AMELIORATION DE LA FIABILITE DES DETECTEURS DE MONOXYDE DE CARBONE

D. JAMOIS - G. ROSE

INERIS

Journée technique des Charbonnages de France, Hombourg-Haut, 7 juin 1995, p. 283-288

Les travaux réalisés dans le cadre d'une précédente convention CECA "surveillance centralisée appliquée au contrôle des risques dans une exploitation minière" ont eu pour objectif d'augmenter les capacités de surveillance du CGA, et en particulier de l'équiper d'un capteur de monoxyde de carbone.

A l'époque, le choix du mode de détection du CO s'était porté sur la cellule électrochimique qui présentait et présente toujours de nombreux avantages : bonne sensibilité, stabilité de la mesure sur sa durée de vie, consommation électrique nulle, encombrement réduit, besoins en maintenance simples, et surtout, un coût très faible comparé aux analyseurs à infrarouge de l'époque.

Le défaut de la cellule électrochimique est son manque de sélectivité. Elle donne en effet une réponse à plusieurs autres gaz que celui pour lequel elle est destinée.

Dès leur installation à Vouters, les capteurs ont signalé la présence de CO au moment des remblayages. Après analyse par les services techniques des houillères, il s'est avéré qu'il n'y avait pas de CO, mais seulement de l'hydrogène provenant des boues de remblayage ; or l'hydrogène est un interférent connu de la cellule électrochimique de CO à 3 électrodes de chez City Technology qui équipe ces capteurs.

Nous avons donc entamé une recherche de technique à mettre en oeuvre pour fiabiliser la détection du monoxyde de carbone vis à vis de l'hydrogène. Nous avons tenu compte dès le début des travaux de sa facilité de mise en oeuvre sur le CGA et du coût engendré.

Au terme d'une revue préliminaire des solutions possibles au problème de l'interférence de l'hydrogène sur la détection du CO en mine, trois voies d'investigation ont été retenues et étudiées :

Adaptation d'un filtre actif

La solution d'un filtre, capable d'éliminer l'hydrogène à l'entrée de la cellule, aurait présenté l'avantage d'une adaptabilité et d'une maintenabilité très simple et quasi gratuite. Mais les essais réalisés sur les filtres actifs ont mis en évidence une affinité importante du CO pour les composés catalytiques utilisés. Une solution était de rendre ces filtres moins sensibles au CO en les désactivant.

Mais les résultats ne sont pas satisfaisants car on obtient, dans le meilleur des cas, un filtre qui arrête environ 5% du CO et seulement 70% de l'hydrogène.

Cette voie de recherche a été abandonnée car elle aurait nécessité des travaux importants avant d'aboutir à un résultat fiable, en particulier si l'on veut tenir compte de l'influence de l'humidité sur l'efficacité du filtre, paramètre qui n'a pas été abordé.

Procédé de discrimination des gaz

Nous avons étudié la faisabilité d'une discrimination de l'hydrogène par un conditionnement électrique particulier de la cellule 3 électrodes et un traitement des signaux prélevés sur les 3 électrodes et non pas sur une seule - l'électrode de travail - comme c'est toujours le cas. Mais nous avons abandonné aussi cette idée car elle s'est révélée difficile à concrétiser à court terme.

Une autre cellule électrochimique

Depuis le capteur CO du CGA, deux nouvelles cellules électrochimiques de CO, spécialement conçues pour être insensibles ou moins sensibles à l'hydrogène, ont été développées. Il s'agit de la cellule 4é (4 électrodes) de City Technology et de la cellule 3é (3 électrodes) de Dräger.

Cellule à 4 électrodes de CITY TECHNOLOGY

Des essais ont été réalisés et des prélèvements ont été faits sur le site de Vouters afin de déterminer une nouvelle fois la nature du ou des gaz qui se dégagent à proximité des sites d'exploitation en dressant au cours des opérations de remblayage.

Nous avons mesuré qu'au moment du remblayage, les boues injectées, qui sont constituées de sable de mâchefer et d'eau industrielle, libèrent de l'hydrogène dont la concentration, dans l'environnement du détecteur, peut atteindre 200 à 250 ppm.

Nous avons relevé la réponse d'une cellule 4é pendant toute la durée du remblayage : elle est bien insensible à l'hydrogène car sa réponse a été **0 ppm** contrairement au capteur du CGA qui a enregistré des pointes de CO à 35 ppm (plan du chantier et enregistrement ci-après).

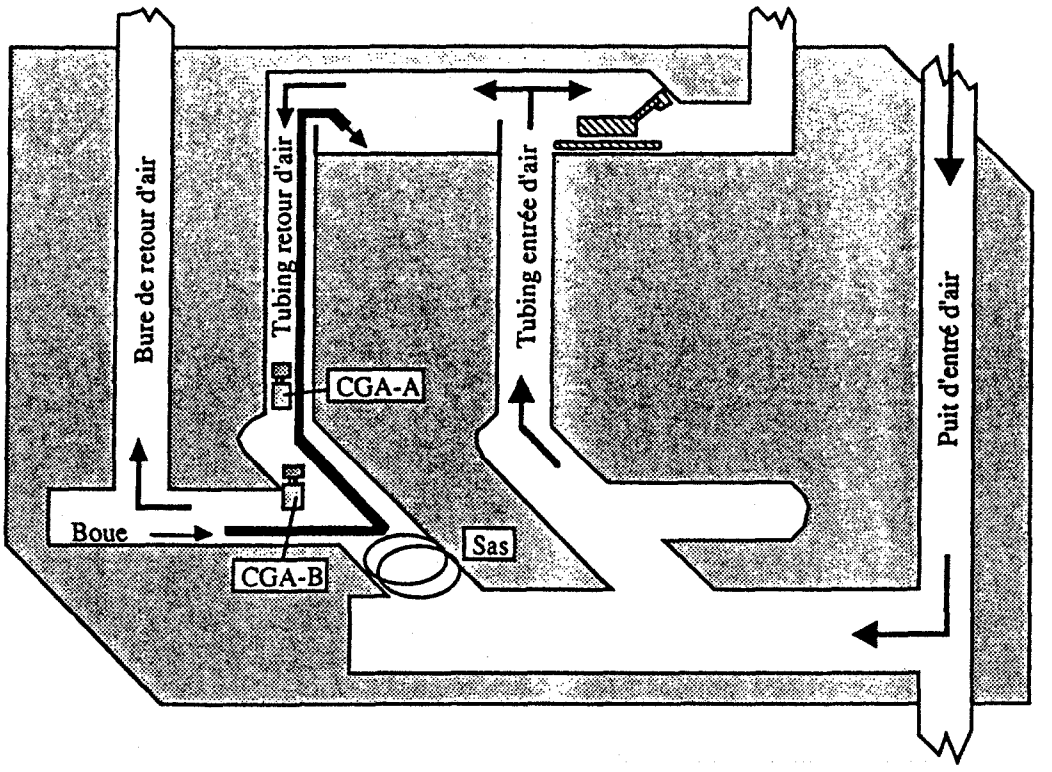
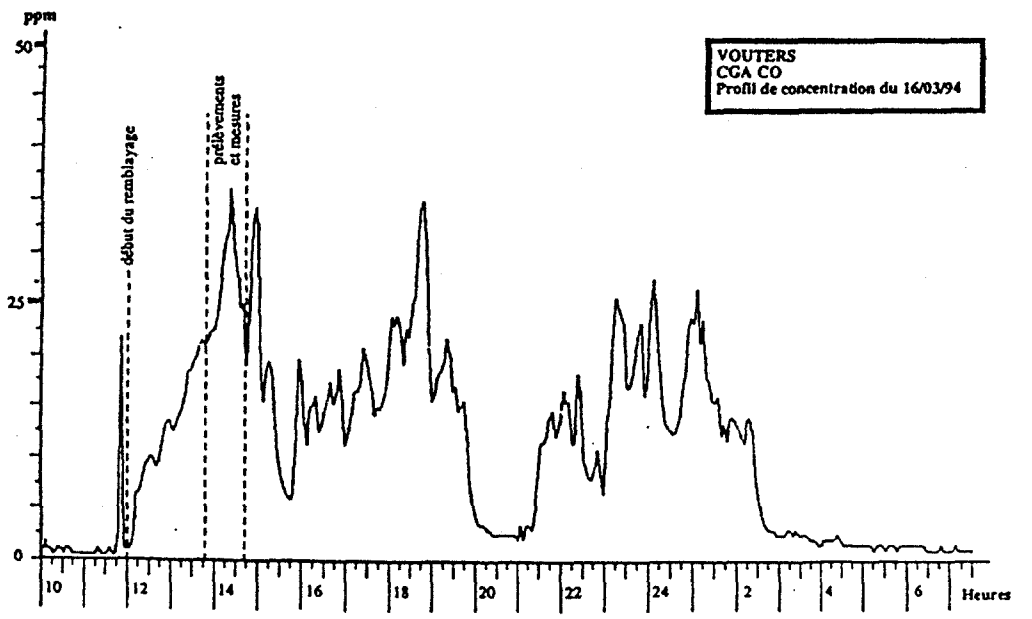


Figure 1 - Schéma d'une coupe verticale d'exploitation en dressant



Le principe de fonctionnement de la nouvelle cellule électrochimique de City Technology repose sur l'introduction d'une quatrième électrode pour assurer le rôle d'une seconde électrode de travail.

Les deux électrodes de travail placées l'une derrière l'autre sont sensibles chacune à des degrés différents au CO et à l'hydrogène, en raison des résistances de diffusion différentes et de l'exposition plus importante aux gaz de la première électrode de travail. On peut donc réaliser une discrimination en calculant la contribution réelle du CO aux signaux des deux électrodes de travail dans un mélange de gaz contenant également de l'hydrogène.

$I1 = a [CO] + b [H_2]$
$I2 = b [CO] + d [H_2]$

I1 est le courant électrochimique sortant de l'électrode de travail 1 et I2 celui de l'électrode de travail 2.

a, b, c, d sont des constantes qui sont calculées à la calibration dans le CO et dans H_2.

[CO] et [H_2] sont les concentrations de CO et de H_2 dans l'air.

On dispose d'un système de 2 équations à 2 inconnues dont la résolution permet de donner la teneur en CO et en H_2.

Un programme d'essais à été mis en place de façon à caractériser le comportement des signaux I1 et 12 issus des deux électrodes de travail et de l'électrode auxiliaire en fonction de la concentration en CO et en hydrogène, et en fonction de la température et de la durée d'utilisation.

Une simulation du fonctionnement de cette cellule a été réalisée sur tableur. On a pu générer plusieurs scénarios de détection et constater l'effet des variations de la valeur des paramètres du calcul sur la mesure en CO finale.

Un réétalonnage au CO tous les mois, comme il a été suggéré de le faire pour le capteur CO du CGA actuel, est tout à fait compatible avec les résultats obtenus sur la cellule 4é. En ce qui concerne l'hydrogène, la stabilité du rapport des signaux des deux électrodes de travail peut permettre de s'affranchir d'un réétalonnage à cette fréquence, une ou deux fois par an devrait suffir.

L'instrumentation de la cellule 4é nécessite un traitement numérique des signaux et l'emploi d'un microcontrôleur.

Cellule Dräger

Les caractéristiques fonctionnelles de la cellule fabriquée par Dräger sont très proches de celles de la cellule 3 électrodes classique de City Technology. Elle possède une sonde de température intégrée pour la compensation, et la possibilité d'adapter un filtre pour éliminer les principaux interférents (H_2S, NO, alcools, formaldéhyde, éthylène, acétylène,...).

Le constructeur préconise un étalonnage tous les mois avec un mélange de CO dans l'air ou l'azote entre 300 et 800 ppm.

De plus, cette cellule fonctionne avec une différence de potentiel entre l'électrode de travail et l'électrode de référence de 150 mV, ceci pour optimiser la sélectivité de la mesure vis-à-vis de l'hydrogène.

Les essais réalisés au laboratoire et effectués sur une seule cellule ont mis en évidence un coefficient d'interférence à l'hydrogène de 0,035, c'est-à-dire qu'une concentration de 300 ppm d'H_2 provoque une déviation de l'ordre de 10 ppm. Dräger donne un coefficient au plus égal à 0,09. La réjection n'est donc pas totale et il subsisterait toujours un doute sur l'occurence de CO au moment des remblayages.

Un nouveau capteur CO pour le CGA

L'échange standart de cellule sur le capteur CO du CGA n'est pas possible car l'électronique de conditionnement est spécifique à la cellule actuelle. Il a donc fallu bâtir un nouvel instrument autour de la cellule 4é de City Technology qui solutionne parfaitement le problème de Vouters. De plus elle coûte moins cher que la 3 électrodes actuelle - 82 livres au lieu de 106 livres - et que la cellule Dräger qui vaut 2400F.

Le nouveau capteur CO (type CO/H_2) délivre, en plus de la teneur en CO, la teneur en hydrogène. Les deux sont transmis et reproduits sur l'écran de contrôle sur deux emplacements du tableau répartiteur (on découvrira peut être un intérêt à surveiller et mesurer ces dégagements d'hydrogène).

La très petite consommation électrique de l'instrument a permis l'alimentation par piles : 6 piles alcalines 1,5V type R20 qu'il faudra changer tous les 2 à 3 ans. L'alimentation par le répartiteur du CGA est donc supprimée.

Le capteur CO/H2 affiche simultanément les teneurs en CO et H2 sur un écran à cristaux liquides.

