

# Système indicateur électronique pour les mines

Possibilité de contrôler, à partir de la surface, la position de tous les interrupteurs commandant les moteurs utilisés dans les travaux du fond (1)

par W. UNSWORTH et R. F. ELLIS

Traduction adaptée par Y. de WASSEIGE,

Ingénieur à Inchar.

## Introduction.

Le développement de la mécanisation dans les mines britanniques a posé de nombreux problèmes parmi lesquels le danger d'incendie peut être considéré comme l'un des plus importants.

Il y a de nombreuses circonstances dans lesquelles un interrupteur est resté dans la position « on » (circuit fermé), soit parce que les contacts s'étaient gelés, soit pour d'autres causes, alors que la manette de l'interrupteur était sur la position « off » (circuit ouvert).

Le poste suivant a manœuvré l'interrupteur général, ignorant qu'en agissant ainsi, il mettait en route des machines, telles que des convoyeurs ou des haveuses, dans un quartier où personne n'était occupé à ce moment, créant par conséquent des conditions dangereuses qui pouvaient provoquer un incendie.

En 1954, Machin et Ogden, à la mine Warsop dans le district n° 3 de la division East Midlands, ont mis au point un système qui a été connu sous le nom « Little Mo » et qui promettait de pouvoir résoudre ce problème. Ce système électromagnétique transmettait jusqu'à la surface, par un conducteur double, les informations sur la position des interrupteurs. Ce système a fonctionné de manière parfaite, mais il avait le désavantage majeur que chaque interrupteur requérait deux conducteurs qui se trouvaient dans un câble à fils multiples.

Aussi longtemps que le nombre d'interrupteurs à contrôler était peu élevé, ce fait ne présentait pas un inconvénient majeur. Cependant, lorsqu'on a réalisé que, dans les mines largement développées,

on pouvait avoir à contrôler jusqu'à 500 interrupteurs, le problème des câbles s'est posé puisqu'une telle installation aurait requis l'emploi de 1000 conducteurs.

La grande extension des travaux dans les mines modernes nécessitait l'emploi de grande longueur de câbles à conducteurs multiples qui s'avérait, dès lors, d'un coût prohibitif.

Ce système « Little Mo » était bien conçu, le panneau indicateur dans la salle de contrôle en surface était arrangé de manière à renseigner, par des lumières de différentes couleurs, la position de chaque interrupteur; il était aisé pour n'importe qui, par un simple coup d'œil au panneau de contrôle, de voir quel interrupteur était ouvert et quel interrupteur était fermé.

Ce système a tellement impressionné un des auteurs du présent article qu'il a cherché à obtenir le même résultat sans utiliser de câble à conducteurs multiples.

On sait qu'un conducteur peut transporter un nombre infini d'impulsions à des fréquences légèrement différentes. Le problème était alors de concevoir un système dans lequel une impulsion puisse être induite dans un conducteur par la fermeture d'un interrupteur, transmise par ce conducteur jusque la surface, captée et transformée de façon à agir sur un système indicateur. Si cela pouvait être réalisé, un très grand nombre d'impulsions, séparées par une fréquence convenable, pouvaient être induites par un nombre égal d'interrupteurs dans un câble commun, transmises ainsi jusqu'à la surface et captées; chacune de ces impulsions pouvait, alors, manœuvrer un indicateur convenable montrant la position de l'interrupteur.

(1) Traduction adaptée de l'article « An electronic indicating system for mines » par W. Unsworth et R.F. Ellis - Colliery Guardian, 1958, 31 juillet, pp. 125-129.

**Description générale du système (1).**

Ce système comporte trois parties principales : les cellules sensibles, le câble de transmission des signaux et les unités de captage des signaux avec le panneau indicateur. La figure donne le schéma des connexions.

**1. Les cellules sensibles.**

Chaque cellule sensible consiste en un cristal oscillateur à transistor, placé à chaque interrupteur qui doit être contrôlé. Un signal électrique est produit par l'oscillateur et sa fréquence est réglée par un cristal de quartz. Dans l'installation présente, la bande de fréquence est comprise entre 60 kilocycles par seconde et 100 kilocycles par seconde et l'espace entre fréquences est de 250 cycles. La fréquence de ce signal est étroitement réglée par ce cristal. Avec cette bande de fréquence et cette séparation, il y a 150 canaux disponibles. Naturellement, ce nombre peut être accru en utilisant une large bande de fréquence de 60 kilocycles à 120 ou 150 kilocycles, sous réserve de prendre certaines précautions pour éviter des résonances d'harmonique et d'utiliser un amplificateur commun supplémentaire en surface

(2) Ce système est à l'essai à la mine Merry Lees ; il a été réalisé avec la collaboration de plusieurs firmes, notamment la Sargrove Electronics Ltd et St Helens Cable and Rubber Co Ltd.

pour s'adapter à la largeur de bande augmentée. Ainsi qu'on le verra plus loin, il y a, dans l'installation de captage à la surface, un autre cristal de la même fréquence que celui de la cellule sensible qui permet aux signaux de cette fréquence d'être filtrés et captés. La puissance nécessaire à cet oscillateur est fournie par un câble co-axial à 4,5 V.

Lorsque l'interrupteur à contrôler est déplacé dans la position « on » (circuit fermé), une paire de petits contacts placés dans l'interrupteur se ferment et comme ils sont connectés à l'oscillateur, il se produit un court-circuit dans l'enroulement tertiaire d'un petit transformateur qui étouffe le signal-fréquence normalement induit dans la ligne de transmission.

Les cellules sensibles sont logées dans des coffrets antidéflagrants voisins des interrupteurs à contrôler, par groupe de 2 à 5 avec un oscillateur de vérification.

On notera que l'enroulement entre l'interrupteur et l'unité de contrôle est complètement neutre et ne conduit aucun courant quoiqu'il arrive. Il agit plus comme une boucle de fermeture coupant le signal normalement transmis, quand l'interrupteur est fermé. Il n'en résulte donc aucun dommage si le câble est coupé, raccourci ou endommagé.

Les transistors, qui sont du type standard, et les cristaux doivent travailler convenablement à haute

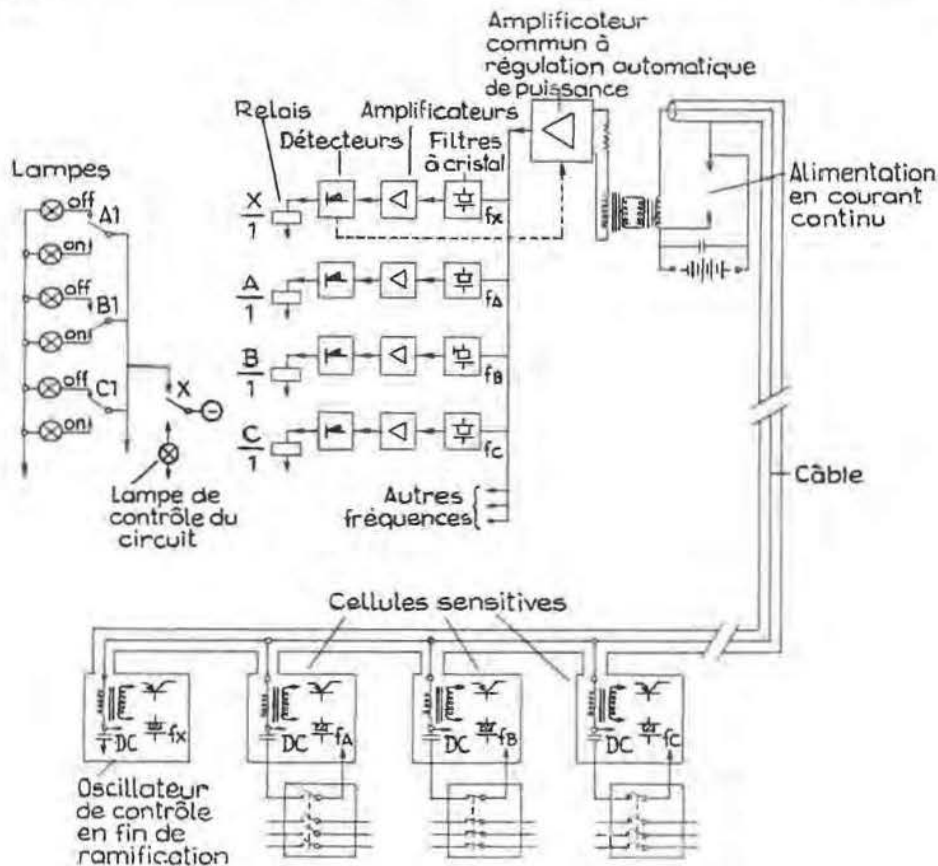


Fig. 1. — Schéma de principe d'un système de contrôle en surface de la position des interrupteurs situés au fond.

température sans perte de puissance ou de fluctuation de fréquence. Ceci a pu être vérifié jusque 55° C et maintenant les pièces constitutives de l'appareillage peuvent travailler avec satisfaction à des valeurs beaucoup plus hautes.

## 2. Le câble.

Le câble co-axial, avec conducteur central et gaine flottante, est installé entre l'unité de captage en surface et les cellules sensibles au fond. Ce seul câble est suffisant pour assurer le contrôle de 200 à 300 interrupteurs et même plus. L'ouverture de cette gaine d'un côté et l'ouverture de chaque cellule sensible d'un autre côté en font un système complètement indépendant (fig. 1).

Le câble installé dans le système initial est maintenant considéré comme de trop grande dimension et les installations futures pourront utiliser un type moins coûteux. Comme on l'a dit plus haut, ce câble conduit un courant d'une tension de 4,5 V fournie par une petite batterie du type utilisé dans les téléphones des mines et le courant total est de l'ordre de 6 mA ; ce câble co-axial aboutit dans une série de coffrets antidéflagrants, chacun d'eux conduisant à plusieurs cellules sensibles.

## 3. L'unité de captage et le panneau indicateur.

Dans une salle de contrôle à la surface, il y a une unité de captage et d'amplification et un panneau de contrôle. Chaque cristal-filtre de l'unité de captage est connecté au câble co-axial par l'intermédiaire d'un amplificateur commun (fig. 1).

Chacun de ces filtres est en résonance, avec une des cellules sensibles au fond ; par conséquent, le signal induit dans le câble à une fréquence définie par la cellule au fond est capté en surface par le cristal qui est en résonance avec elle. Chaque filtre est connecté à un amplificateur et un détecteur agissant sur des relais qui allument les lampes sur le panneau indicateur.

Lorsque l'interrupteur au fond est déplacé dans la position « on » (fermé), la cellule de captage et d'amplification correspondante est influencée et les relais qui lui sont associés, ne recevant plus maintenant le signal, tombent et en conséquence une lumière rouge s'allume sur le panneau.

Lorsque l'interrupteur est placé dans la position « off » (ouvert), la cellule de captage ferme les relais qui allument une lumière verte. On peut se rendre compte que cette disposition assure une sécurité totale.

L'oscillateur de vérification fournit une disposition de sécurité particulièrement utile parce qu'il montre si le circuit en question est en bon état ou non ; s'il y a un défaut dans le circuit, cet oscillateur, travaillant avec sa cellule de captage appro-

priée, provoquera l'apparition d'une lumière rouge sur le panneau indicateur.

Si le circuit est en ordre, une lumière blanche s'allume.

Bien que l'équipement du fond soit alimenté par une batterie en raison de la faible consommation d'énergie, l'amplificateur commun et les unités de captage à cristal sont alimentés à partir du courant normal 230 V monophasé à partir d'une source de courant approprié. L'alimentation complète de l'installation de surface ne demande que quelques ampères à cette tension.

Les lampes indicatrices elles-mêmes travaillent, soit sous 10 V, soit sous 5 V, suivant le type de lampe. Elles sont prévues pour une longue durée sous charge et alimentées par un transformateur. Un transformateur à tension constante est normalement incorporé dans cet équipement. Le courant total à ce voltage est de l'ordre de 3,5 A, le panneau indicateur intervenant pour 0,7 A.

La construction de l'installation de surface est composée de matériel standard et enfermée dans une armoire blindée normalement fermée. Des portes, sur les côtés, permettent l'inspection et l'entretien.

## L'installation d'essai.

Lorsque la recherche a débuté selon ce schéma, il a été décidé d'essayer ce principe sur un nombre limité de circuits de contrôle et l'installation a été prévue pour 30 interrupteurs avec 6 circuits de vérification.

Dans la large bande de 60 à 100 kilocycles-seconde, l'installation actuelle n'utilise qu'un très petit nombre des 159 canaux disponibles.

Du fait qu'il n'y avait que 30 interrupteurs à contrôler, on s'est arrangé pour couvrir un secteur représentatif de la mine dans le but de pouvoir vérifier le fonctionnement du système.

Ce prototype a permis de tirer de nombreuses leçons qui seront évidemment retenues dans les réalisations futures, mais il a aussi permis d'entrevoir les possibilités de développement.

## Possibilités et projets de développements de ce procédé.

### 1. Ampèremètre enregistreur.

Bien que l'équipement initial consistait en séries de lampes rouges et vertes utilisées comme indicateur, d'autres formes de signalisation lumineuse sont facilement applicables. Des prises peuvent normalement être prévues en parallèle avec les lampes rouges ; un enregistreur volant peut être connecté à ces prises et fournir ainsi un enregistrement de la marche et de l'arrêt, en un point désiré du circuit, sur toute période de temps.

En introduisant un ampèremètre dans le circuit électrique, il est possible, en modulant les oscillations produites par les cellules sensibles, d'avoir, à la surface, une mesure de la charge de chaque machine et, si on le désire, un enregistrement continu de la charge. Puisqu'on a pu produire un courant radio-fréquence non modulé, il n'est pas difficile de superposer à ce système les moyens de fournir d'autres informations supplémentaires. Ceci peut être obtenu, soit sur la base d'une modulation de la fréquence, soit sur la base d'une modulation de l'amplitude. Dans le premier cas, il sera nécessaire d'élargir la bande de chaque canal beaucoup plus largement pour éviter les interférences entre signaux et, par conséquent, ce système doit être pratiquement écarté.

Un système basé sur la modulation d'amplitude requiert aussi un élargissement de la largeur du canal, mais à un degré beaucoup moindre; en fait, une séparation de 500 cycles apparaîtra suffisante.

Un système utilisant ce principe est maintenant construit pour la mesure de la puissance consommée par chaque machine. Dans ce cas, il n'est pas suffisant de réduire ou d'étouffer complètement un signal par une boucle en court-circuit, comme c'est le cas de l'enroulement travaillant à partir des contacts interrupteurs. Le courant d'alimentation de la machine doit être prélevé et redressé. En prenant certaines autres précautions, ce courant sera appliqué à la transmission radio-fréquence qui sera démodulée dans la salle de contrôle et utilisée à la commande d'un indicateur ou d'un enregistreur donnant une indication constante de la consommation de puissance de la machine.

#### 2. Appareillage avertisseur d'incendie.

Ce système peut être utilisé pour donner l'alarme en cas d'accroissement de la température en des

points stratégiques au fond tels que têtes motrices de convoyeur et points de transfert. Ceci peut être réalisé de deux manières: premièrement, par l'utilisation dans le système actuel, d'un appareillage thermo-sensible qui provoque un court-circuit dans la cellule sensible, ou secondement, par un système de modulation de l'amplitude qui peut donner une indication constante de la température en un certain nombre de points choisis au fond.

#### 3. Communications vers le fond.

Ce système peut aussi être utilisé en sens inverse et les communications expédiées depuis la surface peuvent être captées en des points convenables au fond. Dans cet ordre d'idées, ceci peut être utilisé pour le contrôle à distance ou le choix des sonneries d'alarme.

#### 4. Contrôle à distance.

Ce même appareillage peut également être utilisé pour contrôler les équipements de verrouillage, par exemple sur un réseau compliqué de transports par locomotives ou comme méthode de contrôle d'opérations successives telles que le démarrage de convoyeurs.

#### 5. Signalisation de puits.

Sous sa forme actuelle, il peut être utilisé pour la signalisation dans les puits en éliminant les câbles à conducteurs multiples utilisés jusqu'à présent.

#### 6. Communication téléphonique.

Il est aisé d'ajouter au système un canal pour le téléphone utilisant la modulation d'amplitude. Les téléphones seront toujours à simple câble et seront équipés de sélecteurs de sonnerie et de parole.