



HAL
open science

Méthanométrie : historique et avenir des grisoumètres

Gérard Rose

► **To cite this version:**

Gérard Rose. Méthanométrie : historique et avenir des grisoumètres. Journée de présentation des résultats INERIS à CdF, Jun 1994, Hombourg-Haut, France. pp.70-75. ineris-00971898

HAL Id: ineris-00971898

<https://ineris.hal.science/ineris-00971898v1>

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

HISTORIQUE ET AVENIR DES GRISOUMETRES

G. ROSE
INERIS

RESUME

Dans les années 50, le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (CERCHAR) a étudié un capteur catalytique, à filaments de platine pour équiper les grisoumètres de ses houillères. Sa fabrication a été confiée à la Compagnie Auxiliaire des Mines (CAM), devenue aujourd'hui OLDHAM-FRANCE.

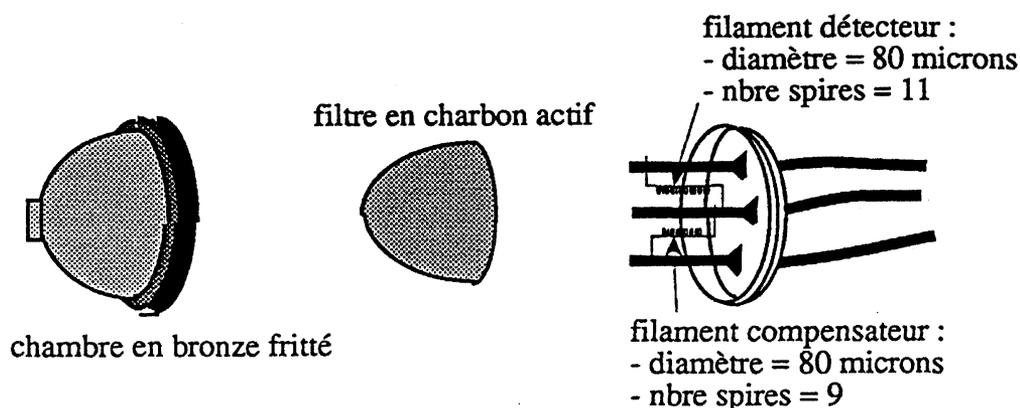
Pendant 30 années, de la première "tête" grisoumétrique de la centrale CTT63/40 jusqu'au dernier grisoumètre multifonction GTM90C, les différentes familles de grisoumètres ont vu leurs performances s'améliorer, sans qu'aucune modification n'ait été apportée au capteur, mais uniquement par la mise en oeuvre de techniques de transduction (utilisation et chauffage impulsif des filaments) de plus en plus élaborées. C'est seulement en 1994 qu'un nouveau capteur, utilisant le même filament, sera proposé pour améliorer les caractéristiques de réponse rapide du GTM90C.

L'augmentation considérable de la durée de vie, en terme de nombre de sollicitations du filament, obtenue avec la dernière technique, permet aujourd'hui d'effectuer la surveillance quasi-continue du grisou, comme le font les perles catalytiques utilisées à l'étranger et dans les industries de surface.

Dans les années à venir, le concurrent du capteur catalytique (filament ou pellistor) sera probablement le capteur infrarouge ; mais son coût et sa maintenabilité devraient limiter son emploi aux seuls endroits "propres" de la mine. D'autant que des capteurs catalytiques à faible consommation sont en cours de développement un peu partout. Le microfilament INERIS/LETI * est intéressant sur ce point, car il permettra la réalisation de grisoumètres (et d'explosimètres) ayant une consommation inférieure au milliampère : un grisoumètre portatif pourra fonctionner continuellement pendant un mois avec une pile plate 4,5 V, type lampe de poche.

* Laboratoire d'Electronique de Technologie et d'Instrumentation.

Dans les années 50, le CERCHAR a étudié un capteur catalytique pour la mesure du grisou dans l'air minier. En 1994, c'est toujours le même capteur qui est utilisé et pourtant les grisoumètres ont vu leurs performances considérablement s'améliorer au fil des années, grâce à des techniques d'utilisation de ce capteur de plus en plus élaborées.



Cellule CF671

Ce capteur, désigné "cellule catalytique CF671" à partir de 1967, est constitué de deux filaments de platine (détecteur et compensateur) logés dans une chambre hémisphérique antidéflagrante en bronze fritté. le filament détecteur, chauffé à environ 1 000°, pour servir de support à la réaction d'oxydation des molécules de méthane, donne une réponse proportionnelle au nombre de celles-ci, c'est-à-dire à la concentration de grisou dans l'air. Le filament "compensateur" a trois fonctions :

- compenser les erreurs de réponse du détecteur dues à la température et à la conductivité du milieu gazeux,
- corriger la dérive du zéro due à l'usure du détecteur,
- faire le "lever de doute" pour les teneurs en grisou importantes, supérieures à 50 % v/v.

Pour obtenir ces caractéristiques, le filament compensateur doit être porté à une température telle que son activité catalytique soit tout juste commençante (environ 800°). Sa réponse ne dépend donc plus que des paramètres d'influence et de son usure dans le temps. Un circuit électronique effectuant la différence des réponses fournit un signal qui ne dépend plus que de la teneur en méthane, et qui lui est proportionnel jusqu'à la limite inférieure d'explosivité du mélange air-méthane, soit 5 % v/v. Quant au lever de doute, il se traduit par un signal négatif dû à deux effets conjugués : - l'activité catalytique qui s'établit sur le compensateur à partir d'une teneur élevée - et la différence d'amplitude des pertes thermiques dans le mélange gazeux des deux filaments provenant de la différence de leurs températures de fonctionnement.

Les inconvénients du filament catalytique sont :

- sa consommation électrique (la puissance nécessaire pour chauffer les deux filaments est d'environ 1 watt),
- sa rapidité d'usure (durée de vie d'un mois en fonctionnement continu).

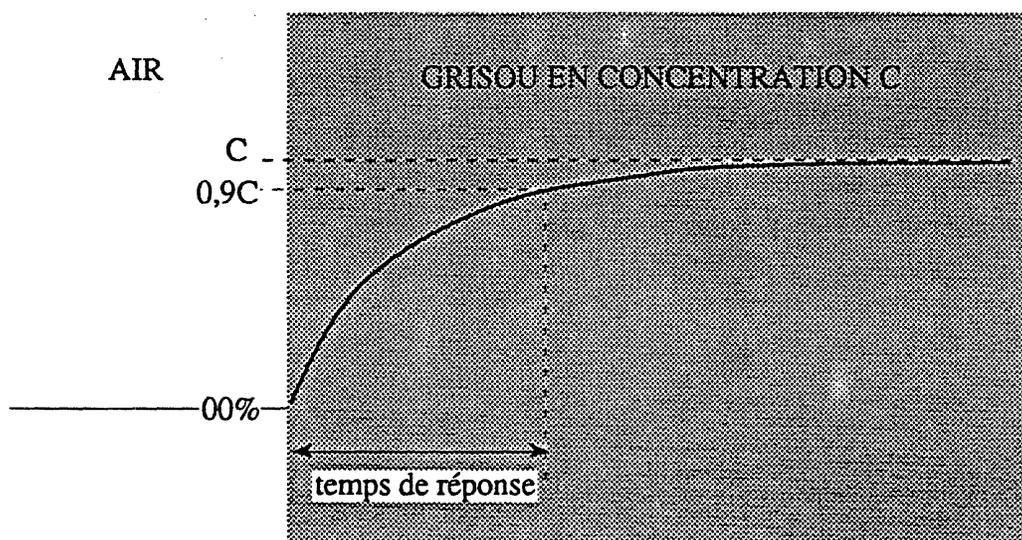
Contrairement aux perles catalytiques, il est préservé, du fait de sa température de fonctionnement élevée, de l'encrassement par certaines molécules telles que celles contenant du chlore ou du soufre.

L'encrassement diminue la surface active de la perle qui entraîne une baisse de sa sensibilité au gaz. Mais, la température du filament n'est cependant pas suffisante pour évaporer toutes les molécules ; on retiendra tout particulièrement celles contenant des silicones qui sont les principaux agents de désensibilisation des capteurs catalytiques. Il suffit de moins d'un ppm d'hexaméthylsiloxane (produit de référence contenant des silicones) pendant quelques minutes pour détruire totalement la sensibilité d'un détecteur catalytique. Il faut donc nécessairement mettre une barrière à ces molécules ; c'est ce qui est fait, avec une relative efficacité, par le filtre en charbon actif, placé à l'intérieur de la chambre de diffusion de la cellule CF671.

Les performances : durée de vie - consommation électrique - temps de réponse et retard au déclenchement sont indissociables de la technique de transduction (technique employée pour chauffer les filaments et utiliser leur réponse).

* Définitions :

Temps de réponse : c'est le temps qu'il faut attendre pour que le grisomètre indique 90 % de la teneur d'une arrivée de grisou.

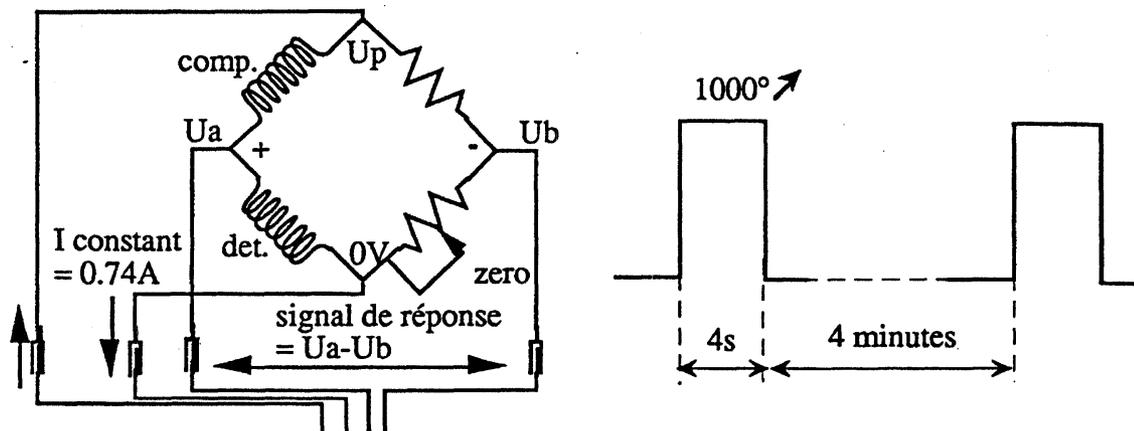


Retard au déclenchement : c'est le temps qu'il faut attendre pour que le grisomètre donne l'alarme et déclenche le coffret électrique consécutivement à une arrivée de 5 % vlv de grisou (limite inférieure d'explosivité).

Entre la première mise en oeuvre en 1963 dans le premier télégrisomètre du CTT63/40 et celle du GTM741 sorti en 1974, la durée de vie du capteur s'est trouvée multipliée par 20, puis multipliée par 100 avec la dernière technique utilisée dans le GTM90C. Quant au retard au déclenchement des télégrisomètres, il est passé de 4 minutes à 10 secondes.

La cellule CF671 a été chronologiquement associée aux techniques de transduction suivantes : (tableau récapitulatif en annexe 1).

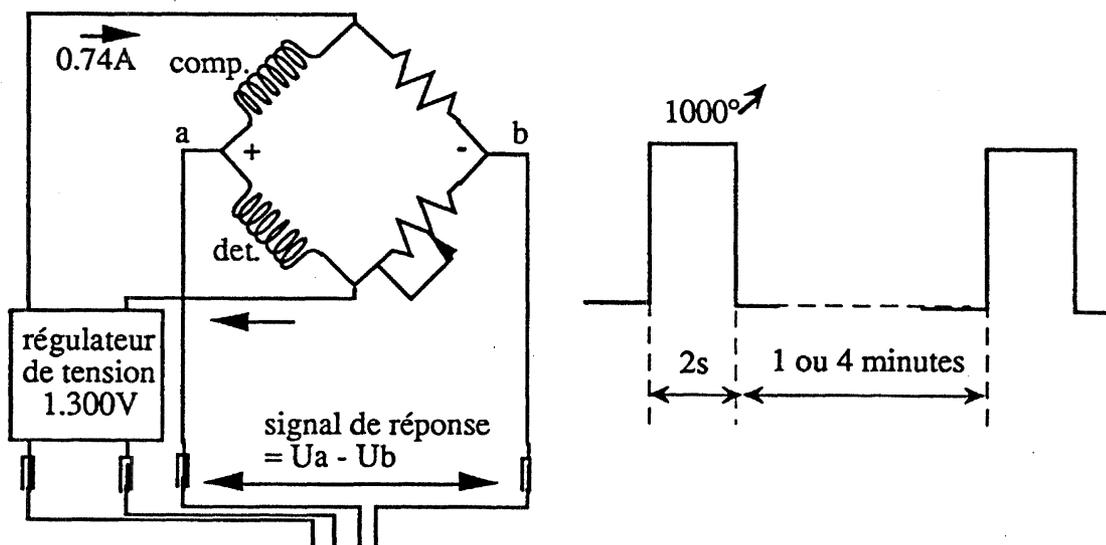
- chauffage à courant constant pendant 4 secondes



.utilisé dans la première tête télégrismétrique du CTT63/40

- . nombre de mesures (ou de sollicitations) avant la fusion du filament détecteur : < 100 000
- . temps de réponse du télégrismètre ; il est déterminé par la cadence d'interrogation de la centrale, soit : 4 minutes max.,
- . retard au déclenchement : il est aussi déterminé par la cadence d'interrogation soit 4 minutes max.

- chauffage à tension constante



Cette technique est utilisée :

= dans la tête télégrismétrique actuelle du CTT63/40. Durée de l'interrogation : 2 secondes.

- . durée de l'interrogation : 2 secondes,
- . nombre de mesures : environ 250 000 mesures dans l'air pur, 500 000 dans du gaz à 2 % v/v CH₄,
- . temps de réponse du télégrismètre : 4 minutes max.,
- . retard au déclenchement : 4 minutes max.

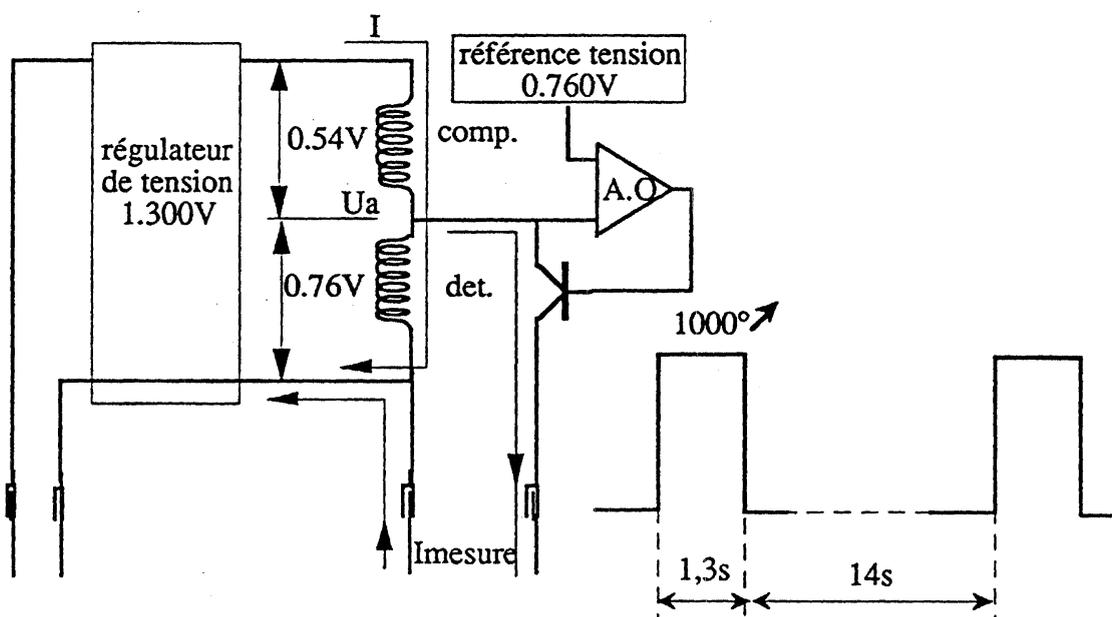
= dans le VM1 :

- . interrogation manuelle
- . nombre de mesures : très variable, car il dépend de la durée des interrogations : 100 000 mesures

= dans le GTM67A:

- . durée de l'interrogation : 2 secondes,
- . nombre de mesures : 250 000 dans l'air pur, 100 000 dans du gaz à 2 % v/v CH₄,
- . temps de réponse : cadence d'interrogations : 1 ou 4 minutes max.,
- . retard au déclenchement : 1 ou 4 minutes max.

- chauffage à tension partielle constante (0,760 V)



.utilisé dans le GTM741G et M

- . nombre de mesures : environ 2 000 000 dans l'air, 1 000 000 dans 2 % v/v CH₄,
- . temps de réponse : 2 fois la cadence d'interrogation : 30 secondes max.,
- . retard au déclenchement : cadence d'interrogation du grisomètre : 17 secondes max.

Remarque : le temps de réponse intrinsèque de la cellule étant d'environ 20 secondes, il faudra, dans le pire des cas, attendre deux interrogations du grisomètre pour qu'il indique un titre volumique supérieur à 90 % de C.

- préchauffage pendant 0,6 s puis chauffage à tension partielle constante pendant 1,3 s

Même technique que la précédente mais avec une phase de préchauffage. Elle a pour but d'assurer le fonctionnement du lever de doute aux fortes teneurs.

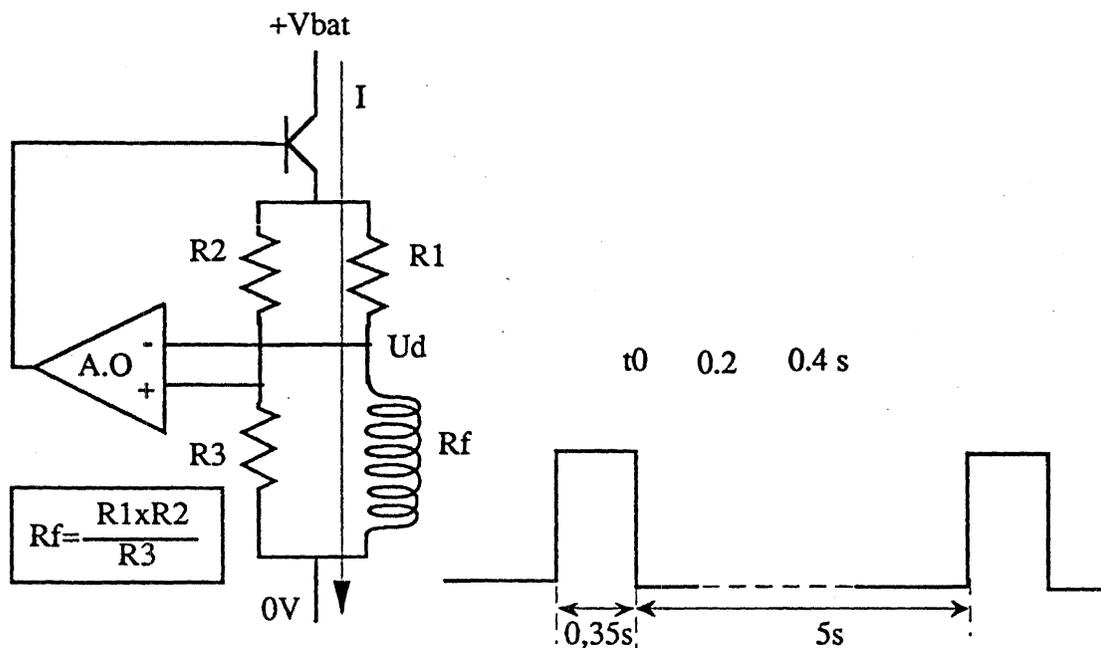
- . utilisé dans le télégrisomètre MT85 du CGA
- . nombre de mesures : environ 1 000 000,
- . temps de réponse : 1 à 4 minutes max., selon la cadence d'interrogation,
- . retard au déclenchement : 1 à 4 minutes max.

- chauffage continu par perles catalytiques : Balise MSA

Dans les années 80, la nécessité de grisoumètres à réponse rapide pour suivre le front de taille et donner l'alarme immédiatement font abandonner provisoirement la cellule à filament CF671 qui ne répond pas à cette spécification avec les techniques de transduction de l'époque. On lui préfère, à juste titre, le capteur à perles catalytiques qui fonctionnent en continu, grâce à une température d'activation beaucoup plus faible de 500 à 600°C. La balise MSA qui est équipée de ce type de capteur a un retard au déclenchement de quelques secondes.

Remarque : les perles catalytiques ne faisant pas le lever de doute, les grisoumètres qui en sont équipés doivent réglementairement verrouiller l'alarme à partir d'un seuil de concentration supérieur à la stoechiométrie qui est de 10 % v/v pour le mélange air-méthane. Le déverrouillage est fait manuellement sur décision de l'opérateur.

- chauffage rapide pendant 0,35 s, et à résistance du filament détecteur constante



- . utilisé dans le GTM90 C
- . nombre de mesures quelle que soit la teneur : 10 000 000,
- . temps de réponse : 20 à 25 secondes,
- . retard au déclenchement : 6 secondes max.

Le GTM90C a été développé suite à la demande évoquée précédemment. Pour réduire la consommation électrique de la cellule, le filament compensateur n'est plus utilisé, mais il est remplacé par des composants non consommateur d'énergie qui assument ses fonctions :

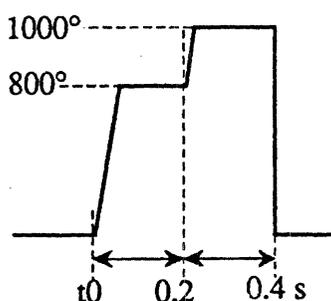
- un capteur pour mesurer la température ambiante et corriger les effets de ses variations sur le détecteur,
- un capteur électrochimique pour la mesure de l'oxygène qui fait le "lever de doute",
- un circuit électronique qui corrige pendant un mois la dérive du zéro due à l'usure du détecteur.

Remarque : la consommation du GTM90C n'étant pas trop excessive (bien que la cadence d'interrogation soit rapide) il a été possible de réaliser son "biberonnage" à grande distance. L'alimentation 50 V 30 a été développée à cet effet : 2 km avec un câble en fils de 8/10°.

Le GTM90C a été le dernier grisomètre basé sur la cellule catalytique CF671. La dernière technique de transduction, qui augmente considérablement le nombre de sollicitations possibles du filament, a permis d'accélérer la cadence d'interrogation au point de permettre une surveillance quasi-continue du grisou. C'est la cellule qui n'est plus à la hauteur de la technique de transduction, puisque le temps de réponse du grisomètre est maintenant déterminé par elle : forme et volume de la chambre de réaction - résistance du métal fritté et du filtre à la diffusion du gaz. Une nouvelle cellule a été étudiée : même filament détecteur, mais chambre de réaction et filtre différents. Le temps de réponse de la cellule passe de 25 secondes, pour la CF671, à 10 secondes. Cette cellule d'un nouveau type ne sera interchangeable avec la cellule CF671 que sur le GTM90C.

- chauffage rapide en deux paliers pendant 0,4 s. et à résistance du filament détecteur constante

La nouvelle cellule équipera un grisomètre dont le développement est en cours. Dans cet appareil, la technique de transduction est un perfectionnement de celle du GTM90C qui consiste à faire fonctionner le filament détecteur en compensateur pendant une courte durée à la température d'activité commençante.



On reconstitue ainsi, de manière temporelle, le filament compensateur qu'on avait enlevé dans la technique précédente, et on retrouve par conséquent tous les avantages qu'il procurait : compensation des paramètres d'influence, et de l'usure du filament - lever de doute. Le grisomètre se réduit alors à une cellule à un seul filament et un circuit électronique. Les caractéristiques de l'appareil sont :

- . télégrisomètre CGA - Balise - portatif,
- . nombre de mesures, quelle que soit la teneur : 10 000 000,
- . temps de réponse : 10 secondes,
- . retard au déclenchement : 10 secondes en télégrisomètre - 5 secondes max. en portatif.

Que seront les grisomètres dans la décennie prochaine ?

Une nouvelle génération de détecteurs de gaz à capteur infrarouge sont apparus sur le marché, et sont de plus en plus utilisés dans les industries de surface.

Le principe repose sur l'absorption par le méthane d'un rayonnement infrarouge à longueur d'onde déterminée. Ce principe est bien connu de la profession car il était celui des analyseurs de méthane et de monoxyde de carbone de marque UNOR. Les capteurs infrarouges ont l'avantage d'être inusables, ce qui n'est pas le cas des capteurs catalytiques. Ils conviendraient parfaitement aujourd'hui à l'application grisomètre portatif s'ils étaient moins chers et moins exigeants en maintenance ; car on peut supposer que la poussière et l'eau contenues dans l'air minier ne les mettent très souvent en défaut.

D'autres capteurs à semi-conducteur d'origine japonaise commencent à se répandre sur le marché grand public. Leur coût est très faible (inférieur à 10 francs) leur mise en oeuvre facile, mais leurs performances métrologiques ne passent pas la norme européenne. Ils ne visent d'ailleurs que l'application domestique.

Nous pensons que les capteurs catalytiques, filaments ou pellistors, ont encore de beaux jours devant eux, d'autant plus, qu'un peu partout dans le monde, de nouvelles générations à faible consommation sont en cours d'élaboration, et que les techniques de fabrication qui se mécanisent devraient en abaisser le coût.

Celui développé par l'INERIS en étroite collaboration avec le LETI *, est très intéressant à ce titre.

Il s'agit d'un microfilament en platine pur, fabriqué selon une technologie en couche mince : du platine est évaporé sous vide sur un substrat, en forme de filament plat, qui est ensuite enlevé. On obtient un filament plat, autoporté, caractérisé par ses petites dimensions et notamment sa faible épaisseur : 10 microns. L'énergie nécessaire pour amener le microfilament à la température d'activité catalytique est 7 fois plus faible que celle nécessaire pour le filament 80 microns.

Associé à la dernière technique de transduction, il est possible de faire la mesure en 0,05 seconde en n'ayant dépensé pour le chauffage que 0,03 joule ; ce qui se traduit par un courant moyen consommé très faible qui est inversement proportionnel à la cadence

$$\text{d'interrogation : } I = \frac{10 \text{ mA}}{\text{cadence}(\text{seconde})}.$$

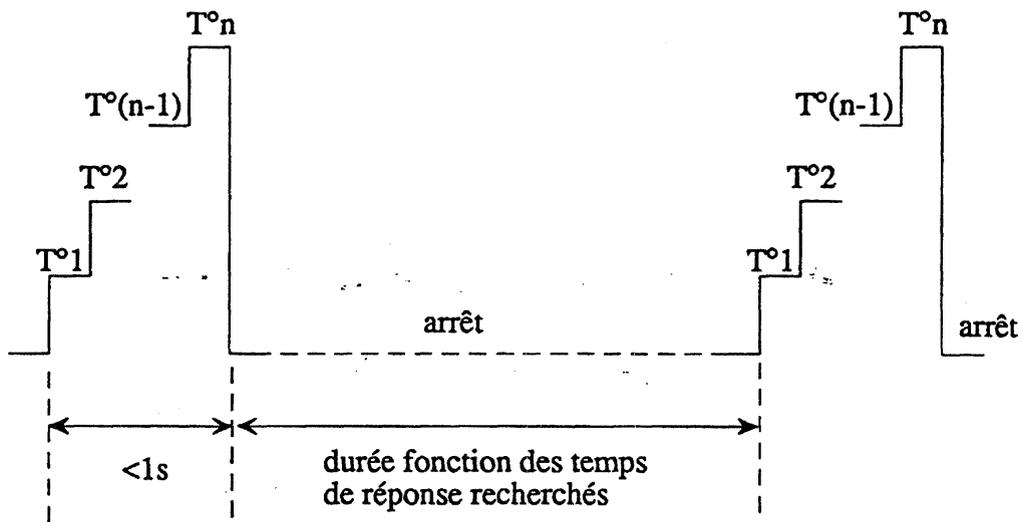
Ainsi, le courant consommé par un grisoumètre portatif qui aurait une cadence de 5 secondes serait d'environ 5 mA, dont 2 mA consommés par le capteur et le reste pour l'électronique d'instrumentation. Partant d'une pile alcaline 4,5 V (type lampe de poche) dont la capacité est de 4,4 A/h on disposerait d'une autonomie d'environ 1 000 h soit un mois de fonctionnement continu.

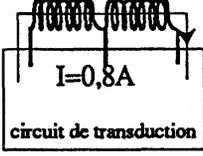
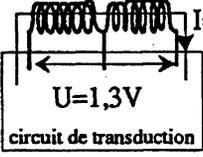
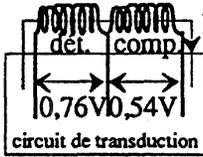
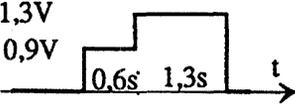
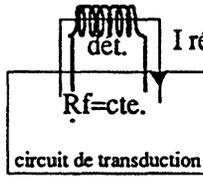
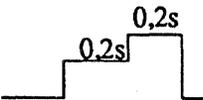
Pour la même raison, il sera possible de téléalimenter, à une cadence de mesures de 10 secondes, huit télégrisoumètres par une ligne du CGA.

L'INERIS travaille aujourd'hui sur le moyen de généraliser l'emploi du filament de platine aux autres gaz combustibles pour les applications industrielles de surface et domestiques. Nous élaborons actuellement une technique de transduction qui consiste à monter la température en escalier ; à partir des mesures faites aux différentes marches de température, on identifie le gaz combustible et on détermine précisément le titre volumique du mélange qu'il forme avec l'air, jusqu'à 100 % v/v pour certains gaz. Nous avons réalisé en application un explosimètre portatif qui donne la signature des gaz suivants : hydrogène - butane - propane - méthane.

* Le LETI est une division du CENG (Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble).

Nous pensons qu'il sera possible avec cette technique d'identifier et de titrer plusieurs constituants d'un mélange de gaz combustibles, par exemple : le mélange air + CO + H₂ + CH₄, qui se produit en mine lors d'un incendie.



Technique de transduction	grisoumètre	cadence	temps de rép. maxi.	retard au déclench. maxi.	nbre interro.
<p>I ch. constant pendant 4 s</p> 	1ère "tête" de CTT63/40	4mn	4mn	4mn	<100 000
<p>Uch. totale constante pendant 2s (sauf pour le VM1)</p> 	têtes de CTT63/40	4mn	4mn	4mn	100 à 250 000
	VM1	interrogations manuelles			<100 000
	GTM67A	1 ou 4mn	1 ou 4mn	1 ou 4mn	100 à 250 000
<p>Uch. partielles constantes pendant 1,3s</p> 	GTM741G	15s	30s	17s	1 000 000 à 2 000 000
	GTM741M	15s		17s	
<p>préch. à Uch. totale pendant 0,6s puis Uch. partielles constante pendant 1,3s</p> 	tête du CGA (MT85)	1 ou 4mn	1 ou 4mn	1 ou 4mn	1 000 000
<p>chauffage du détecteur pendant 0,35s et régulation du chauffage pour maintenir la résistance du filament constante</p> 	GTM90C	5s		5s	10 000 000
	avec la cellule : CF671	---	---	25s	
	avec la nouvelle cellule :	---	---	10s	
<p>même technique, mais 2 paliers de chauffage successifs de 0,2s</p> 	développement en cours				
	tête de CGA :	10s	10s	10s	10 000 000
	portatif :	5s	10s	5s	10 000 000

ANNEXE 1 : Techniques de transduction