

Etude et principe de fonctionnement d'un détecteur de métaux

Étude et principe de fonctionnement d'un détecteur de métaux à battement de fréquence

Les détecteurs de métaux sont régulièrement utilisés dans des domaines aussi divers que la sécurité (portiques dans les aéroports), le médical (sas d'entrée avant un IRM) , le militaire (déminage), les loisirs ou l'archéologie. La variété d'utilisation de cette machine m'a intriguée, aussi ai-je voulu comprendre son fonctionnement et les principes scientifiques sur lesquels elle repose.

Ce sujet s'inscrit dans le thème « Milieux : interactions, interfaces, homogénéité, ruptures » car le principe des détecteurs de métaux repose sur l'interaction entre un métal homogène et une/des bobines qui génèrent une induction magnétique dans le dit métal.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Détection de métaux</i>	<i>Metal detection</i>
<i>Bobine(s)</i>	<i>Coil(s)</i>
<i>Induction électromagnétique</i>	<i>Electromagnetic induction</i>
<i>Courants de Foucault</i>	<i>Eddy currents</i>
<i>Performances</i>	<i>Performances</i>

Bibliographie commentée

Justification du changement de titre de mon TIPE :

J'ai pris la décision de changer mon titre afin de le rendre plus précis : j'ai choisi d'étudier spécifiquement les détecteurs de métaux à battement de fréquence pour ne pas trop dévier de mon sujet et de ne pas m'éparpiller dans la multitude de types de détecteurs de métaux existants.

Les détecteurs de métaux sont des outils apparus au XIXème siècle, ils sont alors à cette époque principalement utilisés dans le domaine médical afin de localiser des éclats métalliques dans un corps. [1] Aujourd'hui, les enjeux de la précision des détecteurs de métaux sont importants au vu de leurs nombreux domaines d'application, notamment dans le domaine de la sécurité avec, par exemple, les portiques de sécurité.

Pourtant, le détecteur de métaux repose sur un phénomène physique simple : l'induction électromagnétique. Ce phénomène, découvert par Michael Faraday au XVIIIème siècle, prévoit

l'apparition d'un courant induit dans un conducteur grâce à un champ magnétique. La loi de Faraday explicite ainsi le fait qu'une bobine soumise à une variation de flux magnétique fait apparaître dans la bobine une force électromotrice. [2] Les métaux ayant la caractéristique de pouvoir conduire l'électricité, lorsque un métal se trouve dans le champ magnétique induit par une bobine branchée à un oscillateur constitué d'un condensateur et d'une bobine, la bobine induit des courants de Foucault dans le métal qui à son tour crée des champs magnétiques induits. Cela modifie ainsi le flux (par induction mutuelle) à travers la bobine du détecteur, ce qui s'accompagnera d'une modification de la tension aux bornes de la bobine et de la fréquence de l'oscillateur. [3] [6]

Les tous premiers détecteurs à voir le jour sont les détecteurs à battement de fréquence, puisque leur principe simple est emprunté au battement de fréquence utilisé en radio. Il consiste en un oscillateur qui émet une onde sinusoïdale, et une bobine et un oscillateur qui captent en retour les signaux. Puis ils filtrent les signaux. Il se produit un déphasage de tension détecté par le mélangeur. Enfin, la bobine et l'oscillateur amplifient les signaux avant de, par exemple, les transformer en signal audible. [4][5]

Malgré la simplicité de réalisation de ce type de détecteur, il a vite été abandonné : en effet, il fait l'objet de sérieux problèmes de précision. Il a une faible réactivité à certains métaux (due à leurs conductivités électriques différentes), et il est sensible au milieu environnant (à la température par exemple) et à la composition du sol parfois ferreuse qui fausse la détection (effets de sol). Il ne permet pas non plus la discrimination, c'est-à-dire la différenciation des métaux détectés et est limité par l'effet de peau. [6]

C'est pourquoi il fut remplacé par les détecteurs à (très) basses fréquences qui utilisent deux bobines et permettent la discrimination, puis enfin par les détecteurs à induction pulsée qui restent les détecteurs les plus utilisés et vendus dans le commerce. Ces derniers n'utilisent qu'une seule bobine et sont en effet moins sensibles à l'effet de sol tout en permettant une détection profonde et précise. [1]

Nous étudierons dans notre cas le fonctionnement d'un détecteur à battement de fréquence, et par sa réalisation avec du matériel de laboratoire de CPGE, nous mettrons en évidence ses limites en effectuant diverses mesures.

Problématique retenue

Nous étudierons le fonctionnement d'un détecteur de métaux, et plus précisément un détecteur de métaux à battements de fréquences. Nous mettrons au point un détecteur de métaux à battement de fréquence pour rendre possible des vérifications expérimentales sur ses performances et ses limites.

Objectifs du TIPE

L'objectif de ce TIPE est, tout d'abord, de comprendre les grands principes scientifiques expliquant le fonctionnement des détecteurs de métaux. Puis il s'agit d'élaborer avec du matériel disponible au sein du lycée un détecteur de métaux. Enfin, à l'aide de différentes mesures relevées lors de l'élaboration de mon détecteur, le but est d'identifier ses failles et ses points forts.

Abstract

Metal detectors are used in many fields : security, civil engineering, medicine and archeology.

I wondered about how metal detectors worked. So I studied how they work and chose to focus on one type of detectors: the beat frequency detector.

Types of detectors work in different ways but they use the same physics principle : the magnetic induction.

I decided to make a beat frequency detector with electronic equipment. I tested my detector on : the distance of detection, the accuracy of the detection for different metals , the quality of detection... in order to know its power and its performance.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] LIONEL MERLAT : Le détecteur de métal :

http://www.artid.org/Fr/documentation_deminage/detecteursmetal.html

[2] TIERRY FINOT : PREPA SCIENCES: Physique-Chimie MPSI : *Ellipse*

[3] WIKIPÉDIA : Détecteur de métaux :

https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tecteur_de_m%C3%A9taux

[4] ÉTUDIANTS DE L'IUT GEII3 DE L'ISLE D'ABEAU : Etude des détecteurs de métaux :

<http://decteurdemetaux.free.fr/>

[5] CANO MANON, GARRIC JUSTINE, LABAT BASTIEN, KOPP PAUL (LYCÉE BERNARD PALISSY) : Mémoire des OLYMPIADES DE PHYSIQUE française édition XVIIIe (2010-2011) : « ProteusRobot détecteur de mines » : http://www.odpf.org/images/archives_docs/18eme/memoires/gr-3/memoire.pdf

[6] ROLF WILHELM : « Détecteur de métaux : Théorie-Pratique » : *PUBLITRONIC/ELEKTOR, Paris, 2001*

Références bibliographiques (phase 3)

[1] JEAN-PHILIPPE MULLER : Module : les oscillateurs sinusoïdaux : <http://www.ta-formation.com/acrobat-modules/oscillateur.pdf>

[2] ACIG SARL : Détection & Détecteur de métaux : <http://www.la-detection.com/discrimination-detecteur-metaux.htm>

DOT

[1] *Choix de se concentrer sur le détecteur à battement de fréquence*

[2] *Pas de retour ou retour négatif de la part de professionnels pour le contact industriel*

[3] *Calcul de la fonction de transfert de l'oscillateur Colpitts*

[4] *Début mai, hésitation de réaliser le détecteur avec du matériel électronique avant de finalement*

revenir à un montage électrique

[5] *Réalisation de plusieurs expériences sur la précision de mon détecteur*