

# L'Enregistreur d'absorption de rayons infra-rouges et son emploi dans les mines

PREMIERE PARTIE :

L'APPAREIL ET LA RECHERCHE DE SES POSSIBILITES D'EMPLOI

par le Dr. W. SIEBERT, de Ludwigshafen.

Traduit de « Glückauf » du 14 février 1948,  
par L. HOUARD, Ing. A. I. Lg.

*En conclusion des différents faits exposés, il est possible de se résumer de la façon suivante :*

*L'appareil à enregistrer l'absorption des rayons infra-rouges, de la Badische Anilin et Soda-Fabrik, se présente comme parfaitement utilisable pour l'analyse des mélanges gazeux que l'on rencontre dans les travaux du fond. Il permet d'obtenir facilement, rapidement et sûrement, une indication sur la teneur en méthane des gaz du fond, ce à quoi peuvent être destinés, conformément à ce but, deux domaines de mesures pour un seul appareil.*

*Particulièrement en ce qui concerne l'analyse quantitative de l'oxyde de carbone, l'appareil est tout à fait approprié si l'on procède à une correction facile des mesures. Cet aspect purement physique du problème offre des avantages certains relativement surtout aux mesures indispensables. La sensibilité est très grande si on la compare aux procédés d'estimation chimique, puisque 1 millième % d'oxyde de carbone peut être apprécié. La fidélité et l'exactitude du procédé sont telles que les erreurs les plus élevées auxquelles il faut s'attendre sont de l'ordre de plus ou moins 5 dix-millièmes % d'oxyde de carbone, c'est-à-dire plus ou moins 5 % du résultat total de la mesure. La sûreté de l'indication est grande, puisque les incertitudes les plus grandes ne dépassent pas 1 - 2 % du résultat final. Le temps nécessaire pour la mesure ne demande pas 5 minutes si on a établi auparavant un graphique convenable. L'exactitude de l'appareil peut être contrôlée à chaque instant d'une façon très simple au moyen de gaz comprimés dans des bouteilles d'acier et dont la concentration est connue.*

*Aussi loin qu'on peut pousser une comparaison des résultats avec ceux obtenus par d'autres procédés d'analyse, l'Uras se manifeste par une parfaite concordance des mesures.*

*Il en résulte donc, si l'on s'en tient aux résultats obtenus depuis plus de dix ans et portant sur des travaux divers et sur un grand nombre d'appareils, que l'emploi de l'Uras est tout indiqué pour analyser les mélanges gazeux dont l'existence dans les mines est à présent connue.*

## REMARQUES PRELIMINAIRES

En 1937-1938, au laboratoire de Physique et Technique du Service de Contrôle de la « Badische Anilin und Soda-Fabrik », à Ludwigshafen, fut mis au point un analyseur de gaz, l'enregistreur d'absorption infra-rouges (en abrégé : Uras).

Dans cet appareil, la Commission de surveillance du grisou de la caisse des exploitations houillères de Westphalie, à Bochum, trouva un moyen qui lui parut aussi approprié à l'analyse des gaz à la surface, qu'à la mesure et à l'enregistrement de leur teneur dans le fond. A partir de 1942, l'appareil fut expérimenté par la Commission tant à la surface qu'au fond de la mine.

En 1946, la « Badische Anilin und Soda-Fabrik » se décida, à la demande et avec la collaboration de la division Cokerie des Mines de la Sarre, à procéder à une expérimentation de l'appareil au sujet de ses possibilités d'emploi pour étu-

dier la composition des mélanges gazeux que l'on rencontre au cours des travaux miniers, en particulier la mise en évidence de très petites quantités d'oxyde de carbone, ce qui fut considéré comme un point de vue neuf et important.

Etant donné la particulière signification de tels essais pour la sécurité des travaux miniers, les commissions intéressées à l'application de l'Uras à une mesure des gaz, se sont décidées à publier le résultat de leurs travaux.

La seconde partie traite spécialement de l'emploi de l'Uras dans la mine.

### Généralités sur les appareils auto-analyseurs.

Les besoins de la grosse industrie ont rendu indispensable la création, autant qu'il est possible de la réaliser, d'appareils auto-analyseurs pouvant permettre un examen temporaire ou permanent des réactions, leur surveillance, la mesure de la com-

position des mélanges gazeux, le contrôle de la teneur et de la concentration des différents composants de ces mélanges.

On peut, dans cette intention, utiliser les différentes propriétés chimiques ou physiques des corps. C'est ainsi que tous les gaz, à l'exception des gaz rares et des gaz simples biatomiques (comme l'azote, l'oxygène, l'hydrogène), possèdent des bandes d'absorption caractéristiques dans la région infra-rouge du spectre. Cette propriété peut être utilisée avec succès pour l'élaboration de méthodes analytiques.

C'est dans cet esprit qu'un appareil, l'enregistreur d'absorption d'infra-rouges (en abrégé : Uras), a été mis au point dans les années 1937-1938 par E. Lehrer et K. Luft dans les laboratoires de Physico-technique du service de contrôle de la « Badische Anilin und Soda-Fabrik ».

Il s'agit d'un modeste petit appareil, conçu spécialement pour une technique analytique des gaz et travaillant sans décomposition spectrale, ce qui évite les grandes dépenses nécessitées par l'emploi des procédés spectroscopiques habituels, tout en permettant une mesure spécifique précise de maints gaz possédant des bandes d'absorption particulières dans la région de l'infra-rouge.

#### Conception et construction de l'Uras.

L'idée fondamentale qui a présidé à la conception de l'appareil a été exposée dans de récentes publications et, ici, on ne peut que se répéter. Elle consiste en ceci : on ne mesure pas l'affaiblissement du rayonnement infra-rouge, par suite de l'absorption à travers le gaz qui se trouve dans la chambre d'analyse, à l'aide des appareils habituellement employés, mais un volume de ce gaz lui-même, inclus dans une chambre de mesure particulière, est considéré comme récepteur pour le rayonnement. On passe ainsi d'une mesure intégrale à une mesure sélective de l'absorption puisque c'est l'échauffement d'un volume de gaz déterminé qui est évalué.

La fig. 1 montre le schéma de l'appareil dans ses grandes lignes; la fig. 2 nous le présente. Deux émetteurs de rayons infra-rouges, placés l'un derrière l'autre, sont composés essentiellement d'un fil de chrome-nickel. Ils sont insérés dans des réflecteurs en hydronalium poli et sont échauffés d'une façon constante par une lampe spéciale à filaments de fer dans une atmosphère d'hydrogène.

Le producteur de chaleur de chaque émetteur ne demande pas plus de 7 watts. Il n'y a donc pas lieu de prévoir un refroidissement par eau. Le rayonnement calorifique de l'un des émetteurs se dirige vers une chambre de mesure en traversant une chambre de comparaison remplie d'air; le rayonnement du second émetteur est dirigé vers une seconde chambre de mesure au travers d'un mélange de gaz à étudier et contenu dans une chambre d'analyse. Chambre d'analyse et chambre de comparaison sont dorées intérieurement et constituées par des cylindres de verre, munis de fenêtres en mica ou en quartz. Les gaz à mesurer

doivent être bien secs à leur entrée dans l'appareil. Les corrections rendues nécessaires, dans le cas de mélanges à forte teneur en vapeur d'eau comme ceux que l'on rencontre dans la mine, sont faites facilement par le calcul et il en sera tenu compte

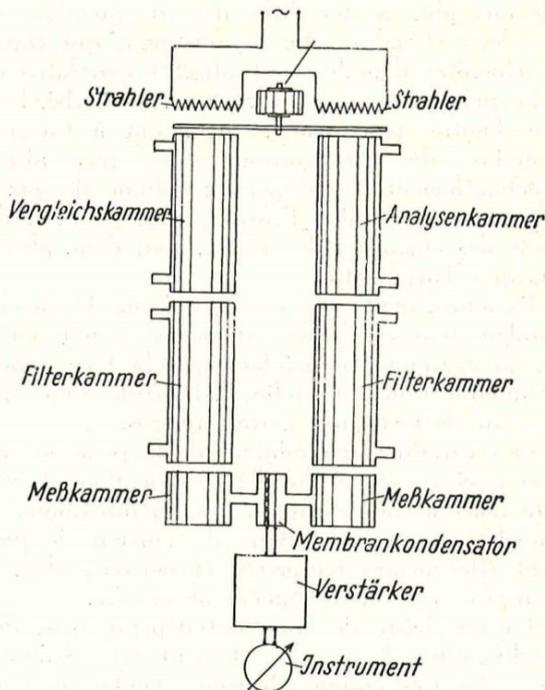


Fig. 1. — Enregistreur d'absorption des rayons infra-rouges.

plus tard. Les deux trajets des rayons peuvent être rendus égaux au moyen d'un dispositif annexe et ainsi, le point zéro de la mesure peut être déterminé. Pour éviter l'échauffement non sélectif des

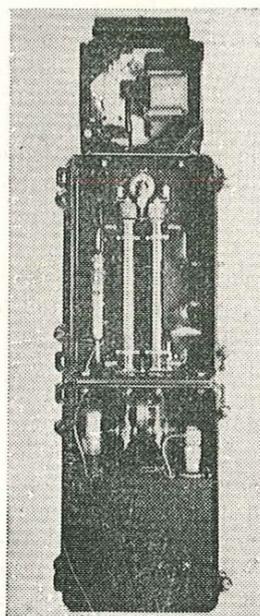


Fig. 2. — Enregistreur d'absorption des rayons infra-rouges Type A.

parois des chambres, un interrupteur peut être manié de façon à interrompre également et périodiquement les deux trajets des rayons. Ce dispositif comporte un moteur synchrone. Les deux cham-

bres de mesure fermées par une fenêtre en quartz contiennent, comme récepteur du rayonnement, le même gaz qui doit être évalué dans le mélange. Elles sont séparées l'une de l'autre par un condensateur dont une face, une mince feuille, est sensible aux plus petites différences de pression entre les deux chambres. Le rayonnement qui traverse la chambre d'analyse est affaibli corrélativement à la quantité du gaz qui se trouve absorbé, tandis que l'autre rayonnement cheminant à travers la chambre de comparaison n'est pas affaibli. L'échauffement périodique du volume de gaz déterminé et par suite, l'élévation de pression dans l'une des chambres de mesure, sont donc plus petits que dans l'autre.

La mince feuille qui constitue l'une des faces du condensateur-membrane est portée à une tension de 50 à 100 volts, pendant que la face opposée, maintenue isolée, est reliée à la grille d'un amplificateur de résistance à trois phases.

Des variations périodiques de la pression énoncées ci-dessus, il résulte des modifications de capacité dans le condensateur. Ces modifications sont transformées en variations de tension, lesquelles sont elles-mêmes renforcées et peuvent alors être indiquées par un instrument de mesure.

La sensibilité de l'appareil dépend aussi de la modification de tension et peut être déterminée avec une très grande précision. Toutes les parties de l'appareil sont logées dans un coffrage en fonte garni de caoutchouc, ce qui suffit en règle générale pour l'emploi à la surface.

#### Sensibilité et sécurité du fonctionnement.

En même temps qu'il existe une sensibilité qui se traduit par une modification de la tension au condensateur, un domaine de mesure doit être déterminé en tenant compte de la longueur de la chambre d'analyse et de la concentration du gaz que l'on étudie, afin d'obtenir une courbe-étalon qui devra être la plus droite possible. En général, l'appareil travaille dans un domaine de 0 à 0,05 milli-volt, ce que nous renseigne une aiguille inscriptrice.

Par exemple, la sensibilité peut être calculée de telle façon que, pour un appareil possédant une chambre d'analyse de 300 mm de longueur, un contenu de 0,05 % d'oxyde de carbone correspond finalement à une oscillation de 5 millivolts. Une courbe-étalon est donnée par la fig. 3. Le domaine mesurable est donc de 0 à 0,05 % d'oxyde de carbone. En abscisse, on porte les variations de tension, données par le mètre millivolt; en ordonnée, le pourcentage d'oxyde de carbone. La cinquantième partie de ce pourcentage est mesurable avec précision, c'est-à-dire, qu'une concentration en oxyde de carbone de l'ordre de 1 millièment % peut être évaluée, ce qui correspond à une différence de température de cinq dix-millièmes de degrés centigrades, ou encore à une modification de capacité de 0,016 micro farad.

Pour le gaz carbonique, la sensibilité peut être poussée plus loin, si bien qu'une modification de

concentration de 1 dix-millième % devient perceptible.

Ce qui est relatif à la sélectivité doit encore être indiqué sur la courbe de « sensibilité relative » qui traduit le fait que, dans certains cas, il peut se produire une modification de l'indication, par la présence d'autres gaz dans le mélange. Cette influence est d'autant plus petite que les bandes d'absorption des différents gaz se recouvrent dans la zone de longueur d'ondes, qui correspond à l'emploi de l'appareil.

Aussi, quand cette modification apparaît avec plus ou moins d'intensité dans certains cas, comme par exemple dans les gaz de la mine, il est souvent possible d'en tirer une bonne mesure sélective au moyen d'unités appropriées.

Malgré la petitesse des effets, la sécurité des mesures est très grande par suite de la solidarité et de l'entière symétrie des deux parties de l'appareil, de la constance du travail de l'amplificateur, de l'emploi de l'interrupteur permettant d'écarter l'influence de la température. Les déplacements du point zéro et les modifications de la sensibilité restent en moyenne inférieurs à 1/2 % du résultat final de l'échelle jaugée et vérifiée en examinant, environ toutes les deux semaines, la concentration connue de gaz comprimés dans des tubes d'acier.

De nombreux appareils sont restés en fonction d'une façon ininterrompue pendant plus d'une année avant qu'une quelconque vérification soit nécessaire, par exemple compensation d'un cylindre, d'un vérificateur ou d'un bloc électrolyte.

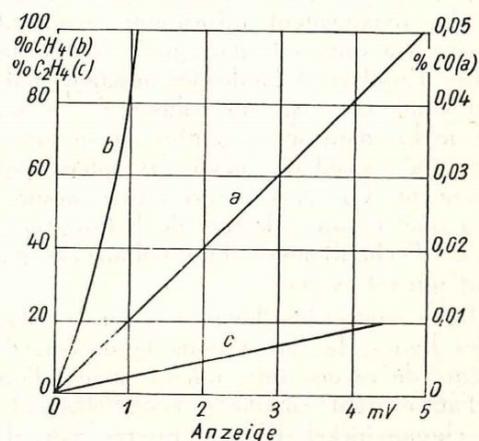


Fig. 3. — Courbe étalon CO (a). Sensibilité relative à l'égard du CH<sub>4</sub> (b) et du C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (c) pour une amplitude de mesures 0 — 0,05 % CO

#### Quelques exemples d'emploi.

Quant aux nombreuses possibilités d'emploi de l'Uras, nous ne pouvons en donner qu'un aperçu à titre indicatif et chercher ensuite dans quelle mesure l'appareil est utilisable pour l'analyse des gaz que l'on rencontre dans les travaux miniers. L'appareil a trouvé un emploi très important dans la détermination du CO et dans les mélanges gazeux. Cet indicateur d'oxyde de carbone est construit pour un champ de mesures, qui va de 0 à 0,05 % comme aussi de 0 à 100 %. De même, en raison de sa sensibilité, de la rapidité de ses indications

et de sa sélectivité, l'Uras est particulièrement indiqué pour en faire un appareil de surveillance automatique avec dispositif d'alarme. Il est, depuis des années déjà, en usage dans beaucoup d'exploitations. Il trouve encore emploi pour la détermination courante de méthane ( $\text{CH}_4$ ), d'éthylène ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) et d'acétylène ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) contenus dans des mélanges gazeux.

Dans le domaine médico-biologique, on utilise l'Uras pour déterminer la teneur de l'air d'une pièce en gaz carbonique.

La sensibilité de l'appareil à l'égard du gaz carbonique, peut s'élever à un tel degré que des modifications de teneur de l'ordre de 1 dix-millième % soient décelées. Cela permet son emploi dans l'étude des phénomènes d'assimilation et de respiration.

#### *Intérêt pour les travaux miniers.*

En dehors de ce qui précède, l'Uras doit encore trouver dans les travaux miniers, un emploi très étendu aussi bien dans l'analyse des échantillons d'air que dans la surveillance courante du méthane, de l'éthylène et de l'acétylène.

Quant à cette utilisation pour le contrôle de l'atmosphère de la mine et abstraction faite des questions de sécurité, il convient de préciser la notion de sensibilité des mesures et, en particulier, celle de la sensibilité relative. Il importe de savoir si et comment, par la présence simultanée d'autres gaz, — non seulement le gaz de mines, mais aussi le gaz carbonique et les carbures d'hydrogène non saturés, — l'indication est influencée et, éventuellement, dans quelle mesure cette influence peut être négligée ou entrer en ligne de compte. Un examen rigoureux de cette question est nécessaire dans le cas présent parce que précisément, non seulement il y a lieu de s'entourer de la sécurité la plus absolue, mais encore parce qu'une très petite concentration d'oxyde de carbone peut exister corrélativement dans la mine avec une grosse concentration de méthane. En de longues séries de mesures, ces questions ont été approfondies en collaboration avec le Dr. Jäger des laboratoires de chimie des Mines de la Sarre et amenées à des conclusions satisfaisantes. Les mesures furent effectuées avec des appareils qui comportaient différentes capacités de mesure pour l'oxyde de carbone et le méthane. On travailla aussi bien sur des composants considérés à part que sur des mélanges divers.

Pour avoir une idée tout à fait nette, les gaz les plus usuels (oxyde de carbone, méthane, éthylène) furent spécialement préparés au laboratoire d'analyse de la « Badische Anilin und Soda Fabrik », à un état de très grande pureté. Finalement, les résultats de l'analyse furent appliqués comparativement, d'une part à des mélanges préparés artificiellement, d'autre part à des échantillons naturels de mélanges gazeux. Nous ne pouvons mentionner dans les lignes suivantes que les résultats les plus importants.

1. — *Sensibilité relative.* — Un appareil spécialement jaugé pour la mesure de très petites concentrations d'oxyde de carbone, par exemple dans une limite allant de 0 à 0,05 %, correspondant à

une variation de tension de 0 à 0,5 millivolt au cadran, montre une sensibilité relative au gaz carbonique, au méthane et à l'éthylène. Par exemple, un échantillon de gaz comportant 10 % de gaz carbonique, le reste étant de l'azote, donna une variation de tension de 0,40 millivolt. Cette sensibilité relative de l'appareil au gaz carbonique disparaît complètement si l'on place dans le courant gazeux une carafe d'eau de grandeur moyenne contenant de la lessive de soude. Comme la mesure le prouva ici, l'aiguille revient au zéro. C'est pourquoi la modification de la concentration relative du méthane par rapport à des concentrations plus importantes de gaz carbonique, est facile à calculer. La sensibilité relative à l'égard du méthane et de l'éthylène a été calculée au moyen d'une suite d'expériences portant sur des concentrations de 5 à 100 % de méthane et d'éthylène dans de l'azote. Elle est représentée dans la fig. 3 par les courbes b et c. Dans cette figure est représentée en même temps la courbe-étalon correspondant aux limites 0 - 0,05 % d'oxyde de carbone (courbe a).

Comme on le voit, on obtient, en ce qui concerne  $\text{CH}_4$  et surtout  $\text{C}_2\text{H}_4$ , une courbe significative.

Pour éviter les causes d'erreur, on pourra corriger simplement la mesure des rapports par l'emploi de plusieurs Uras. Sur l'appareil qui doit servir à la mesure du méthane, on pointera à chaque instant sur un diagramme, la valeur de la concentration en méthane. Avec l'aide de ces valeurs, on déterminera sérieusement la courbe de sensibilité relative du méthane par rapport à l'oxyde de carbone, en déduisant des variations totales de la tension, celles qui sont dues aux concentrations de l'oxyde de carbone. Cette manière purement physique de déterminer un composant venant troubler les résultats primitifs, présente des avantages certains pour déceler les modifications chimiques d'un mélange, par exemple à la suite d'un incendie, et elle est une méthode de confiance comme l'ont montré les résultats des analyses comparatives effectuées sur des échantillons composés synthétiquement et contenant une certaine quantité de méthane.

La sensibilité relative, plus grande encore à l'égard de l'éthylène et d'autres carbures d'hydrogène non saturés, ne vient pratiquement pas en question comme source d'erreurs, parce que ces concentrations sont en général inférieures à 0,05 % (voir courbe C dans le schéma 3).

Si, par exception, des concentrations plus élevées doivent se présenter relativement à des carbures non saturés, comme cela peut être le cas à la suite d'un incendie, on les fait disparaître du courant gazeux avant introduction dans l'Uras. On se sert pour cela de carbone ou d'anhydride sulfurique, sans porter préjudice à l'évaluation de l'oxyde de carbone ou du méthane. Il est donc recommandé d'avoir toujours du carbone à sa disposition.

Dans la mesure de plus grandes concentrations de  $\text{CO}$ , la sensibilité relative est naturellement de moindre signification. De même, avec un appareil à  $\text{CH}_4$  (dont le champ de mesure va de 0 à 20 % de  $\text{CH}_4$ ), le  $\text{CO}_2$  et le  $\text{CO}$  n'influencent pas sen-

siblement la sensibilité relative. Quant au  $C_2H_4$ , une concentration relativement élevée de 10 % de  $C_2H_4$  dans de l'azote, ne donne qu'une variation de tension de 0,45 millivolt.

2. — *Résultats de l'analyse.* — Les résultats obtenus dans la recherche de la sensibilité relative dans des limites de mesure déterminées, et l'exactitude des opérations ont été déjà suffisants pour envisager favorablement l'application de l'appareil à la mine. Cette application s'impose d'autant plus si l'on compare les résultats des procédés d'analyse classique avec ceux que donne l'Uras, aussi bien en ce qui concerne des échantillons de gaz préparés synthétiquement que pour l'air atmosphérique ou les gaz provenant de la mine. Ici nous devons faire quelques courtes remarques sur l'exactitude des mesures à laquelle on peut prétendre et sur la marge des erreurs. Avec l'Uras, appareil qui repose sur des considérations purement physiques, et un spécimen étalonné pour l'estimation de l'oxyde de carbone dans une limite de 0 à 0,025 % de la concentration, on peut indiquer pour une valeur de 0,01 % d'oxyde de carbone, sous réserve d'une lecture exacte et des possibilités d'erreurs provenant d'oscillations de l'aiguille indicatrice, etc..., une erreur qui ne dépasse pas plus ou moins 5 dix-millièmes %, c'est-à-dire que la plus grosse erreur possible de l'indication comporte sensiblement moins de 5 % du résultat réel de la mesure. On peut donc affirmer qu'on lit encore bien à 1 millièbre % près d'oxyde de carbone.

Avec les procédés d'analyse chimique, en restant dans les mêmes conditions, les résultats sont beaucoup moins précis; ici l'erreur maximum serait environ de plus ou moins 3 millièmes %, c'est-à-dire que la plus grande erreur possible atteint plus ou moins 30 % du résultat réel.

En ce qui concerne les erreurs auxquelles on peut s'attendre du fait de la présence d'autres gaz dans un mélange, nous pouvons dire ceci : dans les analyses chimiques, l'estimation de l'oxyde de carbone est troublée par la présence du gaz carbonique et de carbures non saturés. Par exemple, l'éthylène se manifesterait par une plus grande sensibilité que l'oxyde de carbone lui-même.

Avec l'Uras, peut entrer en ligne de compte une influence de l'indication pour le méthane, l'éthylène, gaz carbonique — pas pour l'oxygène, l'hydrogène, l'azote — comme l'ont montré les mesures. Mais ce ne sont ici que des erreurs de très faible amplitude et les corrections sont faciles à faire, dans le cas du méthane, par des procédés physi-

De ces divers points de vue on peut tirer les comparaisons suivantes : le tableau 1, ordonné d'après des teneurs croissantes en CO, a rapport à quelques mélanges gazeux synthétiques contenant du méthane et de l'éthylène à différentes concentrations élevées. En regard des repères des échantillons, la première colonne donne des résultats obtenus par l'analyse chimique; la seconde, ceux obtenus par l'emploi de l'Uras, pour la dé-

TABLEAU I

Essai N <sup>o</sup>	Gaz fondamental % CO		Gaz d'accompagnement	
	Anal. chim.	Uras	CH <sub>4</sub> %	CH <sub>4</sub> %
1	0,0110	0,0097	—	—
20	0,0103	0,0104	—	—
3	0,0120	0,0122	5,2	—
23	0,0083	0,0070	80	—
6	0,093	0,098	5,1	—
8	5,2	5,8	80	—
21		0,0095 <sup>1</sup>	—	1
22	0,0104	0,0097	—	0,1
23		0,0095	—	

termination de la teneur en CO en % des volumes. Les chiffres donnés par l'analyse à l'aide de l'Uras représentent les valeurs réelles de CO, après correction tirée des courbes de sensibilité relatives au méthane. La comparaison des mesures 1 à 5, et 21 - 23 montre que la présence de 0,1 % d'éthylène n'a pratiquement aucune influence sur l'indication, comme on doit s'y attendre d'après la courbe de sensibilité relative à l'éthylène, car 0,1 % d'éthylène donnerait la même variation qu'environ 0,0002 % d'oxyde de carbone. Les numéros 21 et 23 étaient des échantillons identiques, et il faut en somme reconnaître ici la très bonne fidélité des résultats de l'Uras.

En un mot, il apparaît, d'après les résultats obtenus, qu'une concordance fort admissible est présentée par les deux procédés d'analyse.

Le deuxième tableau apporte maintenant une comparaison des différents procédés d'analyse effectuée sur des échantillons réels qui ont été traités dans quatre endroits différents et analysés dans des laboratoires de recherches désignés par Op. L. H. La colonne désignée par Ur nous donne les résultats de l'analyse par l'Uras. Il est tout indiqué

TABLEAU II

Essai N <sup>o</sup>	% CO				% CH <sub>4</sub>		% CO <sub>2</sub>		% O <sub>2</sub>	
	Op	L	H	UR	Op	H	Op	H	Op	H
A	0,004	<0,005	<0,005	0,004	26,0	26,40	5,5	5,4	5,1	4,98
B	0,023	0,013	0,010	0,017	6,9	9,29	6,1	6,42	8,0	7,76
C	0,008	0,010	0,010	0,012	28,9	29,62	2,5	2,59	8,5	8,94
D	0,089	—	0,250	0,240	5,3	5,02	7,9	8,10	5,0	5,40

de comparer de nouveau, au point de vue de la fidélité, de l'exactitude et de la marge d'approximation, les résultats des trois procédés d'analyse chimique (Op, L. H.) à ceux du procédé d'analyse physique (Ur).

En ce qui concerne l'analyse du méthane, du gaz carbonique et de l'oxygène, il existe une bonne concordance des résultats.

Mais les rapports sont un peu différents en ce qui concerne l'analyse de l'oxyde de carbone : par exemple, le résultat 0,089 de Op (expérience D)

présente une assez grosse différence avec le chiffre donné par l'Uras qui concorde très bien avec le résultat de H.

Du reste, il est toujours possible d'établir une excellente concordance des résultats, malgré les difficultés dont nous avons parlé, si les résultats de l'analyse sont mis en évidence les uns à côté des autres, comme dans le groupe d'expérience B (le résultat Ur est ici égal à la moyenne des résultats des trois autres analyses). Pour ce groupe C, la différence des résultats reste très petite; pour le groupe A, la concordance est très bonne.

---

### SAMENVATTING.

---

Het toestel van de Badische Anilin und Soda Fabrik, voor het meten van de absorbtie der infrarode stralen, blijkt zeer geschikt tot het ontleden van de gasmengsels die men in de ondergrondse werken aantreft. Het laat toe vlug, gemakkelijk en met zekerheid een aanduiding te bekomen van het gehalte aan methaan der ondergrondse gassen, tot welk doel twee meetdomeinen kunnen aangewend worden voor een zelfde apparaat.

Het apparaat is bijzonder aangewezen voor de kwantitatieve ontleding van het koolstof-oxyde mits een gemakkelijk uit te voeren correctie der resultaten. Dit zuiver physisch aspect van het probleem biedt zekere voordelen, vooral in betrekking tot de nodige metingen.

De gevoeligheid is zeer groot vergeleken bij de chemische methoden, vermits 1 duizendste % CO kan geschat worden. De getrouwheid en de juistheid zijn zodanig dat de hoogste fouten die men moet verwachten van de grootte-orde van plus of min 5 tienduizendsten % CO zijn, t.t.z. plus of min 5 % van het totaal resultaat der meting.

De zekerheid der aanduidingen is groot, vermits de grootste onzekerheden geen 1 à 2 % van het eindresultaat bedragen. De nodige tijd voor een meting bedraagt geen vijf minuten indien men voorafgaandelijk een behoorlijke meetkromme heeft opgesteld. De juistheid van het apparaat kan op ieder ogenblik op eenvoudige wijze nagegaan worden door middel van in stalen flessen samengeperste gassen, waarvan de concentratie gekend is.

Zover als men de vergelijking kan doordrijven van de bekomen resultaten met deze door andere ontledingswijzen opgeleverd, geeft de Uras een volmaakte overeenstemming der uitslagen.

Rekening houdend met de uitslagen gedurende meer dan tien jaar bekomen en betrekking hebbend op diverse werken en op een groot aantal apparaten, volgt dus daaruit dat het gebruik van de Uras volledig aangewezen is voor de ontleding der gasmengsels waarvan het bestaan in de mijnen tot nu toe gekend is.

---