

6. Réalisations industrielles

6.1 Application manufacturière

Nous remercions J.F. Hilaire, Crouzet Automatismes, qui nous a fourni cet exemple.

■ Ancienne architecture (figure 13)

Une machine pour application manufacturière était constituée de 10 modules comportant chacun 10 actionneurs. Ces actionneurs assuraient des fonctions de réglages pour adapter la machine au type de produits réalisés.

Un changement de série de production nécessitait un réglage individuel de chaque actionneur. Chaque axe était réglé l'un après l'autre par une commande marche/arrêt manuelle. Le contrôle de la position s'effectuait visuellement. Le mouvement de réglage se faisait à faible vitesse pour arriver à s'arrêter à la position voulue. Des essais étaient ensuite nécessaires pour contrôler si les réglages étaient correctement effectués. Le temps moyen de changement de série était d'environ 2 heures.

■ Nouvelle architecture (figure 14)

La nouvelle machine est toujours constituée des 10 modules comportant chacun 10 actionneurs. Mais les actionneurs à commande marche/arrêt sont remplacés par des actionneurs autonomes à intelligence locale. Ces actionneurs intègrent un capteur de position simple et une électronique de traitement de contrôle – commande et communiquent sur un réseau de terrain.

Le réseau de terrain permet de conserver la modularité de la machine, tout en permettant la commande des actionneurs et le contrôle de leur bon fonctionnement.

Le changement de série de production se fait par un superviseur contrôlant la machine et envoyant des ordres de commande élaborés aux actionneurs (par exemple : *taille_03*). Les actionneurs sont commandés pratiquement en même temps. Le contrôle de la position est interne à l'actionneur. Lorsque la position demandée est atteinte, l'actionneur le signale au superviseur. Les défauts éventuels (blocage...) sont également signalés. Les mouvements se font à grande vitesse avec un asservissement sur la position grâce à la commande intégrée à l'actionneur.

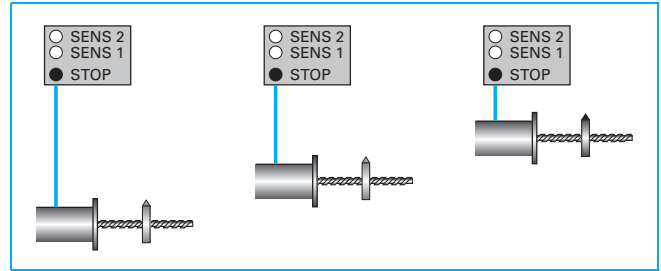


Figure 13 – architecture centralisée de commande de moteurs de machine

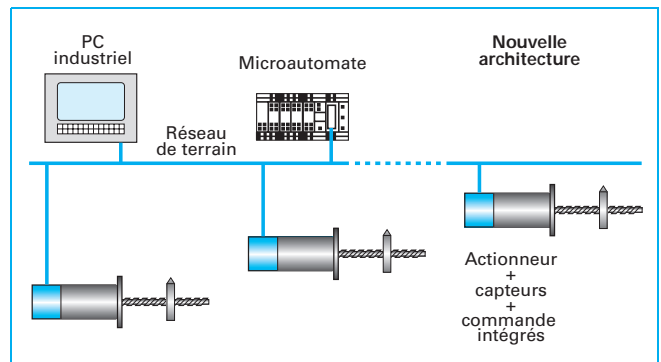


Figure 14 – intelligence intégrée pour la commande de moteurs de machine

L'intelligence intégrée aux actionneurs permet d'assurer une grande reproductibilité de positionnement. La signalisation au superviseur de défauts éventuels sur les actionneurs évite les essais de validation. Le temps moyen de changement de série passe ainsi de 2 heures à quelques minutes.

Grâce à l'arrivée sur le marché de réseaux de terrain bas niveau et à l'intégration des composants électroniques, l'utilisation d'actionneurs intelligents de petite puissance devient économiquement intéressante.

Les intérêts majeurs des actionneurs intelligents dans cette application sont :

- une augmentation de la productivité ;
- une amélioration de la reproductibilité ;
- une mise en service et une maintenance aisées.

6.2 Application traitement de l'eau

La société Hydrologic a développé un capteur de niveau intelligent dont le principe de mesure repose sur l'injection d'air (bulle à bulle) (figure 15).

La mesure d'un niveau revient à celle de la pression hydrostatique au pied de la colonne d'eau dont on veut connaître la hauteur :

$$\text{hauteur colonne d'eau } H = \text{pression hydrostatique } P_H$$

Si l'on injecte de l'air au pied de la colonne d'eau avec un débit très faible, juste suffisant pour former de petites bulles, la pression d'injection est égale à la pression hydrostatique. Celle-ci n'est pas affectée par la présence de sable et de gravier tant que le fluide reste newtonien, c'est-à-dire avec les phases liquides et solides séparées.

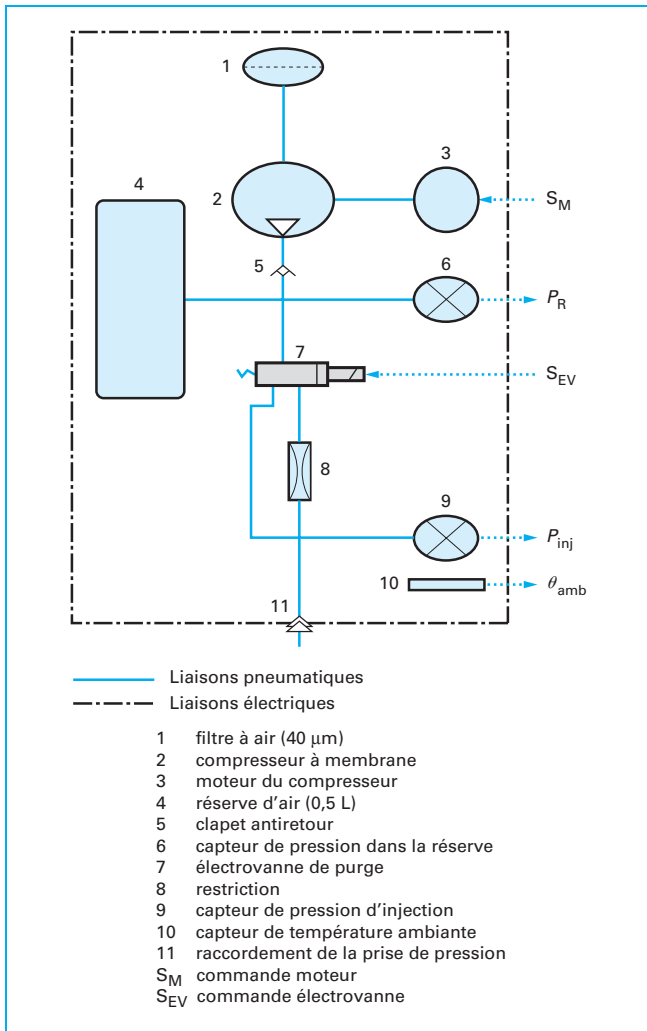


Figure 15 – Schéma de principe du capteur de niveau

La méthode de mesure échappe donc complètement aux problèmes liés à la présence de matière en suspension ou déposée, aux sels dissous, à la présence de corps flottants ou aux mousses. La présence d'air assure une séparation physique parfaite entre l'élément sensible du capteur et le milieu de la mesure, ce qui autorise un fonctionnement permanent dans les eaux chargées et/ ou chimiquement agressives.

Les principaux inconvénients des produits conventionnels fonctionnant sur ce principe sont liés au circuit pneumatique (encombrement, colmatage, erreur due aux pertes de charge dans la tuyauterie...) et aux capteurs de pression utilisés qui conduisent à des réalisations délicates et des prix élevés.

Le développement du capteur intelligent présenté à la figure 15, a permis de réaliser des progrès importants qui valorisent la méthode de mesure par injection d'air.

Un bloc pneumatique autonome de très faible encombrement, piloté directement par microprocesseur a été réalisé. Cela permet d'obtenir un fonctionnement à débit d'air constant en pilotant le compresseur en fonction de la hauteur d'eau H mesurée.

Le fonctionnement à débit d'air constant rend l'erreur due à la perte de charge strictement nulle puisqu'elle est constante en valeur absolue et peut être corrigée par le microprocesseur (calage).

Le débit d'air q_{inj} est très faible (1 bulle/s) et permet d'utiliser un microcompresseur associé à une réserve de 1/2 litre, ce qui conduit à un bloc pneumatique de faible encombrement consommant peu d'énergie (6 mA en moyenne).

L'asservissement de la pression d'injection d'air P_{inj} permet de réagir vite aux variations de hauteur d'eau et autorise des longueurs de tube de prise de pression importantes (quelques 100 m).

Afin d'éviter un éventuel colmatage de la prise de pression, il est possible de procéder, à la demande ou automatiquement, à la purge du circuit pneumatique. Pour la mesure des pressions P_{inj} et P_R , des capteurs silicium micro-usinés de classe 1 % sans compensation de température sont utilisés, ces capteurs ont une très bonne stabilité dans le temps. Afin de maîtriser complètement les paramètres de qualité de la mesure, sont prises en compte les grandeurs d'influence mesurables : tension d'alimentation, température des capteurs, tension de référence, Offset.

Les compensations numériques sont obtenues en définissant les paramètres d'un modèle mathématique qui tient compte des écarts de pente et de décalage d'origine du capteur de pression, et des dérives en température du capteur de pression et de la chaîne de conversion et dont les valeurs sont définies, pour chaque appareil, par un étalonnage dans la gamme utile de pression et dans la plage de température ($-20\text{ }^\circ\text{C}$, $+20\text{ }^\circ\text{C}$, $+60\text{ }^\circ\text{C}$).

Les valeurs des mesures principales et secondaires sont surveillées par rapport à des valeurs limites.

Enfin, le capteur est équipé d'un afficheur alphanumérique à 16 caractères associé à un clavier à 4 touches et d'une interface numérique RS232C qui permet le couplage par modem au réseau téléphonique commuté. Le protocole d'échange permet un accès simple par terminal Minitel ou avec un micro-ordinateur et un logiciel de base de données.

6.3 Application process continu

C'est dans le domaine des procédés à fabrication continu que l'on trouve le plus grand nombre de capteurs et d'actionneurs intelligents. Nous ne détaillerons pas d'instrument particulier, mais donnerons pour différents capteurs et actionneurs des exemples de fonctions intégrées. Selon les fournisseurs tout ou partie de ces fonctions sont implantées (tableau 1).

6.4 Application domotique

Le contrôle des bâtiments de petite ou moyenne taille (domotique) ou celui des bâtiments tertiaires ou industriels (GTB gestion technique du bâtiment) bénéficie aussi des possibilités des architectures distribuées. Les unités distribuées ont une capacité de mesure, de décision et d'action locale, qui évite le recours à une unité centralisée qui pourrait être facilement neutralisée.

Ces unités locales assurent des fonctions :

- de régulation de chauffage ou de climatisation, dans différents modes (hors gel, été, hiver...);
- de surveillance de la sécurité des biens et des personnes (contrôle d'accès, détection incendie...): la décision de déclenchement d'une alarme peut être prise au niveau de chaque détecteur et transmise directement aux transmetteurs comme les sirènes;
- de confort : automatisation des persiennes, arrosage automatisé, ouverture automatique de portes de garages...;
- archivage des incidents, anomalies, actions...

Tableau 1 – Exemples de fonctions intégrées pour différents capteurs et actionneurs	
Capteur de pression	
Grandeurs fournies	Amélioration de la mesure
Pression différentielle Pression absolue Pression moyenne	Compensation automatique suivant la température ambiante et la pression statique Réglage de zéro Linéarisation Autotest Autodiagnostic Changement d'échelle à distance Diagnostic à distance
Capteur de niveau	
Grandeurs fournies	Amélioration de la mesure
Niveau de liquide Densité Pression différentielle	Filtrage adaptatif Lissage intelligent
Capteur de température	
Grandeurs fournies	Amélioration de la mesure
Température Alarmes	Autodiagnostic Autocalibration Diagnostic à distance
Débitmètre	
Grandeurs fournies	Amélioration de la mesure
Débit massique Pression différentielle Pression statique Température Alarme Détection tuyau vide Totalisation des débits	Autodiagnostic Mode test Configuration à distance Changement d'échelle à distance
Positionneur intelligent	
Fonction principale	Fonctions supplémentaires
L'action est contrôlée par un régulateur intégré [régulateur PD (proportionnel dérivé), régulateur PID (proportionnel intégral dérivé) par exemple]. Un capteur inductif permet de connaître la position actuelle.	Alarmes, chien de garde Diagnostic par redondance de capteur, (position et pression) Maintenance préventive : nombre d'actions et déplacement total de la vanne, signature de la position par rapport à une consigne Détection de fuite Configuration automatique Étalonnage automatique Autoparamétrage

Ces différentes fonctions sont interactives ainsi, par exemple, la détection d'une personne peut annuler la surveillance d'une zone et augmenter le chauffage, ou enclencher des actions spécifiques.

6.5 Application embarquée

L'automobile intègre de plus en plus de capteurs et d'actionneurs et offre de nombreux exemples de systèmes embarqués distribués à intelligence répartie [11]. Différents sous-systèmes mettent en œuvre des capteurs et actionneurs capables de décider localement, par exemple :

- l'airbag ;
- la centrale ABS (*Anti Braking System*), qui décide de l'action à effectuer en fonction des capteurs de vitesse de rotation implantés sur chacune des roues ;
- la gestion moteur qui permet de commander le système d'injection à partir de différentes mesures de débit et de position.

Parallèlement, les nouvelles architectures émergentes « X by wire », qui remplacent les organes mécaniques et hydrauliques par des actionneurs électriques, illustrent également le concept d'intelligence embarquée. On peut citer le frein électrique (*Brake by wire*) composé d'actionneurs implantés au niveau de chaque roue, de modules de freinage déportés, d'un module d'acquisition de la commande de freinage (en provenance du conducteur via la pédale ou de capteurs dédiés) et d'un module de commande, le tout relié par un réseau de communication.