

# Automatisation des laboratoires

Alain Naudi\* directeur général

## Besoins

Le besoin permanent d'amélioration des performances, en laboratoire, s'exprime selon des critères différents, en fonction de :

- la nature du laboratoire : contrôle ou recherche,
- du type d'activité auquel il est lié : industrie ou sciences, recherche fondamentale ou appliquée.

Les critères les plus recherchés, quelles que soient la nature et l'activité du laboratoire, sont les suivants :

### La qualité analytique

Elle caractérise, le plus souvent, les performances de l'analyseur : sensibilité, répétabilité, fiabilité, contrôle et traçabilité, réduction des intervalles de confiance analytique.

### Le rendement

- réduction de durées analytiques,
- capacité instrumentale.

### La productivité

- diminution des coûts d'analyse,
- prise en compte de la chaîne complète, du prélèvement à l'exploitation du résultat.

Il n'existe pas, à ce jour, d'études, de littérature ou de publications permettant d'apprécier l'importance de ces critères, tous laboratoires confondus. Par contre, les réalisations ponctuelles, soit par type d'industrie, soit par type d'application,

permettent d'apprécier et de quantifier parfois les améliorations que l'automatisation est susceptible d'apporter. La société Hewlett Packard, en particulier, a procédé à une étude sur l'application de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse (schéma 1).

A l'examen de ces diagrammes, il apparaît, de façon évidente, que les gains, autant en qualité qu'en productivité, passent par la substitution des opérations manuelles en opérations automatisées (lorsque cela est possible) au niveau de la préparation des échantillons et de leur manipulation.

## Historique

L'automatisation en laboratoire a débuté, dans les années 1950, avec l'arrivée sur le marché de l'instrumentation physico-chimique et l'évolution des techniques de l'analyse séquentielle vers l'analyse simultanée. La traditionnelle chimie par voie humide cède peu à peu le pas aux techniques telles que les spectro-

graphies d'émission optique, d'absorption atomique, de fluorescence X, dans l'UV-visible, spectrographie de chromatographie, etc.

Les progrès rapides de l'électronique permettent d'améliorer les cellules de détection, de traitement du signal. Les enregistreurs et galvanomètres sont remplacés par des afficheurs numériques et des imprimantes. La spectrographie disparaît pour laisser la place à la spectrométrie, à la fin des années 1950.

Il devient alors possible de fiabiliser la chaîne des mesures et les fabricants commencent à rendre les fonctions instrumentales automatiques. On voit apparaître des appareils entièrement automatisés, surtout dans le secteur médical, à tel point qu'ils sont appelés «automates».

La démocratisation de l'informatique accélère considérablement ce processus et permet de remplacer les techniques électromécaniques par des automatismes plus simples. Ceci génère des gains considérables en fiabilité et en productivité. Les appareils deviennent plus simples

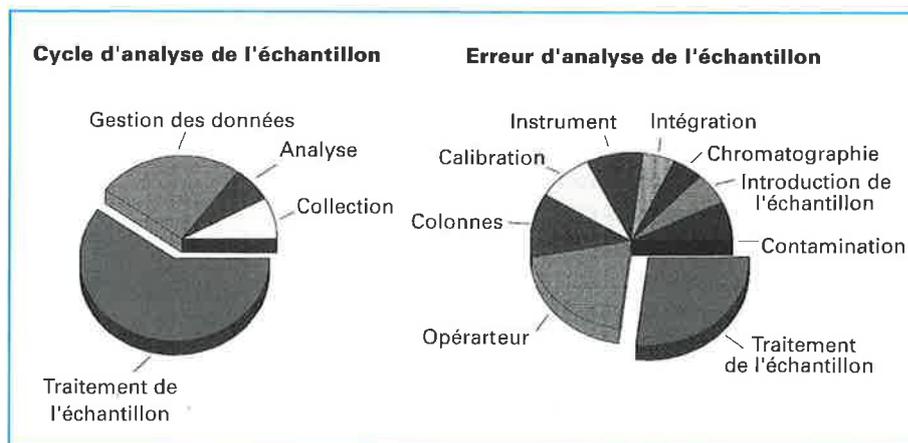


Schéma 1 - Application de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse (document Hewlett-Packard). Source : enquête internationale 1988 non publiée.

\* Laboratoires scientifiques et industriels LSI, Espace Descartes, 16, rue Albert Einstein, 77420 Champs-sur-Marne. Tél. : (1) 64.68.00.00. Fax : (1) 64.68.74.11.

d'utilisation et il est alors possible de mieux cerner les critères à améliorer.

Dans les années 1970, les instruments intègrent de plus en plus d'automatismes, il devient donc possible d'étudier les automatisations intégrales du laboratoire. Malheureusement, les technologies n'évoluent pas toutes à la même vitesse. Si l'instrumentation est très en avance, il n'en est pas de même des techniques de préparation, manutention, gestion des processus automatisés.

Les instrumentalistes intègrent dans leurs logiciels de plus en plus d'informatique de conduite et de gestion des résultats. On voit apparaître dans les années 1980, les logiciels de «management de laboratoire». Cette évolution très rapide s'est donc organisée à partir des instruments et l'analyseur devient le «maître» du système automatisé.

Les années 1980 offrent un important potentiel commercial. Les fabricants en profitent pour «bétonner» leurs logiciels, les rendre de plus en plus performants pour renforcer leur position commerciale. Mais ces produits sont trop souvent figés, peu conviviaux, inadaptés à l'interconnectivité. La carence de professionnels de l'automatisation de laboratoire aggrave encore pendant plusieurs années cette évolution.

Les industriels soucieux de contrôler leurs procédés de fabrication à feu continu, en temps réel, réalisent des installations entièrement automatisées faisant appel à leurs ressources propres ou à des sociétés informatiques pour réaliser les logiciels de supervision, de suivi, de conduite et de commande.

A la fin des années 1980, le problème du chimiste n'est plus le choix de l'instrumentation mais la définition du concept et des matériels en matière de préparation des échantillons, manipulation et gestion des automatismes.

## Principes d'automatisation

On distingue, selon la nature de l'activité du laboratoire :

- deux types d'automatisation : automatisation d'un mode opératoire et automatisation du laboratoire complet,
- et deux types de fonctionnement : contrôle de fabrication en ligne et en

continu et contrôle discontinu d'un lot d'échantillons

Selon les cas, on utilise soit des manipulateurs pour assurer les fonctions de transfert des échantillons, chargement et déchargement des analyseurs des appareils de préparation, soit des robots quand le nombre et la complexité des opérations dépassent la capacité des manipulateurs et quand leur gestion devient trop lourde.

## Technologies traditionnelles

Trois types de robots avec leurs variantes ont été intégrés dans les applications de laboratoire : polaires, Scara, portiques.

Les choix portent sur les critères suivants : rayon d'action, volume utile de travail, nombre de degrés de liberté, fonctions possibles, masses transportées, vitesses, programmation, conception mécanique, sécurité, coût.

Les robots polaires ont un volume de travail intégrable dans une sphère, les Scara dans un cylindre vertical, les portiques dans un parallélépipède.

Les polaires et Scara tournent autour de leur axe, l'ensemble périrobotique étant distribué dans leur volume de travail.

Selon les encombrements ou le nombre de modules, il est nécessaire de choisir des rayons d'action allant de 1 m à 1,50 m. On aboutit alors à des robots de grande taille, lourds, coûteux, encombrants, très puissants (donc dangereux).

Les portiques occupent un volume très important. Toute la périrobotique est intégrée à l'intérieur de leur volume, les butées et dégagement des axes se rajoutant à l'encombrement du volume de travail. Ils sont donc également encombrants, lourds, coûteux et dangereux.

La maintenance de ces systèmes n'est pas aisée et, pour des raisons de sécurité, leur arrêt est obligé pour pratiquer les interventions.

## Robot de laboratoire

### Automatisation d'un mode opératoire

Traditionnellement le travail en laboratoire s'effectue sur des «paillasse». Les quantités ou masses manipulées n'excè-

dent jamais les centaines de grammes. Ce concept de travail a vu le développement de robots montés sur rail linéaire.

On retrouve un dimensionnement adapté aux besoins, un rapport performances/coût correct et la sécurité d'utilisation grâce aux systèmes d'entraînement utilisés (*schéma 2*).

### Automatisation du laboratoire complet

Ce type de robot peut facilement travailler de part et d'autre du rail et donc doubler son volume de travail. En outre, les rails peuvent être étendus de 1 à 3 m (ou plus si nécessaire). Il trouve sa place dans les ambiances confinées.

Le contrôle du procédé en ligne intègre les opérations de prélèvement des échantillons, éventuellement division, transport, préparation, analyse, transfert des résultats. Il comprend également le contrôle statistique de la qualité (SPC) et la traçabilité du contrôle.

Ces installations se caractérisent par des contrôles fréquents (plusieurs à l'heure) nécessitant un temps de réponse court. L'analyseur est un capteur du système, l'élément principal étant le logiciel de conduite et commande de l'ensemble du procédé de fabrication.

On trouve des installations de ce type en sidérurgie pour le suivi de l'affinage, en métallurgie pour l'élaboration des alliages et la valorisation des déchets, en cimenterie pour la correction de composition de la matière première (cru) et du produit fini (ciment).

### **Exemple d'amélioration fondamentale dans la correction du processus industriel grâce au caractère de répétitivité d'un système de contrôle automatique :**

Après plusieurs mois d'exploitation, des anomalies ont été constatées dans les corrections, les valeurs visées, après correction, n'étant pas systématiquement obtenues. Il a été rapidement observé que le produit contrôlé était statistiquement mieux connu que les matériaux de correction pour lesquels il était annoncé une valeur moyenne pour des lots représentant parfois plusieurs centaines de tonnes. Compte tenu de l'écart entre la visée et le résultat obtenu, il a été procédé au recalcul des compositions des matériaux de correction, ces nouvelles valeurs remplaçant les déter-

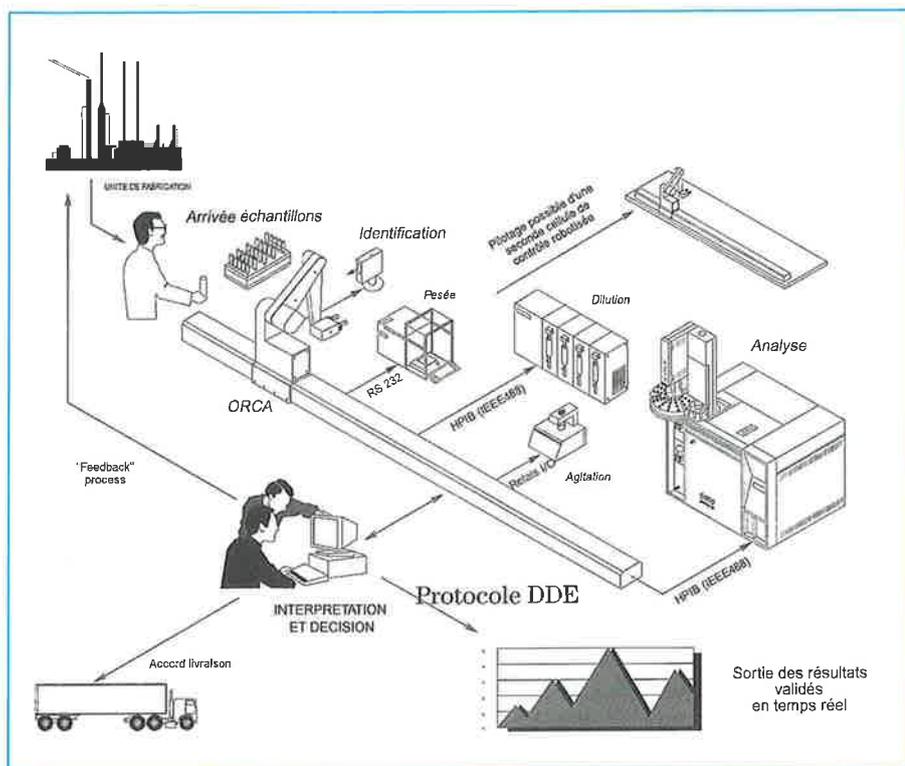


Schéma 2 - Connectivité et ouverture totale du système Orca à l'environnement informatique du laboratoire (document Hewlett-Packard).

minations annoncées. A partir de ce mode de calcul de correction, il est possible de tenir compte des aléas d'homogénéité des lots de matériaux de correction ou de la représentativité douteuse de la teneur annoncée.

### Automatisation d'un mode opératoire analytique

Il s'agit le plus souvent de contrôles de produits finis (lots de fabrication) ou de matières premières avant utilisation. Généralement, il est traité plusieurs dizaines d'échantillons, en continu ou discontinu, le temps de réponse n'est pas un critère important, par contre ces systèmes apportent une garantie de répétabilité, la réduction de l'intervalle de confiance de l'analyse (remplacement du facteur humain), une forte productivité.

Tout type de mode opératoire peut être automatisé, à condition d'être parfaitement au point et d'en connaître tous les pièges. La robotisation de laboratoire est fortement recommandée pour améliorer la sécurité et l'hygiène, particulièrement dans les domaines d'applications suivants : pharmacie, médical (biologie), rayons ionisants, vapeurs ou produits toxiques, manipulations pénibles ou fastidieuses.

### Périrobotique

Le robot, quel que soit son type, est un manipulateur amélioré. Son logiciel le rend facile à utiliser et garantit les performances.

Le robot a besoin, dans son environnement, d'un certain nombre d'outils adaptés à sa géométrie pour le servir, le soulager, le rendre plus rapide ou effectuer des opérations pour lesquelles il n'est pas conçu.

On trouve généralement, dans les manipulations robotisées, des éléments périrobotiques tels que portoirs d'échantillons, portoirs de contenants, systèmes de prélèvement, systèmes de distribution volumétriques avec ou sans dilution, balances, doigts ou pinces spécifiques, agitateurs, vibreurs, bols vibrants, distributeurs de solides, passeurs, modules de lavage-séchage, modules de vissage-dévisage, postes de filtration, capteurs de présence, éjecteurs d'embouts jetables.

Les matériels de préparation doivent être conçus pour une intégration dans les systèmes robotisés. C'est le cas de nos broyeurs oscillants et presses à pastiller.

L'intégration doit tenir compte autant des encombrements, formes et dimensionnement des organes fonctionnels, que des systèmes de commande informa-

tiques, du positionnement des composants pour une maintenance aisée.

Les interventions techniques doivent pouvoir être effectuées sans arrêt total du système.

Chaque sous ensemble fonctionnel doit être indépendant au niveau des commandes et donc permettre un fonctionnement dégradé.

### Évolution des ressources humaines

Le laboratoire employait des chimistes et des aides chimistes ou physiciens. La robotisation exige toujours, au niveau du concept et du contrôle, la compétence du chimiste. Par contre, la productivité qu'elle apporte demande moins d'opérateurs, qui sont très partiellement remplacés par des électroniciens, informaticiens pour en assurer le suivi, les évolutions, la maintenance. On remarque souvent une intégration plus étroite du chimiste dans le contrôle des procédés de fabrication et dans l'assurance qualité

### Évolution des concepts

Les robots évoluent vers plus de performances, des coûts plus bas, des logiciels plus conviviaux.

L'instrumentation analytique doit offrir une facilité de connectivité pour une intégration complète avec les possibilités de dialogue de lancement, de messagerie, de recalibration, de contrôle de qualité.

Les matériels de préparation doivent présenter les mêmes niveaux de facilité d'interfaçage et garantir toutes les qualités exigées : performances, représentativité, effets mémoire, productivité.

Les logiciels évoluent avec le matériel informatique. Outre leurs performances, ils doivent être plus conviviaux, s'intégrer dans les réseaux de communication, allier le caractère multitâche au temps réel, rester des outils du contrôle de la qualité ouverts à la maintenance et au télédiagnostic.

Les chimistes, les électroniciens, les électriciens, les mécaniciens ont encore du pain sur la planche.