SYSTEME FRANÇAIS DE TELESURVEILLANCE ET DE REGLAGE AUTOMATISEE DU RESEAU DE CAPTAGE DE GRISOU DANS UNE MINE DE CHARBON

Zbigniew POKRYSZKA, Christian TAUZIEDE
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), France

Bruno FISCHER, Bernard MAFFERT
Charbonnages de France (CdF), France

RESUME

Constatant que la surveillance du fonctionnement des réseaux de captage de grisou n'est pas toujours assurée de façon satisfaisante et en temps réel, Charbonnages de France (CdF) a développé, avec l'appui scientifique et technique de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), un système de télésurveillance et de gestion automatisée du réseau de captage.

Le système est composé de stations de mesure installées sur le réseau, de vannes motorisées couplées avec les stations de mesure, d'un système de transmission des données, d'un poste de contrôle et de commande et d'un ensemble de logiciels chargé sur une unité centrale. Ce dernier rassemble un logiciel de supervision qui gère le fonctionnement du système, un logiciel additionnel de détection d'anomalies *DET-ANOM* qui analyse les paramètres mesurés du point de vue de la sécurité et de la stabilité, un module permettant un réglage automatique du débit et un logiciel d'analyse de tendances des paramètres isolés *SUIVI* destiné à la détection précoce d'un début d'échauffement.

Au terme de la phase préliminaire des travaux de laboratoire consacrée à la sélection des matériels et à l'élaboration des logiciels nécessaires, une première installation de type industriel a été réalisée à l'U.E.Forbach des Houillères du Bassin de Lorraine. Cette installation à été validée en grandeur réelle avec succès et est actuellement dans une phase d'utilisation pratique.

1. ETAT ACTUEL DE LA GESTION DU RESEAU DE CAPTAGE

Jusqu'ici, la surveillance des paramètres de fonctionnement des réseaux de captage de grisou dans les mines n'était pas assurée, dans une majorité des cas, de façon satisfaisante et en temps réel.

En effet, le plus souvent les contrôles sont faits manuellement, avec des appareils de mesure portables, par une équipe de préposés, spécialement formés. Ces contrôles consistent à observer en des points particuliers du réseau les trois paramètres suivants :

- la dépression appliquée,
- la teneur en CH_4 du gaz capté,
- le débit de gaz.

Dans certains cas, le gaz du réseau de captage est prélevé manuellement pour effectuer les analyses plus précises de sa composition dans les laboratoires du jour.

Cette communication sera présentée à la 26ème Conférence Internationale des Instituts de Recherches Scientifiques sur la Sécurité dans les Mines à Katowice en septembre 1995

Après avoir effectué une analyse des résultats de mesures et en fonction de l'évolution des paramètres observés, le responsable du service de captage prend les décisions sur les réglages nécessaires du réseau. Les réglages en question se font manuellement par la même équipe de préposés, au moyen des vannes situées aux points principaux du réseau de captage.

Cette méthode de gestion, très coûteuse en personnel, ne permet pas de surveiller le réseau en continu et entraîne des temps de réaction parfois très longs. En effet, les interventions sur le réseau sont réalisées avec un laps de temps d'au moins 24 heures entre chaque contrôle.

Le réseau de captage n'est pas, dans cette situation, surveillé en temps réel. De même, une optimisation de son fonctionnement se revélée très difficile.

Charbonnages de France (CdF) a décidé alors de développer un système de télésurveillance et de gestion automatisée du réseau de captage.

Les travaux ont été réalisés par l'Unité de Conception d'Assistance et de Développement de techniques d'exploitation des Houillères du Bassin de Lorraine, en coopération et avec l'appui scientifique et technique de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS).

2. CONCEPTION, OBJECTIFS ET FONCTIONS DU SYSTEME DE TELESURVEILLANCE ET DE GESTION AUTOMATISEE DU RESEAU DE CAPTAGE

Le réseau de captage dans une mine moderne doit satisfaire aux deux objectifs suivants, en pratique souvent contradictoires :

- la diminution de la teneur en grisou dans l'aérage en canalisant le plus possible de gaz avant qu'il n'atteigne l'atmosphère des chantiers,
- la récupération d'un gaz combustible à haut pouvoir calorifique pouvant être valorisé.

Ces objectifs doivent être atteints en présence des nombreuses contraintes et de limitations liées à l'exploitation et aux conditions naturelles du gisement ainsi qu'aux risques (de combustion spontanée du charbon par exemple).

En fonction des objectifs et des contraintes précédents, les fonctions principales que doit assurer un système de télésurveillance et de gestion automatisée du réseau de captage ont été établies et sont les suivantes (ROUX et al., 1993) :

a/ **le contrôle en continu des paramètres** principaux de la captation en des points définis du réseau,

b/ **la transmission des données** au jour,

c/ **le traitement mathématique des données** pour déterminer les tendances et pour effectuer les calculs nécessaires,

d/ **la détection des anomalies** de fonctionnement par comparaison des paramètres mesurés à des valeurs prédéterminées, et le déclenchement éventuel d'alarmes,

e/ **l'établissement et l'exécution de consignes de régulation du réseau** pour éliminer les anomalies détectées.

f/ **l'autoréglage** du réseau selon les impératifs prédéfinis par l'opérateur,

g/ **l'enregistrement et l'archivage** des données et des résultats d'analyses,

h/ **l'affichage sous forme de synoptiques** des éléments du réseau pour en assurer la gestion (tableau de marche du réseau, courbes d'évolution des paramètres...).

Le schéma général des fonctionnalités du système est présenté à la *figure 1.*

Dans la réalisation pratique du système, la partie la plus importante du travail, pour assurer les fonctions a, b, g et h indiquées précédemment, consistait à sélectionner et à valider les composants nécessaires, tels que les capteurs, l'équipement de transmission, le programme opérationnel, le programme de supervision, l'équipement informatique, etc.

Pour remplir les fonctions de traitement des données (fonction c), de détection des anomalies (fonction d) et de réglage (fonctions e et f), il s'est avéré indispensable de créer des programmes informatiques spécifiques à ces fins. Il était, en effet, impossible de trouver sur le marché des programmes appropriés pour assurer les fonctions nécessaires.

3. STRUCTURE DU SYSTEME

A partir des fonctions que doit remplir le système de gestion, la configuration générale de celui-ci a été définie. Ainsi, le système est composé :

- **des stations de mesure** installées aux points-clés du réseau et équipées d'un ensemble des capteurs nécessaires pour mesurer en continu les paramètres essentiels de fonctionnement (teneurs en CH_4, CO_2, O_2, température, pression, débit de gaz),

- **d'un système de numérisation de transmission** au jour des grandeurs analogiques délivrées par les stations de mesure,

- **d'un poste de contrôle et de commande** composé d'un micro-ordinateur et d'un système de visualisation,

- **d'un ensemble de logiciels** chargé sur l'ordinateur rassemblant :
  - un logiciel de supervision qui gère le fonctionnement de l'ensemble du systèm et assure les fonctions d'archivage et de visualisation des données,
  - un logiciel additionnel de détection d'anomalies, *DET-ANOM*. Ce logiciel analyse les paramètres mesurés du point de vue de la sécurité de fonctionnement du réseau (et des contraintes imposées par l'opérateur). Dans le cas d'anomalies, il élabore les alarmes ainsi que les consignes d'action sur les vannes régulatrices.

    Une description du fonctionnement de ce logiciel est présentée au paragraphe 4.
  - un module supplémentaire permettant un réglage automatique du débit brut d'une partie de réseau par le pilotage de la vanne motorisée correspondante,
  - un deuxième logiciel additionnel de suivi des tendances, *SUIVI*. Ce logiciel analyse les tendances d'un paramètre choisi mesuré par un des capteurs. Il prend en compte les données actuelles et un certain nombre de données précédentes. Sur cette base, sont

créées les courbes d'évolution lissées, c'est-à-dire les courbes "nettoyées" des valeurs instantanées non conformes à une tendance générale.

Le logiciel peut également signaler les dépassements de seuils prédéterminés sous forme de valeurs absolues ou de gradients d'évolution. L'utilisation pratique de cette application peut consister en une observation des points sensibles du réseau de captage, par exemple, en vue d'une détection précoce des cas de combustion spontanée du charbon (observation des concentrations de CO (CASADAMONT, 1974)),.

- **des stations de réglage** du réseau, dont l'élément principal est une vanne motorisée équipée d'un régulateur et d'un capteur de position. Les vannes motorisées sont couplées avec les stations de mesure au fond. Elles peuvent être pilotées à partir du jour, soit par l'opérateur, soit d'une façon automatique par le logiciel *DET-ANOM* au travers du superviseur.

Le schéma de la structure générale du système est montré à la *figure 2*.

4. PROGRAMME DE DETECTION D'ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT DU RESEAU *DET-ANOM*

Le programme de détection d'anomalies *DET-ANOM* est un programme additionnel au programme de supervision. Ce programme, développé par l'INERIS spécialement pour les besoins du système, est destiné à analyser le fonctionnement du réseau de captage du point de vue de la sécurité et de la stabilité. Il permet ensuite de générer des alarmes en cas de détection d'anomalies et d'élaborer automatiquement des actions correctrices.

Dans la structure générale du programme, son cycle de travail est composé des étapes suivantes (voir *figure 3*) :

- **acquisition des mesures :**

  L'acquisition de l'ensemble des données provenant de toutes les stations de mesure est faite en temps réel au travers du logiciel de supervision. Les mesures automatiques permettent une fréquence de lecture de 5 secondes, mais il n'est cependant pas nécessaire d'effectuer les traitements avec cette fréquence. En effet, toute action sur le réseau va nécessiter un certain temps pour qu'un nouvel équilibre soit stabilisé.

  Un traitement de mesures tous les 30 ou 60 secondes a donc été retenu. Cette fréquence peut être aisément modifiée par la suite au cas par cas, en fonction de l'observation faite de la variabilité des grandeurs mesurées et de l'inertie du réseau de captage.

- **validation des données :**

  Il s'agit ici de détecter et d'éliminer préalablement toutes les mesures erronées qui seraient le résultat d'une anomalie au niveau d'un capteur ou au niveau de la transmission. En cas d'anomalie, un message est affiché à destination de l'opérateur relativement au dysfonctionnement d'une partie du système de télésurveillance.

- **analyse des données pour détecter des anomalies du fonctionnement du réseau :**

  L'analyse des données mesurées pour détecter des anomalies du réseau est réalisée selon une procédure bien définie. Cette procédure prend en compte l'ensemble des états de

fonctionnement du réseau dans lesquels ce dernier est susceptible de se trouver en usage courant.

Elle est composée de deux parties successives :

- d'une analyse comparative des valeurs mesurées avec des seuils prédéfinis en valeurs absolues. Les seuils sont déterminés en fonction de la réglementation en vigueur (par exemple teneur minimum en CH_4 dans la conduite de 20 %, teneur maximum en O_2 de 7 %) ou sont le résultat de l'expérience pratique (teneurs limites en CO ou température limite du gaz, par exemple).
- d'une analyse de la dynamique d'évolution des paramètres qui consiste à comparer les mesures actuelles à leurs valeurs antérieures espacées d'un temps Δt paramétrable et fixé initialement à 15 minutes. Une dynamique d'évolution supérieure à 10 % en valeur relative est considérée comme anormale.

  Ce critère peut néanmoins être modifié en fonction des besoins, séparément pour chacun des paramètres observés.

- **élaboration d'une consigne de réglage du réseau :**

Dans le cas de détection d'une anomalie de fonctionnement du réseau, des consignes de réglage sont établies. Elles consistent, selon le cas, en la fermeture ou l'ouverture, partielle ou totale, de la vanne régulatrice correspondant à la station de mesure où l'anomalie a été observée. Il est cependant possible que les consignes issues de l'analyse de différents paramètres soient théoriquement contradictoires (par exemple : dans le cas d'une baisse de la teneur en méthane et d'une augmentation simultanée du débit brut, la consigne serait l'ouverture et la fermeture de la vanne en même temps).

Pour cette raison, la consigne est élaborée à partir d'une table de décision qui définit des priorités d'exécution. Les consignes liées aux teneurs en CH_4 et O_2 sont réalisées en priorité 1. Les consignes qui assurent la stabilité du débit et de la dépression sont effectuées en priorité 2 et, en priorité 3, on réalise celles issues de mesures de la température et de la teneur en CO.

- **validation des consignes :**

Le logiciel a été conçu de telle façon que la fonction de réglage automatique puisse être activée ou désactivée par l'opérateur en fonction de l'état actuel de fonctionnement du réseau, séparément pour chaque couple station de mesure/vanne pilotée.

Si la fonction d'autoréglage est autorisée, l'ordre d'action est transmis, au travers du superviseur, à la vanne correspondante.

Dans le cas contraire, une décision sur la réalisation éventuelle de la consigne est prise par l'opérateur.

Il convient de signaler ici qu'une intervention de l'opérateur (par exemple pour interrompre la réalisation d'une consigne) est possible à tout moment. L'opérateur peut également effectuer les réglages du réseau moyennant les vannes pilotées, directement à partir du programme de supervision et indépendamment du programme *DET-ANOM*.

- **visualisation des alarmes et des consignes :**

Toutes les informations sur les anomalies de fonctionnement du réseau de captage détectées sont transmises au logiciel de supervision. Elles sont ensuite visualisées sur

l'écran sous forme de messages ou d'alarmes. Pour cela on utilise les fonctions standard du superviseur.

La procédure concernant les informations sur les consignes de réglage du réseau et sur leur réalisation est identique.

- **archivage des résultats et des analyses :**

  Les données analysées, les résultats d'analyses et les consignes élaborées sont archivés selon les fonctions standards du superviseur sur la mémoire de masse du micro-ordinateur. Les fichiers créés sont disponibles et peuvent être analysés ultérieurement par l'opérateur.

5. AUTOREGLAGE ET OPTIMISATION DU FONCTIONNEMENT DU RESEAU

En ce qui concerne des fonctions d'optimisation et d'autoréglage du fonctionnement du réseau, une analyse de l'état des connaissances dans le domaine concerné a mis en évidence des difficultés très importantes dans leur réalisation pratique. Ceci résulte des connaissances insuffisantes sur deux éléments de base indispensables pour construire un système qui fonctionne correctement.

D'une part, les mécanismes d'émission des gaz vers les ouvrages de captage (par exemple les caractéristiques dépression/débit et dépression/teneurs, ainsi que leur évolution dans le temps) ne sont pas suffisamment bien connus (POKRYSZKA et al., 1994a).

D'autre part, les méthodes existantes de calcul des écoulements de gaz dans le réseau de captage (qui peut s'apparenter à un "organisme" vivant et complexe) ne sont pas assez précises et fiables pour une application aussi pointue que le réglage automatique.

Cette situation rend difficile, voire impossible, une prévision de la réaction du système sources de grisou/réseau de captage, après un changement des paramètres de fonctionnement du réseau en un point et à un moment donnés. Cependant, savoir effectuer une telle prévision avec une précision suffisante est la condition sine qua non pour pouvoir construire un système d'autoréglage et d'optimisation.

Les possibilités de résolution de ce problème sont actuellement étudiées par CdF et l'INERIS.

Comme évoqué précédemment, l'état actuel des connaissances ne permet pas d'appliquer un automatisme complet pour l'ensemble d'un réseau de captage. Par contre, une gestion automatisée est envisageable et possible à réaliser pour certaines parties du réseau par un réglage automatique et individuel d'une unité séparée, composée du couple station de mesure / station de réglage. Il est possible en particulier de la mettre en oeuvre dans certaines branches isolées du réseau où le débit brut n'est pas très important par rapport au débit total. Le risque d'une perturbation significative du fonctionnement du réseau à la suite du réglage automatique dans une branche ne serait pas très grand dans ce cas.

Les développements en matière de réglage automatique du réseau de captage ont donc été donc limités à un programme permettant un autoréglage local du débit brut. Il a été réalisé sous la forme d'un module indépendant, intégré dans le logiciel de diagnostic *DET-ANOM*.

L'objectif de ce programme est de tenter d'atteindre un niveau souhaité du débit brut dans une partie du réseau de captage et/ou pour assurer une stabilisation de ce paramètre à un niveau défini a priori par l'utilisateur.

Le réglage du débit dans une partie du réseau se réalise en ouvrant ou en fermant la vanne de la station concernée. Toutefois, la priorité étant donnée à la sécurité, une commande automatique visant à réguler le débit ne peut être effectuée que s'il n'y a aucune anomalie détectée par le logiciel de diagnostic à partir des paramètres observés par la station de mesure correspondante.

S'il n'y a pas de défaut de fonctionnement du réseau signalé par le logiciel de diagnostic, le programme compare le débit réel, mesuré par la station concernée, à une consigne définie par l'utilisateur.

Si la valeur diffère dans un certain rapport, le logiciel envoie un ordre d'ouverture ou de fermeture d'un cran de la vanne. Cet ordre est chaque fois analysé d'un point de vue de la sécurité par le logiciel de diagnostic et, par la suite, soit annihilé, soit validé pour l'exécution.

La tolérance de différence entre le débit mesuré et la consigne est définie par une constante. Elle peut être fixée par l'opérateur en fonction de la précision de réglage du débit demandée.

La *figure 4* montre la structure de fonctionnement du module de réglage automatique du débit brut d'une station isolée.

Deux commandes automatiques sont séparées par un délai nécessaire pour une stabilisation du régime d'écoulements. La durée de ce délai est difficile à prévoir de façon générale, compte tenu du manque d'information sur le temps de réponse d'une source de grisou ou d'un groupe de sources après un changement du régime de fonctionnement (de la dépression par exemple). Ce paramètre est fixé à partir de l'expérience empirique, individuellement pour chaque partie du réseau.

En règle générale, l'action de réglage automatique ne doit s'effectuer que sur une seule vanne à la fois, compte tenu des interactions possibles (et difficiles à prévoir) sur les autres parties du réseau (POKRYSZKA et al., 1994b).

6. INSTALLATION DU SYSTEME

Après avoir terminé la phase préliminaire des travaux consacrés aux essais et aux examens du système, dans un premier temps, en laboratoire et ensuite à l'échelle semi-industrielle, une première installation de type industriel a été récemment réalisée sur le réseau de captage à l'Unité d'Exploitation Forbach des Houillères du Bassin de Lorraine.

Le réseau de captage en question est composé d'environ 32 ouvrages de captage (environ 15 sondages, 5 chambres, 4 barrages isolant de vieux travaux et 8 barrages isolant les grands réservoirs de quartiers fermés), d'environ 25 kilomètres de conduites, et de deux stations de captage d'une capacité nominale de 18 000 m^3/h. Le débit brut de captage est en moyenne sur l'année de 8 000 m^3/h avec une teneur moyenne en méthane de 60 %.

A l'heure actuelle, une grande partie du système est déjà installée et mise en service, et notamment : le poste de contrôle et de commande avec le micro-ordinateur, le système de télétransmission des données, ainsi que 10 stations de mesure (9 au fond et 1 au jour).

De même, une majorité des stations de réglage parmi celles prévues dans le projet sont installées au fond et fonctionnent.

La position de l'ensemble des stations de mesure et des stations de réglage installées sur le réseau de captage de l'U.E. Forbach est visible sur la *figure 5*. La *photo 1* montre une station de réglage au fond.

La validation de l'ensemble de l'installation en grandeur réelle a été effectuée dans les premiers mois de 1995. Différents essais et examens du système réalisés ont montré la pertinence générale de la conception du système et confirmé le choix des solutions techniques retenues.

Les essais ont permis également de vérifier certains paramètres du système choisis arbitrairement. Il s'agit par exemple de la fréquence de traitements des données, du temps d'attente du régime stabilisé après un réglage du réseau, etc. Il s'agit également de certaines valeurs absolues et gradients d'évolution prédéterminés comme les seuils d'alarme.

De même, le fonctionnement et le comportement des capteurs sont observés systématiquement pour apprécier la fiabilité et la durée de vie de ceux-ci dans les conditions réelles de l'atmosphère au fond.

A l'heure actuelle le système permet de réaliser les fonctions suivantes :

- mesure des paramètres de fonctionnement du réseau en provenance des stations actuellement installées et transmission des signaux correspondants vers le logiciel de supervision ainsi que vers les logiciels additionnels,
- visualisation des synoptiques généraux de l'ensemble des stations installées,
- visualisation des schémas de chacune des stations et sur ces derniers indication en temps réel des mesures transmises par chacun des capteurs (*figure 6*),
- visualisation en temps réel et tracé des courbes d'évolution des grandeurs observées par les capteurs (*figure 7*).
- enregistrement de l'ensemble des paramètres observés dans une mémoire de masse,
- analyse des données en temps réel par le logiciel de diagnostic, génération des alarmes et des actions de réglage pour éliminer les anomalies détectées de fonctionnement du réseau,
- visualisation des messages d'alarme générés,
- réalisation des réglages du réseau par des actions sur les vannes motorisées au fond. Les trois niveaux de réglage suivants sont possibles dans l'ordre de priorité :
  - niveau 0 : réglage manuel à partir du jour (au travers de superviseur),
  - niveau 1 : réglage automatique dans le cas d'une anomalie de fonctionnement du réseau (au moyen du logiciel de diagnostic),
  - niveau 2 : réglage automatique composé des fonctions du niveau 1 et de la fonction de réglage automatique du débit brut (au moyen de module d'autoréglage).
- visualisation de la position actuelle de la vanne dans une station de réglage donnée (*figure 8*).

7. PREMIERES CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Un progrès important dans les domaines des techniques de mesure, de l'automatique et de l'informatique ainsi qu'une baisse de prix des équipements informatiques sont des éléments favorables pour développer un système de télésurveillance et de gestion automatisée des réseaux de captage.

Les travaux de recherche menés conjointement depuis quelques années par les Charbonnages de France et l'INERIS ont abouti à la conception et à la mise en pratique à l'échelle industrielle d'un tel système.

Les expériences des premiers mois de son exploitation montrent un bon fonctionnement du système dans les conditions réelles du réseau de captage d'une mine en activité qui est un ensemble complexe et évoluant dans le temps. Ainsi, le système permet la surveillance des paramètres de fonctionnement et la gestion d'une partie principale du réseaux de captage de façon satisfaisante et en temps réel. Grâce au système, la sécurité de fonctionnement du réseau de captage a été améliorée considérablement. De même, le temps et la quantité de travail nécessaires pour surveiller le réseau, ainsi que le temps de retard dans les réglages peuvent être réduits dans des proportions nobles.

Dans cette situation, les coûts de recherche et d'investissement pourront être rentabilisés assez rapidement.

Une autre possibilité d'application du système (très prometteuse dans le contexte des tendances actuelles dans l'industrie extractive en Europe) est son exploitation sur des réseaux de captage dans des mines fermées. En effet, dans le cas de certaines mines de charbon, le captage de grisou doit être continué après la fermeture pour des raisons de sécurité. Dans d'autres cas, il peut être intéressant économiquement.

La recherche menée a également montré des difficultés dans le développement futur du système qui consisterait à la mise en pratique des fonctions automatiques d'autoréglage et d'optimisation.

Il s'avère qu'un automatisme complet du réseau n'est pas possible aujourd'hui compte tenu de l'état actuel des connaissances sur le comportement des sources de grisou et des possibilités de calculer les écoulements de gaz dans un réseau de captage complexe et dont les caractéristiques sont variables dans le temps. Des travaux de recherche semblent donc être encore nécessaires pour résoudre ce problème.

Néanmoins, il apparaît d'ores et déjà que grâce au transfert beaucoup plus rapide des informations sur le fonctionnement du réseau par le système de télésurveillance et aux dispositifs de téléréglage du réseau, une optimisation empirique par une séquence des réglages de ce dernier sera beaucoup plus facile à atteindre.

7. REMERCIEMENTS

La conception et la réalisation du système de télésurveillance et de gestion automatisée du réseau de captage sont le résultat d'un travail commun d'une équipe d'ingénieurs et de techniciens des Charbonnages de France et de l'INERIS.

Nous remercions les personnes qui ont contribué activement à ce travail, en particulier P. Roux, J-P. Josien, J-C. Louapre et C. Marion (INERIS), ainsi que G. Deldemme (HBL/UCAD).

La recherche dont les résultats sont présentés ici a bénéficié de l'aide financière de la Commission des Communautés Européennes, Direction du Charbon.

9. REFERENCES

CASADAMONT Y-B, 1974

" Détection précoce des feux de mine. Traitement mathématique des relevés de teneurs en CO ". Industrie Minérale-Mines, novembre 1974, pp. 178 -188.

POKRYSZKA Z., TAUZIEDE C., FISCHER B., MAFFERT B., 1994a

" Conception and development of a remote monitoring and automatic control system for a drainage network ", Proceedings, Workshop on Occupationnal Safety and Environmental Protection in the Underground Coal Mining Industry, Szczyrk (Poland), pp. 26 - 36.

POKRYSZKA Z., MARION C., LOUAPRE J.-C., 1994b

" Conduite de captage ", Rapport final d'étude INERIS, Verneuil en Halatte, 68 pp.

ROUX P., MARION C., LOUAPRE J.-C., 1993

" Gestion optimale des paramètres caractéristiques des dégagements de grisou, des échauffements et de la production ", Rapport final d'étude INERIS, Verneuil en Halatte, 55 pp.

❖ ❖ ❖ ❖

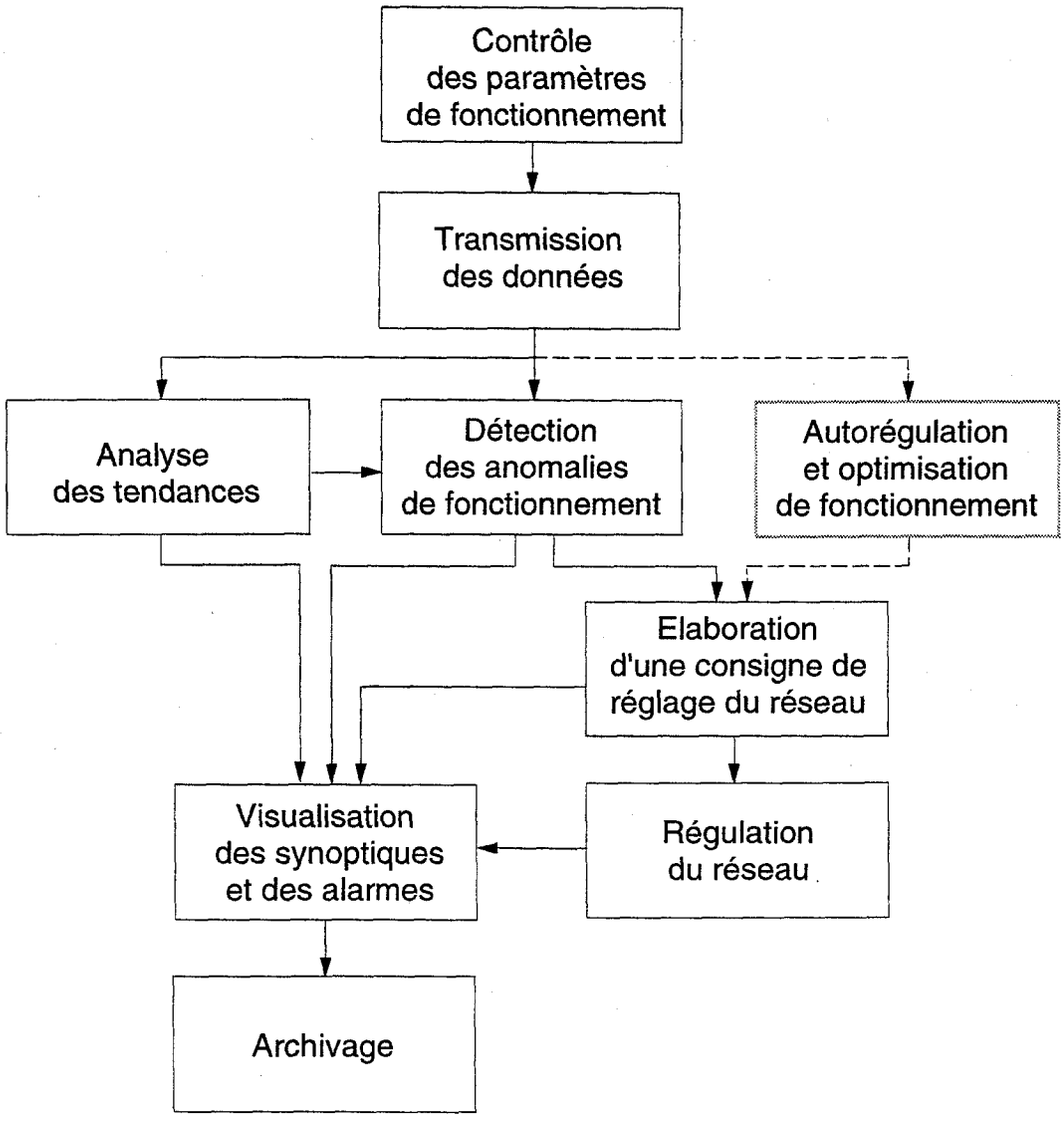


Figure 1. Schéma simplifié des fonctions du système de télésurveillance et de gestion automatisée d'un réseau de captage de grisou

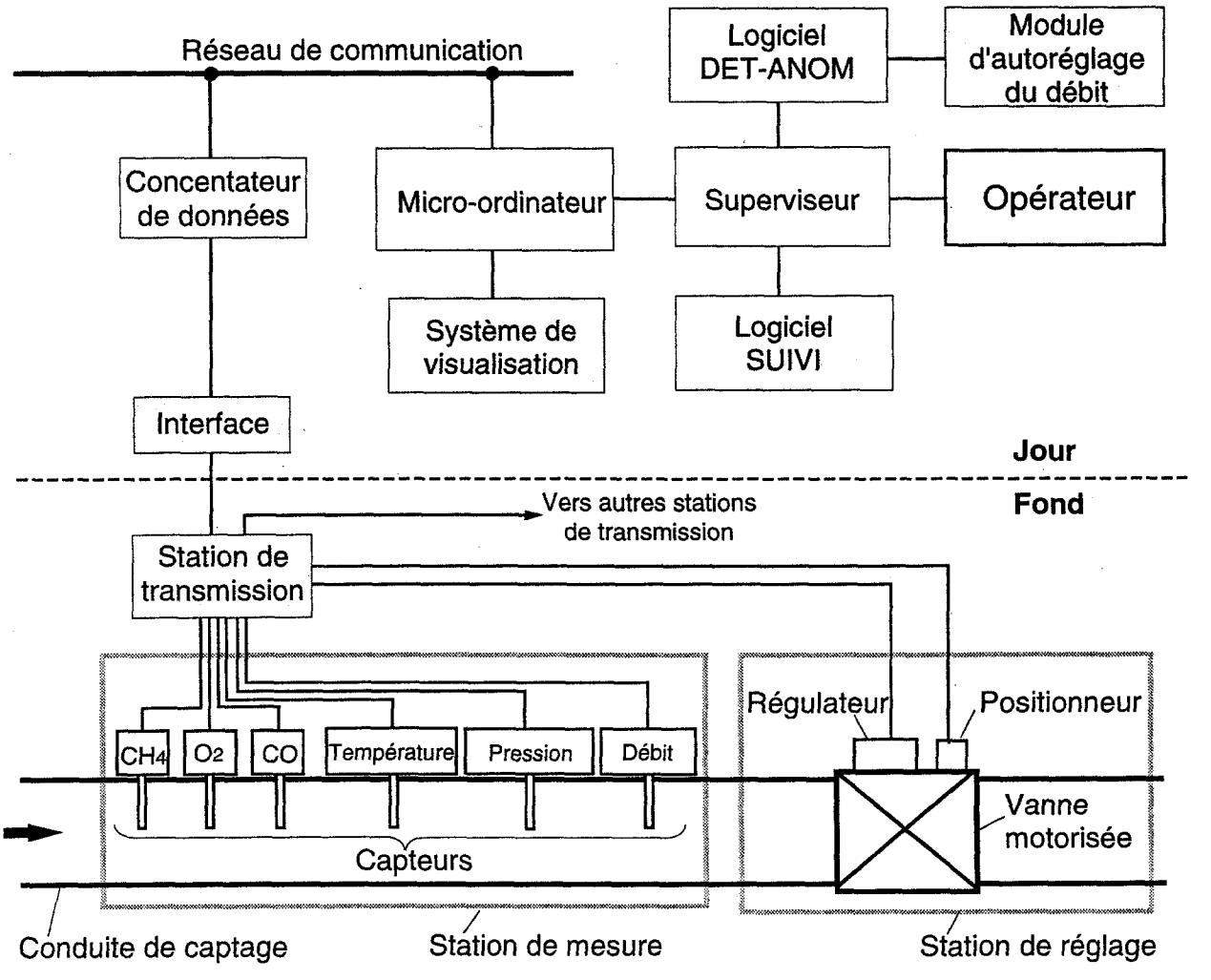


Figure 2. Structure du système de télésurveillance et de gestion automatisée du réseau de captage de grisou

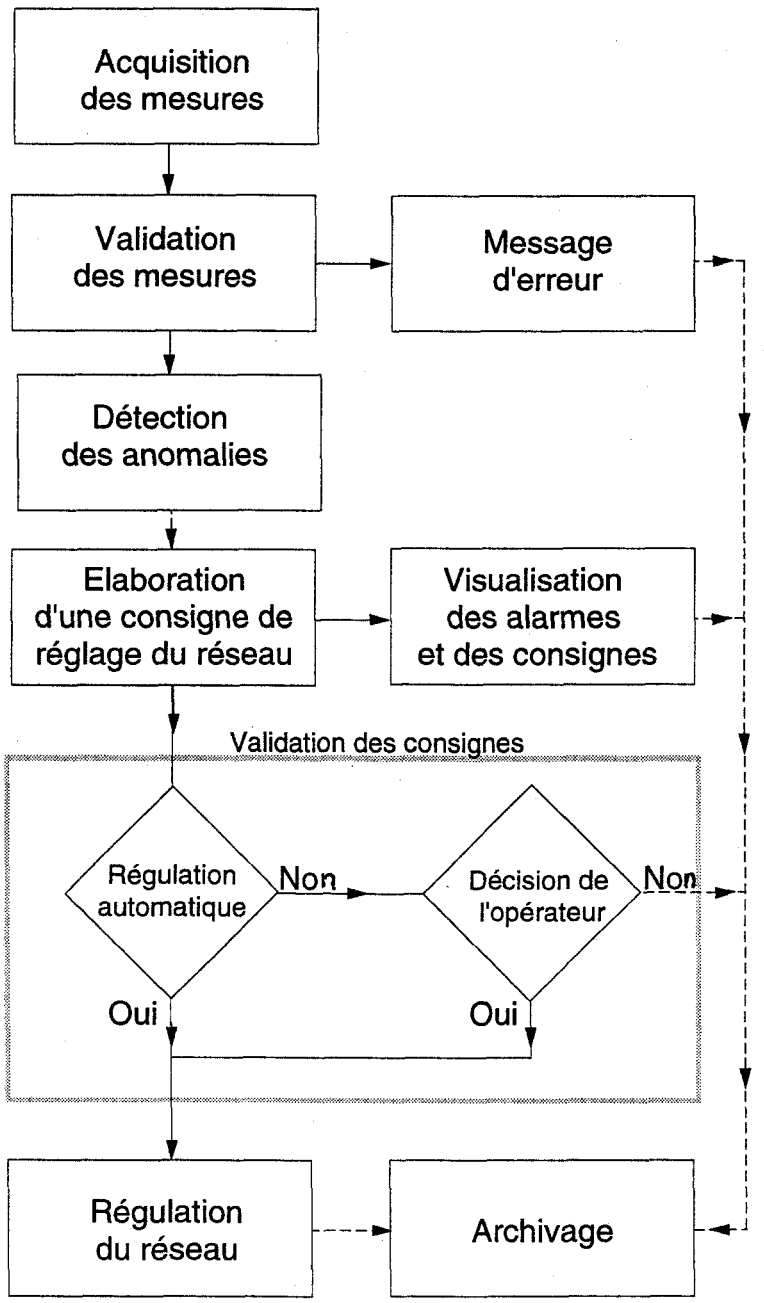


Figure 3. Fonctions du programme de détection des anomalies de fonctionnement du réseau de captage "DET-ANOM"

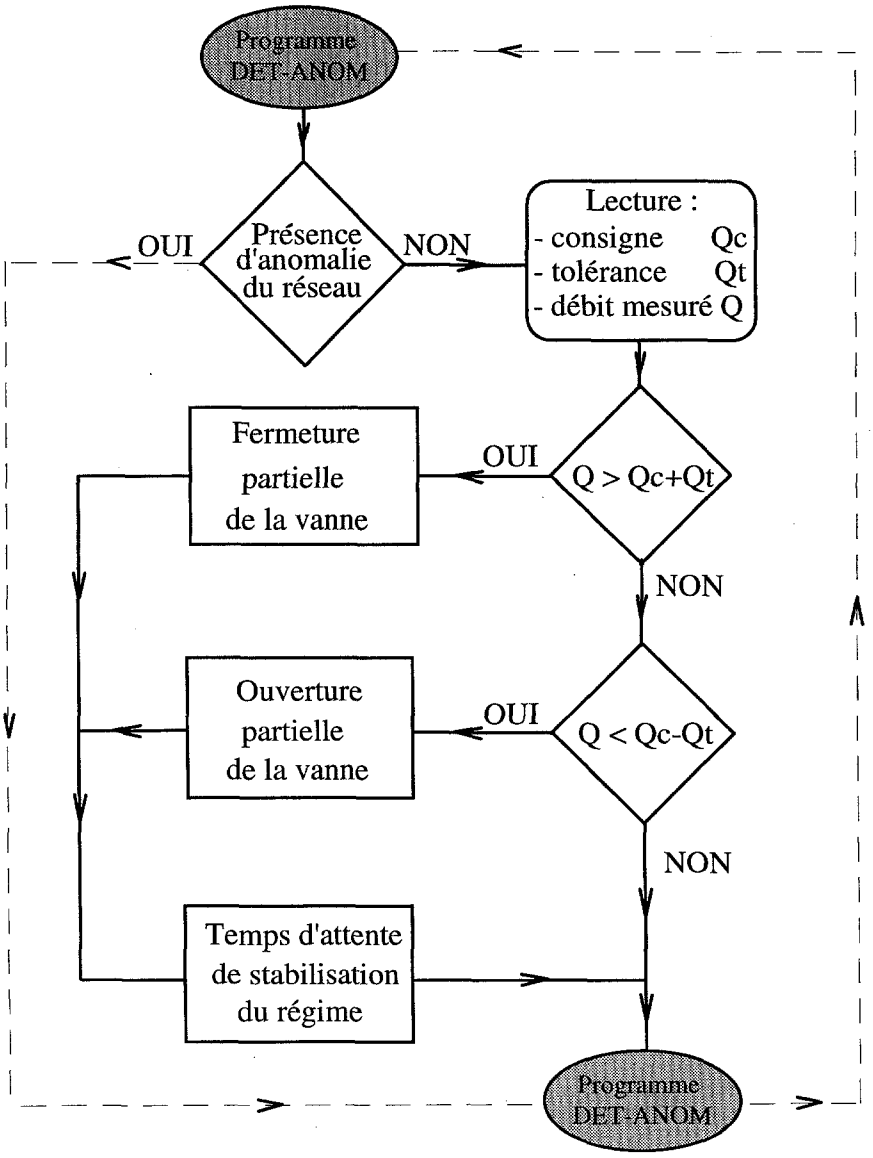


Figure 4. Ordinogramme simplifié de réglage automatique du débit brut

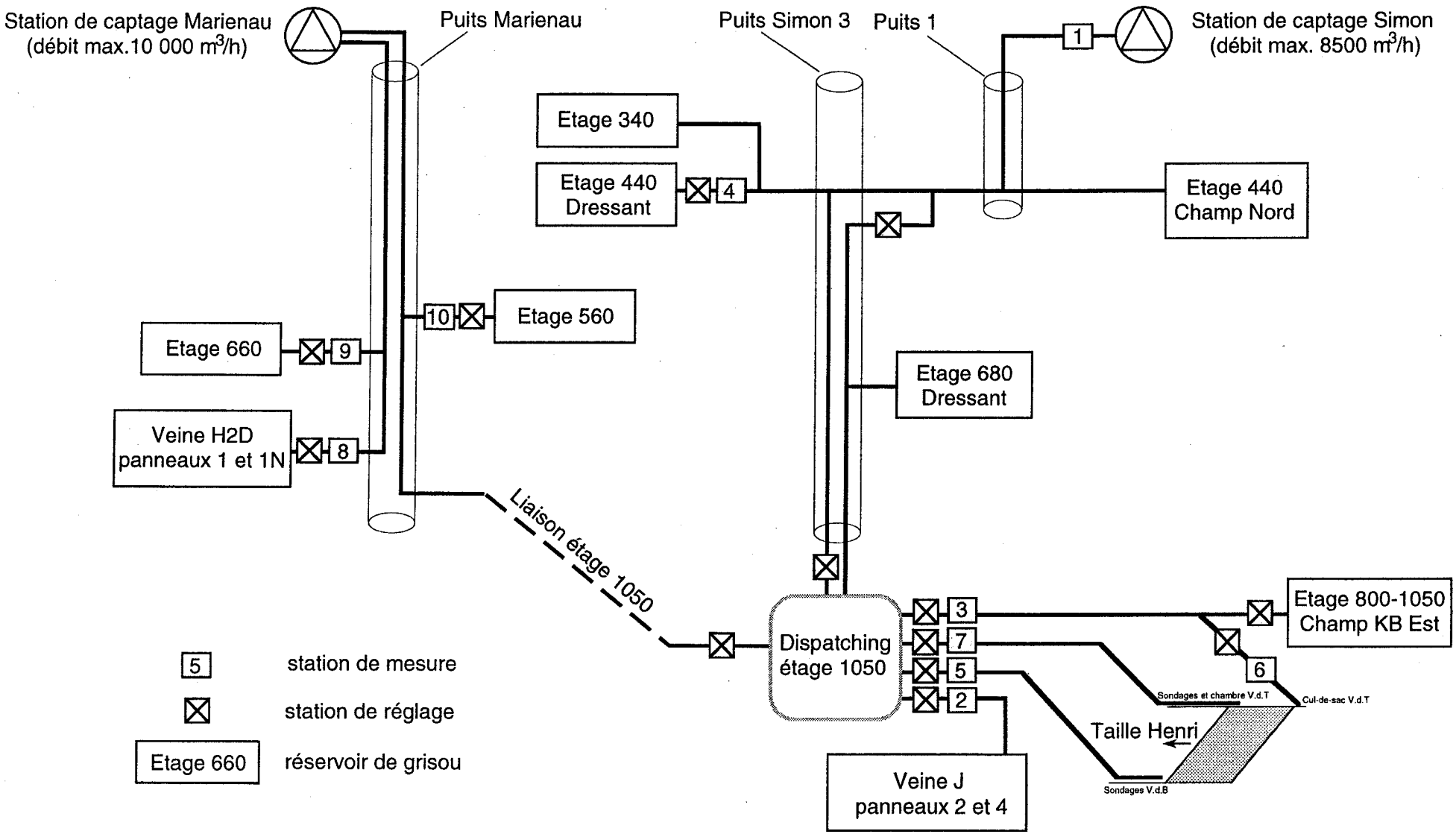


Figure 5. Schéma du réseau de captage équipé du système de télésurveillance et de gestion automatisée à l'Unité d'Exploitation Forbach des Houillères du Bassin de Lorraine

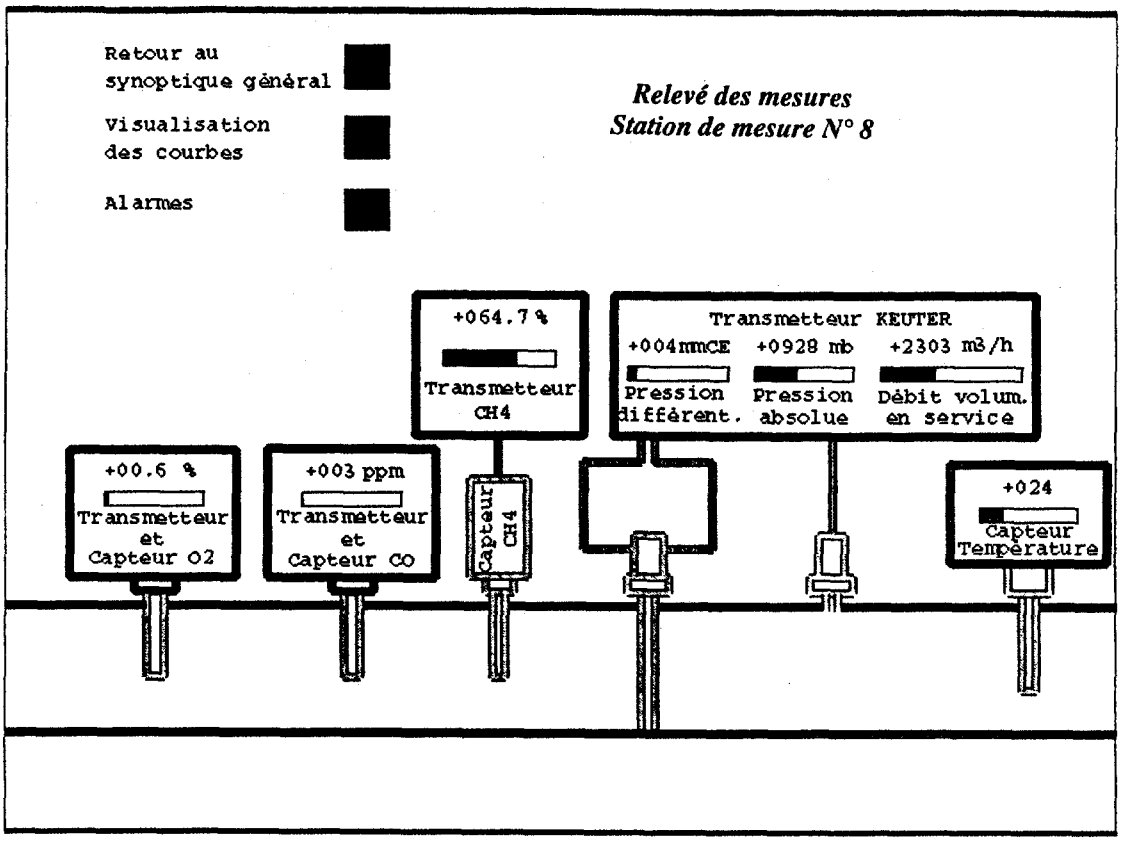


Figure 6. Synoptique d'une station de mesure

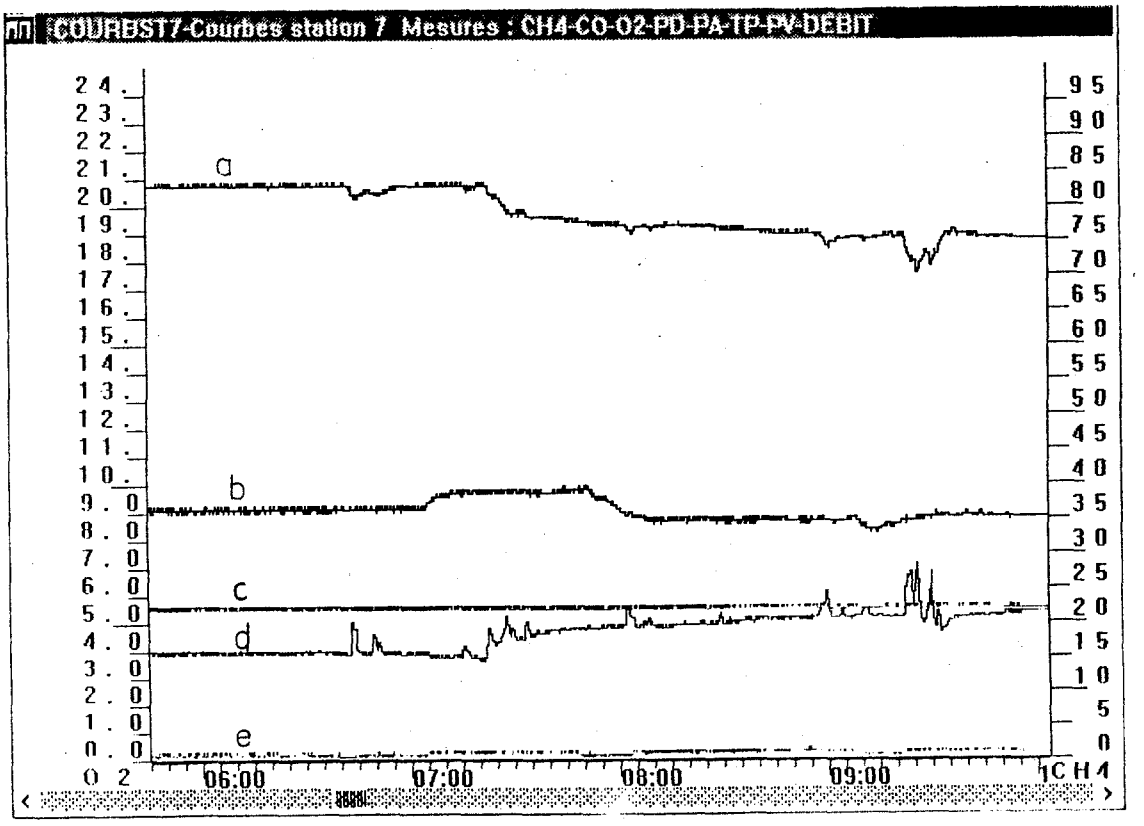


Figure 7. Synoptique d'évolution des grandeurs observés par une station de mesure : a - teneur en CH_4 , b -pression absolue, c - température, d - teneur en O_2 , e - teneur en CO

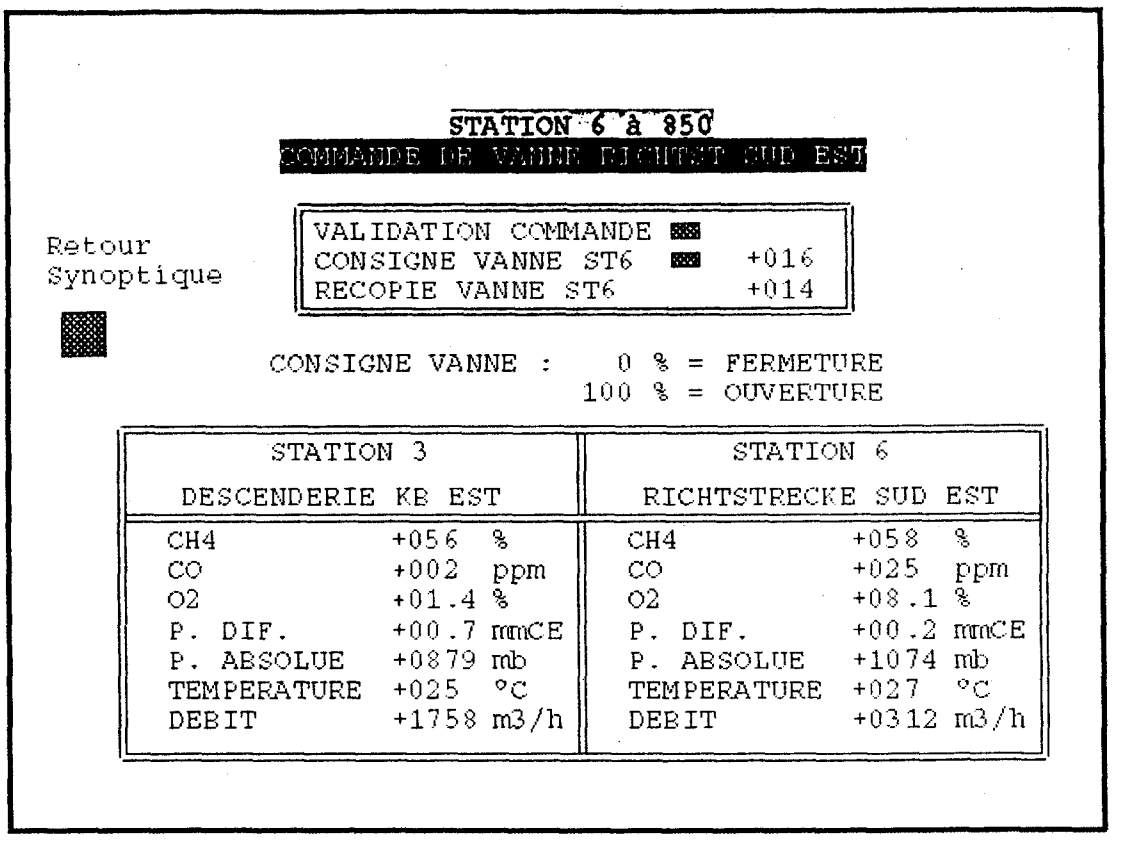


Figure 8. Fenêtre de commande d'une station de réglage

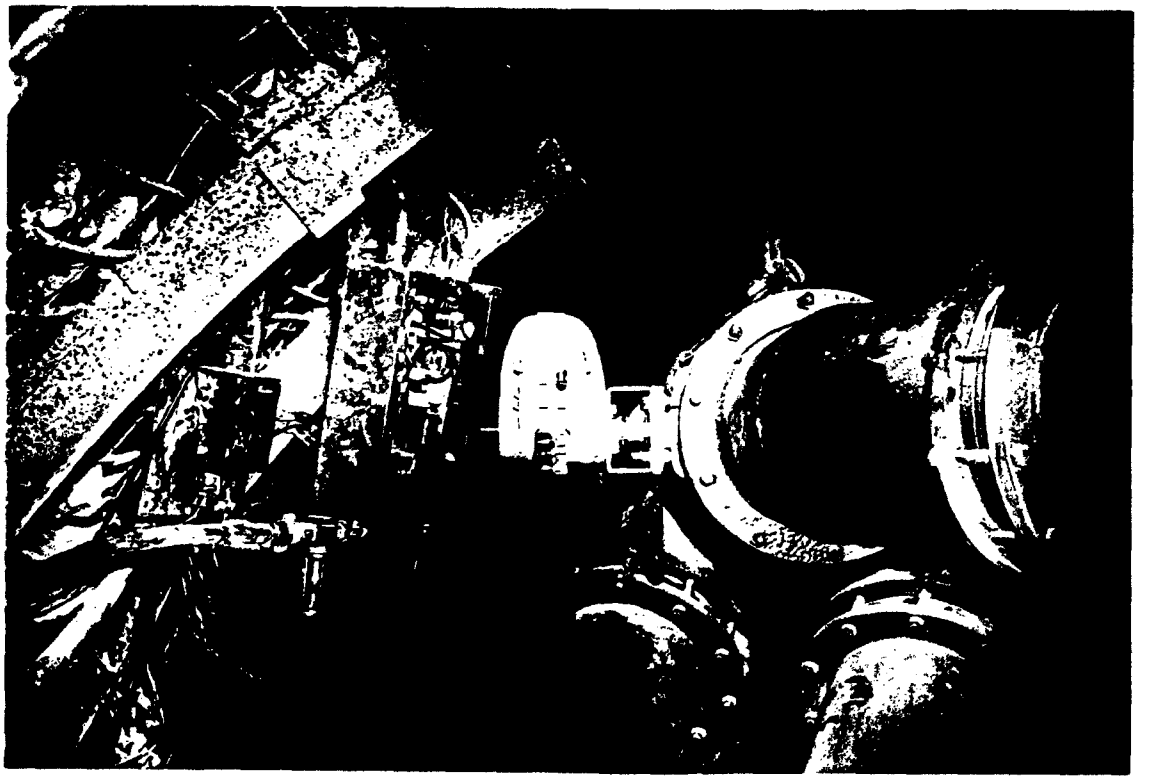


Photo 1. Vue d'une station de réglage au fond