

# Risques induits par l'automatisation des ateliers de production

*Jean-Louis Trassaert*

**L'**ÉVOLUTION de l'automatisation des ateliers de production est strictement liée à l'évolution des technologies.

Cette automatisation est un phénomène relativement récent, rendu possible grâce à la commande individuelle des machines.

Dans l'atelier des années 30, un ou plusieurs gros moteurs entraînent une ligne d'arbres généralement située en charpente.

Les machines-outils sont entraînées grâce à un dispositif poulie/courroie, embrayées et débrayées par une longue commande à fourche.

Dans cette configuration, l'atelier est une zone à risque corporels élevés :

- les entraînements sont dangereux, car mal protégés,
- il n'est pas possible d'arrêter la machine en cas d'accident,
- les opérations de chargement et de déchargement de pièces sont manuelles et obligent l'opérateur à travailler au plus près des zones dangereuses.

Le moteur électrique individuel se généralise dans nos ateliers à partir de 1945, les lignes d'arbres disparaissent des ateliers d'usinage vers 1955.

Dès lors, l'automatisation, c'est-à-dire le fonctionnement

automatique de la machine sous la commande d'une séquence, devient possible.

Nous nous proposons d'en présenter les étapes en indiquant pour chacune d'elles :

- l'évolution technologique,
- les risques associés.

## 1. LES MACHINES-TRANSFERTS

Vers 1953 apparaissent les premières machines-transferts.

Cette nouvelle génération de machines-outils associe en ligne un nombre important de stations d'usinage. A chaque station, plusieurs opérations, souvent de natures différentes, sont exécutées. La pièce est véhiculée par un dispositif synchronisé.

L'incidence de l'automatisme est considérable et les armoires de commande sont souvent plus encombrantes que la machine elle-même.

Les relais électromagnétiques font d'importants progrès et gagnent notablement en fiabilité.

La synchronisation des tâches à l'intérieur d'une machine-transfert conduit à une large utilisation de la fonction « mémoire » assurée par les relais à accrochage.

Avec les machines-transferts, l'évolution des risques est importante :

### 1.1. Concernant le risque corporel

L'opérateur est devenu un conducteur de machine dont il observe le fonctionnement, il est éloigné des zones à risques :

- les entraînements sont intégrés et protégés,
- les opérations de chargement sont automatisées, ce qui diminue considérablement la pénibilité des tâches.

Par contre, de nouveaux risques sont apparus, car ces machines complexes nécessitent une mise au point laborieuse (surtout pour les premières) et des dépannages délicats.

Le personnel concerné par le risque n'est plus seulement le conducteur de machine mais :

- le metteur au point,
- le personnel de maintenance.

Pour réduire ces nouveaux risques, de nouveaux concepts d'automatismes sont élaborés :

- Différenciation des modes de marche :

A la marche automatique s'ajoute la marche manuelle qui recouvre la possibilité de mise en marche individuelle des différents éléments pour permettre le réglage et les essais.

- Conception d'automatismes modulaires, à base de schémas types :

L'automatisme des années 60 est capable de traiter des problèmes complexes grâce à cette approche fractionnée. Les schémas restent lisibles pour le personnel de maintenance.

### 1.2. Concernant l'outil de production

L'éloignement de l'opérateur nous prive de ses possibilités d'observation et d'intervention immédiates. Pour y pallier, on multiplie les capteurs : c'est le début du contrôle intégré aux postes d'usinage.

Cette fonction, couplée à l'automatisme, accroît sa complexité sans pour autant apporter une réponse pleinement satisfaisante au problème.

### 1.3. Concernant la production elle-même

L'arrêt d'une machine banale ne bloque pas la production qui peut rapidement être transférée sur une autre machine. Par contre, l'arrêt d'une machine-transfert, outil généralement monovalent, conduit à l'arrêt de la production. En conséquence, on peut considérer que l'utilisation de machines-transferts rigidifie le processus de production.

On constate dès cette époque que l'automatisation :

- accroît les risques de pannes à longue durée,
- nécessite des « en cours » importants,
- augmente le coût des temps d'arrêt.

## 2. ENTRE 1960 et 1970

On assiste à un accroissement de la complexité des machines et des automatismes sans modification profonde des technologies.

Avec les « relais statiques », de nouvelles fonctions sont disponibles (comptage, registre...), mais cette technique, en logique câblée, ne s'imposera pas dans l'industrie automobile.

## 3. LA LOGIQUE PROGRAMMÉE

L'étape suivante est liée à l'utilisation de la logique programmée par rapport à la logique câblée.

Notre première expérience date de 1971 : il s'agit de l'automatisation d'une ligne d'application de peinture par un procédé électrostatique. On nous proposait un sélecteur téléphonique... nous lui avons préféré un mini-ordinateur T 1000 Télémécanique. Cette installation a fonctionné pratiquement sans défaillance jusqu'au printemps 1983, date à laquelle un automate programmable est venu remplacer le T 1000.

Pour la machine-outil et la manutention, les débuts de la logique programmée ont été difficiles. Il faudra près de dix ans pour que ce matériel s'impose dans notre industrie.

Pour faire valoir la solution « automate programmable », on insiste alors sur :

- la facilité de mise en œuvre,
- le faible encombrement,
- la faible consommation,
- la possibilité de modifier rapidement un programme, mais aussi sur le fait apparent que rien n'est changé :
- le schéma à relais est transposé dans un langage lui aussi à relais.

Les problèmes d'installation et les problèmes de sensibilité à l'environnement sont soigneusement occultés.

Ajoutons que, sur le plan économique, l'utilisation d'un automate doublait pratiquement le coût de l'automatisme.

Ce sont finalement d'autres considérations qui l'imposent peu à peu.

En effet, de par l'augmentation de la complexité et du couplage des équipements de production, l'atelier de fabrication est un outil de plus en plus vulnérable :

- En 1970, le facteur de marche d'une machine-transfert est voisin de 50 %. Les 50 % restant comptabilisent :

- les pannes de toutes natures (mécanique, électrique, casse d'outils...),
- les défauts d'approvisionnements,
- les saturations.

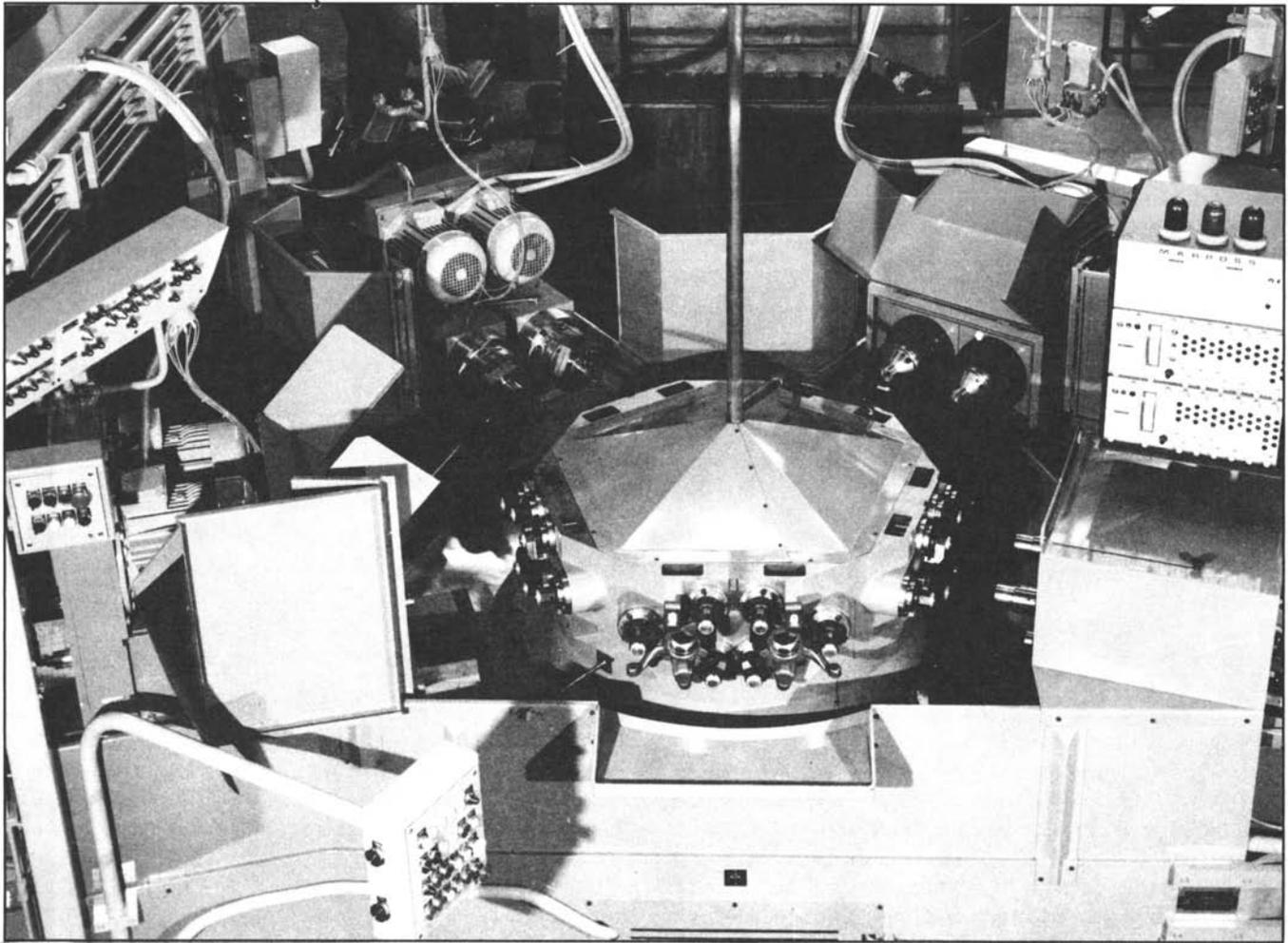
Cette situation conduit à :

- surdimensionner l'outil de production,
- augmenter la durée effective du temps de travail,
- prévoir des stocks, parfois démesurés, pour faire face aux aléas de fabrication.

- En 1983 : des équipements semblables atteignent un facteur de marche situé entre 90 et 96 %, par rapport à 1970 le volume des stocks a été réduit dans un rapport de 1 à 10.

Ces résultats ont été obtenus grâce à l'utilisation massive :

- des automates programmables,
- des mini et micro-ordinateurs,



et des robots industriels qui réalisent l'heureuse association de l'automatique et de la mécanique.

Cette évolution sur une courte période, cinq ans au maximum, n'est pas sans conséquences sur les risques :

- risques corporels,
- risques pour l'outil de production,
- risques pour la production elle-même.

Les causes de risque se sont déplacées, elles sont dues, à notre avis, à :

- l'utilisation de l'électronique,
- la complexité croissante des équipements d'automatismes,
- la concentration des moyens de traitement,
- la concentration des réseaux d'information.

#### 4. UTILISATION DE L'ÉLECTRONIQUE

Le milieu industriel est particulièrement agressif en ce qui concerne les parasites conduits et rayonnés. Le niveau d'énergie des perturbations est couramment 10 à 100 fois plus élevé que celui des signaux utiles.

L'environnement physique est à noter en ce qui concerne les conditions de température, d'hygrométrie, la qualité de l'air (présence de poussières conductrices, de vapeurs grasses ou corrosives...), la présence de vibrations à spectre large.

Ces conditions d'utilisation justifieraient l'utilisation de composants ou de sous-ensembles qualifiés. Ce qui reste assez éloigné de la réalité des équipements industriels.

En conséquence, nous réservons l'utilisation de l'électroni-

que aux fonctions qui n'ont pas d'incidence directe sur la sécurité du personnel. Toutes les fonctions « de sécurité » impliquent l'utilisation de dispositifs électro-mécaniques câblés.

##### 4.1. La complexité croissante des équipements

— L'évaluation de la configuration des moyens de production,

— la nécessité d'obtenir des facteurs de marche élevés,

— l'existence de matériel d'automatisme, dont les fonctionnalités se multiplient,

conduisent à réaliser des équipements d'automatismes dont la complexité est globalement croissante.

En effet, aux fonctions logiques (séquentielles et combinatoires) viennent s'ajouter :

— le suivi en temps réel du fonctionnement de la machine par animation d'écran couleur qui remplace le synoptique à voyants,

— la détection des incidents de la machine et de l'automatisme lui-même,

— l'aide à la maintenance,

— le suivi de l'usure des outils,

— l'identification et le comptage des pièces fabriquées...

Dans ces conditions, comment concevoir des équipements fiables malgré cette complexité ?

— Par le choix de configuration hiérarchisée et décentralisée.

— Par l'utilisation de méthodes d'analyse déductives, telles que le GRAFCET et le GEMMA.

— Par le choix de méthode de programmation.

— Par le choix de matériels dont la fiabilité est reconnue.

#### 4.2. La concentration des moyens de traitement

Avec la logique câblée, le défaut d'un contact n'affecte qu'une seule chaîne logique. Sans être toujours immédiate, la parade à un défaut est néanmoins possible.

Dans un système programmé, sans redondance au niveau des programmes, sans redondance au niveau de l'unité centrale, que se passe-t-il quand le programme de l'unité centrale est défaillant ?

Dans l'état actuel de la technique, aucune réponse crédible n'est apportée à cette question, sauf celle-ci : « Il peut se passer n'importe quoi, n'importe où. »

Dans ces conditions, il faut bien considérer que le risque induit par la concentration des moyens de traitement est considérable.

Pour les fonctions dites « de sécurité », les règles suivantes sont appliquées :

- chaque sortie dangereuse est protégée par un dispositif électromagnétique,
- chaque sortie dangereuse est contrôlée vis-à-vis de sa logique de commande.

Par ailleurs, la conception du logiciel et sa simulation permettent de se prémunir contre un certain nombre d'aléas de fonctionnement.

#### 4.3. La concentration des réseaux d'information

Cette concentration résulte de celle des moyens de traitement vers lesquels convergent les liaisons, ainsi que la nécessité de hiérarchiser et de décentraliser les automatismes au moyen de réseaux.

Les risques d'une telle situation sont ceux de la coupure qui peut immobiliser tout ou partie de l'outil de production, mais aussi induire des comportements insolites.

La simulation de coupure et de court-circuit permet d'évaluer leurs conséquences et d'introduire des protections.

La conception des réseaux, leur structure sont l'objet d'études approfondies.

### 5. LA DERNIÈRE ÉTAPE

Comme nous venons de le montrer, l'automatisation des ateliers de production dans les années 60 et 70 nous a conduits à une structure de production rigide et fragile :

- rigide, par suite de la monovalence des équipements,
- fragile, du fait de sa complexité.

Les tentatives pour réaliser des équipements polyvalents avec les moyens traditionnels d'usinage et de manutention ont accru cette complexité.

La réponse des années 80 est l'utilisation massive de la robotique et de nouveaux moyens de manutention :

- La robotique pour ce qui est de la polyvalence.
- Des chariots ou plateaux guidés, autrement dit, une manutention robotisée.

Ces techniques sont d'abord introduites pour :

- les tâches répétitives,
- les manipulations insalubres et dangereuses.

A ce titre, la robotique apparaît comme une des clés de l'amélioration des conditions de travail.

Avec la crise qui secoue l'industrie automobile, l'enjeu économique rejoint l'objectif social.

Seule la robotisation permet d'atteindre des performances en productivité, sans lesquelles l'emploi se trouverait menacé à court terme. Mais, compte tenu du volume d'investissements que représentent ces techniques nouvelles et du bouleversement du processus de fabrication, cette mutation ne peut s'effectuer

qu'à l'occasion du lancement de nouveaux modèles.

Dans cette étape, comme dans les précédentes, les risques évoluent. Il s'agit de ceux liés à l'utilisation de robots. Ils sont dus aux mouvements imprévisibles par suite :

- d'une défaillance du système de commande,
- du coincement d'un servodistributeur,
- de la rupture d'une canalisation ou d'un raccord,
- d'un défaut dans la transmission des données provoquant un mouvement du bras plus ample que prévu.

La manutention robotisée induit elle aussi de nouveaux risques.

On notera qu'avec la robotique on retrouve de la souplesse au niveau de l'outil de production, celle que l'on avait au début de l'automatisation lorsque l'association homme-machine restait simple. L'anthropomorphisme du robot n'est pas étranger à cette évolution.

### EN CONCLUSION

Les risques ont évolué avec les techniques de mises en œuvre, ils se sont déplacés en nature et en affectation, ce qui démontre bien que, en la matière, la réflexion doit être permanente.

Un autre aspect doit être souligné, c'est la nécessité de prendre en compte la sécurité dès la conception. La sécurité des équipements est prise en charge au même titre que leur fonctionnalité. Une action de formation permanente des concepteurs permet de dépister les risques nouveaux et de s'en protéger par des solutions rationnelles.