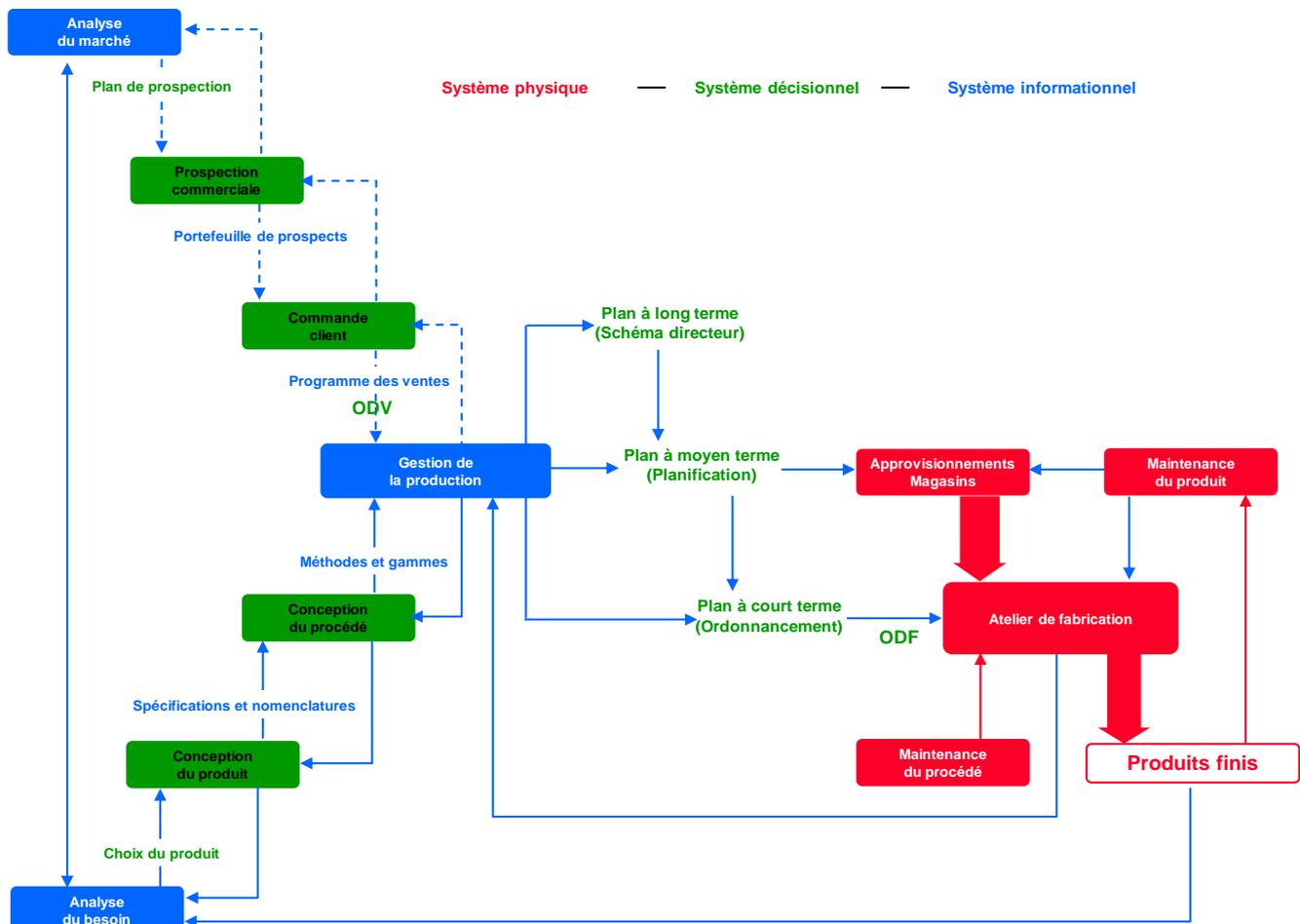
Il s'agit ici de cartographier le système de production. Concrètement, il s'agit d'en donner une représentation qui bien sûr manifeste l'existence des trois précédents sous-systèmes, mais qui surtout modélise son fonctionnement. Présent ci-dessous, ce modèle montre deux lignes d'activités parallèles, le technique et le commercial, qui convergent sur un véritable carrefour, la gestion de production, d'où part la fabrication et ses fonctions connexes : apros, maintenances du produit et du procédé.

### 2.1. Un carrefour : la gestion de production

Le schéma suivant, pour rendre compte du fonctionnement du système de production et pas seulement de la fabrication d'un produit, intègre :

- les deux lignes parallèles d'activités :
  - les **activités techniques** (besoin-produit-procédé),
  - les **activités commerciales** (marché-prospection-commande),
- qui convergent sur la ligne recouvrant les **activités de fabrication** (approvisionnements-atelier-maintenance).

Au « carrefour » de ces trois lignes d'activités se trouve la **gestion de production**.



## 2.2. Deux lignes d'activités parallèles : le technique et le commercial

Au « carrefour » de la gestion de production sont simultanément disponibles des informations issues de la ligne d'activités techniques qui part de l'**analyse du besoin** et de la ligne d'activités commerciales qui part de l'**analyse du marché**.

Parvenu à ce carrefour au terme de la ligne d'activités techniques, on sait :

- *ce qu'on doit fabriquer* : **spécifications** et *avec quoi* : **nomenclatures** ;
- *comment on doit fabriquer* : **méthodes** et *selon quel processus* : **gammes**.

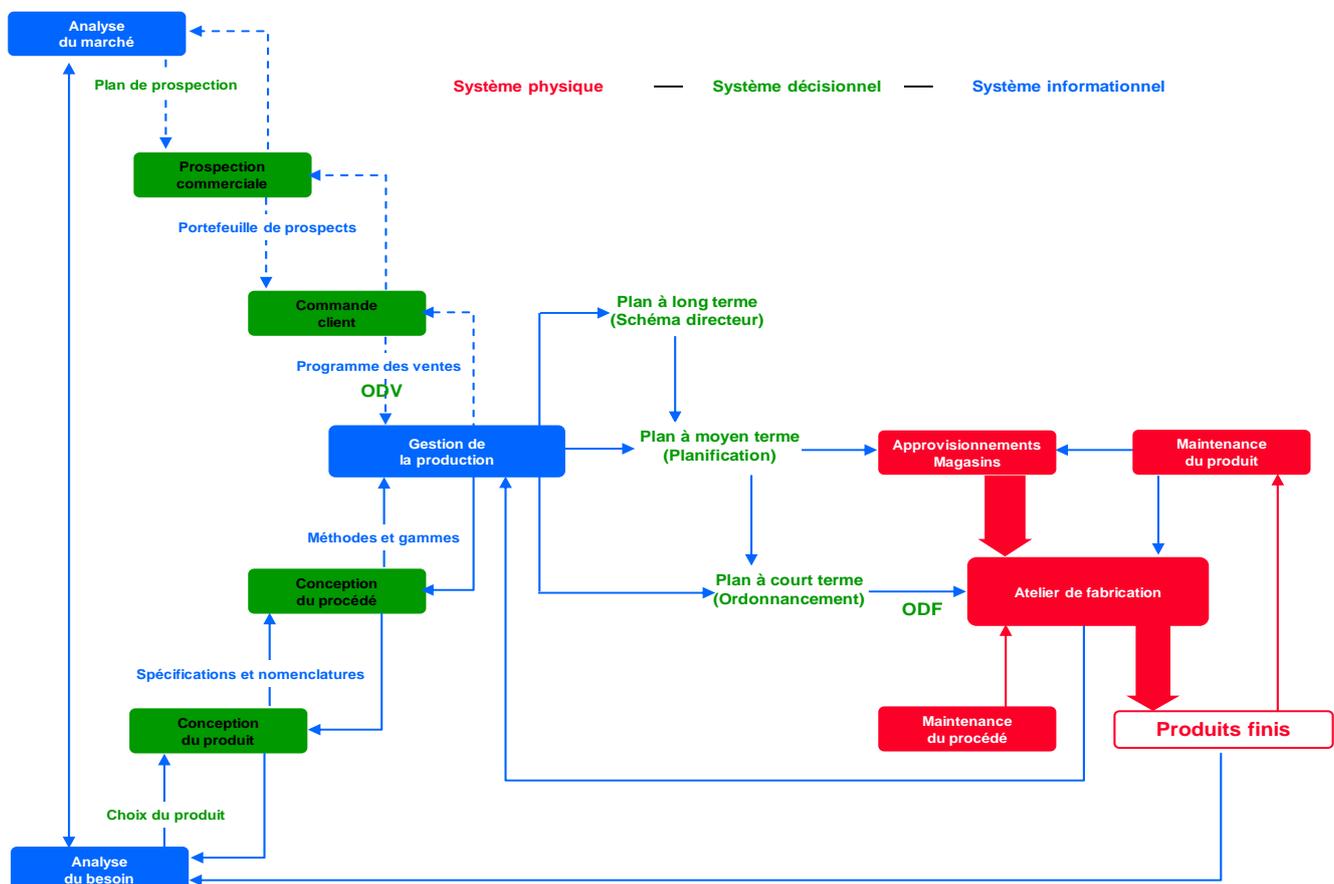
Ces informations résultent de l'analyse du besoin, puis de la conception du produit et du procédé.

A ce même carrefour au terme de la ligne d'activités commerciales, on sait qu'on doit fabriquer :

- *pour tel type de clients* : **analyse du marché** ;
- *pour le compte de tel client* : **portefeuille de prospects** ;
- *à tel prix et sous tel délai* : **programme des ventes**.

Disposant de ces informations commerciales, on calcule :

- *dans quel ordre traiter les demandes-clients* : **ordonnancement** ;
- *à quel moment démarrer chaque demande-client* : **lancement** ;
- *ce dont on a besoin au moment de fabriquer* : **approvisionnements**.

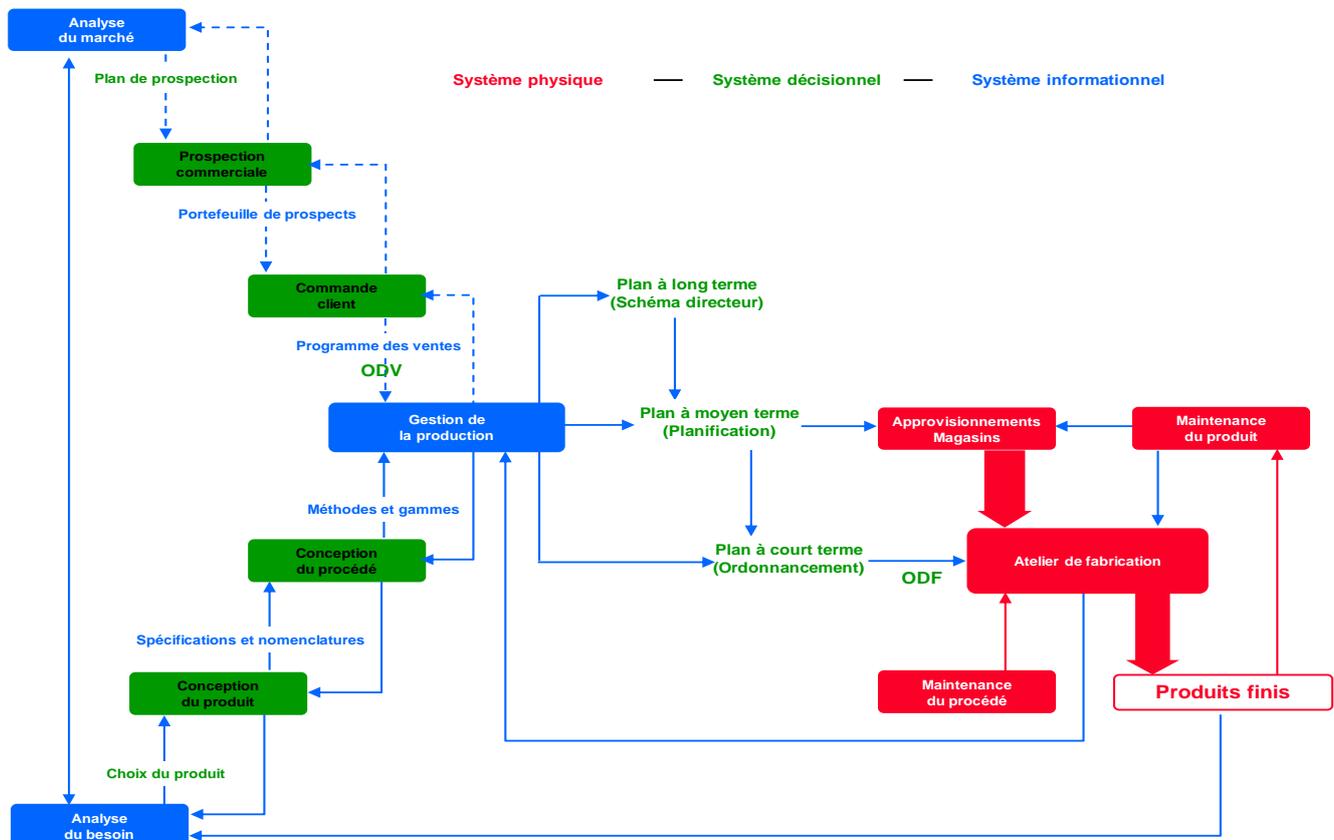


Les approvisionnements ayant été assurés auprès des fournisseurs, les matières premières ou composants nécessaires sont mis à la disposition de l'atelier. Bien maîtrisé, le procédé de fabrication est mis en œuvre sous le contrôle de la maintenance qui veille au bon fonctionnement des machines à l'atelier. Il ne reste plus, en réponse aux ODV<sup>1</sup> du commercial, qu'à lancer les ODF<sup>2</sup> pour que démarre la fabrication du produit dont la maintenance est d'ores et déjà prévue et contractualisée avec le client en après-vente.

### 2.3. Production et fabrication

Pour, simultanément, augmenter sa productivité, augmenter sa flexibilité et maintenir la qualité de ses produits, une entreprise industrielle peut choisir d'automatiser ses opérations de fabrication. Mais elle peut et se doit d'aller au-delà : il faut parallèlement informatiser tout son système de production.

Car une entreprise manufacturière ne se réduit pas à sa seule fonction-fabrication ; elle ne se réduit pas à ce qui se voit le plus : ses machines, ses convoyeurs et autres postes de travail rassemblés dans l'atelier. Produire aujourd'hui dans une entreprise industrielle, ce n'est plus seulement, effectuer des gestes physiques en gérant des quantités ; comme le montre le schéma précédent, c'est aussi et bien plus largement traiter de multiples données et des informations ; c'est plus largement encore prendre aux bons moments des décisions, c'est-à-dire déclencher de multiples actions et réagir à des aléas.



<sup>1</sup> ODV : Ordres De Vente

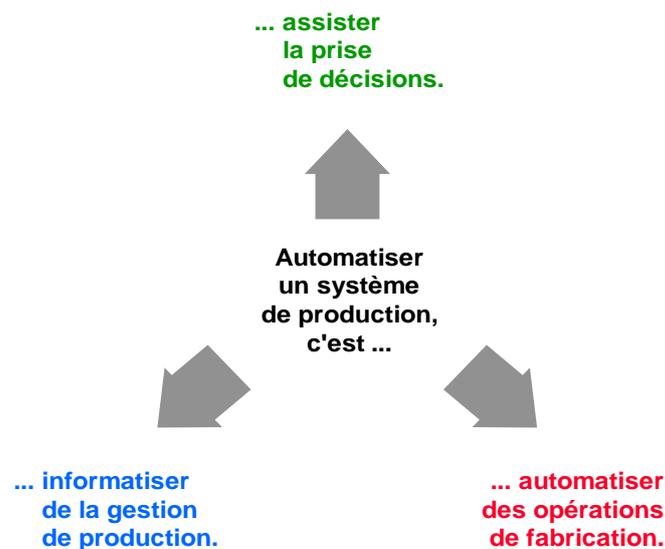
<sup>2</sup> ODF : Ordres De Fabrication

### 3. Automatisation du système de production

Après avoir précisé ce qui distingue production et fabrication, après avoir souligné le caractère gigogne de la seconde par rapport à la première, il s'agit maintenant de procéder à un premier inventaire des XAO, c'est-à-dire des systèmes dont le fonctionnement bénéficie de l'assistance d'un ordinateur. Pour ce faire, il convient de se souvenir qu'automatiser un système de production, c'est nécessairement automatiser la transformation de matières et informatiser, bien sûr le traitement d'informations, mais aussi la prise de décisions.

#### 3.1. Automatisation des trois sous-systèmes

**Automatiser une production**, c'est automatiser, cela vient d'être dit, les trois sous-systèmes physique, informationnel et décisionnel du système de production. Il s'agit donc d'intégrer, au sein d'une même architecture technologique, les outils d'automatisation des opérations de fabrication, d'informatisation de la gestion de production et d'assistance des opérateurs, des techniciens et des ingénieurs de production dans la prise de décisions.



Trois exemples illustrent bien la nécessité d'**intégrer**, c'est-à-dire de « relier » ensemble, au sein cette architecture unique « matérialisée » par le réseau, des systèmes technologiques différents. Car il faut que ces systèmes soient capables d'interagir ; il faut que le réseau et plus précisément l'architecture de ce réseau en ait fait des systèmes interopérants.

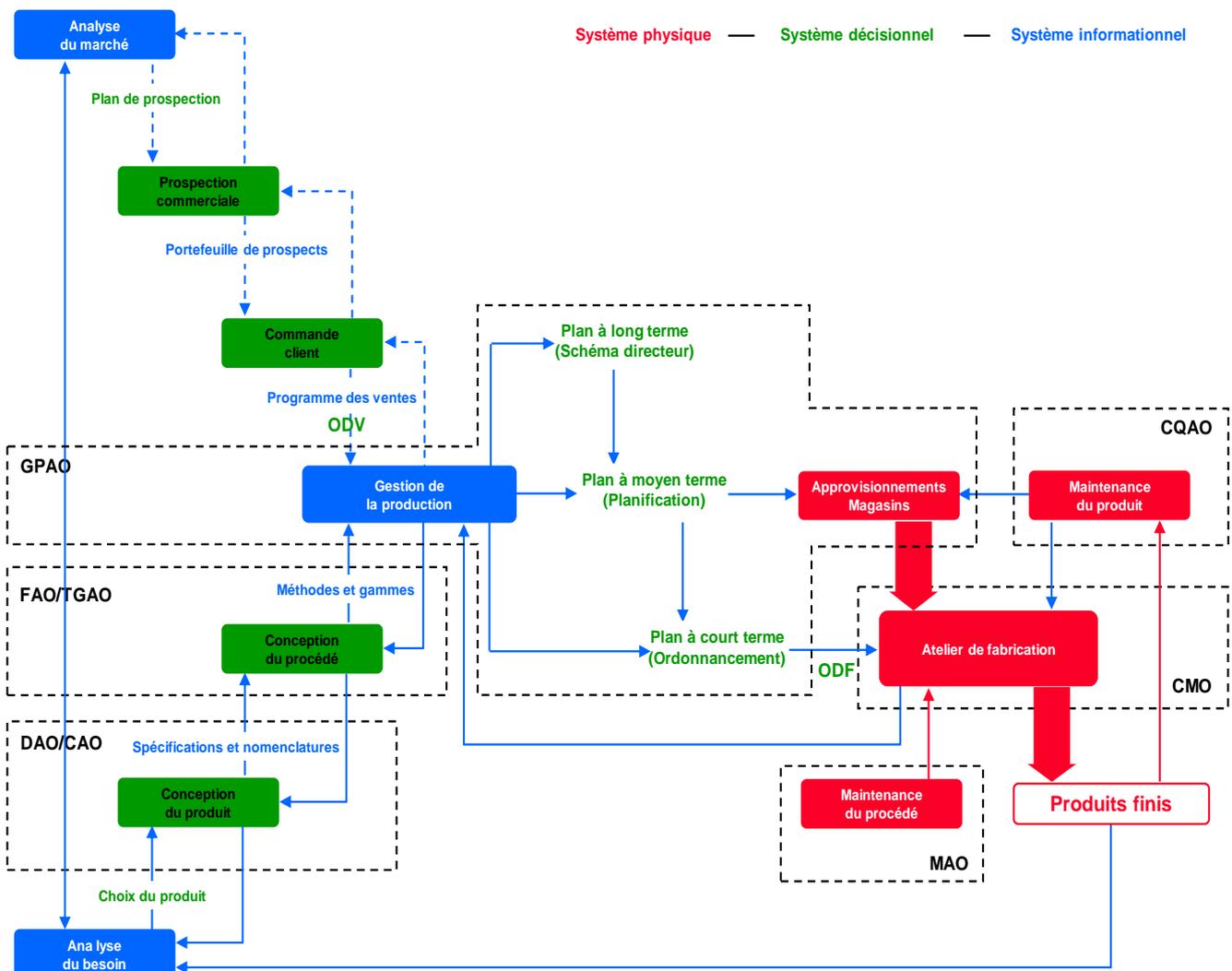
Examinons, pris parmi de très nombreux autres, ces trois exemples d'intégration de systèmes technologiques différents.

- La forme que prend une tôle sous une presse pilotée par un automate, est celle-là même dont la forme numérisée a été déterminée avec l'assistance d'un ordinateur.

- La conception d'un objet, d'une structure ou d'un système passe maintenant par la modélisation et la simulation. Les outils informatiques de traitement des données, en faisant « parler le modèle », autorise la prise d'une décision de réalisation sans procéder, de manière systématique et au préalable, à tous les essais physiques possibles.
- Le chariot filoguidé qui achemine un sous-ensemble mécanique vers un centre d'usinage, réagit aux ordres résultant d'une gestion informatisée de la production.

### 3.2. Premier inventaire des XAO

On peut, en partant du schéma précédent présentant le fonctionnement d'un système de production, procéder à un premier inventaire des XAO, c'est-à-dire des systèmes automatisés et/ou informatisés capables d'assister les différentes fonctions ou fonctionnalités d'un système de production industrielle.



Ces différents systèmes automatisés ou informatisés sont désignés par une abréviation de la forme XAO insérée dans un rectangle dont le contour est tracé en pointillé. La Gestion de Production Assistée par Ordinateur (GPAO) apparaît dans une forme au contour plus complexe parce que correspondant à un système informatisé intégrant de multiples fonctionnalités telle que :

- la planification à long, moyen et court terme des Ordres de Fabrication (ODF) à partir des Ordres de Vente (ODV),
- la gestion des stocks et des approvisionnements à partir des nomenclatures et des gammes de fabrication,
- etc.

Le tableau ci-dessous reprend chacun des XAO repérés sur le schéma précédent. Il en donne la signification dans la seconde colonne et une illustration dans la troisième.

<b>DAO</b>	Dessin Assisté par Ordinateur	Dessin d'un objet, d'une structure, d'un système sans pouvoir en évaluer les performances ou en prévoir le comportement
<b>CAO</b>	Conception Assistée	Conception d'un objet, d'une structure, d'un système avec possibilité d'en simuler le comportement en situation et donc d'en prévoir le comportement
<b>FAO</b>	Fabrication Assistée	Utilisation de l'ordinateur pour générer automatiquement des gammes, des programmes d'automates ou de conduite de machines
<b>TGAO</b>	Technologie de Groupe Assistées	Organisation de la production par regroupements analogiques dans les nomenclatures de produits ou dans les gammes de fabrication
<b>CMO</b>	Conduite de Machines Assistée	Utilisation de l'ordinateur pour piloter des automates, conduire des machines spéciales ou à commande numérique (MOCN), gérer des îlots flexibles, etc.
<b>GPAO</b>	Gestion de Production Assistée	Utilisation de l'ordinateur pour calculer les besoins, planifier la production, gérer les stocks, déclencher les approvisionnements, lancer la fabrication, suivre les ODV et les ODF, etc.
<b>CQAO</b>	Contrôle-Qualité Assisté	Utilisation de l'ordinateur pour piloter des tests de contrôle en temps réel, traiter des données statistiques en temps différé, gérer des procédures d'assurance-qualité, etc.
<b>MAO</b>	Maintenance Assistée	Utilisation de l'ordinateur pour instaurer, en temps réel, des fonctionnements en mode dégradé, évaluer des fréquences de pannes et prévoir des défaillances, gérer un stock de pièces de rechange, etc.

## Conclusion

Dédié à la physiologie du système de production, c'est-à-dire à son fonctionnement, ce chapitre a d'abord permis d'identifier à la fois les fonctions qui le composent, les flux informationnels ou physiques entre ces fonctions et les décisions prises à différents niveaux fonctionnels. S'est ensuite imposée une architecture en Y constituée des deux branches distinctes qui convergent à point central d'où part une branche unique.

Les deux branches sont celles qui exploitent, pour l'une, l'analyse du marché où se situe le client et, pour l'autre, l'analyse du besoin qu'exprime ce même client. Les fonctions présentes sur ces deux lignes d'activités commerciales et techniques produisent toutes des résultats immatériels. Ce sont les informations et les décisions dont ont besoin, au point central du système, les gestionnaires de la production pour agir.

C'est sur ce modèle du système de production qu'a été fait ce premier inventaire des XAO. Il s'agit, cela a été dit précédemment, d'un premier recensement encore approximatif et donc provisoire des principales applications de l'ordinateur à la production industrielle. Il s'agit par conséquent, dans le chapitre qui va suivre, d'aller plus loin en appliquant la notion d'intégration à la fois au système de production et au management de la production ; ce qui aura pour effet majeur de passer d'un simple système de production automatisée et informatisée à une système productique qui se définit par sa triple capacité :

- à augmenter la productivité des ateliers,
  - à augmenter la flexibilité des lignes de fabrication,
  - à garantir un niveau constant de qualité des produits.
-