

Les courants d'aimantations

En magnétoscopie, dans la majorité des cas, le courant électrique est utilisé pour générer le champ magnétique dans les pièces. Le courant est réglé pour obtenir une valeur de champ magnétique approprié. Le type de courant utilisé a un effet sur les résultats du contrôle. Le courant alternatif et le courant continu sont les deux types fondamentaux de courant communément utilisés. Pour des raisons pratiques, il est également souvent fait appel à des formes intermédiaires de courant que sont les courants redressés.

Le courant alternatif

Un courant électrique alternatif est un courant qui va changer de sens au cours du temps avec, sur une période, une alternance positive suivie d'une alternance négative. Il va avoir, par définition, une composante continue nulle.

En France, la tension fournie sur le réseau électrique est une tension sinusoïdale dont la fréquence est de 50 Hz (50 périodes par seconde). Il est donc facile de générer un courant alternatif à 50 Hz mais lorsque ce courant est utilisé pour créer une induction magnétique dans les matériaux ferromagnétiques, cette induction ne circule qu'à la surface de la pièce. Ce phénomène est connu sous le vocable « d'effet de peau » et l'épaisseur de peau se calcule à l'aide de la formule suivante :

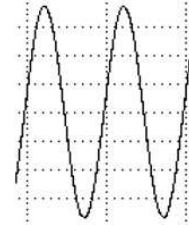
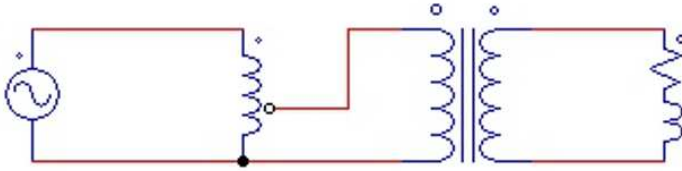
$$\delta = \sqrt{\frac{2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

- δ : épaisseur de peau en mètre [m]
- f : fréquence du courant en hertz [Hz]
- μ : perméabilité magnétique en henry par mètre [H/m]
- σ : conductivité électrique en siemens par mètre [S/m]

En prenant comme ordre de grandeur pour un acier standard une perméabilité magnétique relative de 100 (soit une perméabilité de $1,25 \times 10^{-4}$ H/m) et une conductivité de 50 S/m, on obtient une épaisseur de peau de 1 mm. Par conséquent, le courant alternatif (50 Hz) n'est utilisé que pour la détection de discontinuités superficielles débouchantes. Les vibrations dues à la fréquence du courant permettent de mettre en évidence des discontinuités très fines.

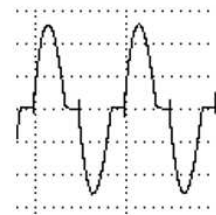
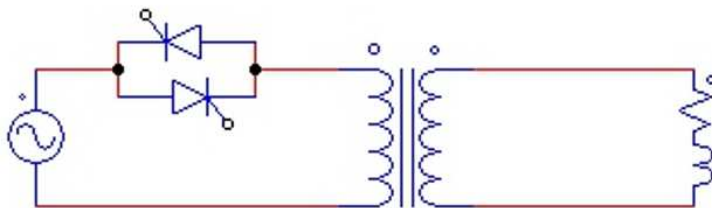
Pour régler la puissance, deux techniques sont couramment utilisées.

- Réglage de la puissance à l'aide d'un rototransformateur qui permet de faire varier l'amplitude tout en gardant la forme de l'onde sinusoïdale ;



Principe d'un réglage de puissance par rototransformateur

- Réglage de la puissance à l'aide d'un gradateur à thyristors. Dans ce cas la forme du courant obtenue n'est plus sinusoïdale et la mesure du courant ou du champ résultant doit être réalisée à l'aide d'un appareil de mesure de la valeur efficace vraie (terme anglais :TRMS (True Root Mean Square)). Les appareils de mesure non TRMS vont donner des résultats erronés.



Principe d'un réglage de puissance par gradateur à thyristors

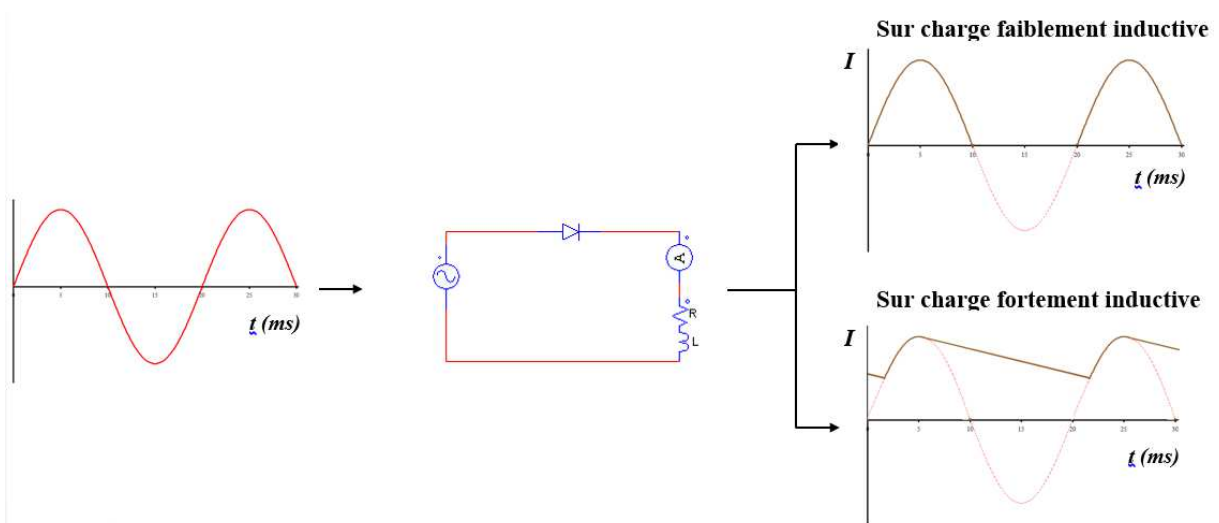
Les Courants Continu et Redressé

L'effet de peau restreint l'utilisation du courant alternatif à la détection des discontinuités superficielles débouchantes. Heureusement, le courant alternatif peut être converti simplement en le redressant. Le nouveau courant ainsi créé, va comporter à la fois une composante continue et une composante alternative (harmoniques du 50 Hz) dans des proportions qui vont dépendre du type de redressement choisi.

Le courant continu est approprié en magnétoscopie pour la recherche de discontinuités superficielles sous-jacentes car ce courant génère un champ magnétique qui pénètre plus profondément dans le matériau. Cependant il faut être clair, autant un contrôle par magnétoscopie effectué dans les règles de l'art va permettre une détection certaine des discontinuités superficielles débouchantes, même très fines, autant il est impossible de garantir la détection à une certaine profondeur pour des discontinuités non débouchantes, car celle-ci va dépendre grandement de la géométrie proprement dite de la discontinuité.

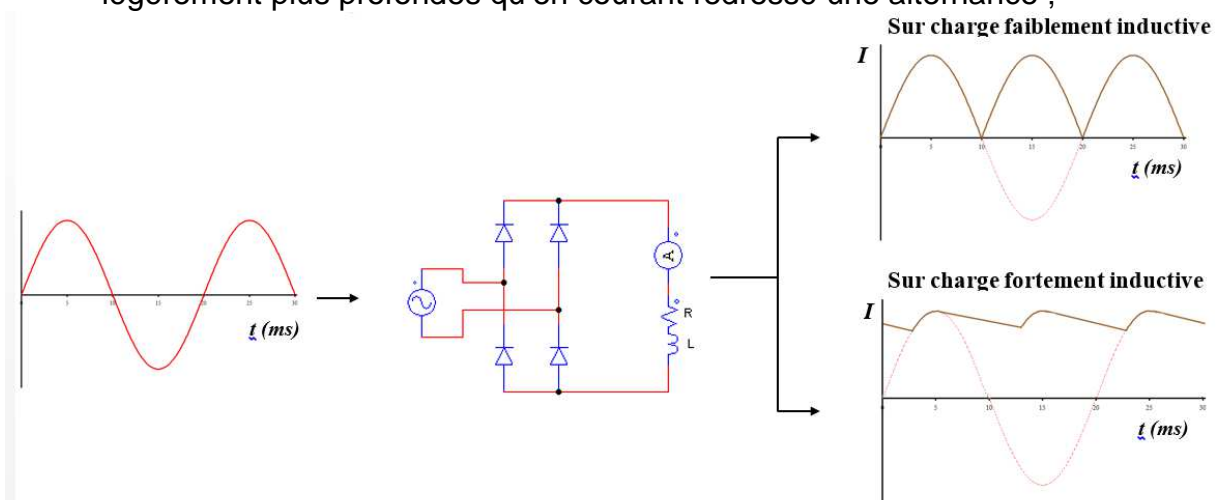
Les courants redressés sont généralement obtenus à l'aide de montages électroniques à diodes, plus ou moins complexes, suivant la nature du redressement souhaité. Trois types de courant redressé sont communément utilisés :

- Redressement monophasé une alternance ou courant pulsé. C'est un courant alternatif monophasé dont l'alternance négative a été supprimée. L'effet de peau est moins sensible qu'en courant alternatif non redressé. Ce courant permettra de mettre en évidence les discontinuités sous-jacentes relativement proches de la surface. La mobilité des particules magnétiques est encore suffisante pour mettre en évidence des discontinuités très fines ;



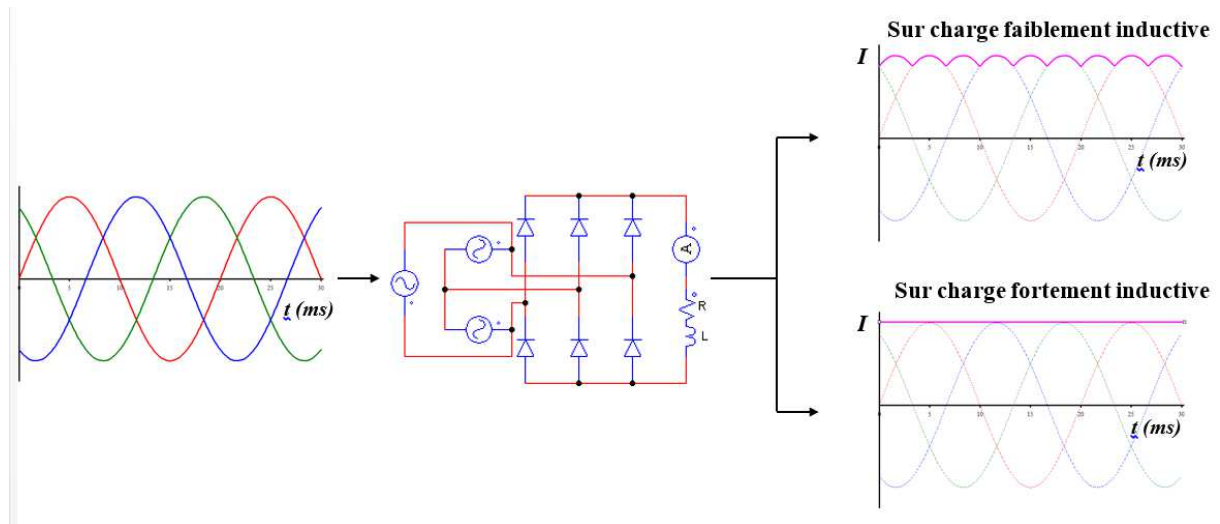
Principe d'un redressement monophasé une alternance

- Redressement monophasé double alternance. C'est un courant alternatif monophasé dont l'alternance négative a été redressée. Le champ magnétique créé par ce courant permettra la détection de discontinuités sous-jacentes légèrement plus profondes qu'en courant redressé une alternance ;



Principe d'un redressement monophasé double alternance

- Redressement triphasé double alternance. C'est un courant alternatif triphasé dont l'alternance négative a été redressée sur les trois phases. Ce courant est pratiquement assimilable à du courant continu et sa capacité à détecter des discontinuités en profondeur est bien plus importante qu'avec un redressement monophasé. La mobilité des particules magnétiques étant devenue plus faible, le champ magnétique créé par ce courant rendra difficile la détection des discontinuités très fines.



Principe d'un redressement triphasé double alternance

Il est important de noter que la forme réelle du courant est très nettement dépendante de la nature de la charge. En magnétoscopie, la charge peut être faiblement inductive dans le cas par exemple du passage direct du courant dans la pièce ou de l'utilisation d'un conducteur central. Cependant, la charge peut devenir beaucoup plus inductive dans le cas de l'utilisation d'une bobine d'aimantation, ce qui a pour conséquence de lisser le courant dans celle-ci. Plus la bobine comporte de spires ou est bien couplé avec la pièce à contrôler, plus la charge deviendra inductive et plus l'effet de lissage du courant sera amplifié. Un cas extrême concerne par exemple l'alimentation des têtes magnétiques continues qui sont composées d'un très grand nombre de spires bobinées directement sur un noyau magnétique. Dans ce cas, la charge est tellement inductive qu'il est possible d'obtenir dans celle-ci un courant continu (très faible ondulation) en utilisant un simple montage redresseur double alternance.

La forme du champ magnétique étant directement liée à la forme du courant qui le génère, il est possible d'utiliser un mesureur numérique de champ magnétique tangentiel avec affichage graphique de la courbe pour connaître la forme exacte du courant.

Les courant fournis par un convertisseur de fréquence

La démocratisation des convertisseurs de fréquence électronique, utilisés aujourd'hui à grande échelle dans les variateurs de vitesse pour moteur, donne un nouveau



S.GRAVELEAU (10-2014)

moyen simple de jouer sur le paramètre « épaisseur de peau ». Il devient ainsi possible d'optimiser la fréquence à des valeurs inférieures ou supérieures à 50 Hz pour favoriser la détection de certains types de discontinuités.

Les expériences réalisées dans ce sens, depuis quelques temps déjà, ont confirmé qu'une diminution de la fréquence améliorerait globalement la détection des discontinuités sous-jacentes, mais également que son augmentation pouvait permettre d'améliorer la qualité de détection lors du contrôle d'une pièce de géométrie complexe avec des discontinuités débouchant très fines.

La fréquence intermédiaire de 50 Hz reste aujourd'hui bien souvent un bon compromis technicoéconomique. Cependant, des contrôles à d'autres fréquences, voire multifréquences, peuvent être effectués et permettre d'améliorer la détection des discontinuités dans certains cas particuliers.