

# AUTOMATES PROGRAMMABLES ET RÉSEAUX DE TERRAIN - CONCEPTION DES SYSTÈMES DE RÉGULATION

*D. Blanc*

Division ST - Groupe Refroidissement et Ventilation (ST/CV)  
CERN, Genève, Suisse

## Résumé

Depuis le début des années 80, nous intégrons des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels. A l'origine, l'automate programmable était considéré comme une machine séquentielle, capable de suppléer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus. L'intégration de l'automate programmable renforce le degré de fiabilité de l'équipement et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement. Aujourd'hui, l'automate programmable n'est plus seulement une machine séquentielle mais il est beaucoup plus considéré comme un calculateur de processus grâce aux énormes progrès quant à la structure de base, la qualité et la diversité des outils proposés. Son intégration sur Fieldbus (Profibus, WorldFip), sur Ethernet (Standard TCP-IP), accroît ses possibilités et constitue un passage obligé pour augmenter la performance des processus.

## 1. INTRODUCTION

Il y a quelques années lorsque les automates programmables ont été intégrés pour le contrôle industriel des stations de refroidissement et de distribution de l'eau, ceux-ci étaient perçus comme des systèmes de contrôle de bas niveau, dédiés le plus souvent à une application bien précise, possédant une capacité d'ouverture et d'intégration assez restreinte, voire même inexistante. Le plus souvent les consoles de programmation associées à chaque automate programmable ainsi que les outils nécessaires à l'écriture des programmes d'applications étaient peu conviviales et parfois certains projets nécessitaient beaucoup d'efforts dans la préparation et l'optimisation du programme avant d'obtenir une version définitive répondant parfaitement aux besoins.

## 2. CONTRÔLE INDUSTRIEL DANS LE GROUPE CV

### 2.1 Architecture du contrôle

#### 2.1.1 Stations de refroidissement de l'accélérateur PS

“Annexe Figure 1”. Depuis quelques années la technologie du bus de terrain a été largement exploitée pour le contrôle à distance des stations de refroidissement des accélérateurs. C'est ainsi que dès 1994 les automates programmables des principales stations du PS [1] furent reconfigurés pour supporter l'intégration du bus de terrain Profibus puis connectés à un API considéré comme le concentrateur de données. Le réseau Profibus permet, grâce à des mécanismes de transmission de données standardisés (norme DIN 19245,1-4 ) [2], d'établir la communication entre différents automates programmables, des capteurs intelligents, des systèmes déportés. Profibus permet l'opération en mode multi-maitres ou bien maitre-esclave.

### 2.1.2 Contrôle de la Ventilation de l'accélérateur SPS

“Annexe Figure 2”. L’objectif principal est d’assurer pour l’ensemble du tunnel SPS une fonctionnalité de ventilation ou de désenfumage [3]. Pour répondre à ces besoins les équipements d’extraction d’air situés dans les zones, BA3, BA5, TT10, TT20, TT60, TT70 et les équipements de pulsion d’air situés dans les zones, BA2, BA4, BA6 doivent obéir à des consignes de positionnement bien spécifiques selon chaque fonctionnalité. Les systèmes de contrôle des équipements d’extraction d’air ainsi que ceux appartenant à la détection incendie sont intégrés sur réseau de terrain Profibus et liés à un automate fédérateur installé dans chaque bâtiment auxiliaire. Les automates fédérateurs sont reliés sur le réseau Ethernet SL-CO. Ils communiquent ainsi directement entre eux et une machine HP-UX en mode TCP-IP [4]. La supervision des systèmes fédérateurs s’effectue grâce aux concepts du TDS [5] intégré dans la machine HP-UX. Le TDS permet également d’effectuer la passerelle nécessaire vers les équipements de pulsion pilotés par un système de contrôle Visonik de Landis et Staefa.

### 2.1.3 Projets futurs

“Annexe Figure 3”. La maîtrise et l’expérience acquises depuis plusieurs années dans l’utilisation des automates programmables, du réseau de terrain, les nouvelles perspectives de connexion des API directement sur le réseau Ethernet en mode TCP-IP, la standardisation des procédures pour la supervision technique de nos équipements avec le concept du TDS, nous permettent aujourd’hui de généraliser cette structure vers d’autres équipements (stations de refroidissement du SPS, les divers équipements du LEP), et d’offrir un ensemble cohérent, structuré, organisé, en perspective de la consolidation des installations existantes et bien entendu dans le cadre des futurs projets pour le LHC.

## 3. CONCEPTION DE SYSTÈMES AUTOMATIQUES

### 3.1 Introduction

“Annexe Figure 4”. Les systèmes de régulation et de commande de processus possèdent aujourd’hui une importance primordiale grâce à l’emploi toujours croissant des automates programmables dont la qualité des performances ne cesse de croître. Les processus demandent toujours une plus grande précision, ainsi qu’une parfaite stabilité. La recherche pour l’amélioration de la qualité converge tout naturellement vers l’amélioration des boucles de régulation, de manière à ce que la structure soit correctement adaptée pour répondre parfaitement aux spécifications.

### 3.2 Amélioration de la qualité

“Annexe Figure 5”. La nouvelle configuration des réseaux de distribution d’eau sur le site SPS [6] en particulier, engendre de nouveaux paramètres de consigne de température pour le refroidissement des aimants de la machine SPS qui seront plus élevés de quelques degrés . De ce fait, il faut une plus grande maîtrise des performances des boucles de régulation, pour éviter le dépassement des limites critiques qui perturbent sensiblement les processus et engendrent des situations fâcheuses (sécurité des aimants), pour éviter les pertes d’énergie tels que des débits de consommation d’eau de refroidissement mal adaptés.

### 3.3 Régulation numérique RST

“Annexe Figure 6”. La régulation numérique R-S-T [7] offre beaucoup d’avantages dans la maîtrise des performances, de la robustesse des réglages. Elle assure une meilleure stabilité du processus en régime nominal et permet d’obtenir une réponse plus rapide face aux diverses perturbations. Le régulateur numérique R-S-T met en oeuvre un algorithme de régulation en utilisant des opérations classiques pour un automate programmable. Cet algorithme peut se mettre sous une forme canonique à trois branches R-S-T. Ainsi cette structure permet donc une action différenciée sur la valeur mesurée (branche R) et sur la consigne (branche T), c’est-à-dire un comportement différent en

régulation et en poursuite. Le calcul par le régulateur de la commande  $u(t)$  appliquée au processus à l'instant d'échantillonnage ( $t$ ) est une moyenne pondérée par les coefficients de la sortie, des valeurs précédentes de la commande aux instants d'échantillonnage ( $t$ ), ( $t-1$ ), ( $t-n$ ) et de la consigne.

### **3.4 Méthodologie**

L'utilisation du régulateur numérique R-S-T exige une méthodologie rigoureuse pour sa mise en oeuvre.

#### *3.4.1 Identification du processus*

Pour affiner les connaissances à priori du système à commander, il est nécessaire de déterminer un modèle de son comportement dynamique à partir de mesures réalisées sur le site [8]. La connaissance du modèle dynamique du procédé est un passage obligatoire pour concevoir et régler un système de contrôle approprié et ainsi obtenir des performances en corrélation avec les spécifications.

#### *3.4.2 Calcul du régulateur*

A partir des connaissances du modèle du processus et des performances que l'on souhaite atteindre lors du fonctionnement de la régulation, il faut déterminer l'algorithme de régulation et ajuster les coefficients des polynômes puis simuler la future boucle fermée pour analyser son comportement [9].

#### *3.4.3 Mise en oeuvre*

Effectuer l'implémentation du régulateur déjà calculé dans l'automate programmable et effectuer les tests dynamiques en laboratoire avant l'exploitation sur site.

## **4. CONCLUSION**

Des efforts ont été consentis depuis plusieurs années au sein de notre division pour encourager l'innovation. Ils sont associés à ceux de la Division SL/CO, et conjugués à l'évolution des performances de l'automate programmable, des bus de terrain. Ce qui fait que nous pouvons aujourd'hui proposer un plan stratégique pour l'intégration et la supervision des processus industriels à tous les niveaux et offrir ainsi au travers du jeu des spécifications une bonne cohérence et visibilité quant aux projets proposés aux industriels.

## **RÉFÉRENCES**

- [1] Integrating Industrial Control System into the Control Environment of the Technical Infrastructure of CERN , P.Sollander, D.Blanc, A.Swift, ICALEPS 95, Chicago, USA, 30 October – 3 November 1995.
- [2] Profibus Trade Organisation USA 5010 East Shea Blvd , Suite C-226 Scottsdale , AZ 85254-4683 USA , Profibus Technical Description , Version : 1997.
- [3] Modification of the SPS tunnel ventilation and smoke removal monitoring system technical specification D.Blanc CERN/ST-CV/96555/DB/sb.
- [4] TCP/IP based Siemens PLC's on the CERN Accelerator Network Draft Writen by O.Van der Vossen in Colaboration with : D.Blanc ST/CV , L.Guerrero SL/CO , A. Marchand SL/BT.
- [5] Technical Data Server V1.0 Interface Control Document TDS V1.0/ICD/Word/ISSUE 1/REVISION 2 , P. Ninin, D. Romanet, A.Vega, F. Fernandez, CERN ST/MC/96-12PN GENEVA, June, 96.
- [6] Présentation dans le cadre du SL/TCdes tests réalisés sur le refroidissement de la machine SPS Septembre 1996 , J. Inigo-Golfin.

- [7] Systèmes de Régulation et Commande avancée de Processus Industriels, Identification et Régulation en temps réel, ADAPTECH 4, rue du Tour de l'eau, Saint-Martin-d'Hères, France.
- [8] Programme pour l'identification d'un modèle dynamique de processus en temps réel. ADAPTECH 4 rue du Tour de l'eau Saint-Martin-d'Hères FRANCE .
- [9] Programme de Calcul et d'optimisation des régulateurs numériques robustes. ADAPTECH – 4, rue du Tour de l'eau Saint-Martin-d'Hères, France.

\* \* \*

### ANNEXES (Figures)

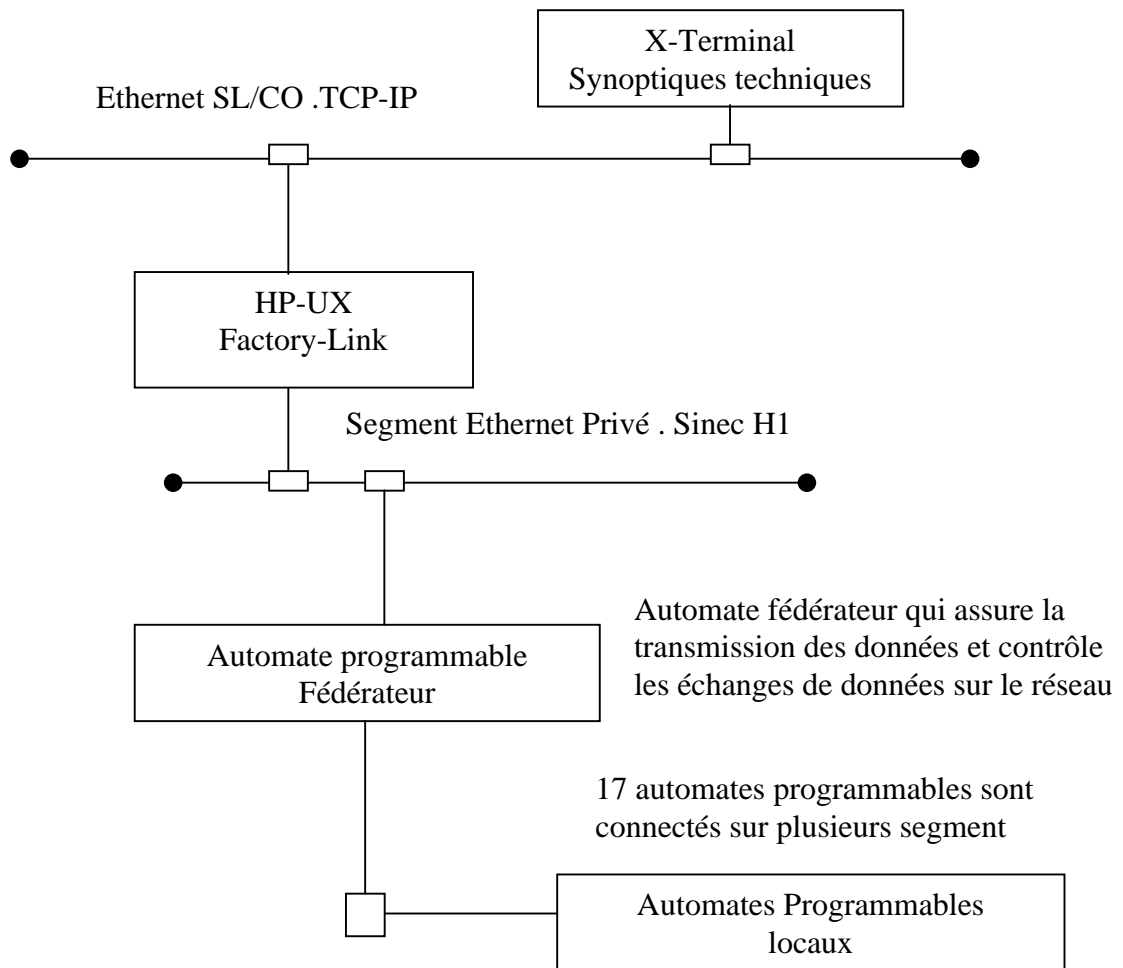
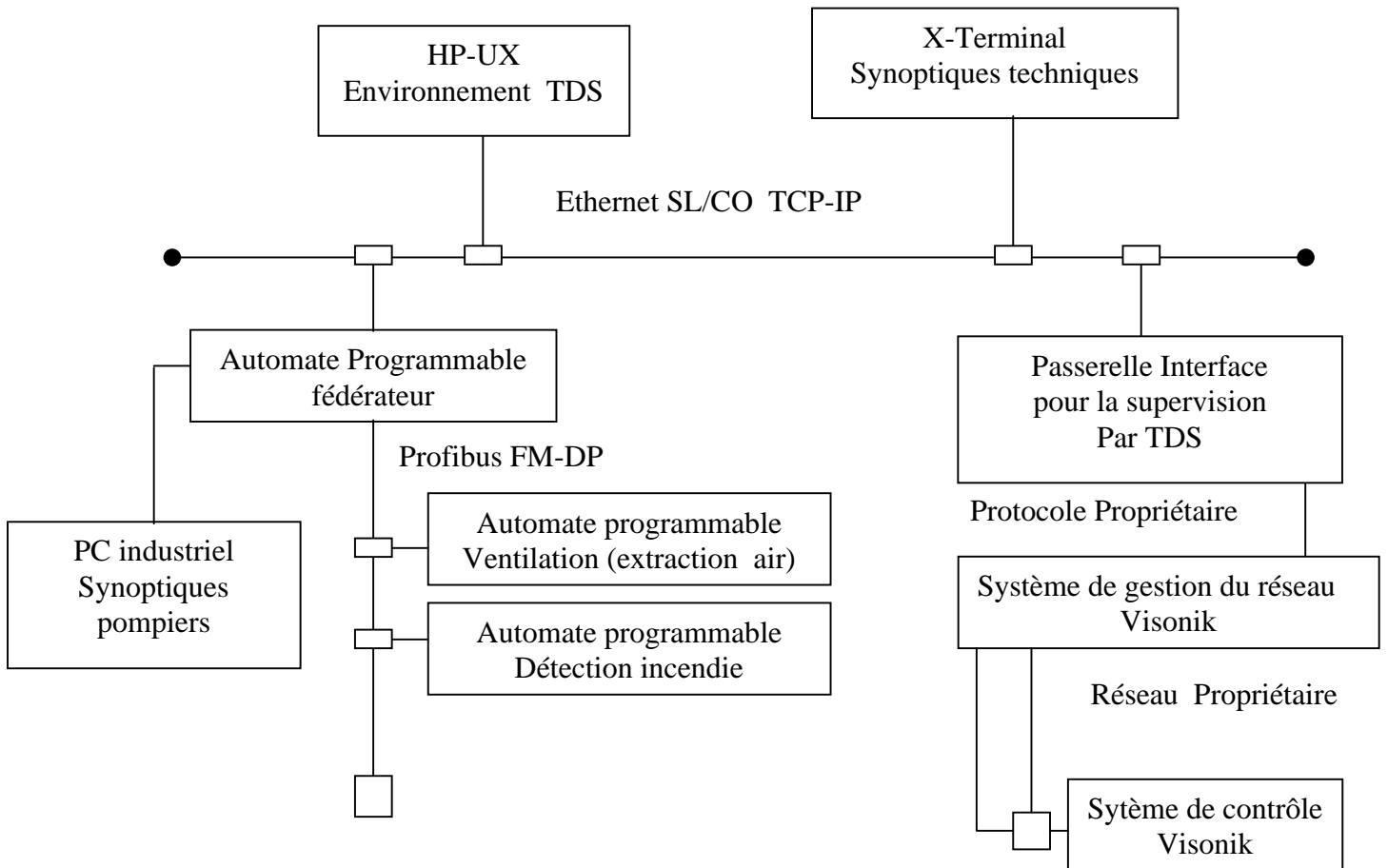


Figure 1 - Contrôle des stations de refroidissement zone PS.



Contrôle des équipements d'extraction d'air  
BA3 , BA5 , TT10 , TT20 , TT60 , TT70

Figure 2 - Contrôle des équipements de ventilation de l'accélérateur SPS.

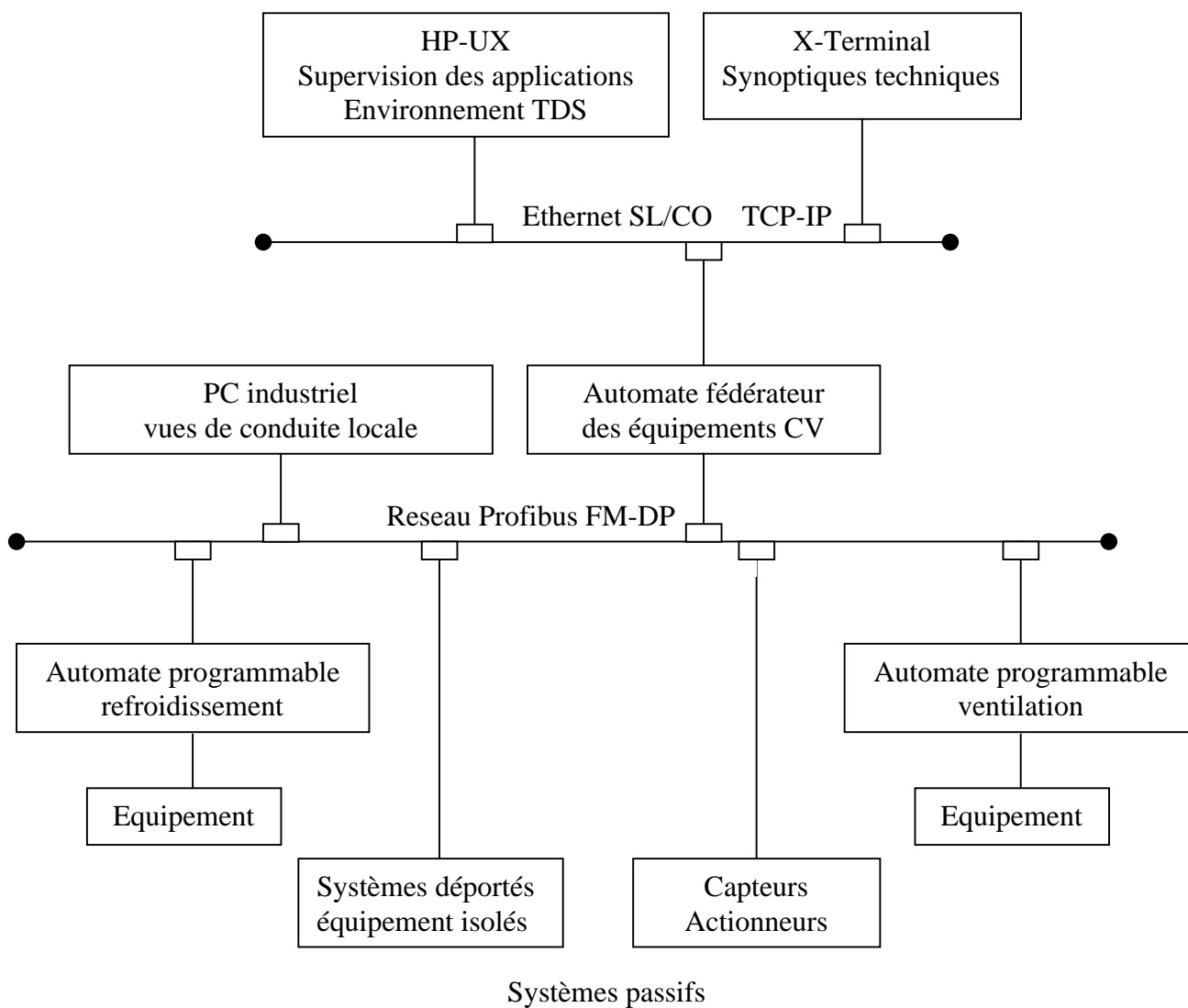


Figure 3 - Projet d'intégration des stations de refroidissement et des équipements annexes de l'accélérateur SPS.

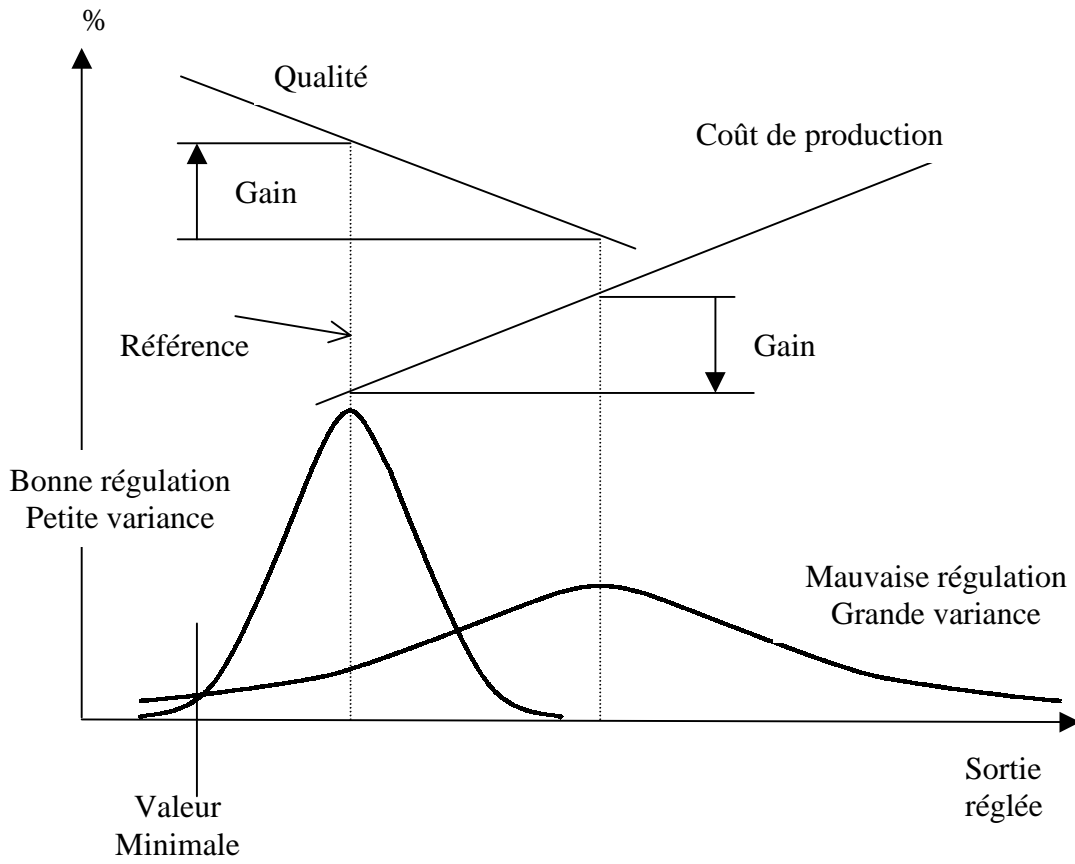


Figure 4 - Courbe d'amélioration de la qualité.

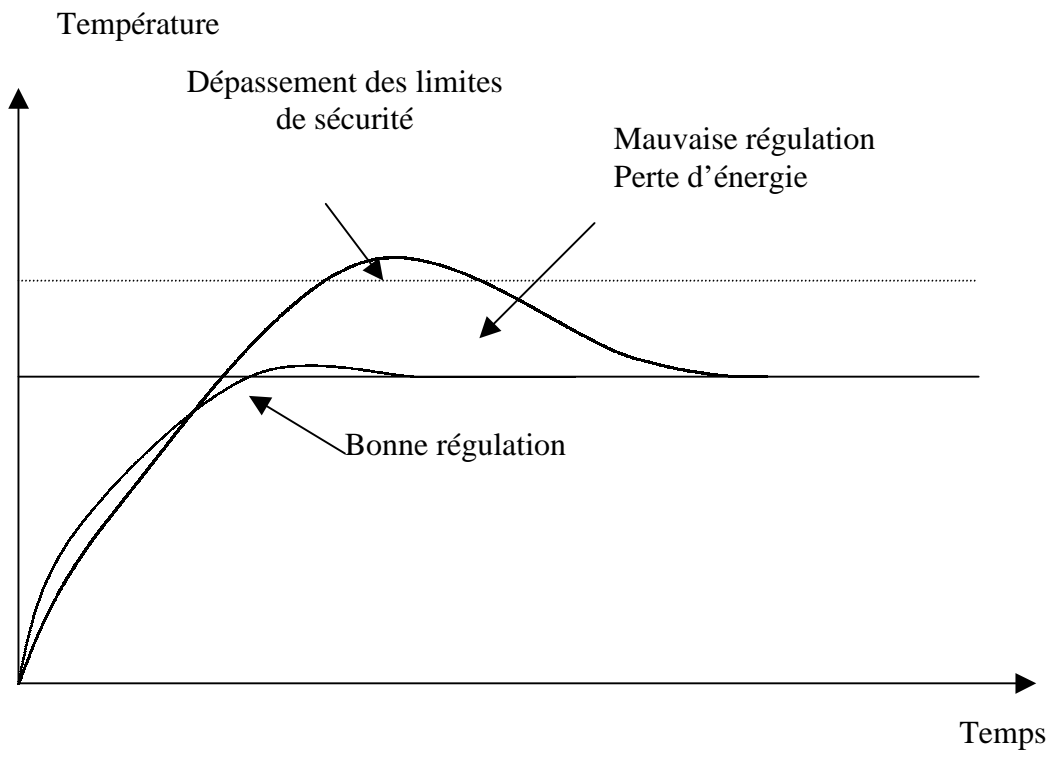


Figure 5 - Courbes de performances.



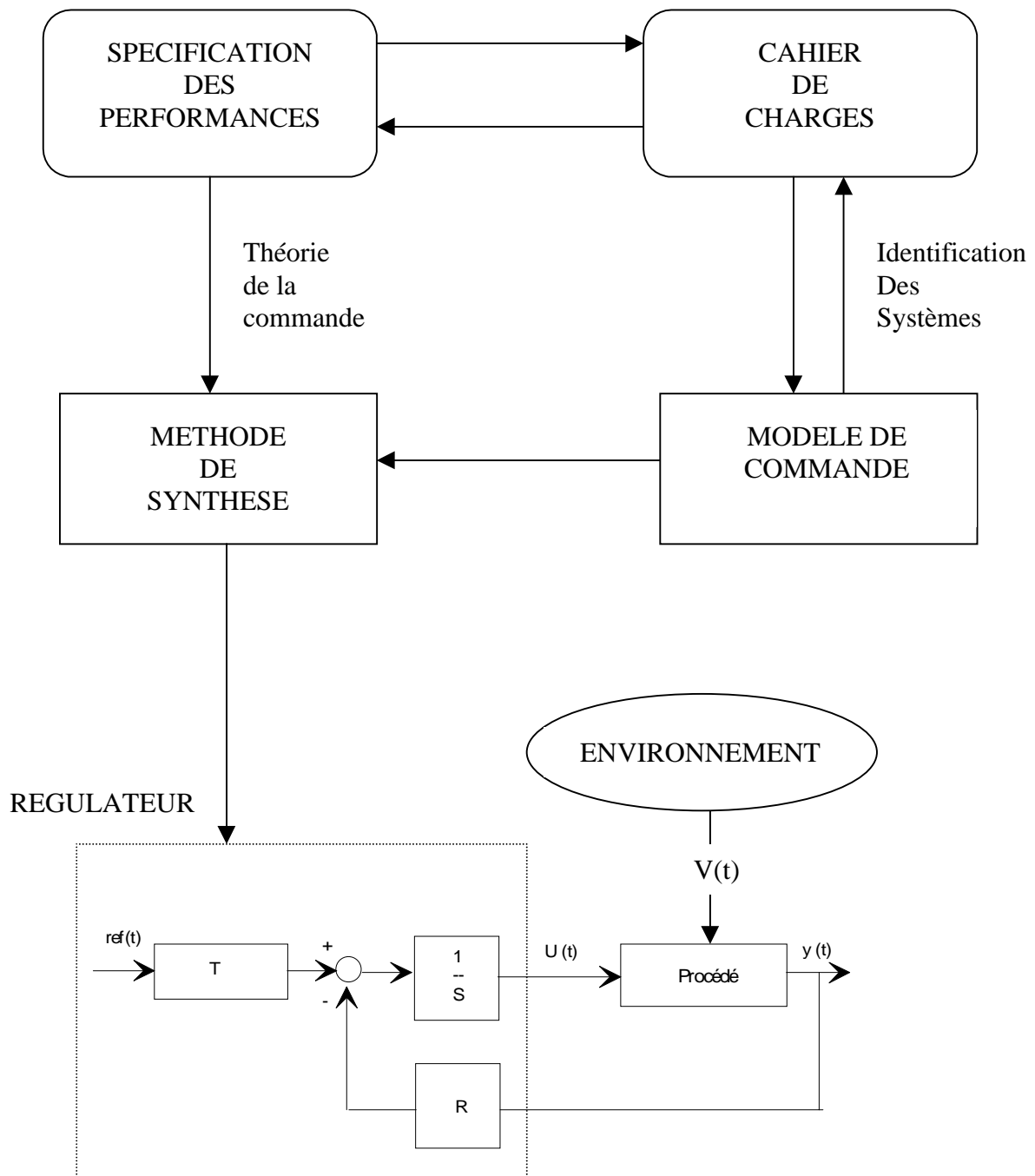


Figure 6 - Synthèse d'un système de commande et structure canonique.