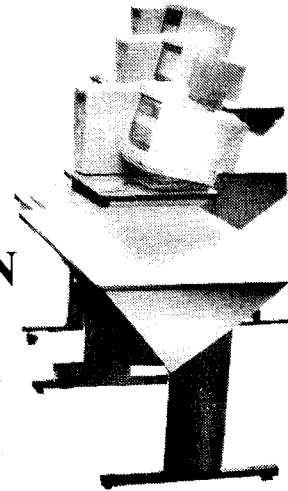


X. APPLICATION



1 - PRESENTATION DU LABORATOIRE

1 - 1. La machine et son environnement

Le Laboratoire d'Automatismes et de Production Intelys est une unité de production automatisée complète destinée à l'enseignement dans le domaine des automatismes, de la supervision, des réseaux locaux, de la gestion de production et du pilotage de systèmes. Tous les concepts abordés dans ce livre, des éléments de base aux notions les plus élaborées, peuvent ainsi être mis en pratique en milieu pédagogique.

1 - 2. L'architecture du système et le flux de production

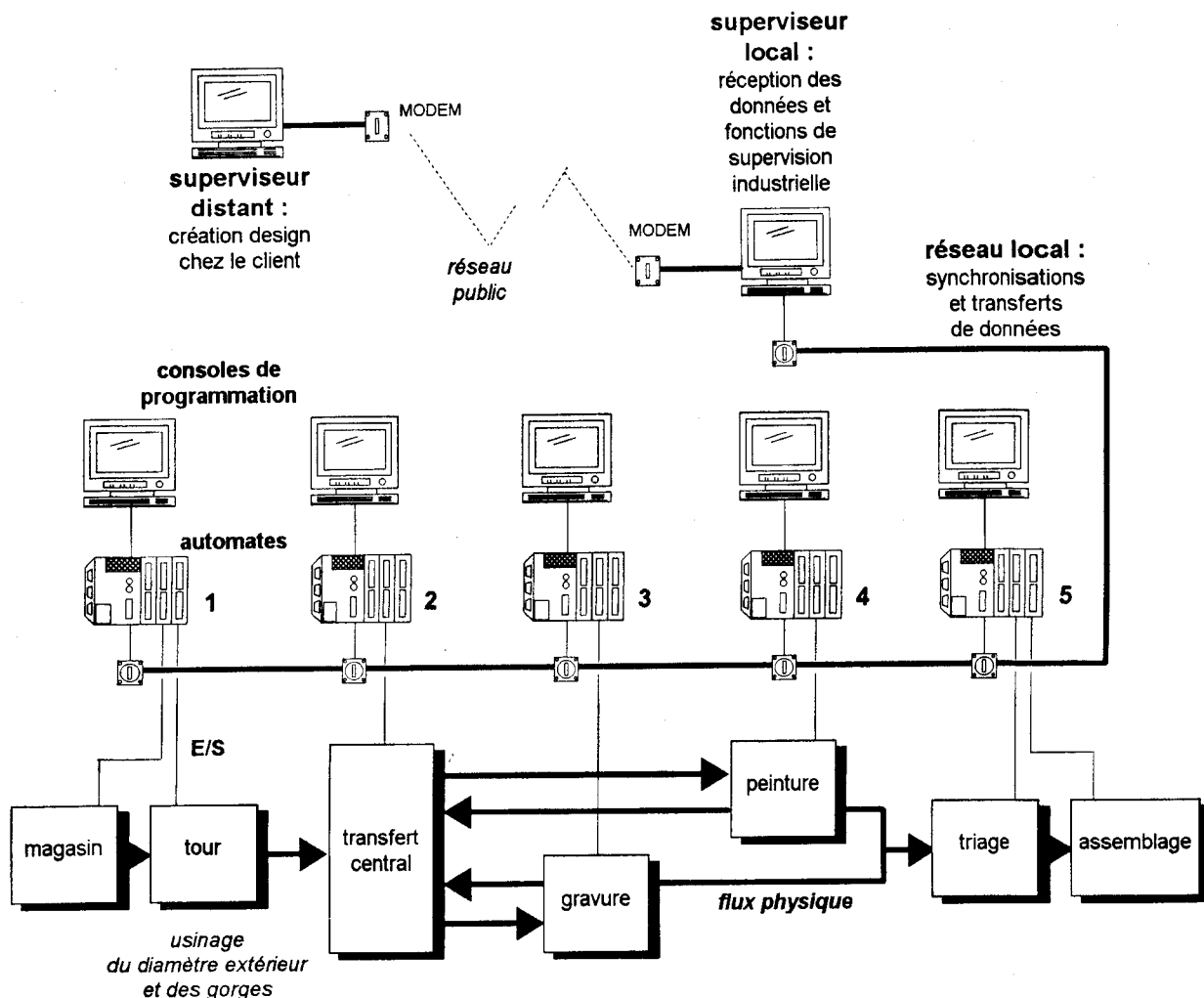


figure D-45

1 - 3. Les 5 sous-systèmes

Chaque élève dispose d'un sous-système complet :

- une console de programmation,
- un automate programmable,
- un pupitre qui comporte des boutons poussoirs, interrupteurs, potentiomètres et voyants programmables ainsi que des éléments câblés (arrêt d'urgence, mise en/hors énergie, volt-mètres...),
- une partie opérative complète : capteurs, actionneurs et effecteurs utilisables dans le cadre de la fabrication de stylos aussi bien que pour des travaux pratiques variés.

Les cinq sous-systèmes sont interconnectés par réseau local industriel. Le superviseur *local* est également relié à ce réseau. Les 2 superviseurs sont en relation par l'intermédiaire d'un réseau public, et, dans le cadre de travaux pratiques, peuvent être directement connectés par leurs prises COM.

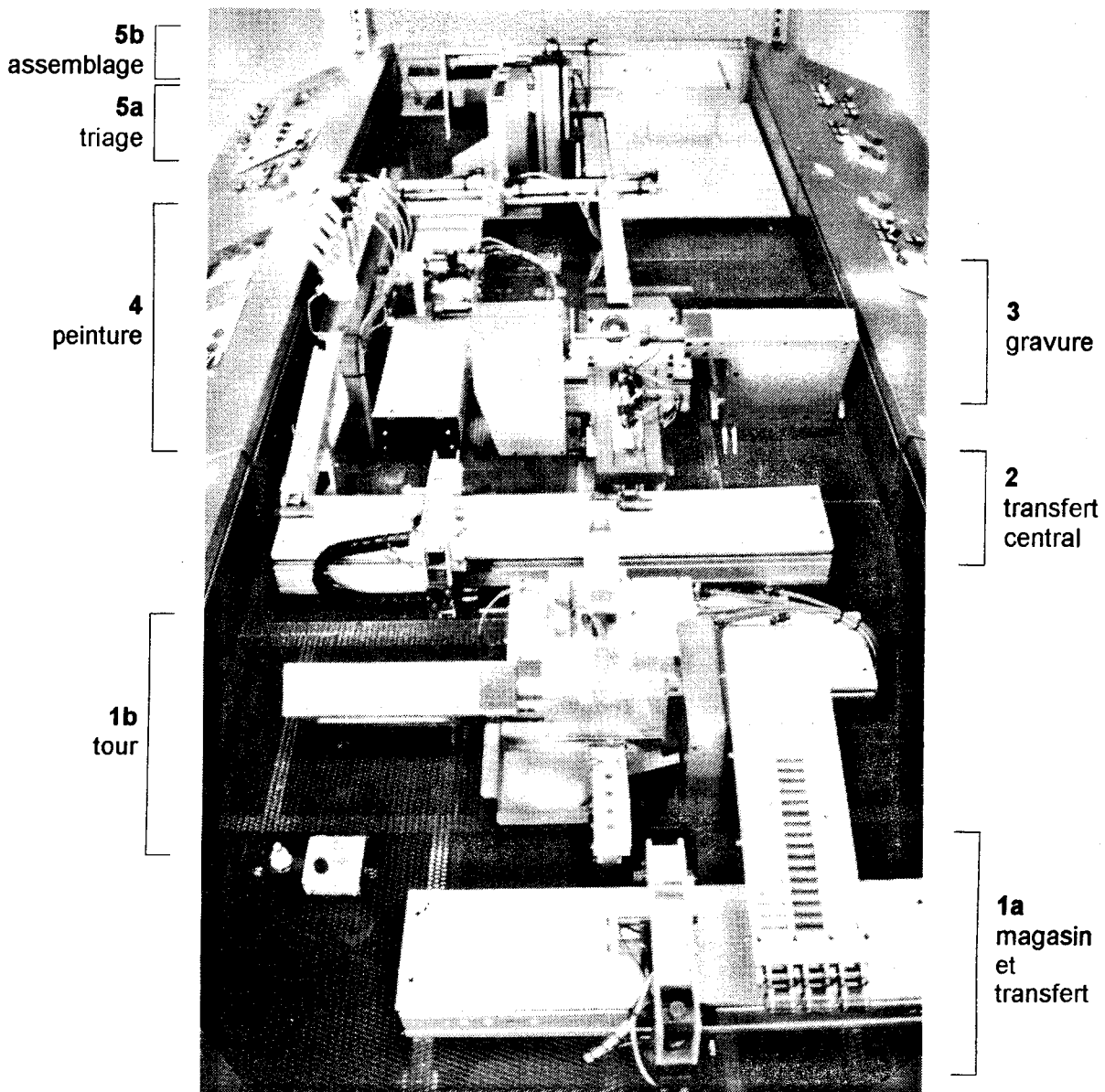


figure D-46

1 - 4. Les modes d'utilisation

Le laboratoire est conçu pour répondre à 3 modes d'utilisation :

<i>modes d'utilisation</i>	<i>mise en oeuvre</i>	<i>objectifs pédagogiques</i>
production effective de biens de consommation	programmes complets livrés avec le laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> • conduite de systèmes automatisés • maintenance • gestion de production avec simulation de goulets, gestion des stocks... • lecture et modifications mineures de programmes • analyse de grafjets, de variables, de programmes • fonctions de diagnostic, configuration automate...
élaboration progressive d'applications	<p>programmes entièrement à développer</p> <p>travaux pratiques basés sur des programmes préparés à modifier ou à compléter</p> <p><i>dans cette configuration, tout le potentiel de la machine n'est pas obligatoirement utilisé : ceci permet une approche très progressive des difficultés</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • mise en oeuvre de l'algèbre logique • prise en compte de la sécurité câblée et programmée • édition en langages normalisés CEI 61131-3 • mise en évidence de la scrutation cyclique ou périodique, des interruptions, des mémoires-images... • utilisation de symboles, de tables d'animation, de forçages, de pages de mise au point et de configuration, des données système... • apprentissage du Grafjet et de la gestion des modes de marches et d'arrêts • grafjets hiérarchisés et paramétrés • fonctions : temporisateurs, compteurs, structures de données • comptage rapide, tâche rapide, traitements événementiels et algorithmiques, interfaces analogiques, horodatage, formats numériques et alphanumériques... • communication par réseau local • édition d'applications de supervision : configuration de tables et de variables, paramétrage d'objets, scripts en langage C, recettes, événements...
développements	apport de compléments aux programmes existants	réservés aux activités de longue durée de type projet : optimiser la gestion de production, affiner les modes de défaillances, ajouter des fonctions de supervision...

1 - 5. Le produit

Le produit réalisé par l'unité de production est un stylo personnalisable de conception originale, spécialement étudié pour un usage didactique. Le procédé consiste à fabriquer des bagues décoratives et à en habiller des stylos standards du commerce. Un stylo comporte 4 bagues. Des embouts montés serrés garantissent le maintien de l'ensemble.

Le client crée lui-même le design de son stylo en combinant différents paramètres.

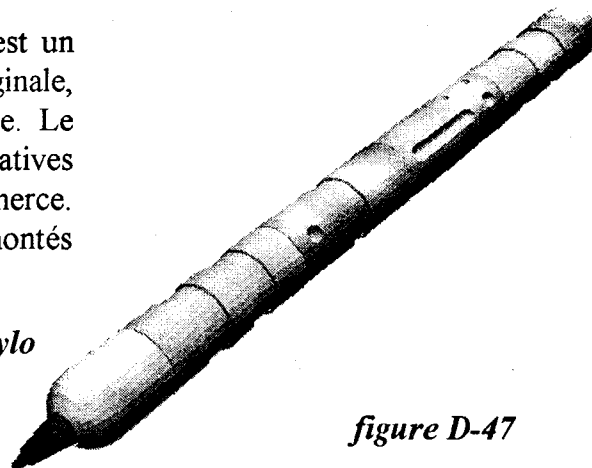


figure D-47

En fonction des préférences du client, chaque bague du stylo peut être :

- soit en alliage d'aluminium, soit en laiton,
- usinée ou non de gorges,
- colorée ou non (le client sélectionne les couleurs de son choix),
- gravée d'un motif préregistré ou entièrement créé par le client (les motifs sont limités à une combinaison de points et de lignes).

On peut choisir l'aspect des motifs parmi deux possibilités :

- si la gravure a lieu avant la mise en couleur, le motif est de la même couleur que le restant de la bague,
- si le processus est inverse, c'est le matériau de la bague qui apparaît.

Ce dernier paramètre aura une importance considérable sur le flux de production et apporte un intérêt particulier à la gestion du processus.

Enfin, la combinaison de l'assemblage des bagues est également définie par le client.

1 - 6. La création des modèles

La création des différents modèles par les clients se font chez les marchands, situés n'importe où dans le monde, grâce à l'écran de saisie présenté ci-dessous. Les données sont transférées à l'unité de production via un réseau (téléphonique ou internet). Un écran complémentaire permet de sélectionner les motifs préregistrés. A cause de la vocation exclusivement pédagogique du laboratoire, un certain nombre d'écrans supplémentaires permettent l'analyse en temps réel des variables du programme en complément de la documentation. Par la suite, ce poste sera nommé *superviseur distant*.

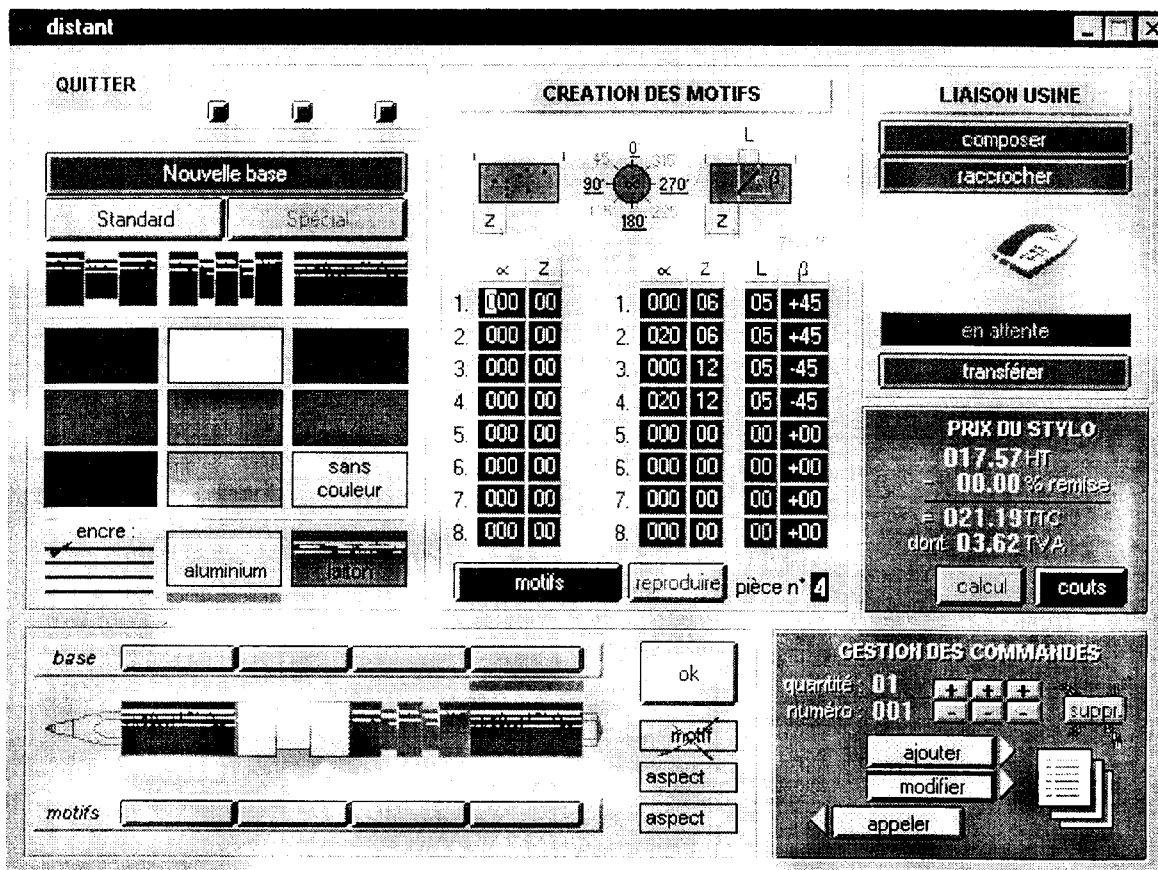


figure D-48

Cet écran d'édition est divisé en plusieurs zones :

- une zone où s'affiche le design du stylo au fur et à mesure de sa création,
- une zone où l'on sélectionne les paramètres de base : la morphologie des bagues et leurs couleurs,
- une zone d'édition des motifs,
- une zone de calcul du prix des stylos,
- une zone de gestion des commandes,
- une zone de dialogue avec le *superviseur local* (celui de l'unité de production),

A cela s'ajoutent les possibilités de définir les aspects de chaque bague, la couleur de l'encre du stylo et d'appeler les pages annexes (sélection des motifs pré-réglés, mise à jour des coûts, analyse du programme en temps réel)

2 - LE SUIVI DE PRODUCTION

Ce chapitre donne une vue synthétique du flux des informations qui permettent de gérer la production d'une manière automatique. Au lancement d'une campagne de production, certaines données de production sont transférées du superviseur local vers les automates. D'autres données sont transmises en temps réel au fur et à mesure des besoins.

Numérotation des gammes

Le cheminement d'une pièce dans l'unité de production dépend de la gamme de fabrication à réaliser. Les gammes dépendent :

- de la présence ou non de motif,
- de la présence ou non d'une couleur,
- de l'aspect (ordre gravure-peinture ou peinture-gravure).

	phase 10	phase 20	phase 30	phase 40
gamme 1	tournage	assemblage		
gamme 2	tournage	gravure	assemblage	
gamme 3	tournage	peinture	assemblage	
gamme 4	tournage	gravure	peinture	assemblage
gamme 5	tournage	peinture	gravure	assemblage

Numérotation des destinations

Sur les postes *transfert central*, *gravure* et *peinture*, les pièces peuvent prendre des chemins différents. On numérote les destinations possibles de la manière suivante :

numéro de destination	poste de destination			
	transfert central	gravure	peinture	triage-assemblage
	2	3	4	5

Ce numéro sert à orienter les pièces à la sortie des postes de travail. Il fait référence au numéro de l'automate de destination (voir la figure D-45).

2 - 1. Automate 1 : magasin des bruts et opération de tournage

Ordre de sortie magasin d'une pièce brute

La file d'attente « magasin » peut être complétée par un ordre de fabrication (O.F.) selon 2 moyens :

- automatiquement par l'automate 5
si la file d'attente est vide, l'automate 1 émet une autorisation vers l'automate 5. En fonction du besoin, un O.F. est alors généré et transmis à l'automate 1

- par insertion manuelle d'un O.F.
une commande effectuée sur le superviseur local permet d'insérer jusqu'à 6 O.F. qui seront prioritaires par rapport aux O.F. générés par l'automate 5

Dans tous les cas, le matériau est sélectionné grâce au tableau d'association type-matériau. Ce tableau est mis à jour par le superviseur local en début de campagne, et ce en fonction des caractéristiques du stylo définies au niveau du superviseur distant.

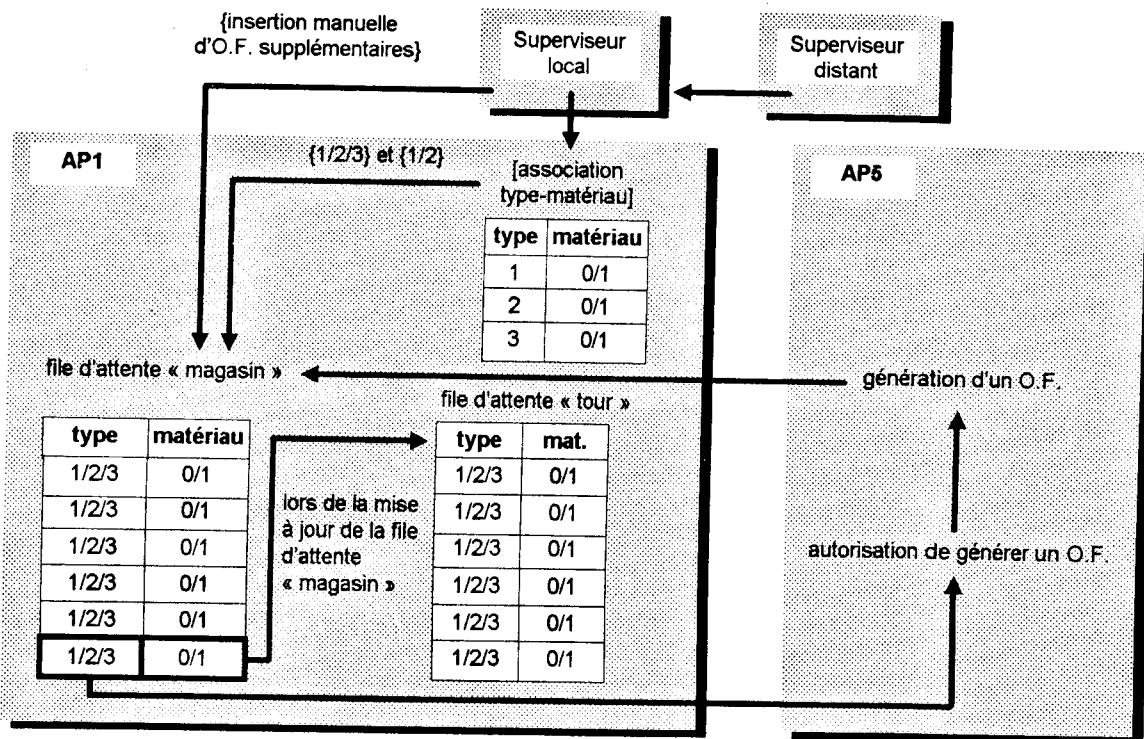


figure D-49

Transport de la pièce brute vers le tour

La pièce brute est dirigée vers le tour et la file d'attente « magasin » est mise à jour.

Lien entre les files d'attente

La file d'attente « tour » contient les mêmes informations, dans le même ordre, que la file d'attente « magasin ». Le retard que peut cependant prendre la file d'attente « tour » provient du fait qu'il est possible que le chariot qui prélève les pièces dans le magasin peut être amené à exécuter plusieurs cycles pendant l'exécution d'un seul cycle d'usinage (le chariot et le tour ne sont pas synchronisés). L'empilement de la file d'attente « tour » se fait lors de la mise à jour de la file d'attente « magasin ».

Sélection du type d'usinage de gorge

Des valeurs indiquées par le pointeur de la file d'attente « tour » dépendent :

- le type d'usinage : 1 gorge pour les pièces de type 1,
2 gorges pour les pièces de type 2,
aucune gorge pour les pièces de type 3.
- le mode de pulvérisation : avec pulvérisation pour l'alliage d'aluminium,
sans pulvérisation pour le laiton.

Lorsque le tour évacue une pièce vers le transfert central, l'automate 1 émet vers l'automate 2 une information qui lui signale l'arrivée d'une pièce. De plus, la file d'attente « tour » est mise à jour à ce moment.

2 - 2. Automate 2 : transitique au transfert central

Sélection de la pièce à prélever

L'information qui indique qu'une pièce est évacuée du tour porte la valeur numérique 1 en considération du numéro de l'automate émetteur. Elle est enregistrée dans la file d'attente de l'automate 2 au même titre que des informations similaires émises par les automates 3 et 4 (voir les § suivants). Le poste auquel une pièce doit être prélevée est déterminé par lecture du pointeur de cette file d'attente.

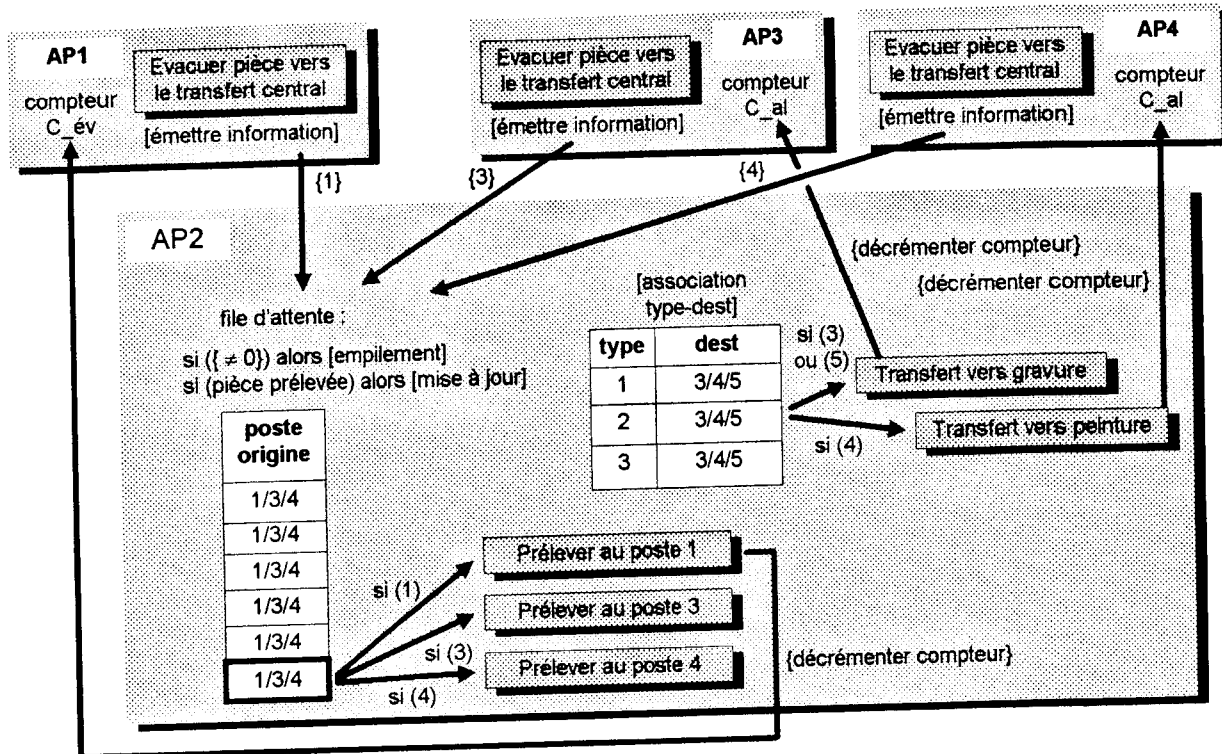


figure D-50

Lorsque le chariot de transfert a prélevé une pièce à la sortie du tour, l'automate 2 émet un ordre de décrémentation vers l'automate 1. Cet ordre de décrémentation permet la mise à jour du compteur relatif au stock d'évacuation du tour.

Sélection de la destination de la bague prélevée

- Si la bague est en provenance du tour, c'est le *numéro de destination* qui lui est associé qui définit quelle doit être sa goulotte de destination.
- Si la bague est en provenance de la peinture, elle rejoint systématiquement le poste de gravure.
- Si elle provient du poste de gravure, elle rejoint systématiquement la cabine de peinture.

Avant de libérer la bague vers le stock d'alimentation des postes de gravure et de peinture, l'automate 2 vérifie si ces stocks ne sont pas saturés. Lorsque la bague est déposée, il émet un ordre d'incrémement vers l'automate correspondant.

2 - 3. Automate 3 : poste de gravure

Sélection du motif à graver

Au début de *chaque* cycle de gravure, l'automate 3 demande au superviseur local de lui transmettre les coordonnées du motif à graver en fonction du type de bague en présence.

Sélection du poste de destination

A la fin de la gravure, la bague est évacuée soit directement vers le poste de triage, soit de nouveau vers le transfert central à destination de la peinture (dans ce dernier cas, la valeur numérique 3 est émise vers l'automate 2).

La sélection du chemin se fait en fonction du numéro de destination indiqué par le superviseur local en début de campagne.

2 - 4. Automate 4 : cabine de peinture

Sélection du cycle de peinture

Les données relatives au coloris à appliquer dépendent du type de bague. Par ailleurs, le réglage de chaque couleur se fait par l'opérateur sur le superviseur local. Ce réglage concerne :

- l'ordre de passage devant les buses (jusqu'à 3 projections) en fonction de la nuance souhaitée,
- le nombre de va-et-vients de la bague devant chaque buse en fonction de la densité souhaitée.

Ces données sont transmises en temps réel à l'automate.

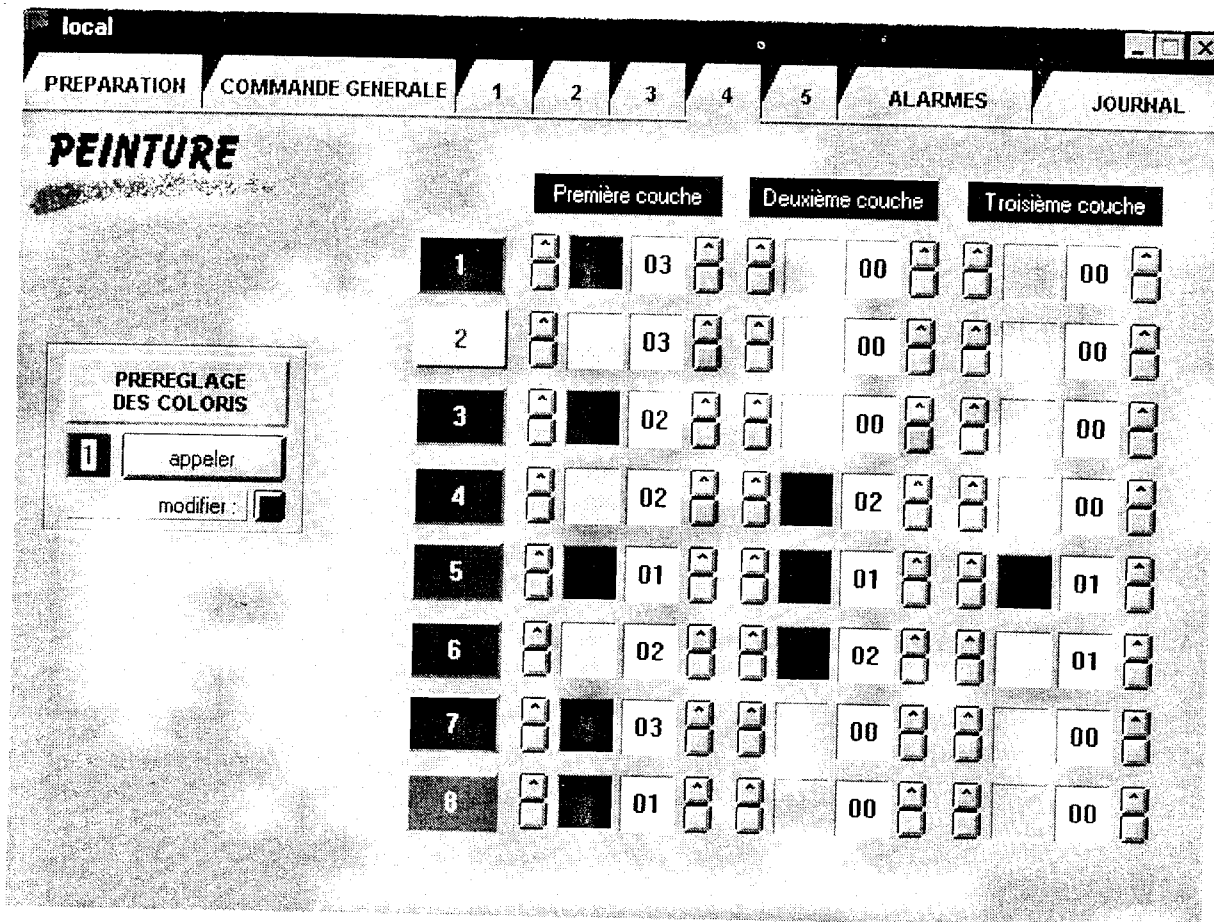


figure D-51

Sélection du poste de destination

A la fin de la peinture, la bague est évacuée soit directement vers le poste de triage, soit de nouveau vers le transfert central à destination de la graveuse (dans ce dernier cas, la valeur numérique 4 est émise vers l'automate 2).

La sélection du chemin se fait en fonction du numéro de destination indiqué par le superviseur local en début de campagne.

2 - 5. Automate 5 : assemblage du stylo

Empilement des bagues décoratives

- Préparation de l'empilement par le manipulateur :

L'empilement à réaliser est déterminé en fonction du stylo tel qu'il a été créé par le client. Une table de données contient la liste des bagues à monter sur le stylo. La sélection du type de bague à prélever est déterminée par le pointeur de la file d'attente si des bagues sont présentes.

- Emission des ordres de réapprovisionnement vers l'automate 1 :
- L'automate 1 prend l'initiative d'une requête lorsque sa file d'attente « magasin » est vide. Ces requêtes sont prises en compte :

- et génèrent des O.F. dans l'ordre de la composition du stylo,
- tant que le nombre de stylos n'est pas atteint.

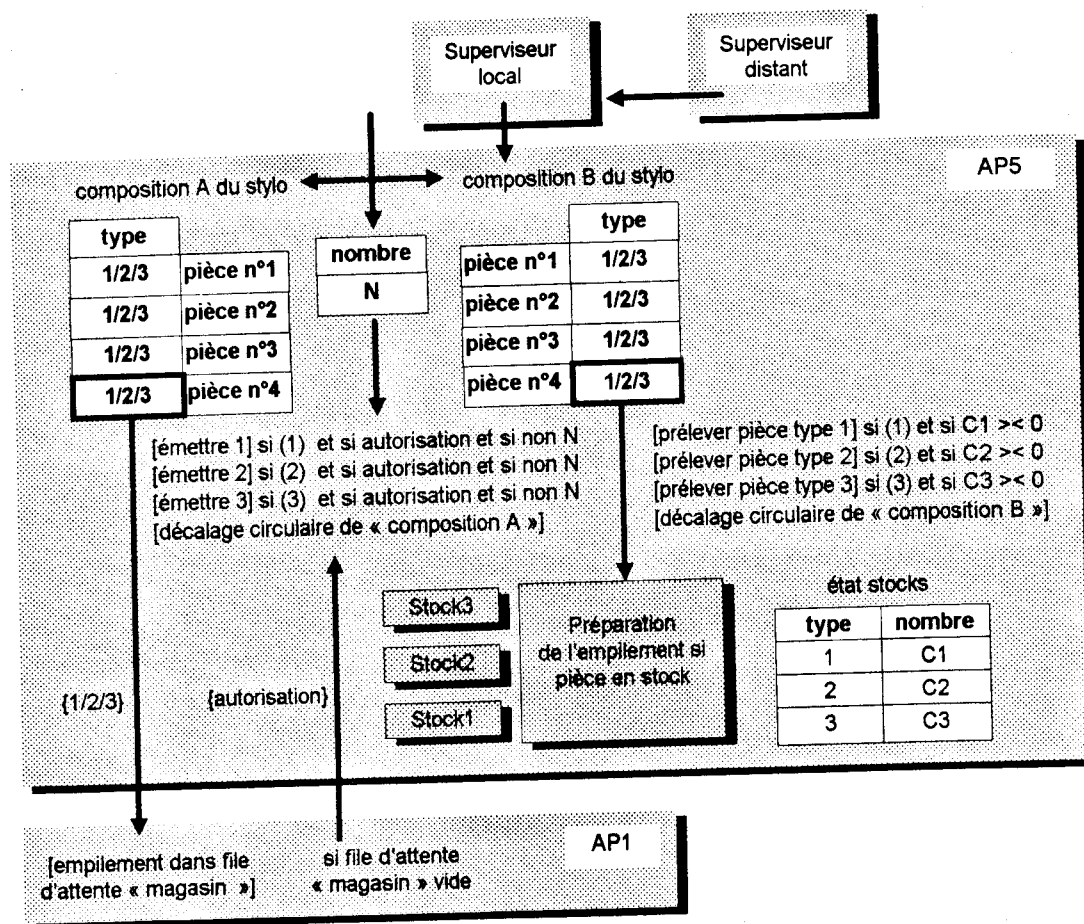


figure D-52

Etat des stocks « bagues finies »

Les compteurs C1, C2, et C3 « état stocks » sont régulièrement tenus à jour. A chaque fois qu'une bague est ajoutée au stock, le compteur correspondant est incrémenté. Lorsqu'une bague est prélevée, le compteur correspondant est décrémenté.

Assemblage final

Les quatre bagues décoratives sont empilées automatiquement selon la configuration voulue. Le déroulement de cette opération est tributaire de l'état des stocks.

Les embouts sont ensuite montés sur le stylo d'une manière semi-automatique : l'opérateur prépare l'ensemble et une presse réalise le sertissage.

3 - LA SUPERVISION

Plusieurs fonctions de supervision ont déjà été abordées ci-dessus. Elles se complètent de divers écrans qui illustrent les services habituellement rendus par cet outil :

- le pilotage centralisé de l'unité de production (ci-dessous un extrait de cette page)

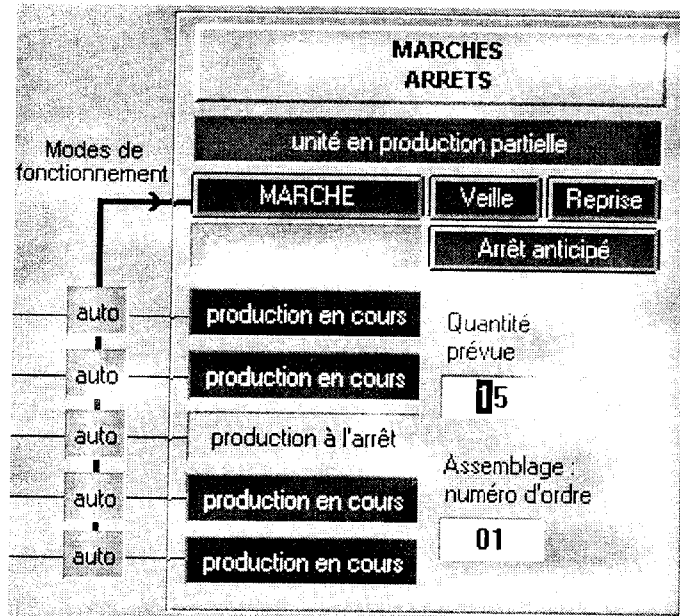


figure D-53

- L'animation graphique en temps réel (objets mobiles, courbes, affichage de messages...)

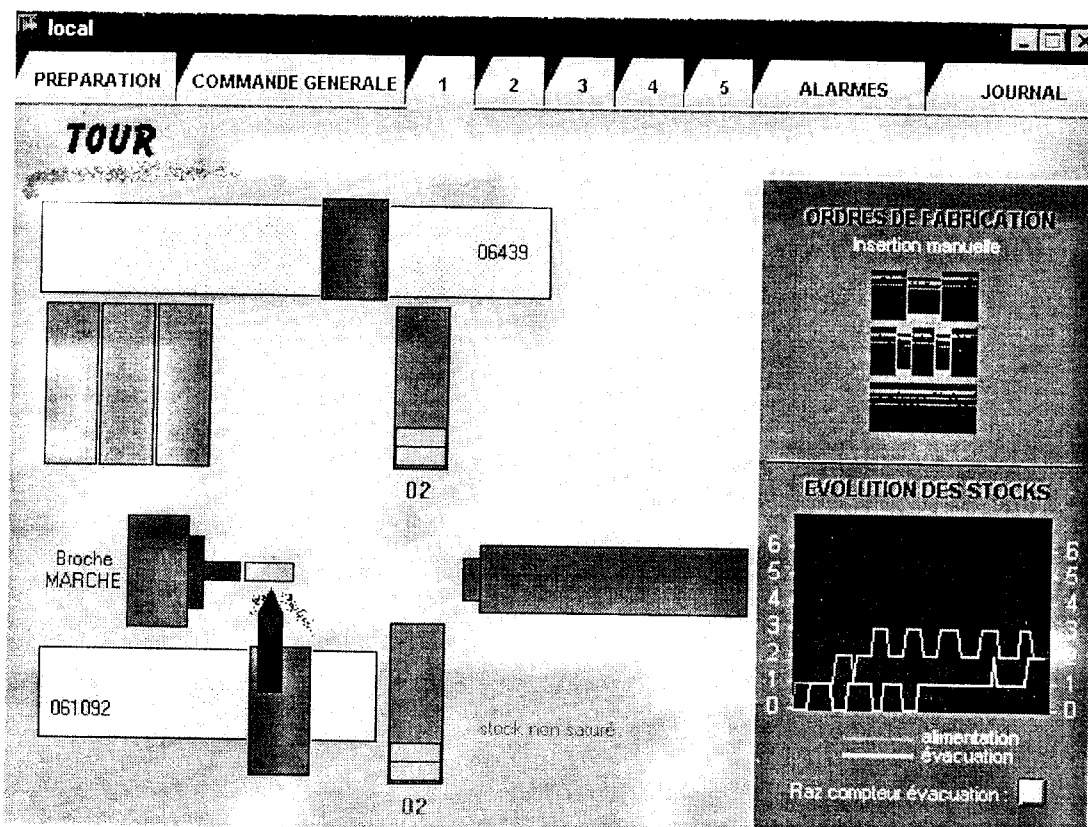


figure D-54

• La surveillance centralisée des défauts

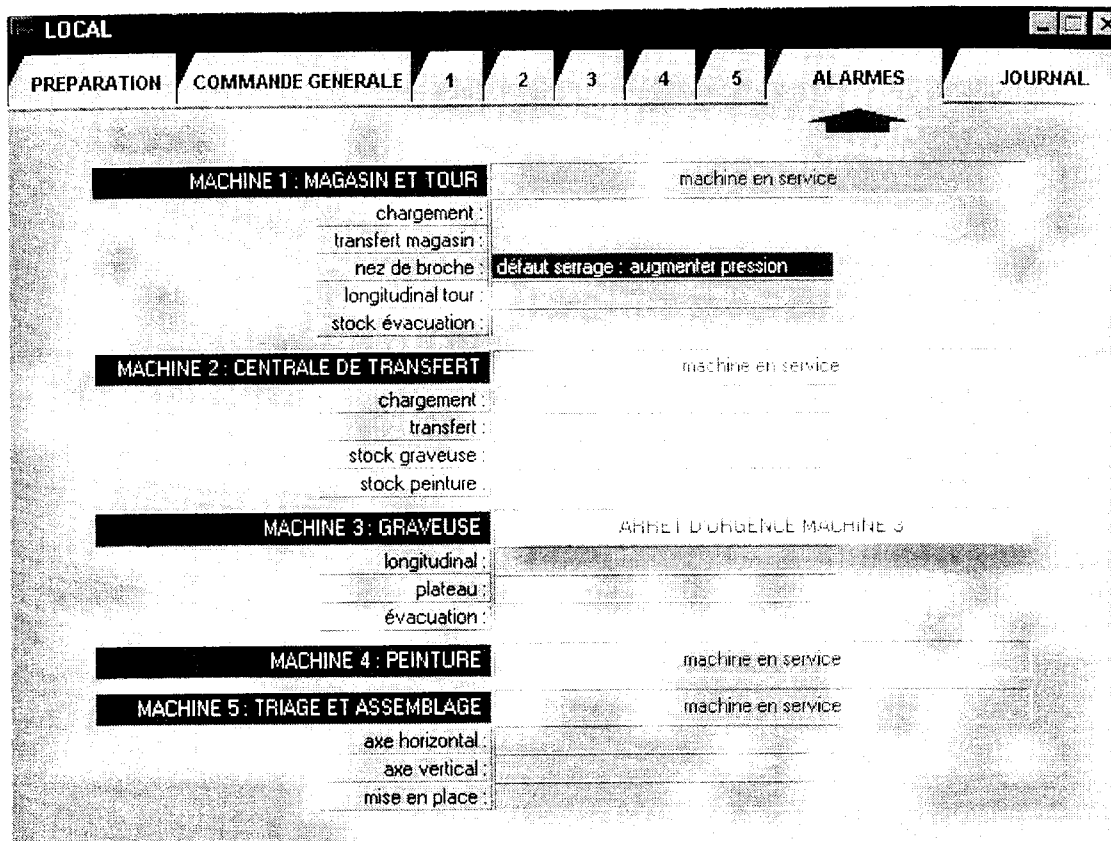


figure D-55

• Le journal des événements et la tenue de statistiques

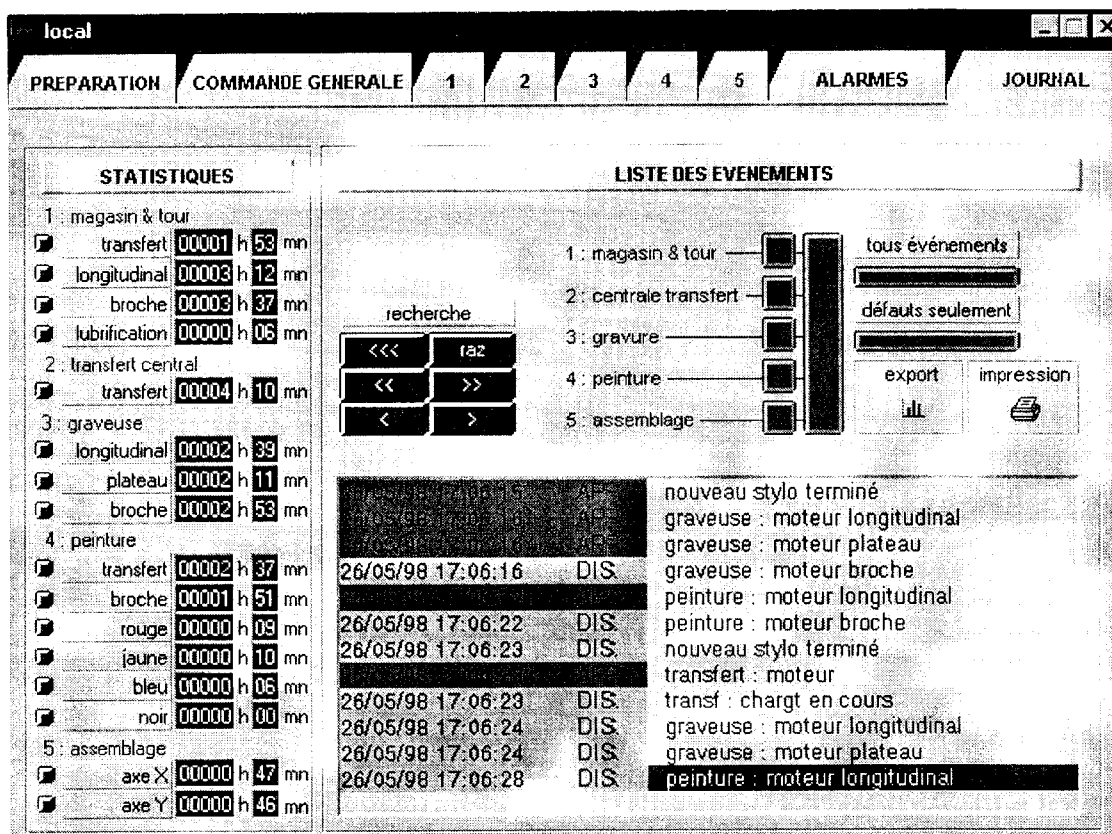


figure D-56

4 - LES DONNEES DE GAMMES

Pendant le fonctionnement, les données de gammes permettent aux automates de déterminer

- le matériau à prélever dans le magasin des pièces brutes,
- la destination de chaque pièce à la sortie des postes,
- l'ordre d'assemblage des bagues sur le stylo.

A chaque modèle de stylo est associé un code qui est élaboré dès la saisie par le superviseur *distant*. Le principe de codage est illustré par l'écran d'analyse des variables.

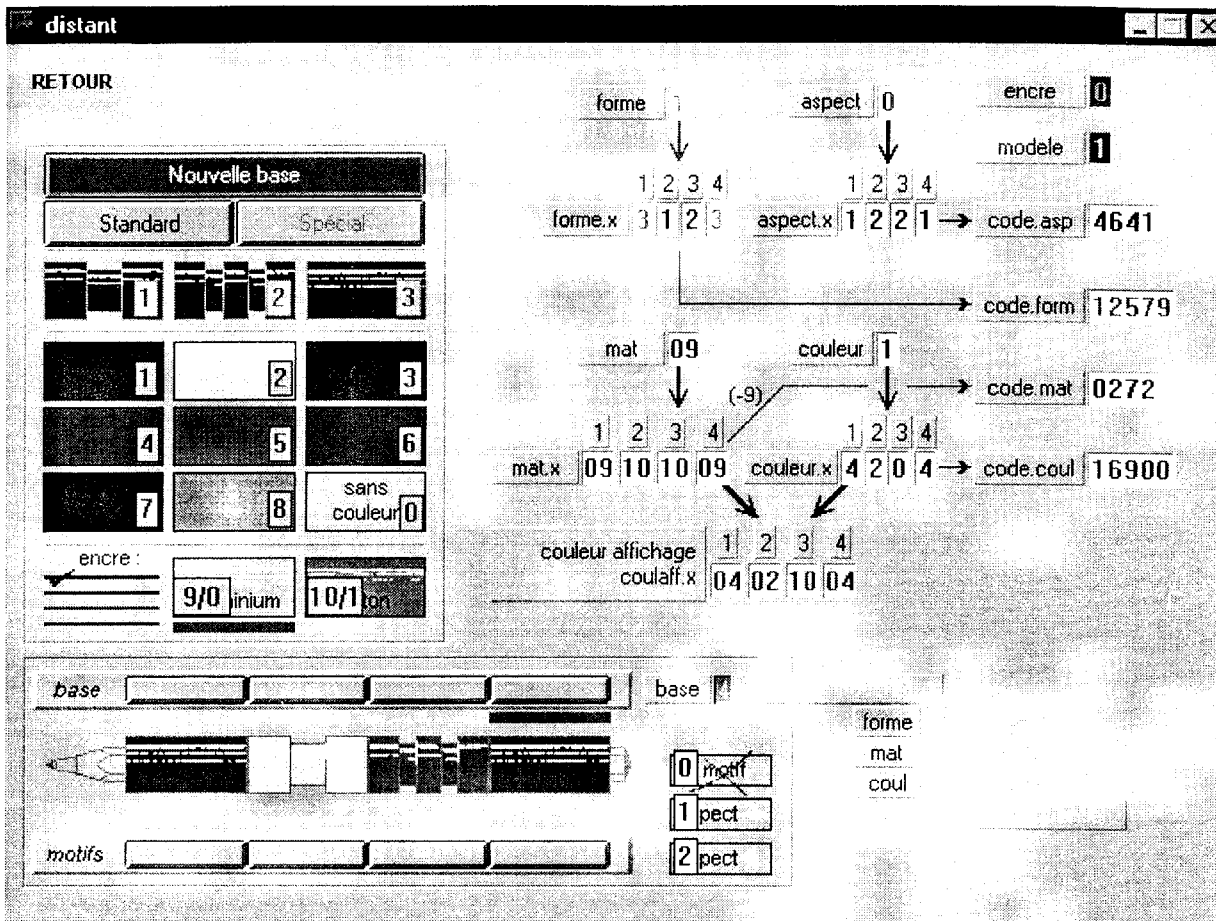


figure D-57

Le programme de codage est exécuté séquentiellement par le superviseur :

Dans l'exemple de la figure D-57, les variables qui permettent de déterminer *code.form* sont :

$$forme.1 = 3$$

$$forme.2 = 1$$

$$forme.3 = 2$$

$$forme.4 = 3$$

f.1 à *f.4* sont des variables internes au superviseur destinées à réaliser le code complet par addition de leurs poids respectifs.

Réception des codes par les automates

Le principe de réception des données de gammes est identique pour chaque automate. A titre d'exemple, on présente le dialogue avec l'automate 3 (page suivante).

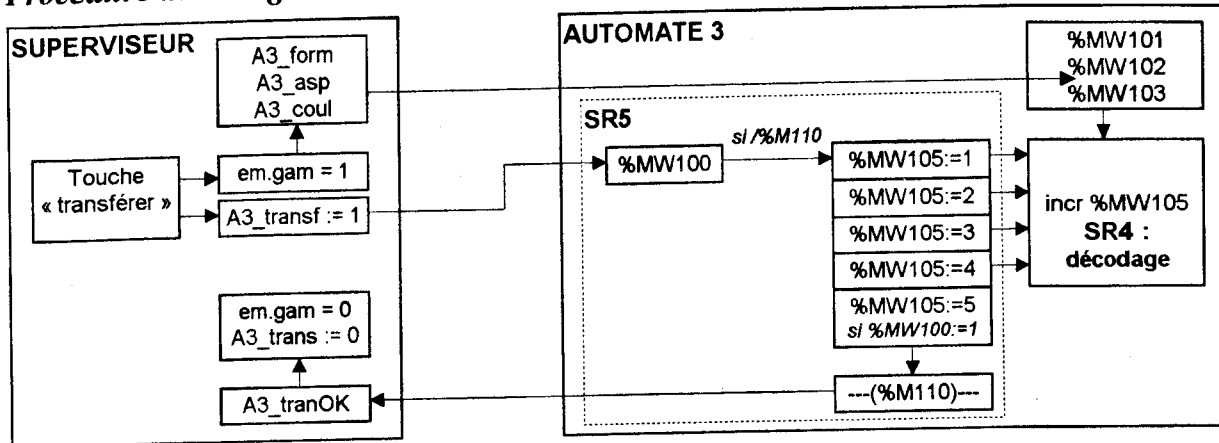
```
f.1 = forme.1 * 4096;
f.2 = forme.2 * 256;
f.3 = forme.3 * 16;
f.4 = forme.4 * 1;
code.form = f.1 + f.2 + f.3 + f.4;
```

```
m.1 = (mat.1 - 9) * 4096;
m.2 = (mat.2 - 9) * 256;
m.3 = (mat.3 - 9) * 16;
m.4 = (mat.4 - 9) * 1;
code.mat = m.1 + m.2 + m.3 + m.4;
```

```
c.1 = couleur.1 * 4096;
c.2 = couleur.2 * 256;
c.3 = couleur.3 * 16;
c.4 = couleur.4 * 1;
code.coul = c.1 + c.2 + c.3 + c.4;
```

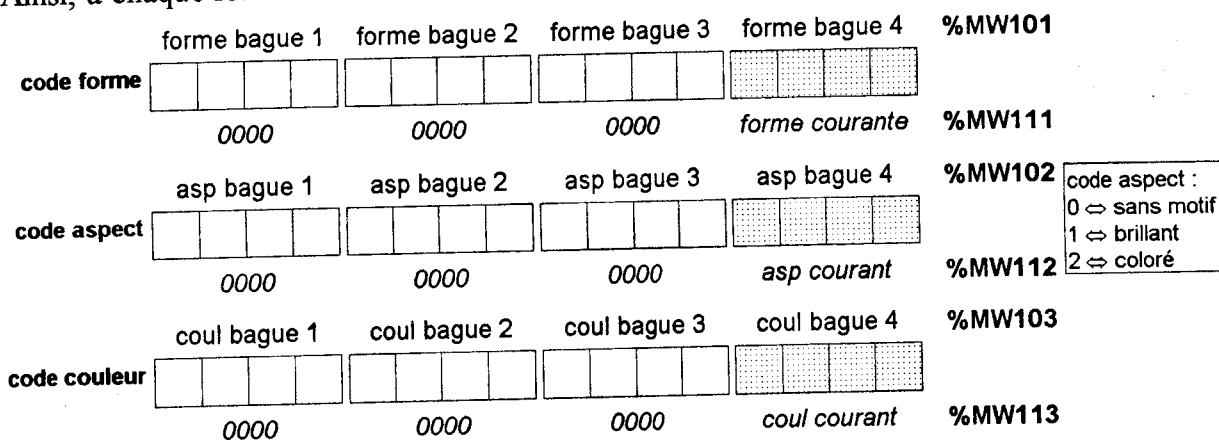
```
a.1 = aspect.1 * 4096;
a.2 = aspect.2 * 256;
a.3 = aspect.3 * 16;
a.4 = aspect.4 * 1;
code.asp = a.1 + a.2 + a.3 + a.4;
```

Procédure de dialogue



Principe du décodage

Le décodage se fait bague par bague sur les 4 bits de poids faible. %MW105 est un compteur qui permet systématiquement de passer en revue les 4 bagues. Ainsi, à chaque forme est associée la destination en fonction de l'aspect et de la couleur.



Note : %MW100 ne prend que les valeurs 0 et 1. Un bit ne convient pourtant pas car le traitement consécutif à la réception de ce bit se ferait AVANT la réception complète des codes (la durée de réception des mots est plus longue que celle des bits).

Algorithme de décodage (↪ SR4 : décodage)

```

%MW111 = 2 # 0000 0000 0000 1111 AND %MW101 // masquage pour isoler les quartets
%MW112 = 2 # 0000 0000 0000 1111 AND %MW102 // de poids faible
%MW113 = 2 # 0000 0000 0000 1111 AND %MW103

Si %MW112 = 2
    Alors %MW60[%MW111] = 2 (VERS PEINTURE VIA TRANSFERT CENTRAL) // rafraichissement du tableau
Si %MW112 = 0 ou 1 // d'association « type-destination »
Ou si %MW113 = 0 // en fonction du type de bague
    Alors %MW60[%MW111] = 5 (VERS TRIAGE) // en cours d'analyse

%MW101 = SHR (%MW101,4) // décalage d'un quartet pour
%MW102 = SHR (%MW102,4) // évaluation de la bague suivante
%MW103 = SHR (%MW103,4)
    
```

En fonction du type de bague à évacuer, le mot %MW61, %MW62 ou MW63 permet de sélectionner le poste de destination :

- 2 = retour vers peinture via transfert central si aspect coloré (gravure avant peinture)
- 5 = directement vers triage si aucune couleur ou si aspect brillant (gravure après peinture)

5 - RECETTES

Les données relatives à chaque stylo sont mémorisées dans des recettes au moment de l'enregistrement des commandes clients. Elles sont les suivantes :

- l'entête :
 - le numéro de client
 - la quantité de stylos
 - la couleur de l'encre des stylos
 - les codes gammes (forme, matériau, couleur et aspect)
- les motifs :
 - les tables des coordonnées des points et lignes pour les 4 bagues

Chaque stylo nécessite une fiche recette pour l'entête et 4 fiches recettes pour les motifs.

L'écran d'analyse des recettes du superviseur *distant* visualise les opérations effectuées sur les recettes en temps réel. En actionnant les différentes touches (images de celles de l'écran d'édition), les variables sont mises à jour et des flèches animées visualisent les mécanismes de duplication.

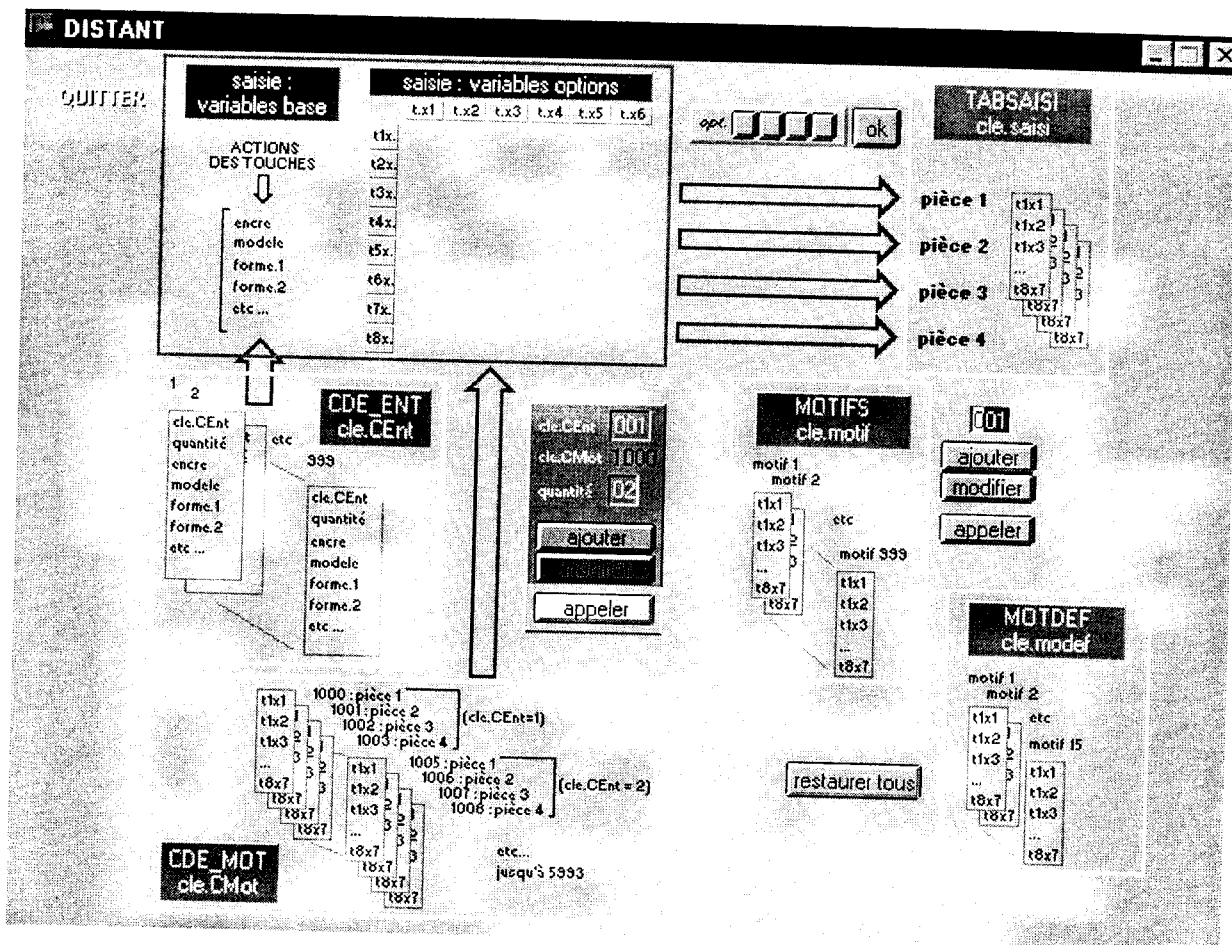


figure D-58

Les entêtes sont transmises aux automates en début de campagne alors que les coordonnées des motifs sont transmises au fur et à mesure du besoin sur requête de l'automate du poste de gravure. La fiche recette du motif est sélectionnée en fonction du numéro de stylo et du type de bague à graver.

6 - ELEMENTS DE PROGRAMMATION DES AUTOMATES

6 - 1. Organisation générale

La structure des grafjets est identique pour tous les automates :

- un grafjet de surveillance gère les autorisations de fonctionnement en prenant en compte la présence de la pression pneumatique, l'absence d'arrêt d'urgence (coup de poing et barrière immatérielle), le bon fonctionnement des axes numériques de déplacement ainsi que diverses vérifications spécifiques à chaque sous-système,
- un grafjet de conduite gère les 3 modes de fonctionnement : automatique, tests unitaires et mise en référence de la partie opérative (prise d'origine des axes numériques notamment),
- les modes de production normale et de test appellent en général des grafjets de tâches.

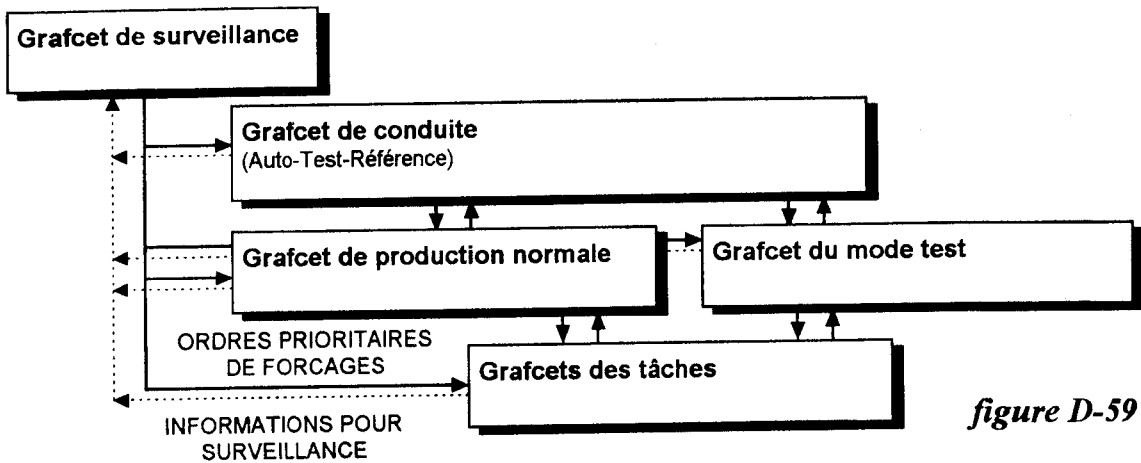


figure D-59

A titre d'exemple, on représente ci-dessous le grafjet de surveillance au niveau *automate* du sous-système 1 (magasin et tour) :

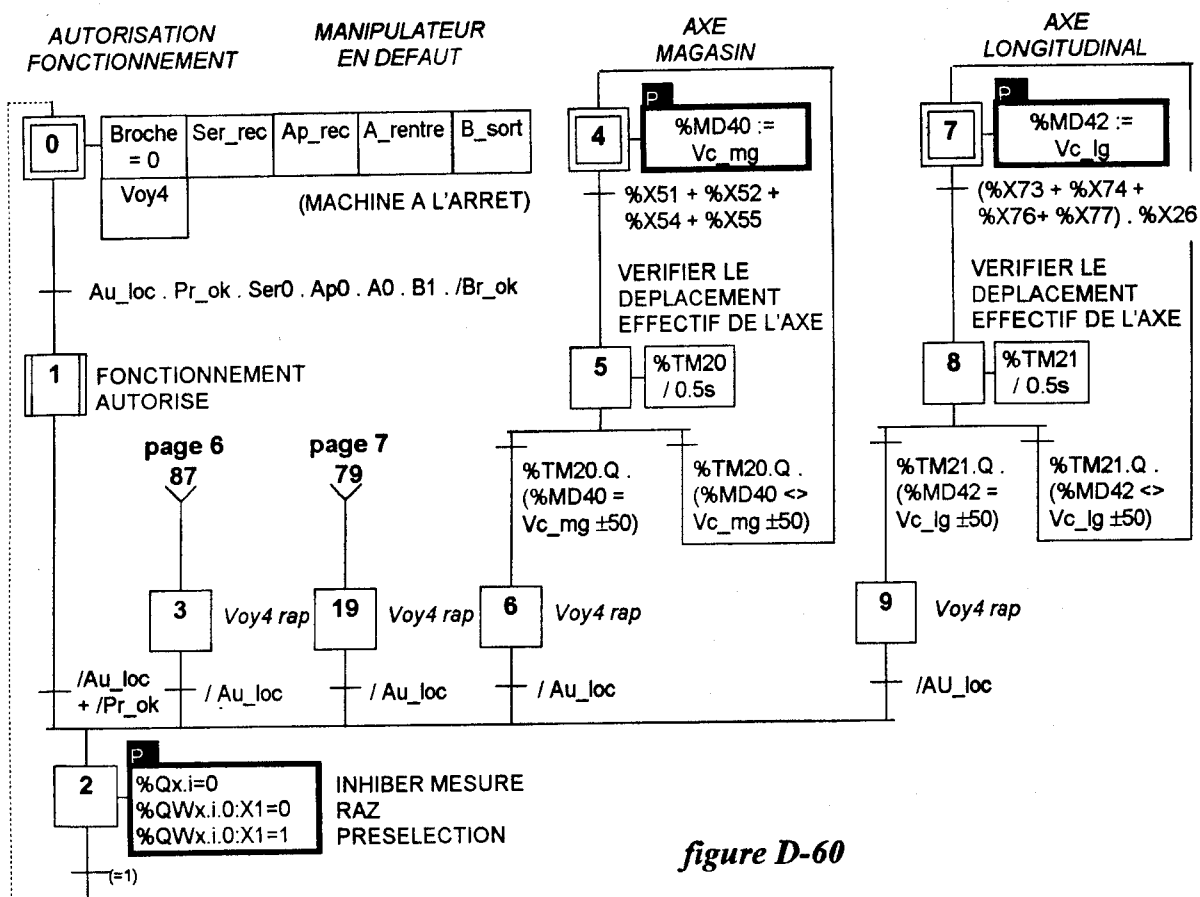


figure D-60

Actions supplémentaires

- sur %X2 : - forcer les grafecets en situation initiale (\hookrightarrow Prel : %S21=1)
- sur %X19 : - interdire le redémarrage du cycle de transfert magasin
- forcer Lg_p , Lg_n , Plongée , Gorge , Lub et Broche à zéro
- sur %X6 : - interdire le redémarrage des cycles d'usinage et du manipulateur
- forcer Mg_p et Mg_n à zéro
- sur %X9 : - interdire le redémarrage des cycles de transfert magasin et du manipulateur
- forcer Lg_p , Lg_n , Plongée , Gorge , Lub , Séchage et Broche à zéro
- sur %X0 : - émission message d'AU vers superviseur (%M114)

6 - 2. Vue d'ensemble des modes de marche

A titre d'exemple, on indique ci-dessous le diagramme GEMMA pour le sous-système 2 (transfert central) :

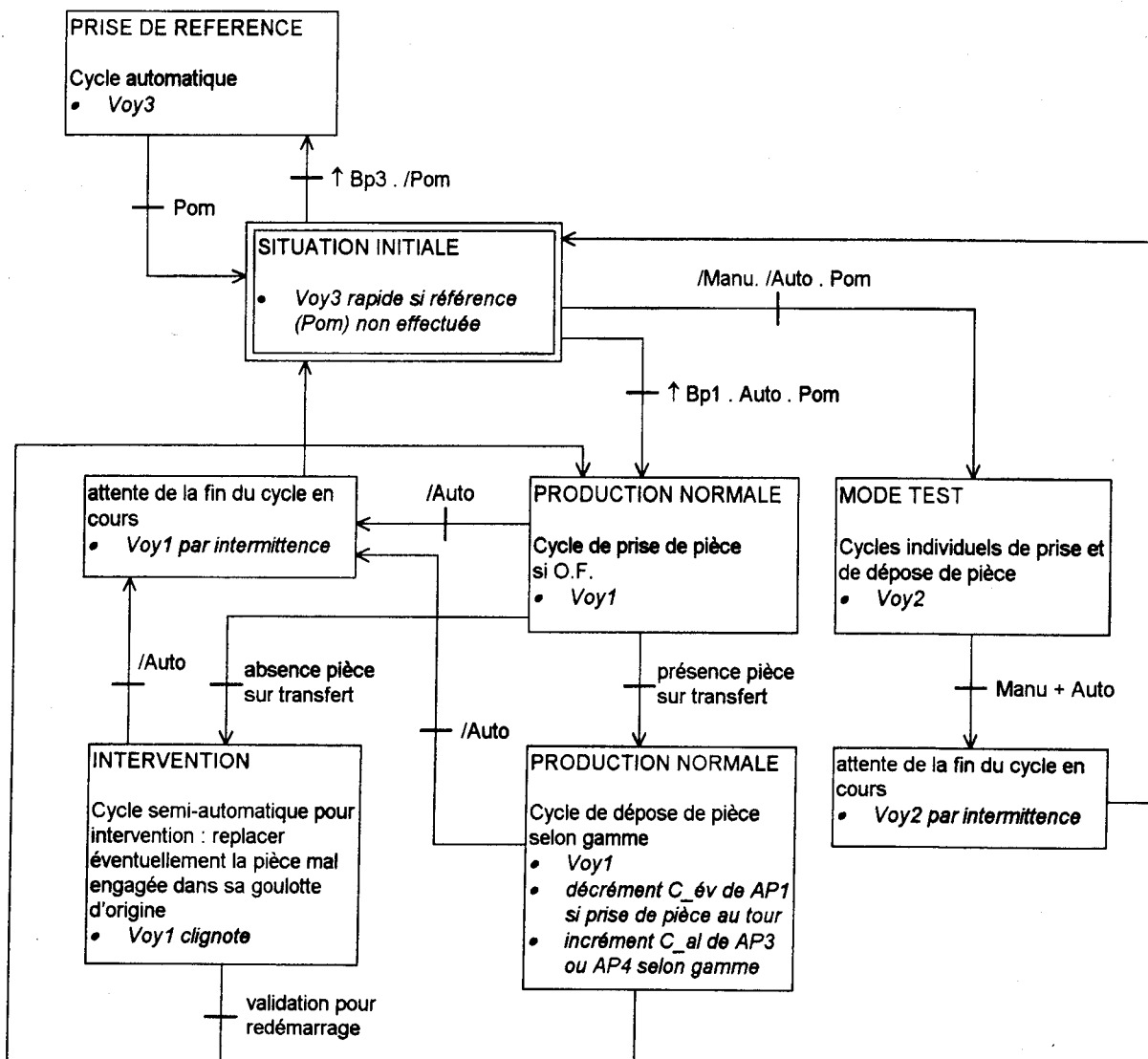


figure D-61

La production normale est décomposée en deux parties : l'une pour la prise de pièce et l'autre pour la dépose de pièce. Cette organisation permet une gestion des stocks plus sûre.

Ce diagramme se traduit par le grafcet au niveau *automate* suivant :

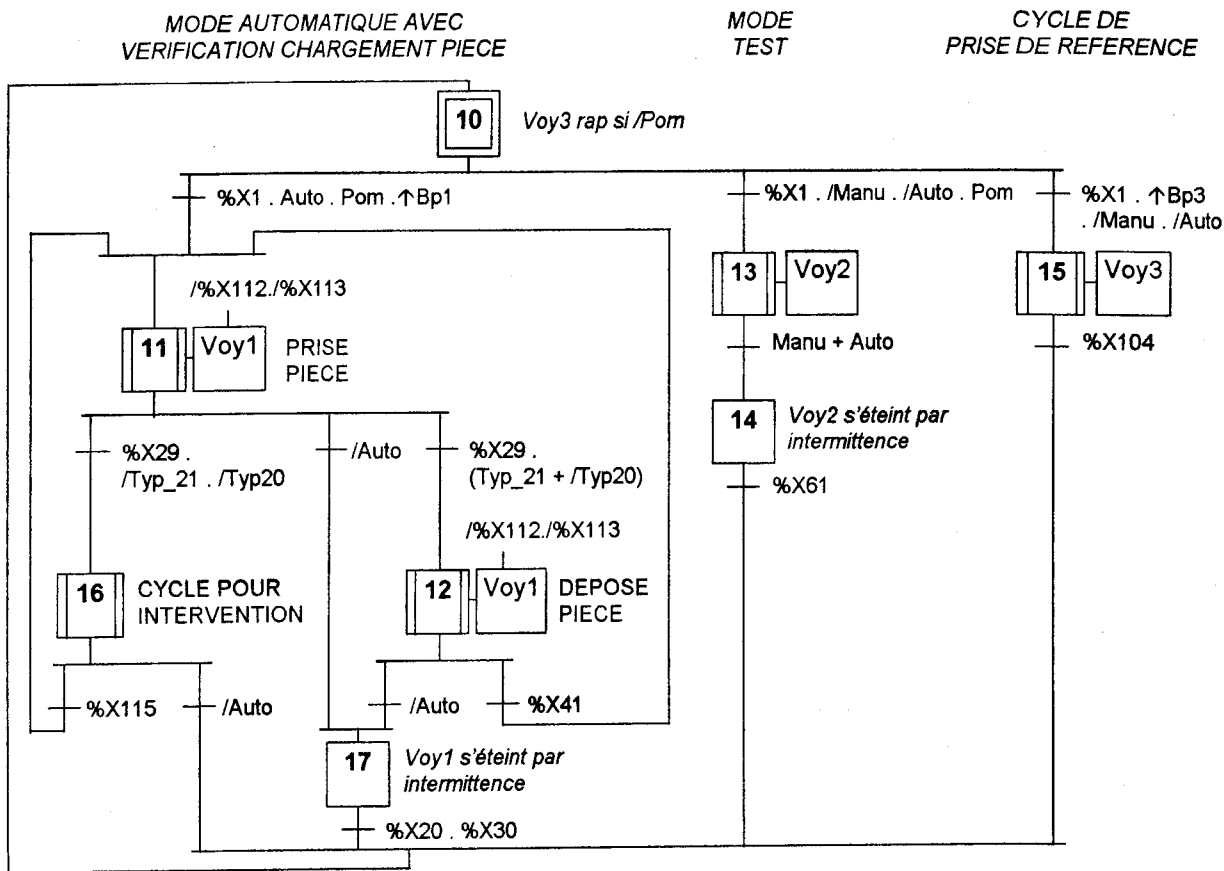


figure D-62

6 - 3. Cycles de prise de référence

Dans le cas du grafcet de conduite ci-dessus, la prise d'origine de l'axe numérique est réalisée par le cycle X100 : l'axe se déplace vers la butée de fin de course jusqu'à immobilisation. Celle-ci est détectée lorsque la coordonnée courante est égale à la coordonnée de la séquence X101-102 précédente. La prise de référence se fait ensuite par passage devant un capteur de référence.

Tous les axes numériques sont gérés de cette même manière.

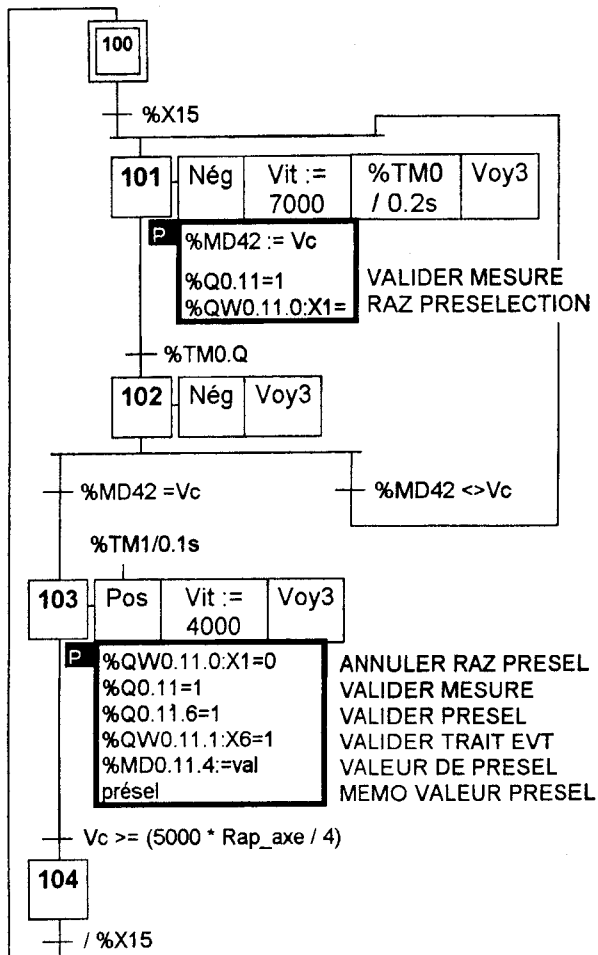


figure D-63

6 - 4. Mode de production normale

Les modes de production normale des différents sous-systèmes sont plus ou moins complexes. Une étude complète de la partie opérative est nécessaire pour pouvoir en interpréter les graficets.

Le fonctionnement du sous-système 4 (peinture) est décrit à titre d'exemple puisqu'il s'apparente de très près à l'exercice *bacs de trempe* du chapitre IX : en lieu et place des 4 bacs sont installées les buses qui projettent les couleurs sur les bagues (rouge, bleu, jaune et noir). Une cinquième buse sert au séchage de la bague. L'axe peut être contrôlé soit par un codeur numérique, soit par un jeu de 4 détecteurs associé à une règle qui comporte des taquets réglables (solution adoptée ci-dessous).

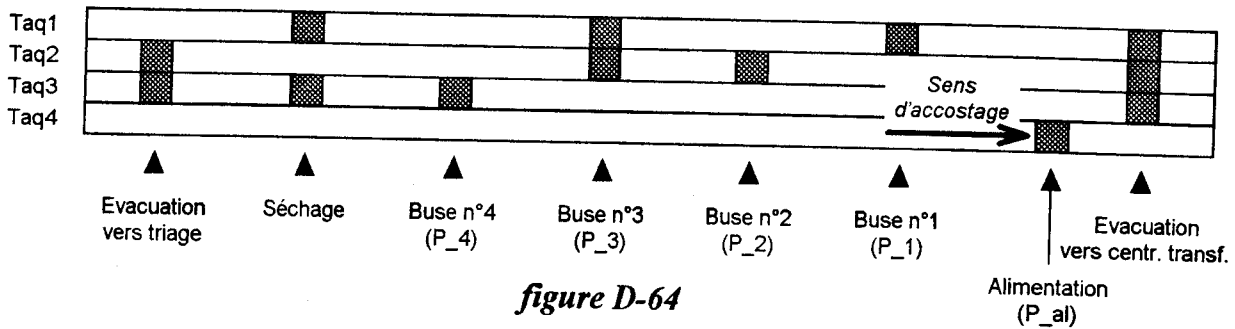


figure D-64

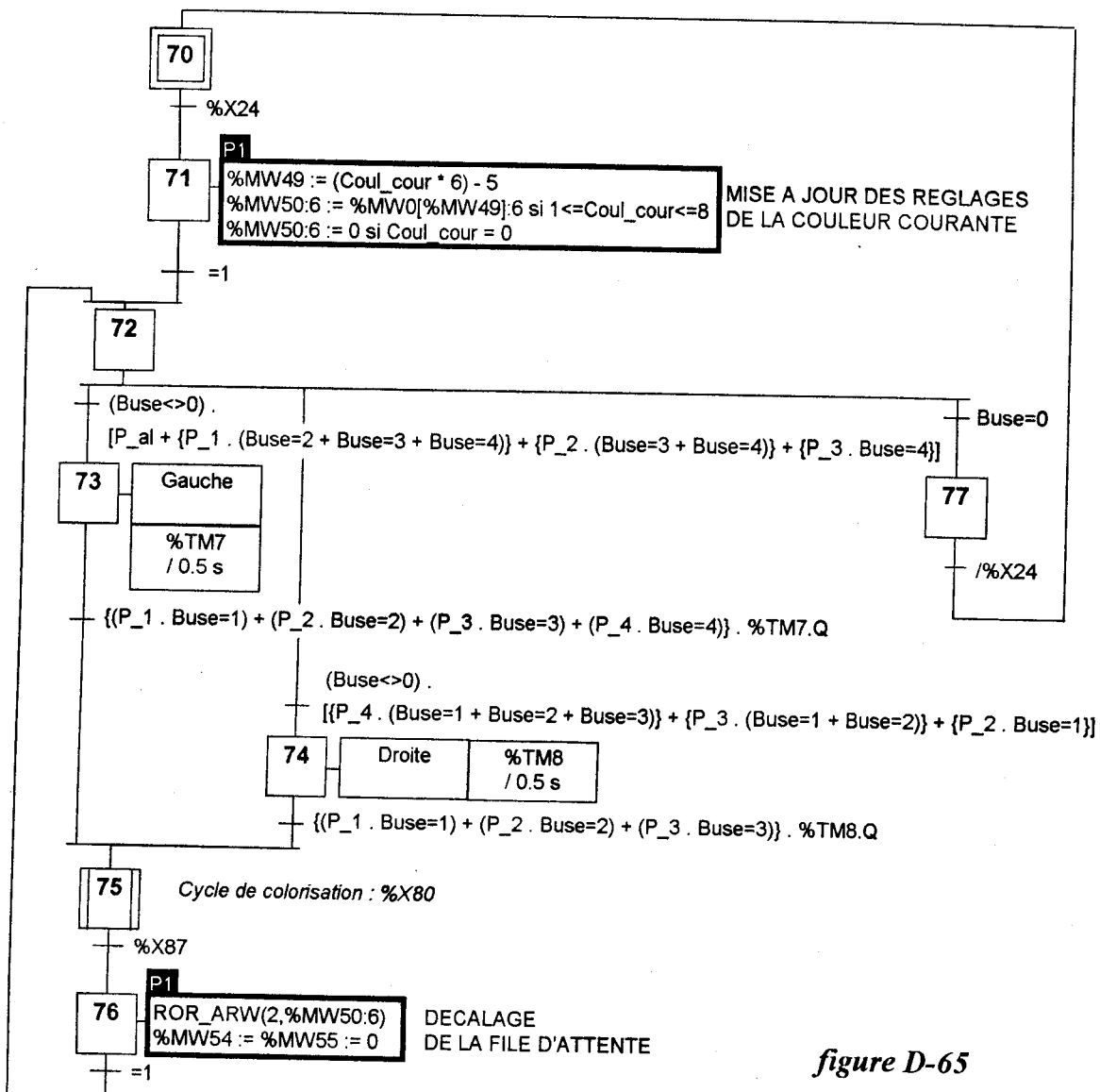


figure D-65

BIBLIOGRAPHIE

Normes CEI 848 - UTE C 03-190/191 - NF C 03-190 - NF EN 61131-3

Réglementation générale du code du travail - Institut National de Recherche et de Sécurité

Documents constructeurs Ordinal Technologies, Schneider Electric, Siemens...

Le Grafcet : de nouveaux concepts (Grepa, Ed. Cepadues)

Le Gemma (Adepa)

Du Grafcet aux réseaux de Petri (René David, Hassan Alla, Ed. Hermès)

Automatique Informatique Industrielle (Christian Merlaud, Jacques Perrin, Jean-Paul Trichard, Ed. Dunod)

Les ateliers flexibles de production (Roger Bonetto, Ed. Hermès)