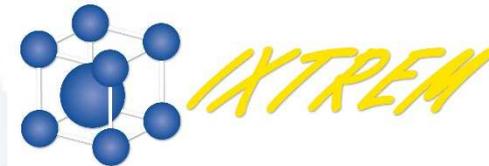




Utilisation des champs magnétiques variables et BF pour le contrôle non destructif par Magnétoscopie

IXTREM – www.ixtrem.fr





Equipement développé

➤ Générateur magnétoscopique à forme d'onde reconstituées



Caractéristiques du générateur:

- Puissance : 15 kVA
- Courant de sortie : forme d'onde alternative / intensité allant de 0-1500 A eff
- Fréquence variable : 1 à 50 Hz
- Types de défauts détectés :
De surface jusqu'à une profondeur de 2 à 4 mm selon la nuance de l'acier (à $F = 5 - 10$ Hz).

Issue d'un développement relatif au programme Européen LIFE+ - Green Testing - www.greentesting.fr

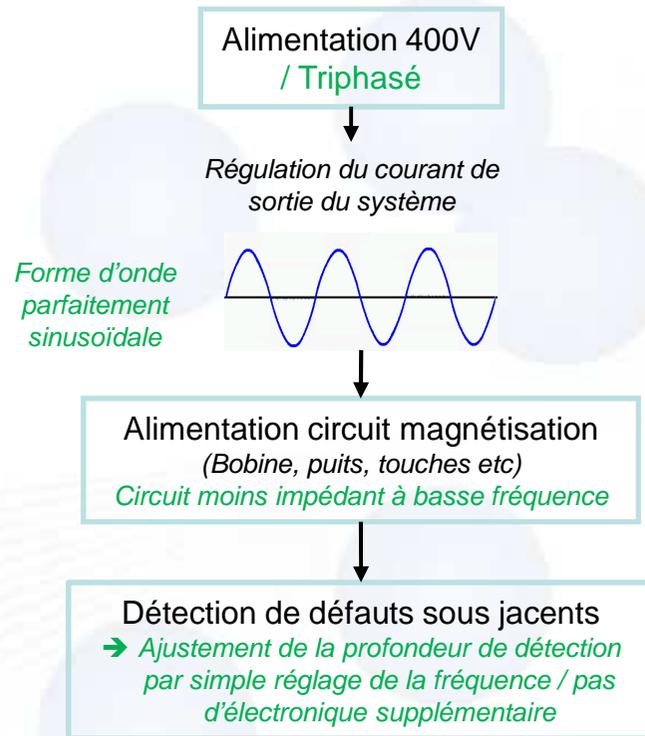


➔ 2 sorties en courants :

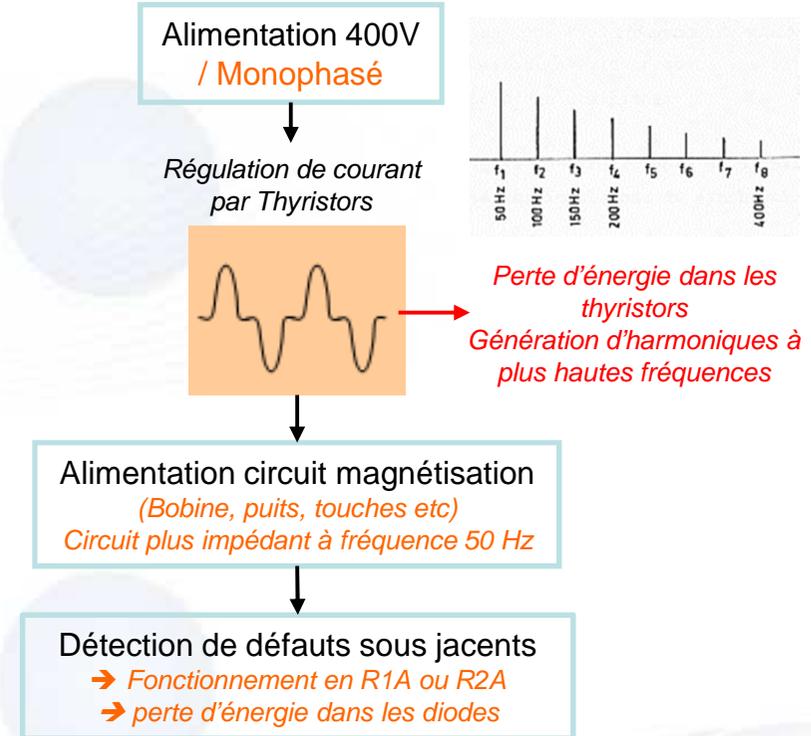
- Courant fort pour alimentation solénoïde, conducteur centrale, touche
- Courant faible pour alimentation électroaimant, puits à champ tournant « petit format »

Bilan énergétique

Système standard 50 Hz



Système basse fréquence



→ Réduction d'un facteur 4 de la consommation en énergie du système



Sécurité et Réglementation

Relevés des valeurs de champs magnétiques au niveau des yeux de l'opérateur



→ Mise en conformité avec la Directive Européenne 2013/35/UE

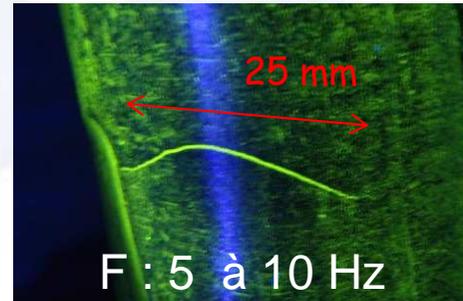
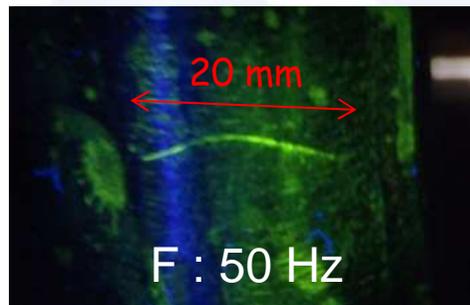
Valeurs déclenchant l'action hautes (VA) - *Garanti le non dépassement des Valeurs Limites d'Exposition relatives aux effets sur la santé*

Pour $f = 50 \text{ Hz}$ → $VA = 4,8 \text{ kA/m}$ (proche de la VA)

Pour $f = 10 \text{ Hz}$ → $VA = 24 \text{ kA/m}$

→ Facteur sécurité de 5 pour une fréquence de travail de 10Hz

Approche comparative pour la détection de défauts



Essais réalisés dans le cadre du projet GreenTesting



→ Longueur du défaut plus importante à 10 Hz et indication plus « marquée »

Comparativement à un contrôle magnétoscopique à 50 Hz, celui réalisé à 10 Hz permet :

- D'améliorer de façon notable le contraste : plus grande rétention de particules magnétiques « retenues » au droit du défaut
- D'augmenter la longueur totale de l'indication magnétique grâce à une très bonne interaction avec le défaut au niveau des zones sous jacentes

→ MEILLEURE QUALITE DU CONTRÔLE



Contrôle sur pièce peinte

$H_{eff} : 2,4 \text{ à } 3 \text{ kA/m}$

$F : 50 \text{ Hz}$
Générateur à thyristors



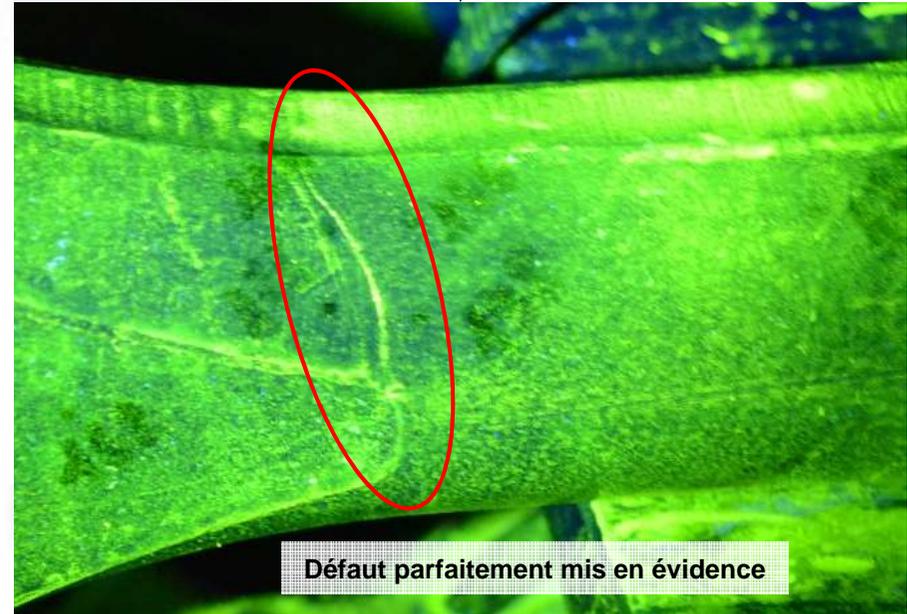
Épaisseur de peinture : 150 – 200 μm

$H_{eff} : 2,4 \text{ à } 3 \text{ kA/m}$

$F : 10 \text{ Hz}$
Générateur à forme d'onde reconstituée



→ Défaut très difficilement visible



Défaut parfaitement mis en évidence

A basse fréquence la détection de défaut est possible sur pièce peinte

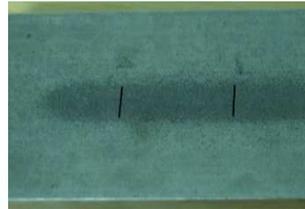
→ Gain énergétique et environnemental notable



Contrôle de pièces peintes par électroaimant BF

*Tôle avec défauts électro érodés
Ouverture ~1 mm - Profondeur 0,5 et 1mm*

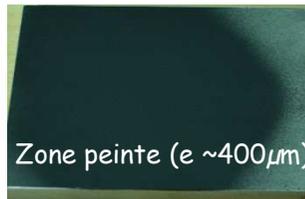
Face A -
visualisation des
entailles non
débouchantes



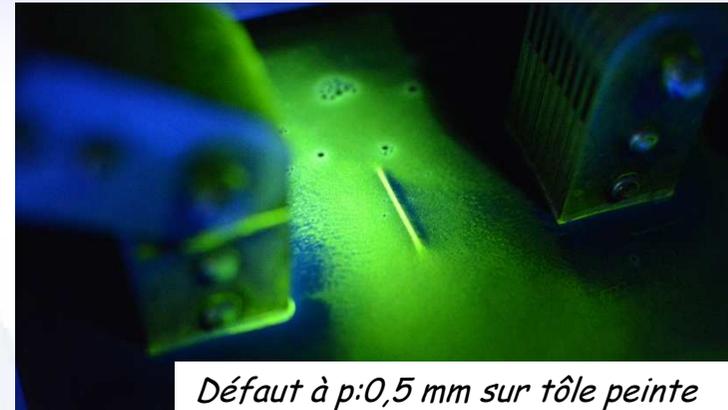
0,5 1

*Localisation en profondeur
des défauts par rapport à la
surface contrôlée B (en mm)*

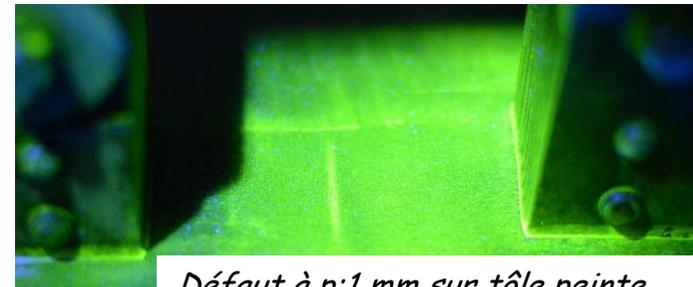
Face B -
face contrôlée



Zone peinte (e ~400µm)



Défaut à p:0,5 mm sur tôle peinte



Défaut à p:1 mm sur tôle peinte

→ **Contrôle en maintenance directement sur pièce revêtue
(cuve, réservoir, tuyauterie, cordon de soudure etc)**

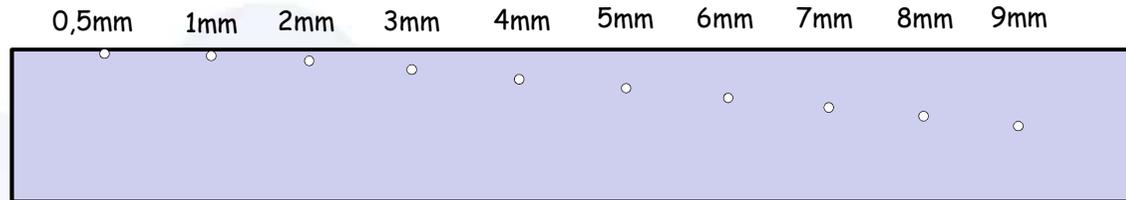
*Ajout d'un boîtier électronique de variation en fréquence
compatible avec tous types et marques d'électroaimant
(calibration préalable)*



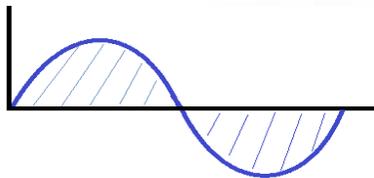
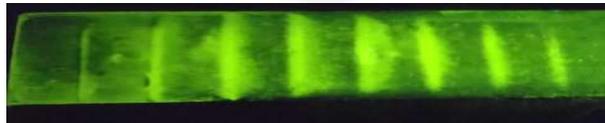


Profondeur de détection et de pénétration des lignes de champs magnétiques

Cale de référence avec défauts à différentes profondeurs



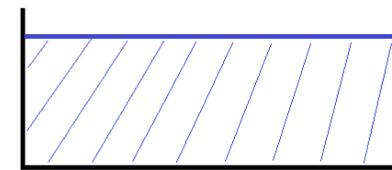
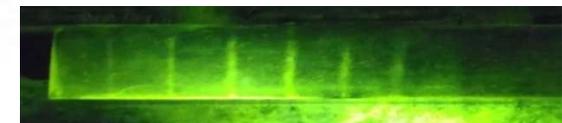
Champ alternatif de fréquence 10 Hz



Champ redressé deux alternances



Champ continu DC



→ Les indications sous-jacentes sont nettement plus visibles avec une excitation magnétique oscillante à basse fréquence qu'avec l'utilisation d'un champ magnétique redressé ou continu

La basse fréquence permet à la fois de détecter des défauts de surfaces et légèrement sous jacents avec une seule aimantation → GAIN ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL



Effacité en mode démagnétisation

A l'issue d'un contrôle, la pièce est saturée magnétiquement ce qui entraîne une forte rémanence magnétique de la pièce. Elle s'avère très élevée, notamment dans le cas de contrôle par source de courant redressée (R1A / R2A / 3R2A) ou continu

Mesure effectuée après un contrôle magnétoscopique



Démagnétisation par enroulement



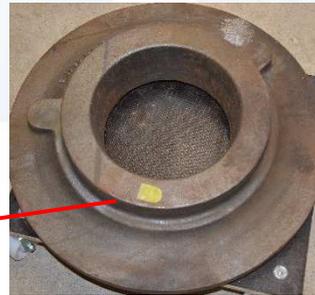
→ La profondeur de pénétration des lignes de champs magnétiques à basse fréquence permet de réaliser des désaimantations complètes des pièces aéronautiques, nucléaires et ferroviaires et de descendre à des valeurs de rémanence magnétique B inférieure à 240 A/m.



Utilisation de la magnétoscopie sans contact par champ magnétique tournant BF

Sans contact : l'aimantation se fait à l'aide de bobines déformées et imbriquées les unes dans les autres. Il n'y a pas de passage de courant électrique dans la pièce. Le champ magnétique ainsi créé est homogène, ce qui permet de détecter des défauts très fins sur des pièces de géométrie complexe.

Champ magnétique tournant : un champ magnétique tournant est obtenu en aimantant simultanément la pièce à contrôler selon 2 (cas des tôles et chanfreins) ou 3 directions perpendiculaires.



Puits à Champ Magnétique tournant

Avantages de ce procédé :

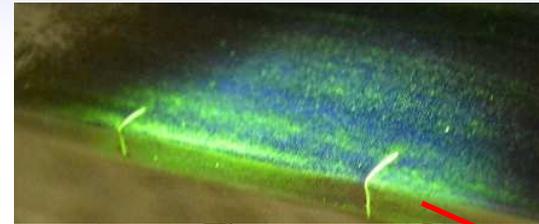
- *Cadence de contrôle élevée (une seule aimantation de quelques secondes suffit pour détecter les défauts quelle que soit leur orientation)*
- *Maintenance réduite (pas de changement de tresses de contact)*
- *Fiabilité accrue des contrôles magnétoscopiques*
- *Pas de risque de brûlures accidentelles des pièces dues au passage de courant électrique*

Les avantages de la magnétisation BF décrits ci-avant sont cumulatifs à ceux de la magnétisation sans contact par champ magnétique tournant.



Puits d'aimantation pour Contrôle de pièces à géométries complexes

Générateur de courant IM40 BF
/ 0-2500A eff - 10Hz



Station de pulvérisation autonome



Puits d'aimantation



Ø1 mètre

Circulation des lignes de champs magnétiques jusque dans les zones creuses de la pièce



Système sans contact → Confort de travail pour l'opérateur / pénibilité du poste réduite

Magnétisation sur toutes les faces externes de la pièce

Technique actuelle utilisant un électroaimant :



Risques de troubles squeletto- musculaires élevés

Opérateur accroupi ou à genoux lors du contrôle

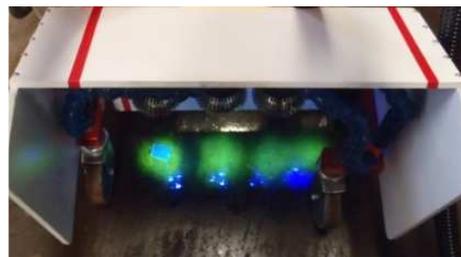
Examen des indications rendu difficile par la posture de l'opérateur

Zone d'examen réduite, nécessité d'opérer à deux aimantations successives selon 2 directions perpendiculaires

Contrôle au défilement:



Eclairage UV par LEDs



Technique par champ tournant BF:

Générateur de courant à basse fréquence
→ Faible consommation d'énergie

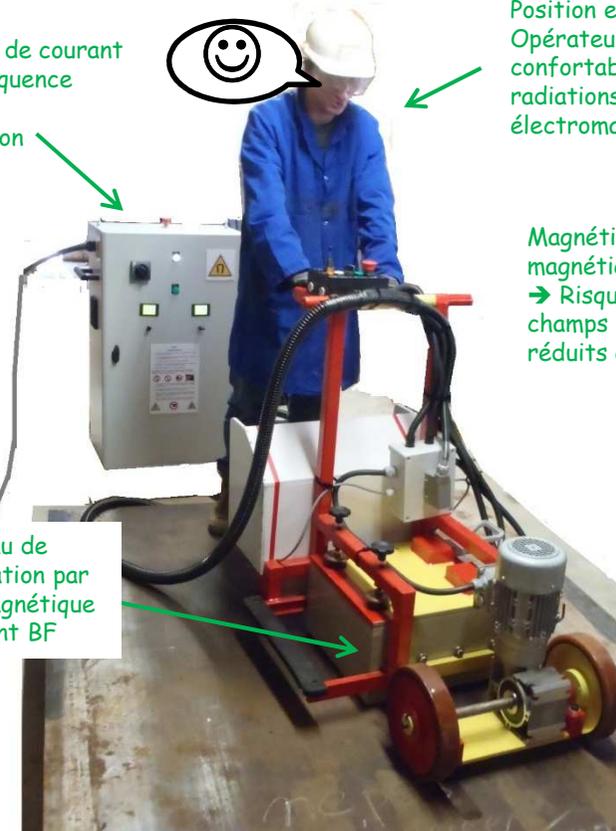


Position ergonomique - Opérateur debout - posture confortable - Exposition aux radiations électromagnétiques réduite

Magnétisation par champ magnétique tournant BF
→ Risques d'exposition aux champs électromagnétiques réduits à Basse Fréquence

Plateau de magnétisation par champ magnétique tournant BF

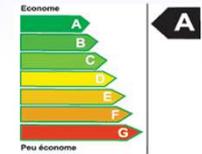
Entrainement du chariot par moteur
→ Pas d'effort physique



- Réduction de la consommation d'énergie
- Meilleure protection de l'opérateur contre les UV
- L'examen sous UV avec un indicateur magnétique visible en présence de lumière blanche a permis d'éviter d'appliquer préalablement une peinture blanche servant de fond contrastant



Principaux avantages de la magnétoscopie à fréquence variable



- ❖ Très faible consommation d'énergie comparativement à un générateur classique commandé par thyristors.
 - ❖ Consommation électrique équilibrée sur les 3 phases comparativement à un générateur classique monophasé.
 - ❖ Cos phi beaucoup plus faible : le circuit magnétique est moins inductif à Basse Fréquence (*moins d'échauffement des câbles et des transformateurs -> moins de pertes par effet Joule*).
 - ❖ Technologie bien adaptée pour la détection des défauts sous peau. La base fréquence peut se substituer aux modes de magnétisation redressé 1 ou 2 alternances diminuant ainsi le nombre d'opérations de contrôles,
 - ❖ Possibilité de réaliser des contrôles sur des pièces avec revêtement type peinture.
 - ❖ Maitrise complète des processus de désaimantation ce qui n'est pas toujours le cas des pièces probablement aimantées avec un champ magnétique continu ou redressé triphasé (Cas dans l'aéronautique).
 - ❖ Sécurité accrue pour les opérateurs face aux risques électromagnétiques. 
 - ❖ Plus faible impédance électrique permettant de réaliser des solénoïdes de grandes dimensions et de diamètres important (> 800mm)
 - ❖ Magnétisation accrue dans les zones creuses et dans les pièces à géométrie complexes de part une pénétration des lignes de champ magnétique accrue,
- * en moyenne 10 à 15% de pertes par effet Joule dans les conducteurs, transformateurs et les récepteurs et autant par Courants de Foucault qui augmente avec le carré des courants des harmoniques)