

Lycée Gaston Monnerville

FONCTIONS PRINCIPALES D'UN SYSTÈME AUTOMATISÉ

**Motorisation :**

- par moteurs asynchrones ;
- positions définies par codeur optique ;
- vitesse : jusqu'à 2 m/s ;
- accélération : jusqu'à 4 m/s².

Préhension :

- par le vide pour cartons, boîtes, bidons ;
- par griffes pour palettes, caisses plastiques ou bois ;
- magnétique pour objets métalliques ;
- tulipes pour bouteilles.

Performances :

- capacité d'emport : jusqu'à 200 kg ;
- nombre de cycles par minute : jusqu'à 10 cycles.

Fig. 1 - Exemple 1 de système automatisé :
Palettiseur 3 axes.



Fig. 2 - Exemple 2 de système automatisé :
Station de pompage.



Fig. 3 - Exemple 3 de système automatisé :
Barrière automatisée.

FONCTIONS PRINCIPALES D'UN SYSTÈME AUTOMATISÉ

1. STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN SYSTÈME AUTOMATISÉ

Tout système automatisé est constitué de deux parties principales :

- la **partie opérative** ou **PO** qui assure les modifications de matière d'œuvre et produit ainsi la **valeur ajoutée** ; la PO est représentative du processus physique à automatiser.
- La **partie commande** ou **PC** qui gère de façon coordonnée les actionneurs de la partie opérative afin d'obtenir les effets souhaités à partir d'un modèle de fonctionnement et de diverses consignes.

Partie opérative et partie commande échangent entre elles des informations :

- compte-rendus dans le sens **PO** → **PC** ;
- ordres dans le sens **PC** → **PO**.

Ces échanges sont assurés par les **fonctions internes au système**.

Partie commande et partie opérative sont par ailleurs en relation permanente avec l'environnement (opérateur, tableau de signalisation, autres PC...) avec lequel elles échangent également des informations. Dans ce cas ce sont les **fonctions et relations entre le système et son environnement** qui sont sollicitées et mises en œuvre.

La figure 4 ci-dessous présente la structure principale d'un système automatisé.

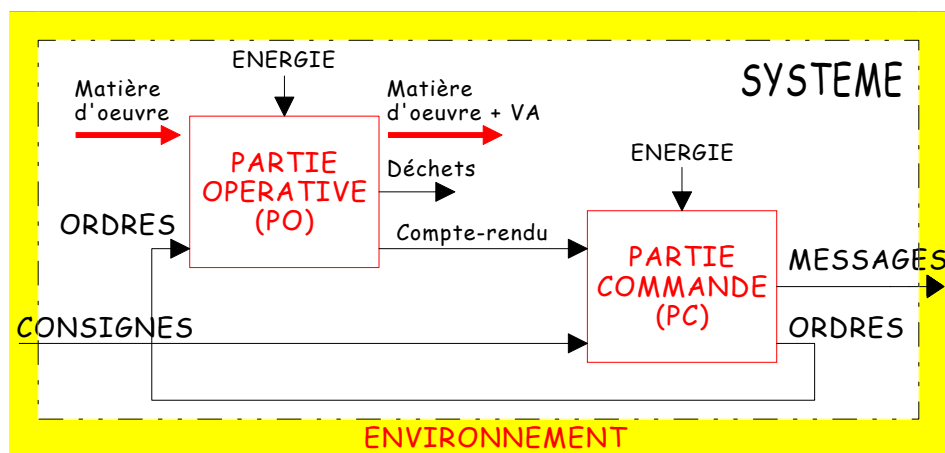


Fig. 4 - Structure générale d'un système automatisé.

2. FONCTIONS ET RELATIONS INTERNES AU SYSTÈME

Les fonctions et relations internes au système concernent essentiellement la gestion des informations, depuis leur acquisition ou saisie jusqu'à leur exploitation au niveau de la partie opérative.

Cette gestion comporte les trois phases suivantes :

- acquisition des informations ;
- traitement des informations ;
- exploitation des informations.

La figure 5 ci-dessous traduit l'organisation fonctionnelle d'un système automatisé.

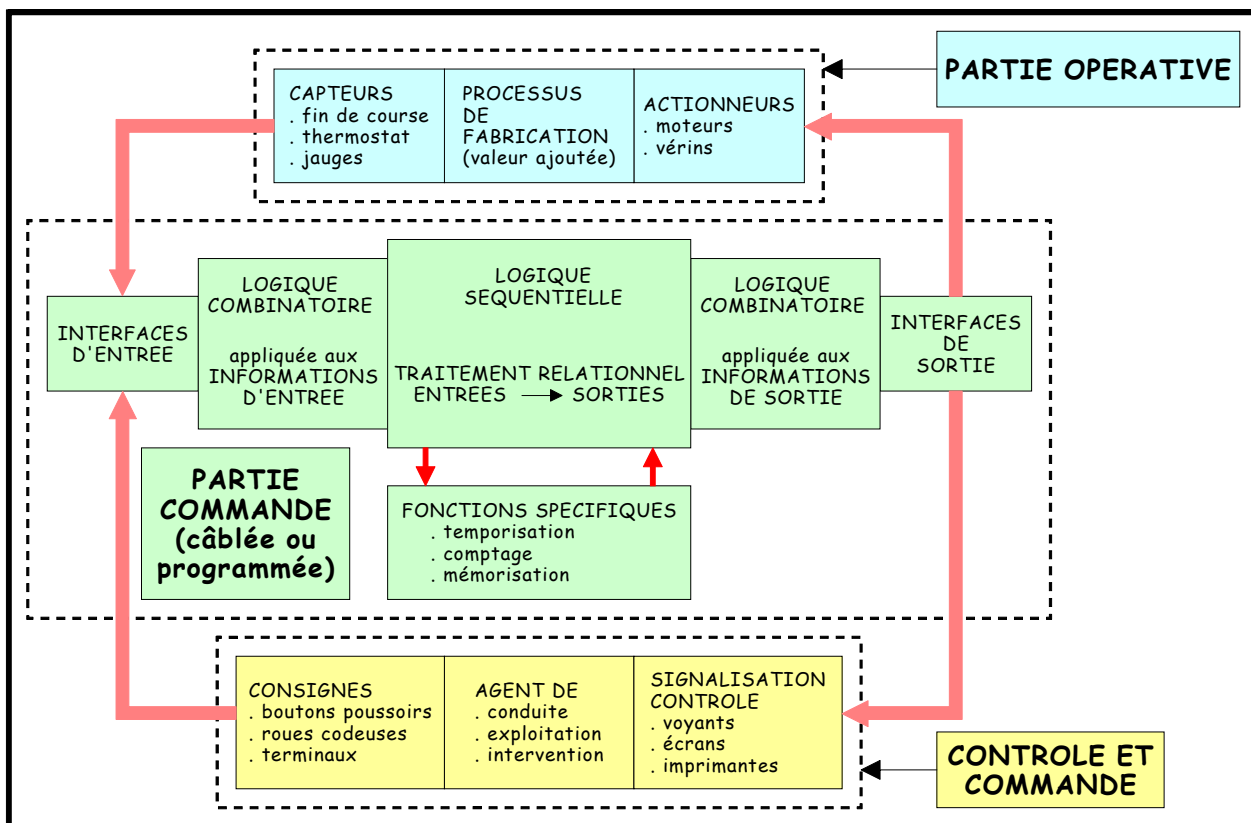


Fig. 5 - Organisation fonctionnelle d'un système automatisé.

2.1. Fonction acquérir les informations

Cette fonction a pour objectif de fournir à la partie commande les informations relatives à l'état du système, c'est-à-dire au comportement à tout instant de la partie opérative et de contrôler les effets des ordres qu'elle lui adresse.

Les objets techniques qui permettent la saisie des informations sont les **capteurs**.

Toutefois les signaux délivrés n'étant pas toujours **compatibles avec les caractéristiques de l'unité centrale de traitement** il est nécessaire de les **adapter**, on fait alors appel à la **fonction interfaçage**.

L'interfaçage permet l'adaptation des signaux électriques pour leur traitement dans l'unité centrale. C'est un interfaçage d'entrée.



Fig. 6 - Interrupteur de position pour machines de conditionnement.



Fig. 7 - Détecteur de proximité inductif pour la détection sélective de matériaux ferreux uniquement ou non ferreux uniquement.



Fig. 8 - Détecteur Osiris pour détection de couleurs.

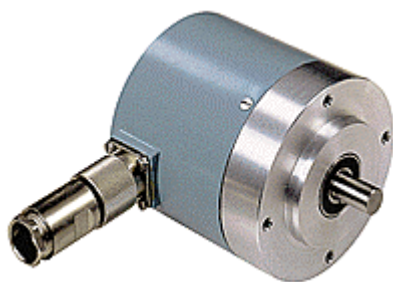


Fig. 9 - Codeur rotatif opto-électronique.

Applications :

- indication de comptage ;
- indication de position absolue dans un tour ;
- indication de vitesse de rotation.



Fig. 10 - Détecteur de pression électronique.

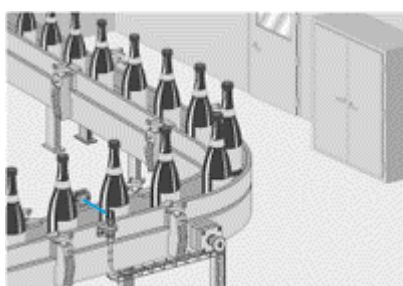


Fig. 11 - Exemple d'application d'un détecteur photo électrique.

Secteur agro-alimentaire (fonction de comptage).

Cahier des charges :

- bouteilles en verre blanc ou vert foncé ;
- cadence de 3 600 bouteilles à l'heure ;
- durée du "top présence bouteille" = 3,5 ms ;
- distance de détection en "proximité" = 2 cm ;
- ambiance saine ;
- raccordement sur automate programmable industriel.

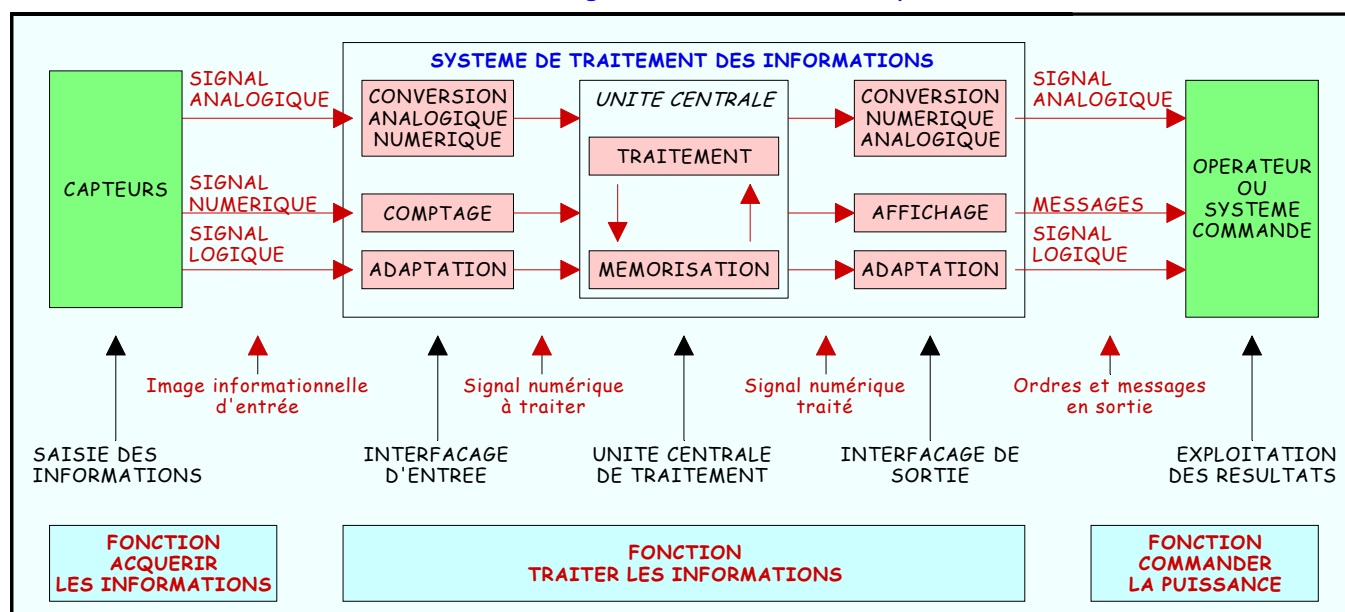
2.2. Fonction traiter les informations

Le traitement des informations est assurée par la partie commande ; l'unité de traitement qui peut être en logique câblée ou en logique programmée, génère les signaux de commande ou ordres en direction de la partie opérative.

Là encore, les signaux délivrés par l'unité de traitement n'étant pas toujours **compatibles avec les caractéristiques des préactionneurs** il est nécessaire de les **adapter** au moyen de la **fonction interfaçage**.

L'interfaçage qui permet l'adaptation des signaux électriques générés par l'unité centrale pour leur exploitation dans le système commandé est un interfaçage de sortie.

Fig. 12 - Fonctions d'un système de traitement de l'information.



2.3. Fonction commander la puissance

Cette fonction qui permet à la partie opérative d'exécuter les ordres émis par la partie commande met en œuvre trois types d'objets techniques :

- l'effecteur ;
- l'actionneur ;
- le préactionneur.

2.3.1. Effecteur

Un effecteur est un ensemble qui utilise de l'énergie, sous la forme qui lui est adaptée, pour produire un effet utile sur la matière d'œuvre en lui conférant une certaine valeur ajoutée.

Dans une chaîne d'action, l'effecteur est le **dispositif terminal qui agit directement sur la matière d'œuvre** traitée par le système.



Fig. 14 - Préhenseur équipé de ventouses pour palettiseur 3 axes.

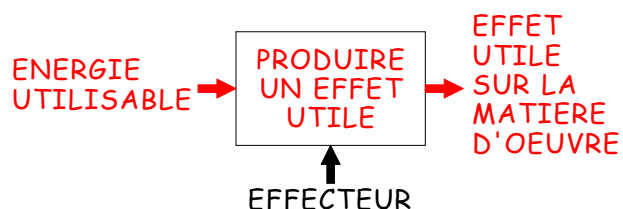


Fig. 13 - Représentation fonctionnelle d'un effecteur.

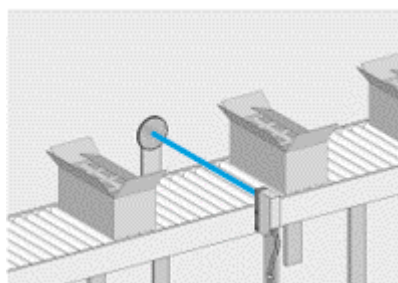


Fig. 15 - Convoyeur.

2.3.2. Actionneur

Un actionneur est un constituant de puissance (exemple : moteurs, vérins, résistances, électro-aimants) qui convertit une énergie d'entrée en une énergie de sortie utilisable pour obtenir une action définie.



Fig. 17 - Moteur brushless.

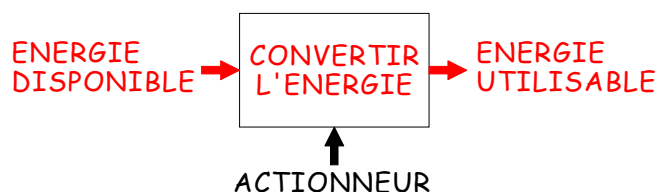


Fig. 16 - Représentation fonctionnelle d'un actionneur.

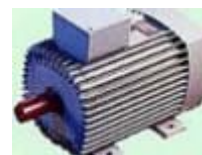


Fig. 18 - Moteur asynchrone.



Fig. 19 - Lampe basse consommation.



Fig. 20 - Lampe à incandescence.



Fig. 21 - Tube fluorescent.



Fig. 23 - Vérin double effet.



Fig. 22 - Thermoplongeur pour bain d'aluminium de chez ATHERMALU.

Le thermoplongeur ATHERMALU :

- Une gaine en matériau céramique conçue spécialement pour travailler dans l'aluminium liquide et qui présente les avantages suivants :
 - insensibilité aux chocs thermiques ;
 - grande résistance mécanique ;
 - bonne conductivité thermique ;
 - très faible corrosion par l'aluminium et la plupart de ses alliages.
- Une résistance chauffante électrique à haute charge constituée de fils en alliage Nickel-Chrome noyés dans un isolant très performant qui assure dans les meilleures conditions à la fois l'isolement électrique et le transfert de chaleur.



Fig. 24 - Thermoplongeurs.



Fig. 25 - Thermoplongeurs.

Applications : le thermoplongeur, composé d'une ou plusieurs résistances et d'un dispositif de fixation (bouchon à visser ou bride) est utilisable dans de très nombreuses applications de chauffage de fluides (air, eau, huile, fuel, ...).

2.3.3. Préactionneur

Un préactionneur est un constituant de gestion de l'énergie de commande d'un actionneur lorsque sa puissance est supérieure à 10 watts environ.

Les préactionneurs sont principalement de type tout ou rien (TOR) ; ils commandent exclusivement l'établissement et l'interruption de la circulation de l'énergie entre une source et un actionneur.

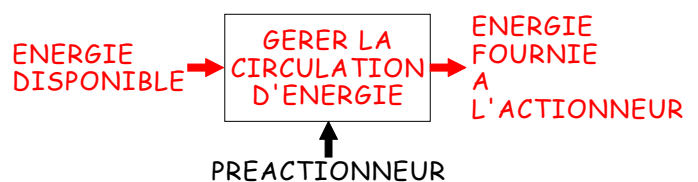


Fig. 26 - Représentation fonctionnelle d'un préactionneur.

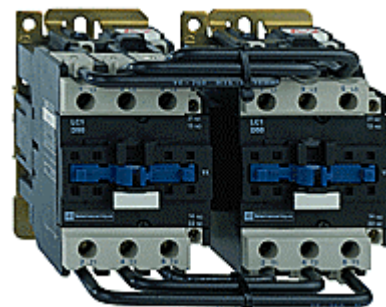
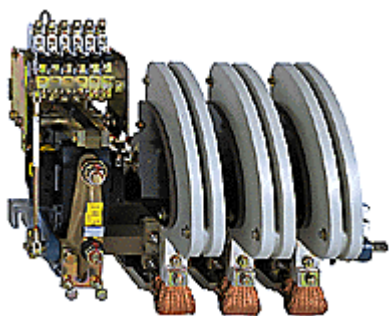


Fig. 27 - Contacteur à composition variable. Fig. 28 - Contacteur.

Fig. 29 - Contacteur-inverseur.

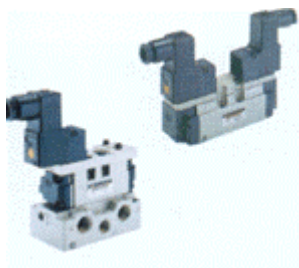


Fig. 30 - Distributeurs.

Fig. 31 - Variateur de vitesse.

Fig. 32 - Démarreur-ralentisseur.

2.4. Chaîne fonctionnelle

On appelle chaîne fonctionnelle l'ensemble de constituants organisés en vue de l'obtention d'une tâche opérative. Décrivant une boucle, cette chaîne comporte généralement :

- un constituant de traitement ;
- une chaîne d'action ;
- la partie physique commandée ;
- une chaîne d'acquisition qui rend compte de l'exécution de l'action.

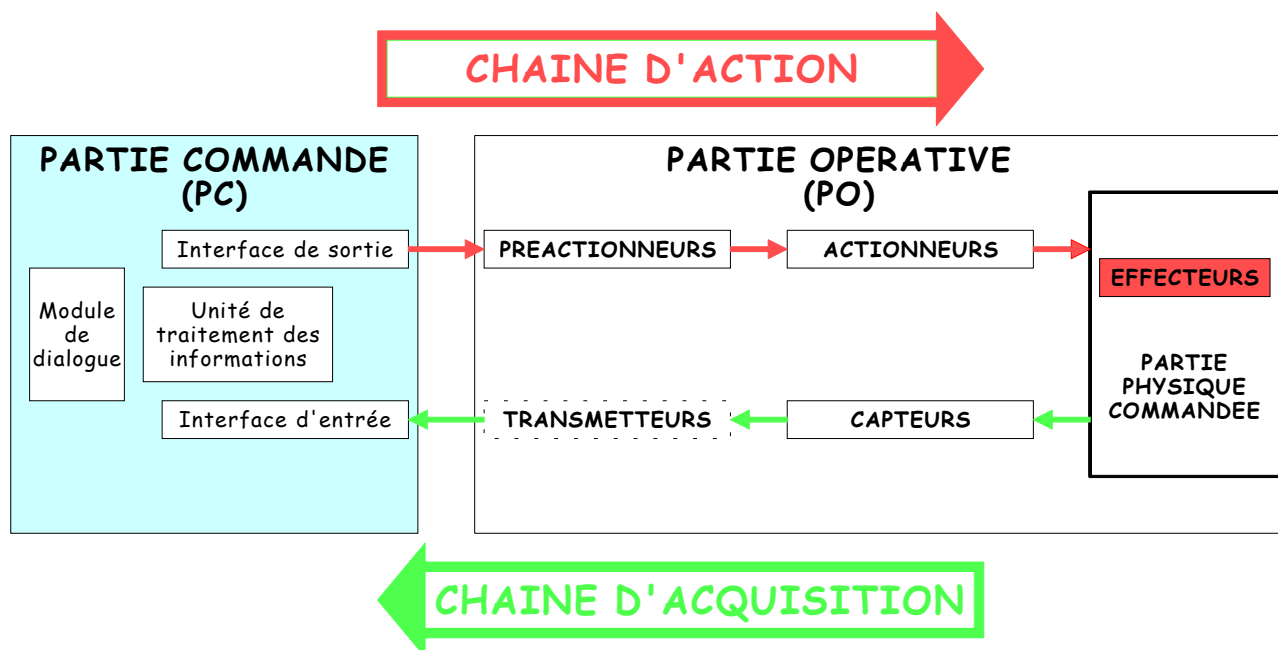


Fig. 33 - Représentation d'une chaîne fonctionnelle.

2.5. Chaîne d'action

Une chaîne d'action est constituée par l'ensemble des constituants qui permettent d'obtenir, à partir d'un ordre de la partie commande, un effet donné de la partie opérative d'un système automatisé sur la matière d'œuvre qu'il traite.

Les signaux émis par l'interface de sortie sont exploités, directement ou par l'intermédiaire de préactionneurs, pour la commande des actionneurs (figure 34).

Lorsque la partie commande est assurée par un automate programmable, l'interface de sortie est matérialisée par des cartes ou modules de sortie soit logiques (T.O.R.), soit analogiques.

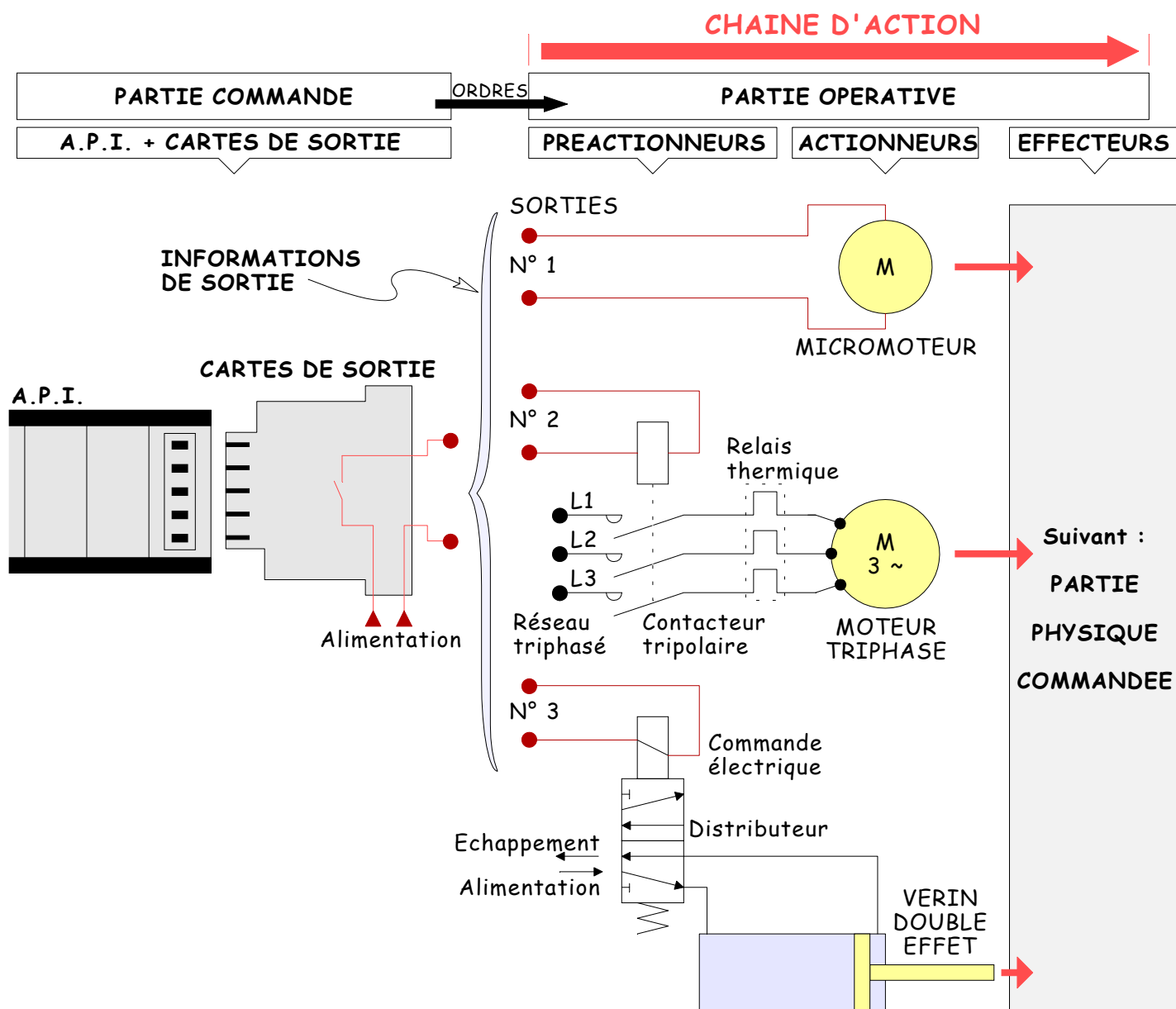


Fig. 34 - Exemples d'éléments constitutifs d'une chaîne d'action.

2.6. Chaîne d'acquisition

Une chaîne d'acquisition est constituée par l'ensemble des constituants qui permettent d'obtenir une image informationnelle exploitable par l'unité de traitement des informations en provenance de la partie opérative.

La chaîne d'acquisition assure le transfert d'informations de la partie opérative vers la partie commande (figure 35).

Les constituants essentiels de cet échange informationnel sont :

- d'une part les **capteurs** ;
- d'autre part l'**interface d'entrée**.

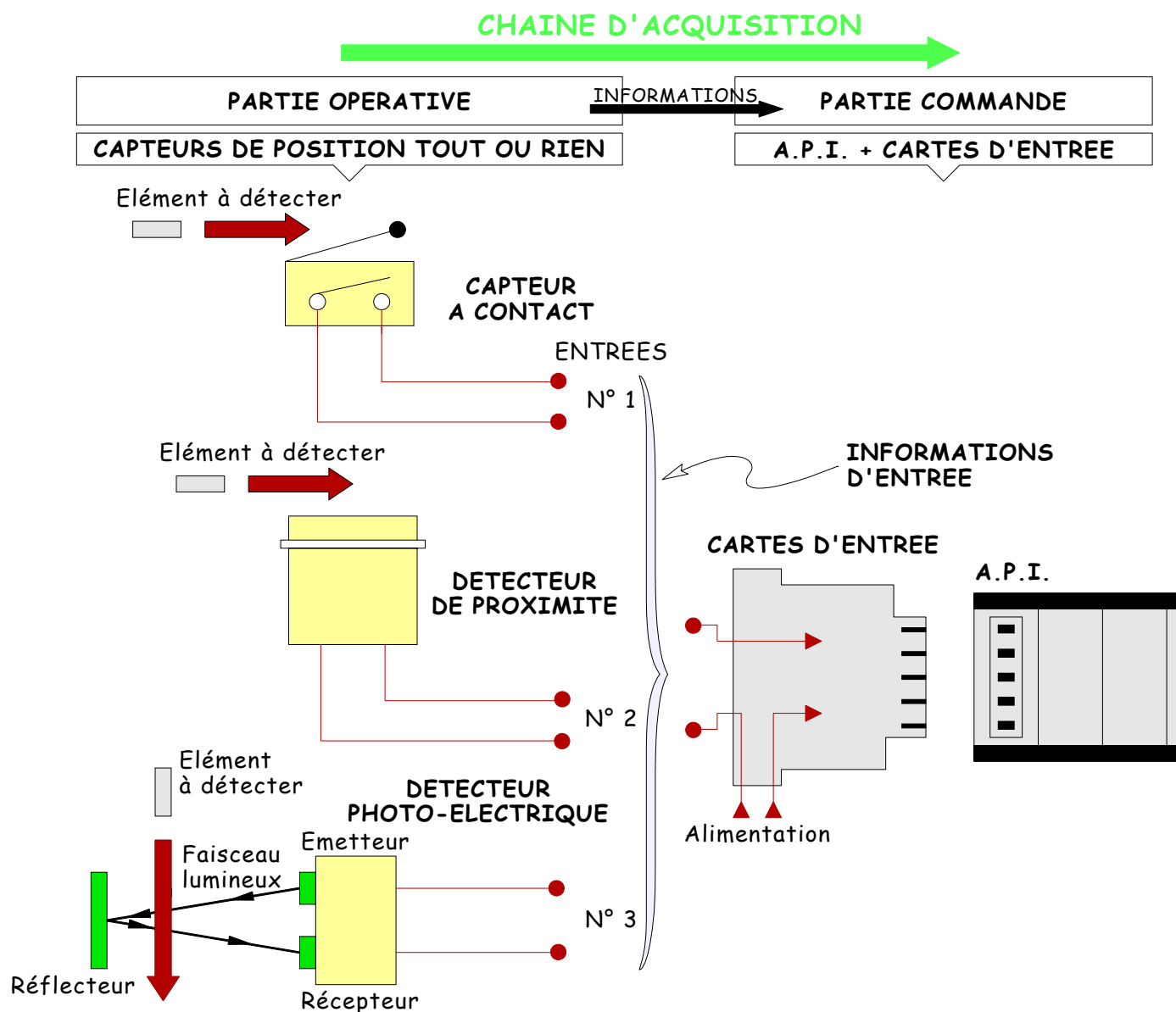


Fig. 35 - Exemples d'éléments constitutifs d'une chaîne d'acquisition.

3. FONCTIONS ET RELATIONS ENTRE LE SYSTÈME ET SON ENVIRONNEMENT

La complexité des systèmes industriels automatisés rend indispensable :

- le dialogue entre les opérateurs et la partie commande du système d'une part ;
- la communication entre les parties commandes de divers systèmes automatisés intégrés dans une production à gestion centralisée d'autre part.

3.1. Fonction dialoguer-communiquer

Les échanges d'informations entre l'opérateur et la machine désignés par **dialogue homme-machine**, sont nécessaires au cours des différentes phases de vie du système. On distingue (figure 36) :

- le **dialogue de programmation**, lors de la phase de développement et de mise au point du système ;
- le **dialogue d'exploitation** au cours des phases de conduite, de réglage, de maintenance et de dépannage ;
- le **dialogue de supervision** qui assure la coordination des systèmes automatisés concernés par une même production.

Fig . 36 - Organisation générale de la fonction dialoguer-communiquer.



3.2. Dialogue de programmation

Mis en œuvre essentiellement lorsque l'unité centrale de traitement est une machine informatique, automate programmable par exemple, le dialogue d'exploitation consiste à :

- **écrire et interpréter, sous une forme interactive, l'ensemble des instructions d'un programme ;**
- **mettre au point par simulation ou contrôle logiciel l'exécution d'un programme ;**
- **sauvegarder le programme en mémoire, soit dans l'unité centrale de l'A.P.I., soit dans des mémoires de masses auxiliaires ;**

à partir d'un **terminal**, d'un **PC** ou d'une **console de programmation** (figures 37 à 39).



Fig. 37 - Terminal de programmation FT 2100.

Applications : il permet la programmation des automates Premium, Quantum, Micro et Nano, il permet également la programmation des terminaux Magelis.



Fig. 38 - PC fixe.



Fig. 39 - PC portable.

Applications : ces postes préinstallés des logiciels Schneider Electric, Wanadoo Pro et Office PME permettent la programmation des automates TSX (Premium et Micro) et des terminaux Magelis.

3.3. Dialogue d'exploitation

A partir d'un **terminal d'exploitation** (figures 40 et 41) l'opérateur peut, dans le langage utilisateur du système :

- **lire sur un écran un message relatif :**
 - à l'état du système ;
 - à la nature du produit traité ;
 - à des mesures ;
 - à des défauts de fonctionnement ;
 - à des ordres émis.
- **commander par l'intermédiaire d'un clavier l'évolution du système :**
 - sélection des modes de fonctionnement ;
 - saisie de consignes ;
 - émission d'ordres ;
 - modification du cycle dans les limites autorisées par le programme.
- **accéder et mettre en œuvre des procédures d'exploitation stockées dans une mémoire :**
 - autotest du terminal ;
 - mise à jour de l'horodateur ;
 - impression de l'historique de recettes et de messages enregistrés.



Fig. 40 - Terminal de dialogue et d'exploitation de type XBT.

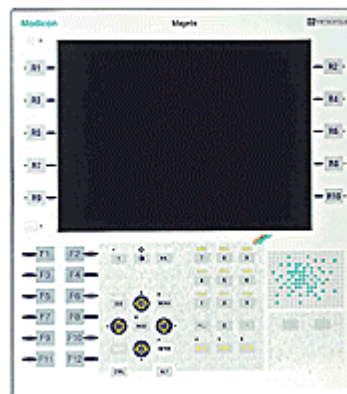


Fig. 41 - Terminal d'exploitation Magelis.

Le dialogue d'exploitation est également possible à l'aide de constituants implantés sur un pupitre tels que **boutons, voyants, afficheurs...**

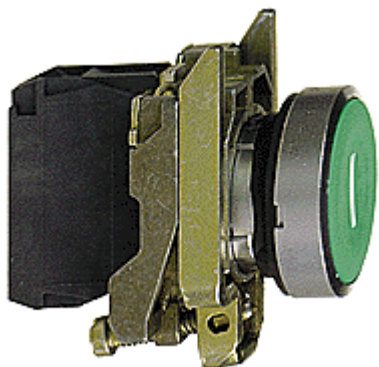


Fig. 42 - Bouton poussoir.

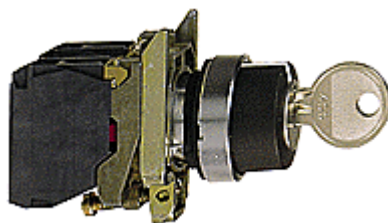


Fig. 43 - Bouton tournant à serrure.



Fig. 44 - Bouton tournant à manette.

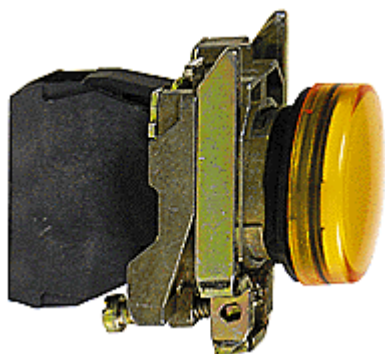


Fig. 45 - Voyant de signalisation.



Fig. 46 - Présélecteur à affichage LED.

3.4. Dialogue de supervision

L'évolution des systèmes de production conduit à une automatisation de complexité croissante. Ces systèmes sont structurés en machines ou sous-machines comportant leur Partie Commande.

En plus des dialogues évoqués précédemment qui ont lieu au niveau de chaque machine ou sous-machine, il est nécessaire de **coordonner les systèmes automatisés entre eux**, d'en gérer le fonctionnement, la maintenance, etc...

C'est le **dialogue de supervision**.

Moyens du dialogue de supervision :

Le besoin des différents systèmes d'échanger des informations nécessite divers moyens de liaison. Ceux-ci sont assurés par transmissions série ou parallèle, ou mieux, par des réseaux appropriés.

Différents rôles du dialogue de supervision :

Comme le montre la figure 47 page suivante, le système de supervision comporte généralement :

- un terminal écran-clavier pour permettre le dialogue homme-machine ;
- une imprimante pour produire un journal de marche ;
- une unité de stockage.

Le terminal écran-clavier permet de présenter sous forme visuelle des indications d'états (production en cours, arrêts-machines, causes et localisations de pannes, statistiques qualité, statistiques rebuts, etc...) à l'aide de tableaux, synoptiques, etc...

Il offre également la possibilité d'introduire des consignes grâce au clavier.

Tous ces éléments concourent au dialogue de supervision dont les rôles sont :

- d'assurer la conduite du système en production normale ;
- de faire face aux défaillances des systèmes automatisés ;
- d'informer pour faire progresser l'**OUTIL** de production et le **PRODUIT** fabriqué.

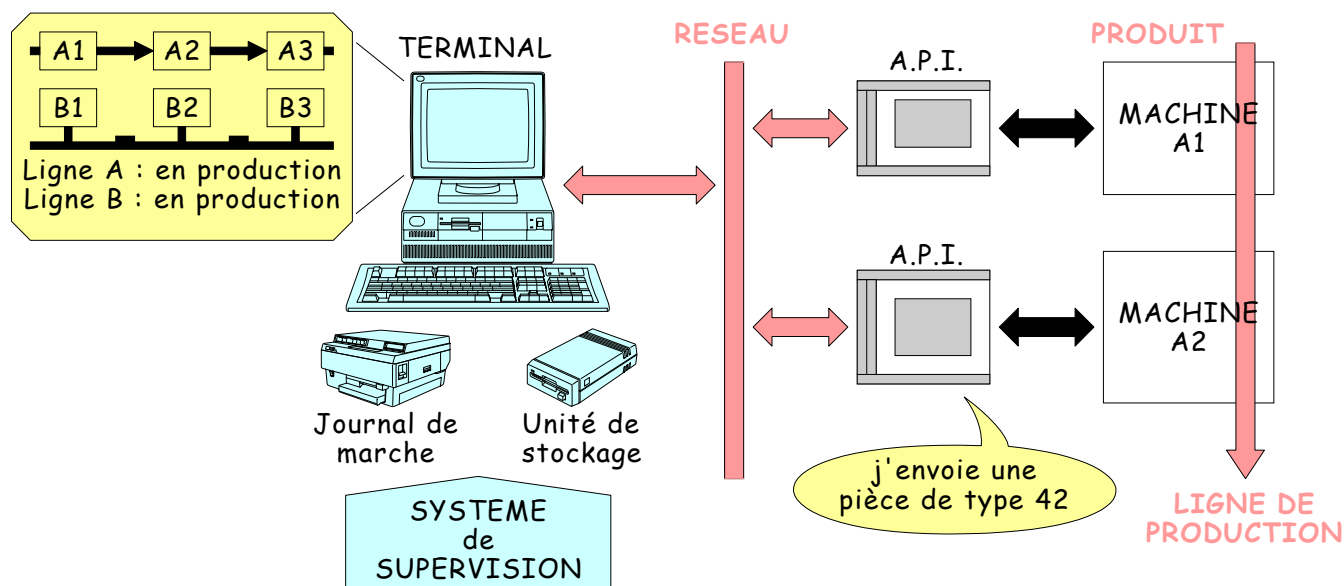


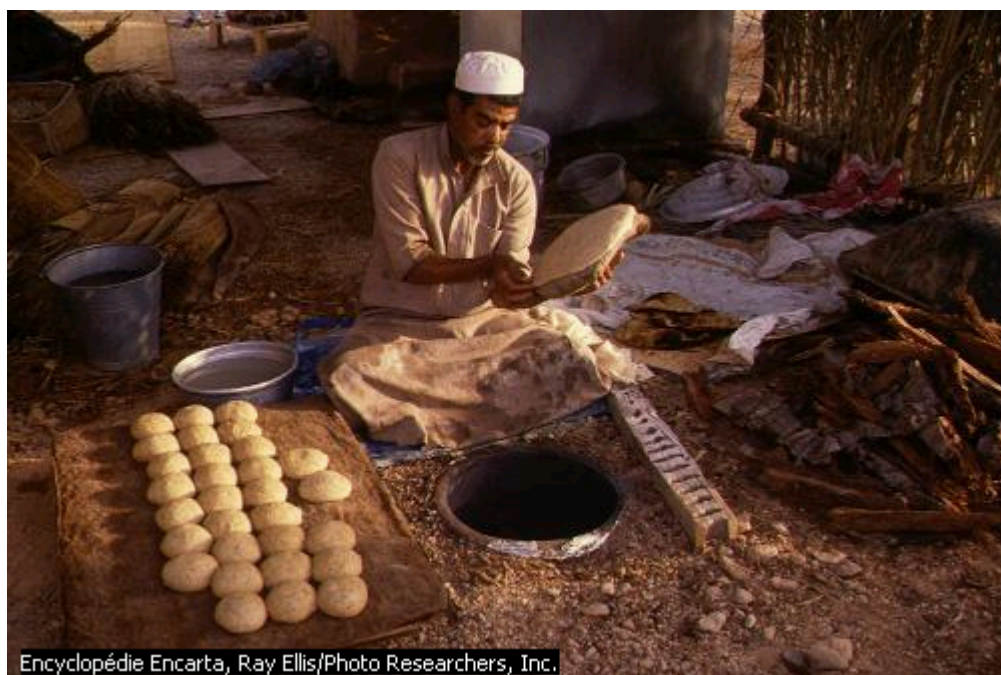
Fig. 47 - Représentation simplifiée d'une structure de supervision.

4. EXEMPLE DE SYSTÈME AUTOMATISÉ DANS SON CONTEXTE DE PRODUCTION

4.1. La fabrication du pain

Le pain existe depuis très longtemps et a été un des produits essentiels de l'alimentation de l'homme pendant de nombreuses années. Le pain français est connu mondialement pour sa qualité. Le savoir-faire pour ce type de produit est exporté sous forme d'installation clés en main : **les lignes de panification industrielles**.

Fig. 48 - Fabrication du pain en Arabie Saoudite.



Encyclopédie Encarta, Ray Ellis/Photo Researchers, Inc.

La fabrication du pain nécessite plusieurs opérations :

- 1. Le pétrissage** : la matière première de base, la farine de froment est mélangée dans un pétrin à de l'eau, du sel, de la levure et quelques adjuvants biologiques ou chimiques (farine de seigle, produits maltés, vitamine C, etc.), pendant 10 à 20 minutes.
- 2. La division** : la pâte obtenue par le pétrissage est malléable. Elle est divisée en pâtons dont le poids est fonction de celui du pain que l'on désire fabriquer. Les pâtons passent dans une bouleuse et prennent la forme de boules.
- 3. La première fermentation** : placés dans une chambre de repos, les pâtons subissent une fermentation de 10 à 15 minutes. Cette fermentation est due à l'action de la levure qui provoque entre autres l'augmentation de volume, la création d'alvéoles internes, la formation d'acides organiques ainsi que la modification des propriétés plastiques de la pâte.
- 4. Le façonnage** : les pâtons sont mis en forme et tronçonnés pour obtenir différentes formes : pains longs, pains ronds, etc.
- 5. La deuxième fermentation** : les pâtons continuent à se développer pendant 25 à 40 minutes dans une étuve ayant une atmosphère tempérée et non desséchante.
- 6. La scarification** : c'est une coupure superficielle des pâtons qui empêche leur croûte d'éclater au cours de la cuisson.
- 7. La cuisson** : le four est saturé de vapeur d'eau et les pâtons, soumis à une température de l'ordre de 250 °C, continuent à augmenter de volume jusqu'à ce que leur température interne atteigne 60 °C. Ensuite, l'évaporation s'arrête, la croûte se forme, s'épaissit et se colore. La cuisson se poursuit pendant 25 minutes.

La fabrication du pain s'est progressivement automatisée avec d'abord l'introduction de machines spécialisées, réalisant chacune une opération particulière, puis, avec la mise en place de matériels permettant la circulation des produits d'une machine à une autre.



Fig. 49 - Exemple 1 de ligne de panification industrielle.



Fig. 50 - Exemple 2 de ligne de panification industrielle.



Fig. 51 - Différentes formes de pain.

4.2. Les lignes de panification industrielles

Aujourd'hui, il existe des lignes de panification industrielles de plus en plus automatisées, qui assurent en continu des productions importantes de pain.

Ces lignes modulaires, sont constituées d'un nombre variable de machines autonomes selon :

- le volume de production ;
- le niveau d'automatisation retenu, etc.

Cette modularité permet l'évolution progressive des lignes de panification, évolution qui comporte plusieurs aspects dont :

- l'accroissement du niveau d'automatisation de chaque machine spécifique (facilité des réglages de changement de campagne de produits, etc.) ;
- la constitution de groupes de machines interconnectées ;
- la communication entre machines pour améliorer tant la productivité que le suivi des produits.

La ligne de panification schématisée figure 57 (page 17) est conçue pour fabriquer par campagne 12 sortes de pains mi-blancs de 250 g à 350 g (type baguette, bâtard, pain italien, etc.).

Toutes les opérations de fabrication sont automatisées. Par ailleurs, le pétrissage reste indépendant du fonctionnement de la ligne.

La constitution d'une ligne de panification est fonction des objectifs de production et d'automatisation. L'encadré ci-dessous détaille les objectifs de la ligne support de cette étude.

Objectifs généraux de la ligne de panification

- **Produits** : pains mi-blancs, selon 12 variantes, de 250 g à 350 g.
- **Flexibilité** :
 - adaptation à 12 variantes standards de produits ;
 - passage d'une campagne standard à une autre en moins de 10 minutes ;
 - possibilité de passer des produits non standards, façonnés manuellement.
- **Procédé** : panification en ligne.
- **Production** :
 - temps unitaire par produit (hors pétrissage), variable de 2 h 30 à 3 heures ;
 - volume maximum de 3 200 pains de 350 g par heure ;
 - production semi-continue par campagnes pour chaque variante de produit.
- **Evolutivité** : adaptation dans le temps :
 - à de nouvelles variantes de produits ;
 - aux variations de volume de production.
- **Disponibilité** : aucune perte de lot n'est autorisée.

Machines autonomes pour la fabrication du pain de chez MERAND (ces machines peuvent être interconnectées afin de constituer une ligne de panification).

La division

Cette opération consiste à diviser la pâte pétrie en pâton au poids souhaité. La gamme des machines Mérand Mécapâte est composée de diviseuses hydrauliques, diviseuses automatiques dites peseuses volumétriques et de diviseuses bouleuses.



Fig. 52 - Diviseuse bouleuse automatique.

Le façonnage

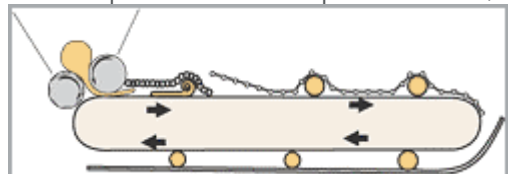
Cette opération consiste à donner une forme allongée aux pâtons. La gamme des machines Mérand Mécapâte est composée de façonneuses horizontales et verticales.



Fig. 54 - Façonneuse horizontale.

Le façonnage horizontal dit « à l'ancienne » (car reproduisant à l'identique le mouvement de la main), se fait par une allonge entre un tapis motorisé et une table fixe.

Le pâton ainsi entraîné s'allonge sans échauffement de la pâte. Ce procédé convient particulièrement aux pâtes douces et fragiles.



La détente (chambre de repos)

Cette opération consiste à laisser reposer la pâte entre la division et le façonnage.

La gamme des machines Mérand Mécapâte est composée de balancelles manuelles, semi-automatiques et automatiques.



Fig. 53 - Balancelle automatique.

Les balancelles automatiques sont alimentées par une diviseuse-peseuse automatique.

Ces solutions offrent un **gain de temps important**, grâce à l'utilisation de la diviseuse-peseuse.

L'alimentation de la balancelle est automatique, ainsi que l'alimentation de la façonneuse.

De ce fait, **le process est totalement respecté**, puisque automatisé.

La scarification

Cette opération consiste à donner le coup de lame « la grigne » sur les pâtons.

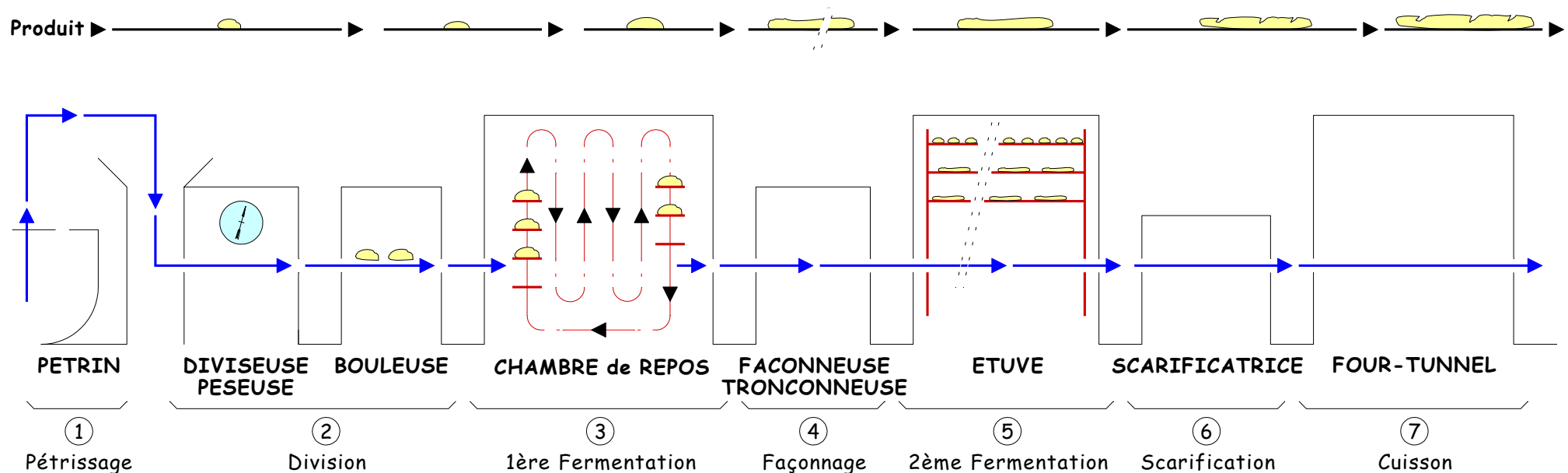


Fig. 55 - Scarificatrice automatique.



Fig. 56 - Baguettes scarifiées.

Fig. 57 - Ligne de panification industrielle.



4.3. Structure et conduite de la ligne (exploitation de la ligne de panification)

La ligne de panification complète décrite précédemment, et représentée en exploitation figure 58 (page suivante), est divisée en 3 unités indépendantes comportant chacune :

- un automate programmable ;
- un pupitre de commande muni d'un terminal d'exploitation fixe configurable.

A partir de ces pupitres, l'opérateur peut :

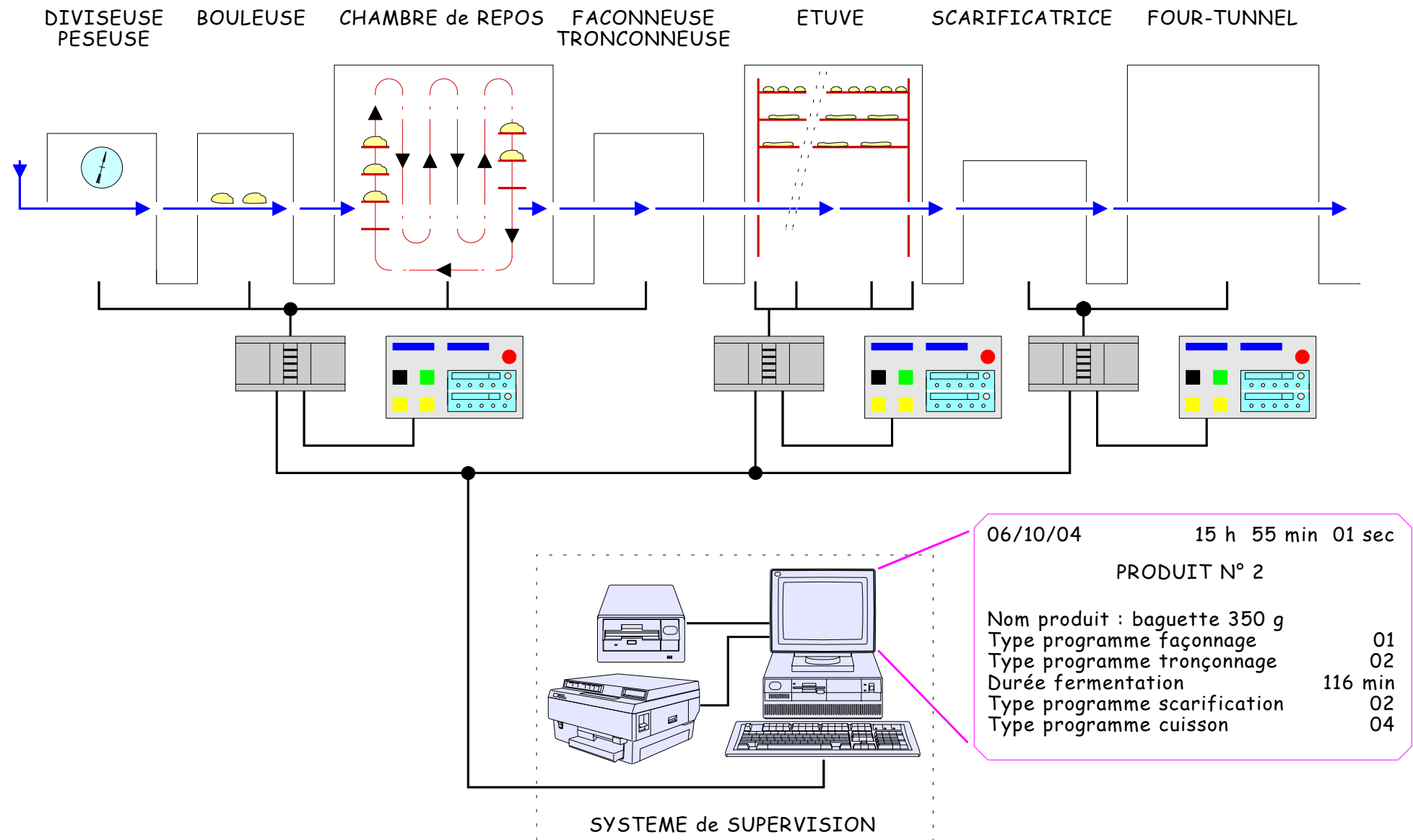
- définir ou sélectionner pour chaque produit un programme de façonnage, de cuisson, etc. ;
- modifier des paramètres ;
- être informé en permanence des éventuels défauts de chaque unité, etc.

4.4. Supervision de la ligne (exploitation de la ligne de panification)

Un système de supervision est utilisé pour gérer l'ensemble de la ligne de panification. A cette fin, il est relié au moyen d'un réseau à l'automate programmable de chaque unité.

Il permet, par exemple, de coordonner les actions de chaque unité pour un produit donné : l'illustration page suivante donne un exemple de visualisation des caractéristiques et des programmes utilisés pour fabriquer le produit N° 2.

Fig. 58 - Exploitation de la ligne de panification industrielle.



4.5. Evolution de la ligne (exploitation de la ligne de panification)

Grâce à sa Partie Opérative flexible et à sa Partie Commande programmable, on conçoit qu'au fur et à mesure de son exploitation, cette ligne de panification puisse facilement être complétée ou modifiée par exemple :

- pour étendre la gamme des produits fabriqués en fonction de l'évolution du marché ;
- pour mieux faire face aux défaillances les plus fréquemment rencontrées, par des visualisations appropriées ;
- pour obtenir des statistiques d'arrêts machines permettant d'initialiser les progrès de l'outil ;
- pour établir une liaison avec le système de gestion informatisée de l'entreprise qui par exemple, précisera le programme de fabrication de la journée.