

Le contrôle commande d'un liquéfacteur d'hélium

Lors de la rénovation du contrôle commande de la station de liquéfaction d'hélium du centre CEA de Saclay, nous avons mis en place de nouveaux outils pour améliorer les conditions de production au sens de la disponibilité, de la maintenabilité, de la lisibilité, et de l'ergonomie...

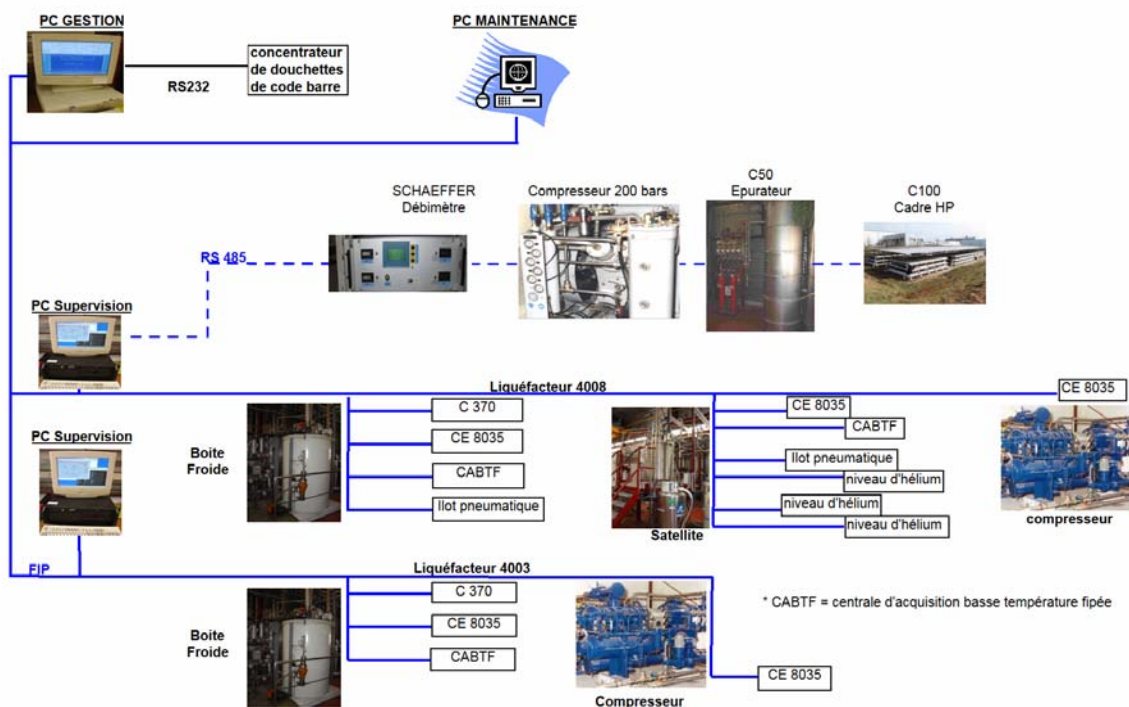
Cette station a la charge d'alimenter en hélium liquide (à la température de 4.2K), les expériences du centre, dans les domaines des aimants supraconducteurs, de la biochimie et de l'étude des états de la matière. La production est de l'ordre de 300 000 litres par an.

Une instrumentation distribuée sur WorldFIP

Le projet d'automatisme est architecturé autour du réseau de terrain WorldFIP qui assure les communications entre la supervision, les automates industriels (C370, et C8035 Alstom), les blocs de distributeurs électropneumatiques, les mesures de températures, et les cartes d'E/S déportées. Pour répondre à nos besoins de mesure cryogénique, nous avons développé 2 instruments spécifiques : D'une part, un boîtier de mesure de température de précision pour des sondes résistives ou des diodes à basse température (CABTF). Dans les faits cet instrument peut être utilisé pour toute mesure résistive entre 10 Ohms et 40kOhms avec une modularité de 8 ou 16 mesures. Il a été industrialisé par la société MII qui le commercialise sous licence CEA. D'autre part un tiroir de mesure de niveau d'hélium liquide par sonde supraconductive, avec une possibilité de 4 mesures par tiroir. Ces 2 instruments produisent leurs données sur le réseau WorldFIP, sachant que le CABTF peut également communiquer au travers d'une liaison Modbus ou sur Profibus.

De plus grâce à une coopération étroite avec Alstom, nous avons obtenu la possibilité technique, d'intégrer dans un réseau au standard WorldFip, des produits FipIO tels que les blocs de distributeurs électropneumatiques. La contrepartie de cette offre de produits plus étendue grâce à FipIO, est l'impossibilité d'utiliser la redondance de médium, incompatible avec ce standard.

Architecture de notre réseau de contrôle commande



Développements informatiques autour de WorldFIP

En ce qui concerne le système informatique, plusieurs applications ont besoin d'accéder à la même carte FIP au sein d'un PC. Pour permettre le partage du matériel entre les différentes applications, nous avons écrit une nouvelle interface avec le driver FIP. Celle-ci assure les besoins de lecture et d'écriture sur ce média, aussi bien pour des programmes écrits en C, que pour ceux écrits en JAVA.

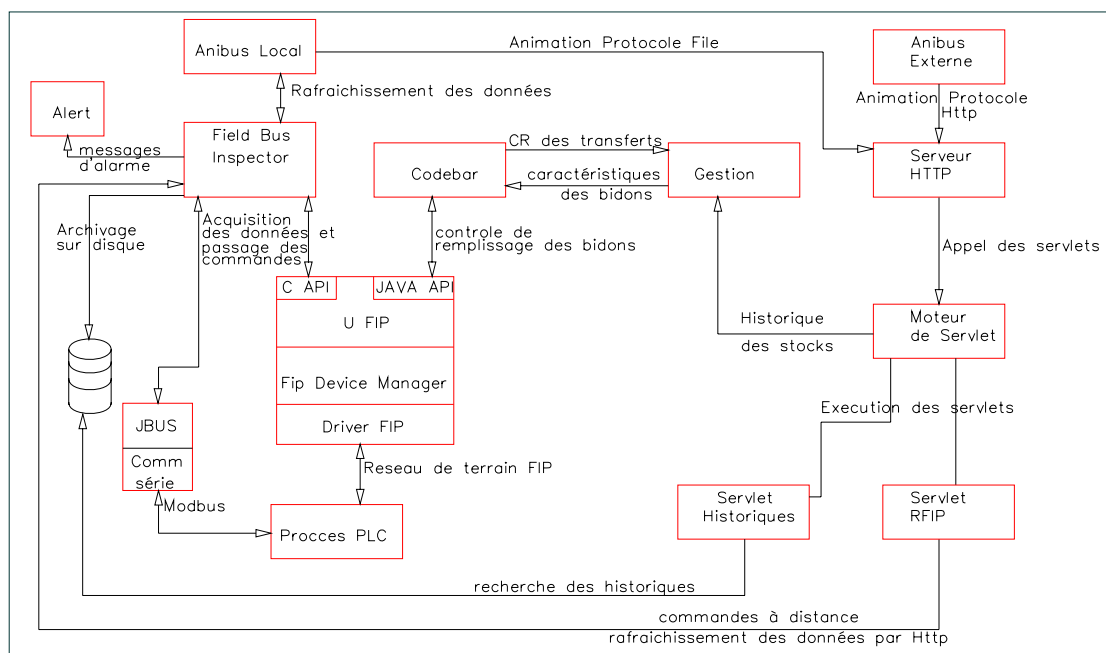
Dans la pratique, une couche supplémentaire a été écrite au dessus de l'interface « Fip Device Manager » (FDM) et du driver Fip. Ce développement autorise plusieurs applications à effectuer des lectures et écritures sur le réseau de terrain au travers de la même carte matérielle. De même elle donne la possibilité de simuler une communication réseau entre deux applications de la même machine, grâce à un cache des données. Pour cela l'interface virtualise une écriture puis une lecture d'une même donnée Fip qui aurait été matériellement impossible au travers de la carte.

Dans les programmes qui vont s'appuyer sur cette nouvelle interface (Ufip), on peut citer : Field Bus & Internet (FBI). Il s'agit du noyau du superviseur qui contrôle l'échange des variables d'animation au travers des différent média (FIP, Modbus). C'est un développement spécifique écrit en C++, réalisé en interne, sous forme de services pour Windows XP. Trois grandes fonctions sont gérées: Une base de données temps réel des informations de supervision des automates industriels ou des E/S intelligentes lues au travers de WorldFIP et de Modbus. Un archivage de l'ensemble de ces données à une période configurable, de l'ordre de 10s, sur une durée de plusieurs années. Et enfin un service de téléalarme.

CODEBAR, est un second logiciel utilisateur de la carte Fip. Il se comporte comme un module d'entrées/sorties déportées. Il dépose sur le réseau de terrain, les données produites par un système de reconnaissance par douchettes code barre, interfacé en RS232. Le tout étant associé à la base de données comptable. Il intervient dans le contrôle commande pour indiquer à l'automate les caractéristiques physiques des bidons mobiles en cours de remplissage. Ce logiciel est entièrement écrit en JAVA et communique toutes ses informations process sur le réseau de terrain WorlFIP.

En dernier lieu, ANIBUS, est l'interface opérateur qui associée avec FBI, réalise le poste de supervision. ANIBUS est un moteur d'animation développé en JAVA. Il est utilisable aussi bien en local, qu'à distance. Il est le fruit d'un développement interne CEA. Toute l'animation est réalisée sous forme d'Applet ce qui permet une réactualisation dynamique de toutes les pages avec un minimum de données à transférer. ANIBUS donne accès aux données historiques au travers d'un moteur de Servlet qui effectue la recherche des données à la source et ne transfère que les informations utiles. Grâce à ces choix technologiques l'utilisation à distance même au travers d'un modem 56kb reste tout à fait confortable, et permet l'accès à des sites mal desservis par Internet.

Architecture logicielle d'un poste de supervision ANIBUS / FBI



Nous avons choisi d'utiliser Windows XP embedded comme système d'exploitation. Le disque système est monté sur de la mémoire flash protégée en écriture. Seuls les composants utiles du système sont implantés, ce qui réduit d'autant le risque de trous de sécurité. Le système sur flash protégée, offre une meilleure garantie d'incorruptibilité et un taux de panne beaucoup plus faible. L'archivage de toutes les données de supervision n'est plus réalisé sur disque dur, mais est compressé sur un disque de 2Go de mémoire flash, limitant encore le risque de pannes.

Régulation en logique floue du compresseur de cycle

Le compresseur de cycle d'une puissance de 300kW électriques, permet d'injecter de l'hélium à haute pression dans la boîte froide pour obtenir la liquéfaction d'une partie de ce gaz. La régulation de la haute pression et de la basse pression, fournie par le constructeur est constituée de deux PID indépendants. Or, le système étant multivariable, il nécessite une prise en compte conjointe de ces 2 paramètres. Nous avons choisi d'utiliser une régulation en logique floue pour optimiser son fonctionnement. Les avantages de cette technologie sont une grande robustesse vis-à-vis des changements de points de fonctionnement, sa capacité à prendre en compte les non linéarités du système, et une spécificité qui grâce à l'énoncé sous forme linguistique des règles de fonctionnement, permet de réutiliser directement le savoir faire humain existant sur l'installation.

Nous avons implanté un algorithme flou dans nos automates et nous avons développé l'outil logiciel de configuration sur PC. Après avoir écrit les règles d'inférence (description du fonctionnement de la régulation) et optimisé les formes d'appartenance pour la fuzzyfication et la défuzzyfication (traitement des entrées/sorties de la régulation), nous obtenons une régulation beaucoup plus efficace que celle d'origine.

Cette technologie apporte des gains importants tout d'abord au niveau des démarrages du compresseur qui s'effectuent maintenant avec succès, même dans des conditions initiales très difficiles. Ensuite la consommation de l'énergie est mieux gérée puisque cette contrainte est intégrée dans la régulation. La position des tiroirs est mieux adaptée à la demande de gaz afin d'optimiser la consommation électrique. Enfin la sécurité de la basse pression du compresseur est mieux assurée, car l'ensemble de régulation tient compte de ce critère.

Les 2 courbes ci après, sont représentatives d'un démarrage compresseur. La première gérée par 2 PID indépendants présente de fortes instabilités pendant la phase transitoire de montée en pression. La seconde est typique de la régulation en logique floue qui gère l'aspect multivariable du processus.

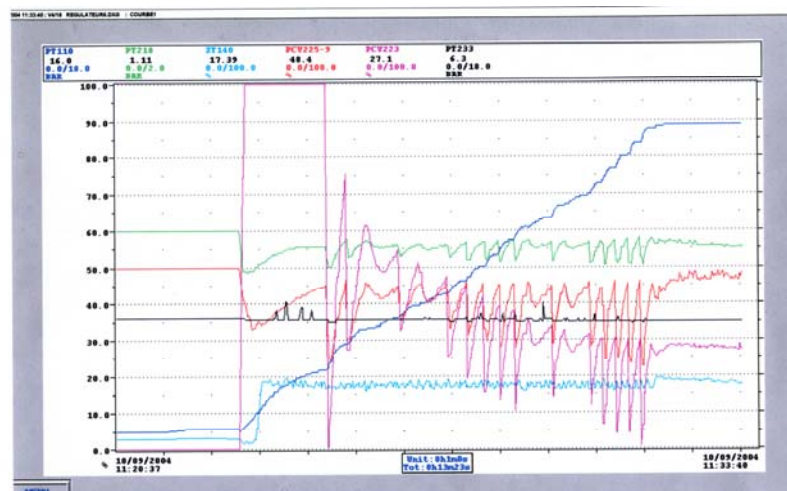
La basse pression en vert est régulée en régime permanent à 1.05 bar, soit légèrement au dessus de 50% de l'échelle verticale.

La haute pression en bleu foncé doit atteindre 16 bars en régime permanent, soit 90% de l'échelle.

Les courbes rouge et mauve, sont la position des vannes de régulation entre 0 et 100%.

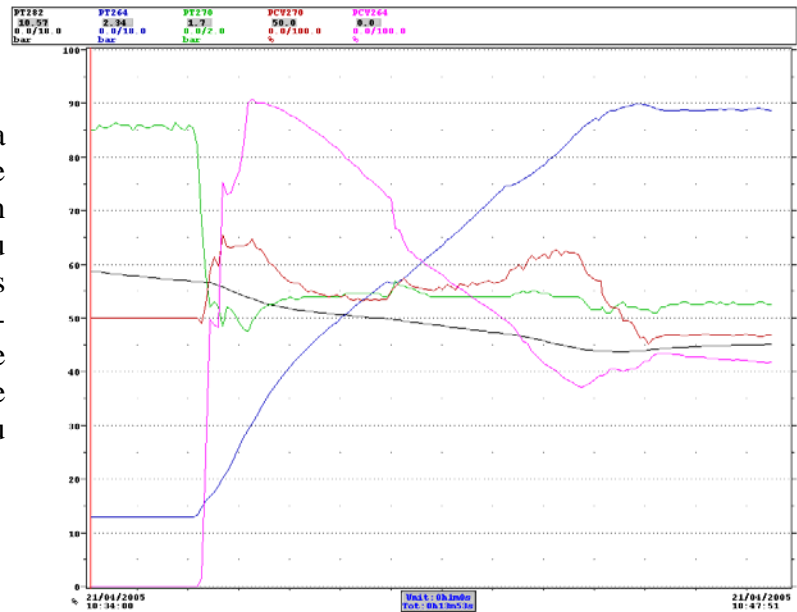
Régulations en PID

Deux PID régulent de façon indépendante la haute pression et la basse pression du compresseur. L'aspect multivariable n'est pas pris en compte. L'activité prépondérante alternative d'un PID par rapport à l'autre provoque de fortes instabilités pendant la phase transitoire de montée en pression



Régulation en logique floue

Les règles de fonctionnement couplent la gestion de la haute pression et de la basse pression, et prennent en compte la consommation électrique et les critères de sécurité du compresseur. Ces règles ont été définies par les utilisateurs. Nous avons ici un démarrage où les à-coups ont été lissés et où le gonflage de la haute pression ne se fera pas au détriment de la basse pression grâce à la gestion multivariable du processus.



Jean Belorgey
DSM/Dapnia
CEA/Saclay
F91191 Gif sur Yvette