

# Comment limiter le risque lié aux arcs électriques lors d'un contrôle par magnétoscopie

Les techniques de magnétisation sont multiples. Outre celle par passage de courant direct, la magnétisation par champ tournant en chambre sans contact et la magnétoscopie par courant induit permettent également de s'affranchir totalement ou de réduire le risque d'arc électrique.

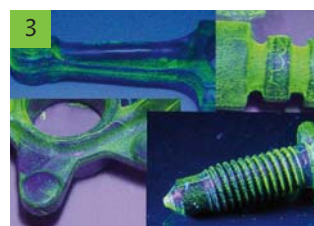
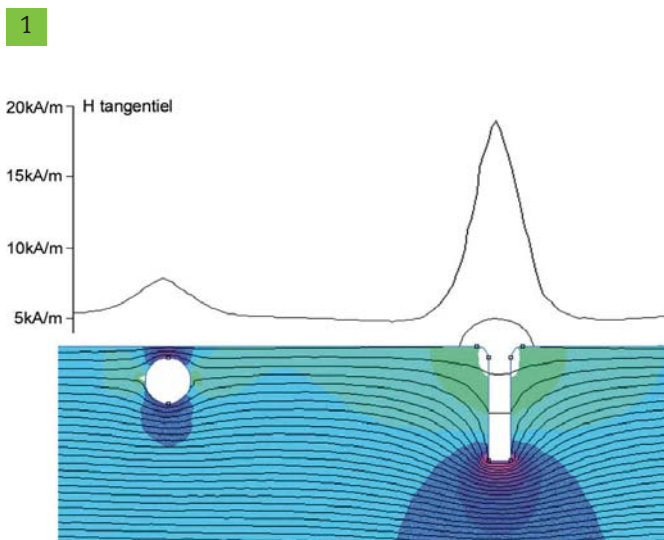
**Stéphane Graveleau,**  
Recherche & Développement,  
Srem Technologies

Pour tester la présence de défauts sous-jacents et/ou débouchants à la surface de pièces ferro-magnétiques, on emploie couramment depuis des années une technique qui a fait ses preuves appelée magnétoscopie. Cette technique consiste à faire passer dans la pièce un flux magnétique. Lorsque ce flux magnétique rencontre une discontinuité magnétique, par exemple une fissure ou une inclusion, il se produit un champ de fuite au-dessus de la surface de la pièce. Ce champ de fuite attire les particules magnétiques d'un produit révélateur réparti à la surface de la pièce pour les concentrer aux endroits des défauts et en assurer ainsi la matérialisation.

Pour former une signature sur les défauts dans toutes les orientations, il faut ainsi créer dans la pièce au moins deux champs magnétiques orientés perpendiculairement. Plusieurs techniques sont couramment utilisées pour réaliser cette opération. On parle généralement d'une aimantation longitudinale lorsque celle-ci est appliquée parallèlement à la plus grande longueur ou à l'axe de la pièce

et d'une aimantation transversale lorsque celle-ci est appliquée perpendiculairement à la plus grande longueur ou à l'axe de la pièce. L'aimantation longitudinale permet de mettre en évidence les défauts transversaux alors que l'aimantation transversale permet de mettre en évidence les défauts longitudinaux.

Pour réaliser l'aimantation longitudinale, on utilise généralement un système de têtes magnétiques disposées aux deux extrémités de la pièce ou un solénoïde entourant la pièce. Pour réaliser l'aimantation transversale, on procède habituellement par passage de courant direct dans la pièce qui produit un champ magnétique circulaire autour de celle-ci. Ce second type d'aimantation comporte cependant un risque de détérioration de la pièce. En effet, lorsque la pièce est mal serrée entre les électrodes d'arrivée et de sortie du courant, il se produit lors de l'établissement du courant, des arcs électriques importants qui ont pour conséquence de brûler les extrémités de la pièce, d'endommager les électrodes et de risquer d'enflammer les produits indicateurs base pétrole.



- 1 - Principe de la magnétoscopie.
- 2 - Banc de magnétoscopie avec solénoïde et passage de courant direct.
- 3 - Exemple de défauts révélés par magnétoscopie.
- 4 - Pièce brûlée suite à un passage de courant direct.



Il est très important d'assurer une bonne maintenance sur les électrodes car plus celles-ci sont endommagées, plus le phénomène risque de se produire. Les électrodes sont des pièces d'usure se présentant le plus souvent sous la forme d'une tresse de cuivre parfois étamée.

De plus, il est possible de mettre en place une sécurité active permettant la vérification du bon positionnement de la pièce. Lors du lancement du cycle de magnétisation, le vérin qui assure le serrage est alimenté en basse pression (1 bar) jusqu'au contact de la pièce. Une détection électrique vérifie qu'une pièce est positionnée entre les pôles, puis le serrage de la pièce se termine à la pression nominale (5 bars).

Dans le cas de pièces creuses, il est possible d'utiliser une broche auxiliaire en cuivre pour assurer le passage du courant, ce qui annule le risque de brûlure par la pièce. Néanmoins, il existe également d'autres techniques de magnétisation différentes de la traditionnelle magnétisation par passage de courant direct permettant de s'affranchir totalement ou de réduire le risque d'arc électrique.

### Magnétisation en chambre sans contact

La magnétisation par champ tournant en chambre sans contact est une de ces techniques. La particularité qu'apporte la chambre de magnétisation par champ tournant est de créer sur toute la surface à contrôler de la pièce un champ magnétique de direction variable dans le temps, sans qu'elle soit en contact avec le système magnétisant. On utilise pour ce faire une chambre composée de deux ou trois bobinages créant individuellement des champs orthogonaux et proportionnels à l'intensité du courant qui les traverse. Le champ magnétique qui en résulte est alors la somme vectorielle des champs magnétiques créés par chacun des bobinages. Le fait d'alimenter ces bobinages à l'aide de courants alternatifs déphasés produit un vecteur de magnétisation résultant tournant (50 tours par seconde pour une alimentation 50 Hz). La rotation de ce vecteur permet de magnétiser et de mettre en évidence l'ensemble des défauts sur la surface à contrôler en une seule opération.

Cette technique, en plus d'offrir une grande souplesse d'utilisation et de permettre une magnétisation extrêmement rapide des pièces, annule totalement le risque d'arc électrique sur la pièce. La magnétisation se fait uniquement par l'application d'un champ externe multidirectionnel et il n'y a donc aucun contact électrique.

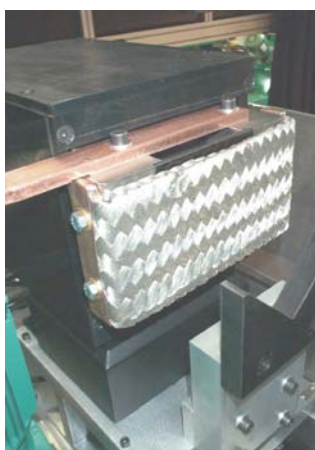


Figure 5

*Tête magnétique avec électrode en tresse cuivre.*

Ce mode d'aimantation possède malheureusement d'importantes limitations liées à l'utilisation de circuits magnétiques ouverts (les lignes de champ se rebouclent dans l'air). Dans ces conditions, il existe un fort champ démagnétisant sur la pièce qui s'oppose à la pénétration du flux et plus particulièrement suivant les petites directions de la pièce. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'utiliser un champ magnétisant de 25 à 30 kA/m pour obtenir sur la pièce un champ de 3 kA/m. Une seconde limitation vient de la nature tournante du champ produit dans la chambre. A un instant donné et en tout point de la pièce, le champ deviendra perpendiculaire à la surface (flux sortant) et provoquera l'apparition de pôles magnétiques bloquant la migration des particules et provoquant un important bruit de fond. Cette technique doit donc être réservée à certaines géométries de pièce et n'est pas adaptée pour la détection de défauts très fins tels que les replis de forges.

### Magnétoscopie par courant induit

La magnétoscopie par passage de courant induit permet également de supprimer ou de limiter le risque d'arc électrique.

Cette technique est particulièrement bien adaptée dans le cas d'un contrôle de pièces formant un circuit sur elle-même car il est alors possible d'induire un courant dans ce circuit sans aucun contact électrique. Dans ce cas, tout en conservant l'efficacité d'une magnétisation en circuit fermé (un passage de courant implique une circulation du champ dans la pièce), le risque d'arc électrique est totalement supprimé. Le système de magnétisation primaire composé d'un bobinage parcouru par un courant alternatif (I1) crée un champ magnétique (H1). Ce champ va induire dans la pièce à tester, qui se comporte comme une spire en court circuit, un courant alternatif (I2). Ce courant crée à nouveau un champ magnétique secondaire (H2) circulaire autour de la pièce et permettant la détection des défauts longitudinaux ou circonférentiels dans le cas d'une pièce annulaire.

Dans le cas où la pièce ne forme pas un circuit sur elle-même, il est tout de même possible d'utiliser la technique de magnétisation par courant induit en créant artificiellement une boucle. Ce procédé et les dispositifs associés font l'objet d'un brevet par la société Srem technologies. Il ne permet pas de supprimer totalement

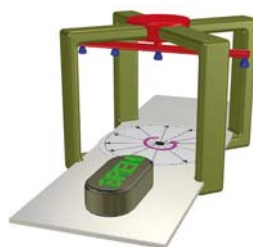


Figure 6

*Magnétoscopie par champ tournant en chambre sans contact.*



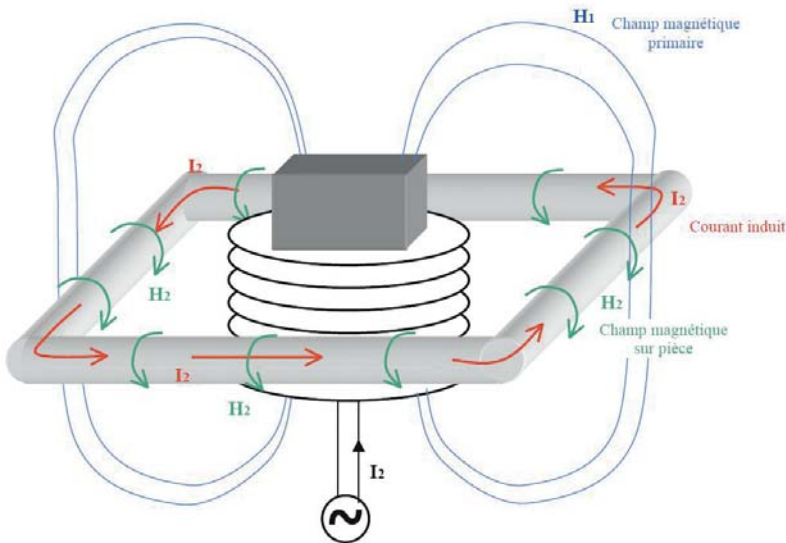


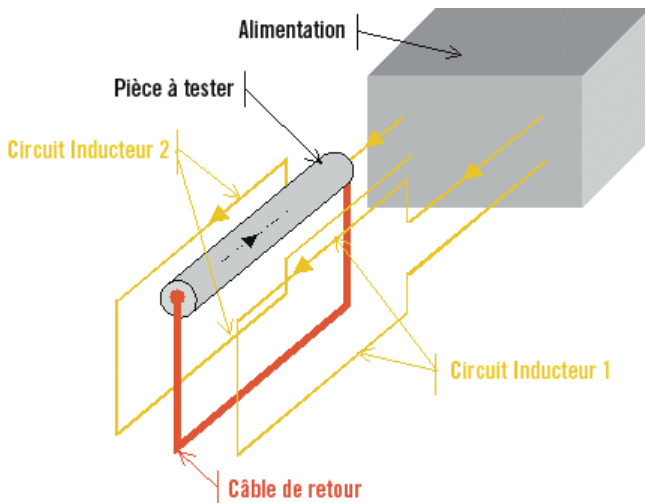
Figure 7

Magnétoscopie par passage de courant induit : cas de pièces formant un circuit sur elles-mêmes.

le risque d'arc électrique, mais permet de le diminuer sensiblement et offre en plus une possibilité de contrôle au défilé car l'ensemble pièce et câble de retour peut être mobile dans l'espace. Le système comporte un ou plusieurs circuits inducteurs formés d'une ou plusieurs spires conductrices ainsi qu'un circuit induit formé de la pièce à tester et d'un câble de retour permettant d'assurer une circulation du courant dans la pièce. Le ou les circuits inducteurs sont parcourus par un courant alternatif qui génère un flux magnétique traversant la boucle du circuit induit et produisant ainsi dans la pièce à tester une circulation de courant. Dans le cas d'un passage de courant direct

Figure 8

Magnétoscopie par passage de courant induit : cas de pièces ne formant pas de circuit sur elles-mêmes.



création d'arcs électriques est obtenue par la combinaison de deux facteurs défavorables que l'on peut expliciter en considérant le schéma électrique équivalent.

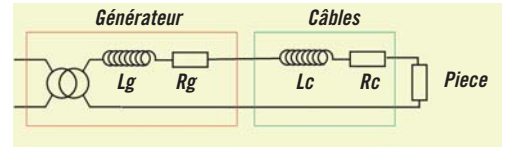


Schéma électrique équivalent d'un passage de courant direct.

Le premier concerne la tension présente au niveau de la zone de contact. Sur un banc de magnétoscopie standard, le générateur de courant est relié aux électrodes par des câbles de relativement grande longueur (Impédance  $R_c + jL_c \cdot \omega$  importante). Pour compenser les pertes dans les câbles et les pertes internes au générateur, il est nécessaire d'utiliser un générateur avec une tension à vide importante. Hors, dans le cas où la pièce est mal serrée entre les électrodes, cette tension importante se retrouve présente aux extrémités de la pièce juste avant l'établissement du courant. La seconde est liée à la rapidité d'établissement du courant. La réactance de sortie  $(L_g + L_c) \cdot \omega$  est de grandeur équivalente à la résistance de sortie  $(R_g + R_c)$  ce qui permet un établissement rapide du courant ( $di/dt$  rapide).

L'utilisation d'un circuit induit tel que présenté précédemment permet d'optimiser le système. De part sa construction, le circuit induit présente plusieurs avantages.

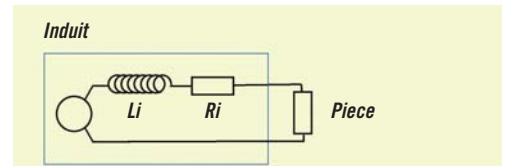
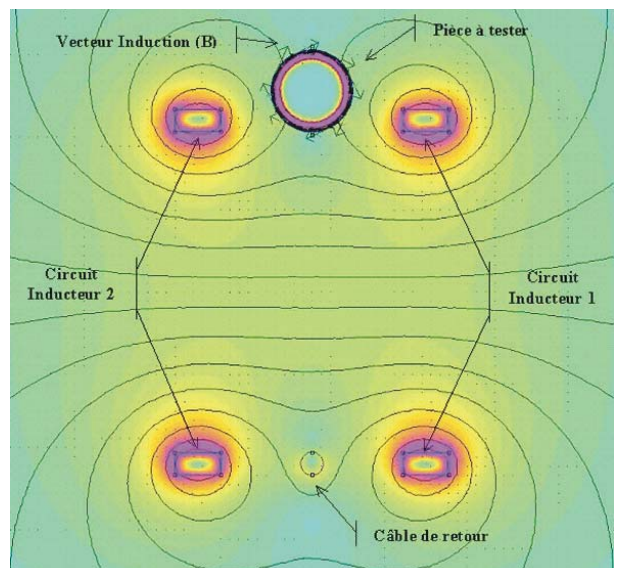


Schéma électrique équivalent d'un passage de courant induit.



## Avantages du courant induit

Son impédance de sortie aussi bien au niveau de la réactance qu'au niveau de la résistance est plus faible que dans le cas d'un circuit standard ( $L_i \cdot \omega \leq (L_g + L_c) \cdot \omega$  et  $R_i \ll R_g + R_c$ ) ce qui permet de minimiser la tension présente aux extrémités de la pièce en cas de mauvais contact et donc de minimiser la puissance dissipée dans la zone de contact en cas d'arc.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

U : Tension à vide

R : Résistance de contact

Ex : Passage de courant direct :

$$U = 16V \quad (U^2 = 256)$$

Passage de courant Induit :

$$U = 3.7V \quad (U^2 = 14)$$

$P_{direct} \approx 18 \times P_{induit}$

La résistance  $R_i$  peut facilement être rendue très faible de manière à obtenir une réactance très supérieure à la résistance ( $L_i \cdot \omega \gg R_i$ ) et donc à ralentir le temps de montée transitoire du courant. L'énergie va donc pouvoir se dissiper sur une plus grande durée.



Figure 9

*Banc de magnétoscopie avec système de magnétisation dynamique par courant induit.*

Les dispositifs mettant en œuvre cette technique peuvent être statiques (la pièce ne bouge pas), mais également dynamique. En effet, le circuit induit composé de la pièce et du câble de retour est un ensemble autonome qui peut être mobile dans l'espace. Dans ces conditions, l'amélioration obtenue au niveau de la création des arcs électriques par l'utilisation d'un circuit induit permet de ne pas obliger à un serrage pièce. Celle-ci peut être simplement posée sur un plateau support pièce. La magnétisation par courant induit peut être réalisée pendant le déplacement du plateau et simultanément à une magnétisation longitudinale par solénoïde. La souplesse d'utilisation et la mobilité sont toutes aussi bonnes que dans une application sans contact traditionnelle mais la qualité du contrôle est très nettement supérieure (meilleur contraste).