

Le bilan de deux années de pratique d'inspection des câbles de mine avec l'appareil magnétique A.C.M.I.

par J. R. STREBELLE

Ingénieur Civil A.I.Ms,
Chef du Service C.N.D.M. à l'A.I.B.

1. — Introduction.

Le problème de l'examen non destructif des câbles de mine a, depuis toujours, retenu l'attention des milieux intéressés.

Des recherches effectuées dans divers pays ont montré que la seule façon d'attaquer le problème était la méthode magnétique.

L'A.I.B., après avoir étudié les différents appareils déjà réalisés à l'époque avait conclu à la nécessité de développer un appareil original conçu tout spécialement pour son application aux câbles de mine.

Cet appareil (A.C.M.I. : appareil de contrôle magnéto-inductif) fut conçu, réalisé et essayé dans le cadre d'un plan de recherche pour la sécurité des câbles d'extraction : le Plan Guérin.

Cette recherche, subsidiée par Inichar, a permis de réaliser un appareil répondant aux conditions pratiques du problème et de procéder à de nombreux essais tant en laboratoire qu'à la mine.

Les résultats obtenus à la faveur de cette recherche ont été publiés dans le numéro de novembre 1956 des « Annales des Mines de Belgique ».

Par la suite, l'Association des Industriels de Belgique a continué à utiliser cet appareil pour le contrôle en service de nombreux câbles, ajoutant ainsi un élément de première valeur aux examens habituellement pratiqués sur câbles en service.

Les résultats obtenus à ce jour font l'objet de la présente note.

2. — Les résultats de la recherche.

Sans vouloir entrer dans des détails repris dans la publication précitée, on peut résumer comme suit les résultats obtenus après la mise au point de l'appareil et essais pratiques à la mine.

L'appareil donne des indications reproductibles, il est sensible au point de détecter un seul fil brisé

dans un gros câble rond d'extraction (80 mm de diamètre).

Il met en évidence également les dégradations internes dues à la corrosion, l'usure ou l'indentation des fils.

Ceci signifie que l'appareil donne une indication chaque fois que le câble présente un défaut; vice versa, l'appareil ne donne pas d'indications en l'absence de défauts et ceci est extrêmement important. Enfin, il permet de « suivre » pas à pas pour ainsi dire l'état de vétusté d'un câble en fonction du temps.

L'appareil avait été primitivement conçu pour la détection des fils brisés tant extérieurs qu'intérieurs et dans ce sens il donna immédiatement satisfaction.

On s'aperçut qu'il donnait, en plus, des indications nettement reconnaissables en présence d'autres types de dégradation, tels que corrosion et indentation des fils.

Il devenait ainsi possible non seulement de détecter les ruptures de fils, mais aussi les zones faibles où risquaient de se produire ultérieurement des ruptures.

3. — Les contrôles de routine.

Partant sur des bases aussi prometteuses, on pouvait sans hésiter procéder couramment à des contrôles de routine sur câbles en service.

Toutefois, par mesure de prudence, on se limitait à la recherche de l'endroit le plus défectueux du câble, se réservant, une fois cet endroit détecté, d'y procéder aux examens normaux d'inspection visuelle (ouverture et éventuellement prélèvement de fils). On était assuré, dans ces conditions, de ne pas dépasser les possibilités de l'appareil, car on avait pu démontrer à plusieurs reprises que l'endroit désigné comme le plus défectueux par

L'A.C.M.I. était aussi celui qui donnait le plus mauvais comportement aux essais mécaniques après dépose.

Il fut possible très rapidement de mesurer la valeur de la méthode car on put, presque coup sur coup, désigner comme dangereux deux câbles qui, de l'extérieur, ne montraient pas de traces révélatrices de vétusté; l'un de ces câbles, après dépose, montra une perte de résistance de 40 %.

On arriva bientôt à se demander si l'appareil, outre qu'il désignait l'endroit le plus dégradé, ne pouvait pas aussi mesurer la gravité de la dégradation exprimée en pour cent de perte de résistance.

4. — Base de comparaison pour juger des performances de l'appareil.

Ce pas demandait à être franchi avec toute la prudence de rigueur et tout d'abord une question se posa : l'appareil fournit une grandeur mesurable relative à un endroit dégradé; supposant le câble déposé, comment va-t-on mesurer la grandeur, en pour cent, de la dégradation réelle sur le tronçon de câble incriminé ?

La question est loin d'être aussi simple qu'il y paraît à première vue et elle se pose d'ailleurs pour toutes les méthodes de contrôle; posséder un appareil de contrôle c'est bien, le faire marcher correctement, c'est mieux et interpréter avec justesse ses indications, ce n'est pas toujours facile.

Il fallait donc commencer par trouver une méthode d'essai mécanique, applicable aux tronçons de câbles déposés et susceptible de mesurer sans contestation possible la perte de résistance d'un tronçon endommagé. Dès lors, il n'y aurait plus qu'à comparer les indications ainsi obtenues à cel-

nes (période de formation) avant de le soumettre à l'essai de traction !

Ce fait est si bien reconnu que l'on préfère mesurer la résistance de chaque fil séparément et en faire la somme que l'on affecte d'une correction appelée perte au câblage et fixée expérimentalement pour chaque type de câble.

La résistance du câble ainsi déterminée n'est pas celle que présenterait ce câble à l'essai de traction à l'état neuf, mais bien après un court temps de service, tout au moins à quelques pour cent près. Or, cette erreur de quelques pour cent n'était pas désirable pour juger des résultats de l'A.C.M.I. d'autant plus qu'il venait s'y ajouter un autre facteur erratique relatif à l'essai de traction de tronçons endommagés : l'effet d'imbrication.

Cet effet exagère la résistance d'un tronçon usagé lors de l'essai de traction par le fait que les fils corrodés et indentés s'imbriquent et résistent en bloc, au lieu de casser isolément en des endroits différents, comme cela se voit en pratique.

S'il est incontestable qu'un câble en service possède bien dans sa partie rectiligne la résistance qu'indiquerait un essai de traction (effet d'imbrication compris), il est non moins certain que ledit effet sera annulé au passage du câble sur les appareils d'enroulement avec comme conséquence une diminution de la résistance.

Cette résistance diminuée est celle que l'on obtiendrait en sommant la résistance de chaque fil pris isolément et en affectant le résultat de la perte au câblage.

Partant de cette idée, il devient possible d'accéder à la connaissance du dommage (vétusté) sans passer par l'essai de traction sur tronçon avec les aléas ci-dessus.

On peut exprimer une perte de résistance en pour cent par le rapport :

$$\text{Perte \%} = \frac{\text{Résistance à l'état neuf} - \text{résistance à l'état usagé}}{\text{Résistance à l'état neuf}} \times 100$$

que l'on peut traduire :

$$\text{Perte \%} = \frac{[\sum \text{ fils neufs} - \sum \text{ fils usagés}] \times \text{perte au câblage}}{\sum \text{ fils neufs} \times \text{perte au câblage}} \times 100$$

les de l'A.C.M.I. et vérifier si les résultats étaient concordants.

La première idée fut d'exploiter l'essai de traction sur tronçon de câble déposé, mais une importante difficulté surgissait pour apprécier la perte subie par rapport à l'état neuf, car on ne connaît pas exactement la résistance d'un câble à l'état neuf; pour ce faire, il faudrait permettre au câble neuf de fonctionner pendant quelques semai-

La perte au câblage, comme son nom l'indique, est relative à la disposition réciproque des fils et n'a rien à voir avec l'état de vétusté. Comme elle apparaît à la fois au dénominateur et au numérateur, elle n'affecte donc plus le résultat cherché qui se simplifie en :

$$\text{Perte \%} = \frac{\sum \text{ fils neufs} - \sum \text{ fils usagés}}{\sum \text{ fils neufs}} \times 100$$

On obtient donc de cette façon l'approximation la plus serrée du dommage subi par un câble et c'est cette perte qui a servi de base de comparaison pour juger des résultats obtenus à l'A.C.M.I. (1) comme on le verra ci-après.

5. — Les résultats obtenus.

Ayant ainsi déterminé une base de référence, on entreprit de lui comparer les résultats fournis par l'A.C.M.I.

Dans ce but, on soumit aux essais de traction fil par fil tous les tronçons de câble déposés qui venaient d'être contrôlés avec l'appareil.

Cette méthode a le désavantage d'exiger beaucoup de patience, car on ne dépose pas un câble contrôlé chaque jour; c'est ainsi qu'il fallut plus d'un an pour obtenir un résultat certain relatif à un type de câble.

On peut parfaitement pressentir que différents types de câble ne répondront pas de la même façon au contrôle magnétique et l'expérience le confirme. Il fallait donc s'occuper séparément de cha-

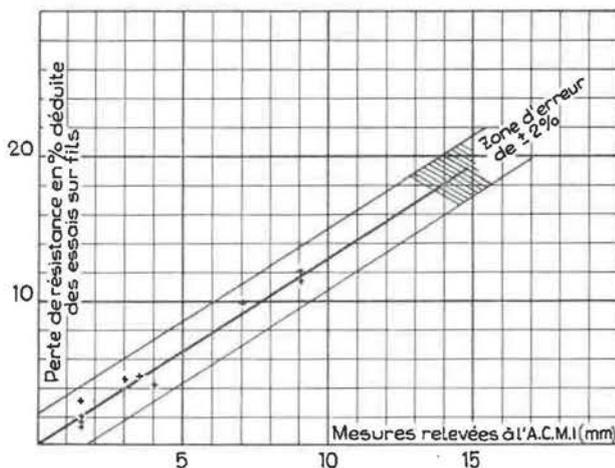


Fig. 1. — Câble à 34 torons.

que type de câble en particulier. Les premiers résultats ci-après sont relatifs au type de câble à 34 torons.

(1) Il n'est évidemment pas possible de démontrer mathématiquement le point de vue ci-dessus; tout au plus, pourrait-on en faire la preuve en procédant à des essais de traction sur longs tronçons de câble passant sur un appareil d'enroulement. Le raisonnement exposé est un développement logique et comme tel on a pu lui donner une confirmation logique de la façon suivante: comparant les pertes ainsi déterminées avec celles déduites d'essais de traction sur tronçons de câble, on trouve des résultats discordants, c'est-à-dire que l'une des méthodes ne répond pas à la question.

Comparant les pertes obtenues avec l'A.C.M.I. et celles obtenues par traction sur tronçons, on trouve également des discordances; mais si l'on compare les pertes obtenues à l'A.C.M.I. et celles obtenues en partant de la sommation des résistances des fils, on obtient des résultats concordants. La discordance provient donc des essais sur tronçons de la même façon que si, parmi trois horloges, deux indiquent la même heure et la troisième une autre heure, on est fondé à dire que c'est cette dernière qui est défective, surtout si cette constatation se répète régulièrement.

Le diagramme 1 montre la relation qui existe entre la perte réelle et les indications de l'A.C.M.I. On voit que cette relation est linéaire et que les points expérimentaux se placent approximativement sur la droite. Ce diagramme permet donc, à partir des indications de l'A.C.M.I., de pronostiquer la valeur de la perte de résistance du câble, avec une précision inespérée de 2 %.

Il faut cependant remarquer que ce diagramme est relatif à différents tronçons d'un même câble usagé et que sa précision serait moindre si on devait l'appliquer à un autre câble du même type et d'une autre provenance.

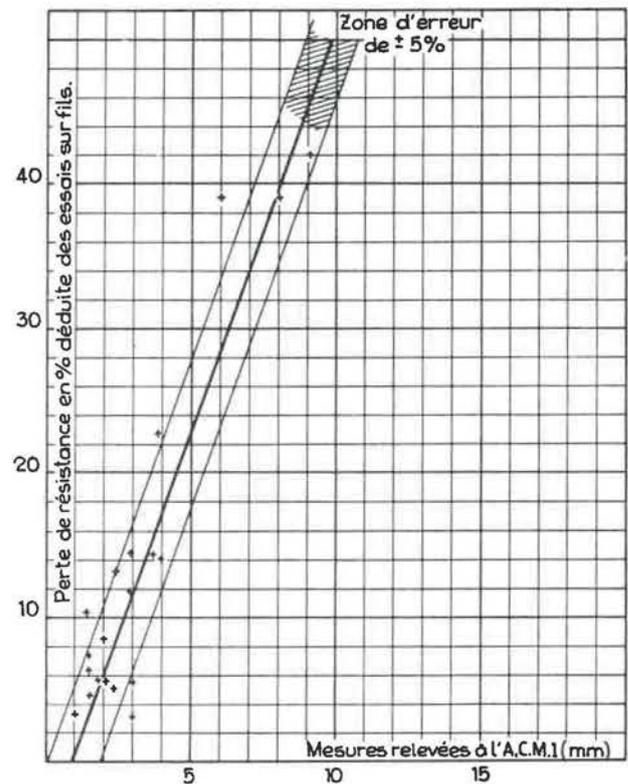


Fig. 2. — Câble à 18 torons.

Ceci a cependant pu être vérifié en ce qui concerne les câbles à 18 torons et le diagramme 2 montre la relation entre les pertes réelles et les indications de l'A.C.M.I. On remarque que les points expérimentaux se répartissent moins bien que précédemment et ce n'est pas étonnant, car on a rassemblé dans ce diagramme toutes les indications relatives à 7 câbles de provenance différente et de diamètre différent et en service dans des charbonnages différents.

Pouvoir tirer des indications cohérentes avec une telle variété de conditions est un succès si l'on veut bien remarquer que l'erreur commise ne dépasse pas souvent les cinq pour cent.

6. — Conclusion.

Des efforts considérables ont été faits pour développer cette méthode de contrôle magnétique et ont abouti aux résultats tangibles exposés ci-dessus.

Il est bon d'insister sur le fait que, devant le nombre impressionnant de variables que présente un câble d'extraction, il fallait s'armer de patience et conduire pendant des années des essais en grand nombre.

C'est la possibilité qui s'offrait à l'A.I.B. d'effectuer un très grand nombre d'essais permettant d'isoler une à une les variables en jeu qui a permis de mettre cette méthode au point, sans cependant que l'on puisse considérer que tout a été fait dans ce domaine.

On procède actuellement à des vérifications et à des recouplements des résultats obtenus et on s'active à obtenir des diagrammes-types du genre de ceux représentés ci-dessus pour des câbles d'autres compositions.

Quand on ne disposait pas de l'appareil magnétique, le soin d'apprécier la dégradation d'un câble était laissé à l'agent visiteur qui employait tous les moyens aptes à l'éclairer au mieux et notamment les ouvertures avec prélèvement de fils.

Ces fils étaient soumis aux essais mécaniques et l'on en déduisait une certaine perte de résistance.

Ce processus laissait planer le doute suivant : les prélèvements ont-ils été effectués à l'endroit réel-

lement le plus mauvais ? Dans le doute on était astreint à prendre une position plutôt pessimiste et parfois à déposer un câble qui aurait pu encore fonctionner quelque temps, mais en courant un risque que rien ne permettait d'apprécier.

Actuellement, avec l'A.C.M.I., il n'existe plus de doute quant à la zone réellement la plus défectueuse et en outre l'appareil fournit une mesure de la dégradation en cet endroit. Il est donc devenu possible, tout en gardant une même sécurité, de laisser fonctionner plus longtemps un câble parce qu'on le connaît mieux.

Il ne faut cependant pas croire que tout est fait dans ce domaine et il est prudent de compter que même avec l'appareil A.C.M.I. parfaitement au point et parfaitement adapté comme il l'est actuellement, même avec l'équipe de travail rompue à cette technique spéciale du contrôle à la mine et à l'interprétation des diagrammes, un temps appréciable sera encore nécessaire pour arriver à la connaissance de tous les types de câbles de mine, comme c'est le cas actuellement pour quelques-uns d'entre eux.

J. R. S.

