

ELECTROMAGNETISME Chapitre 3 : Electromagnétisme dans l'ARQS

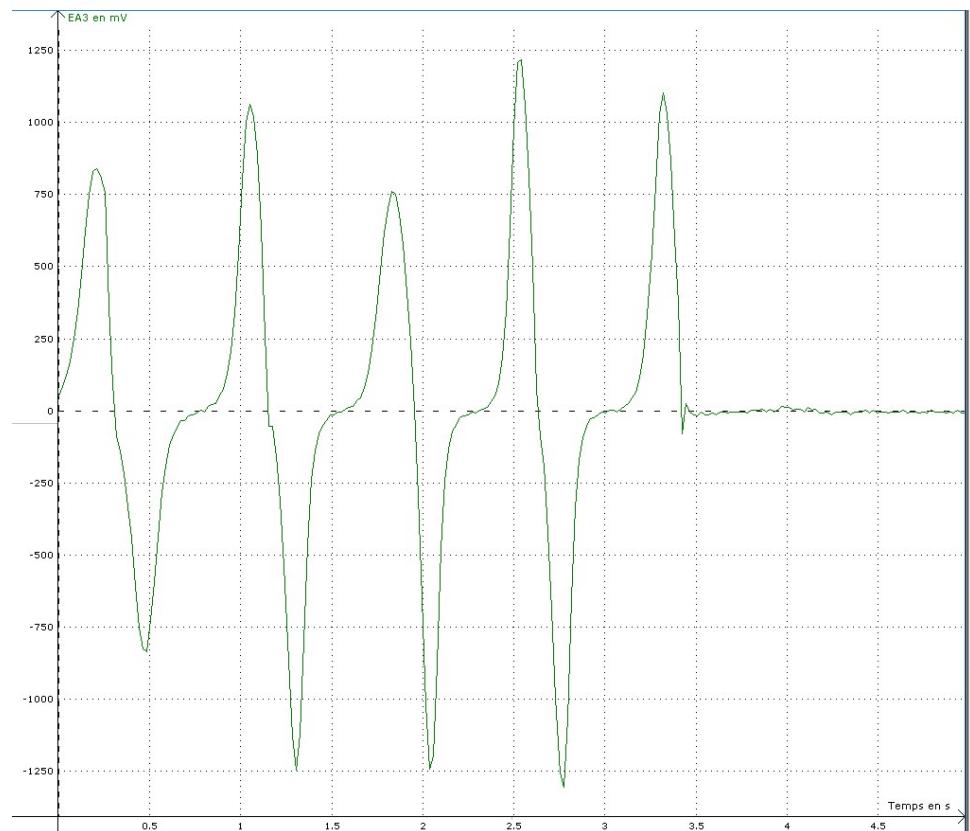
Notions et contenus	Capacités exigibles	CdE
4.5. Electromagnétisme dans l'ARQS		
Courants de déplacement.	Etablir la compatibilité des équations de Maxwell avec la conservation de la charge.	
ARQS magnétique.	Simplifier les équations de Maxwell et l'équation de conservation de la charge dans l'ARQS en admettant que les courants de déplacement sont négligeables. Étendre le domaine de validité des expressions des champs magnétiques obtenues en régime stationnaire.	
Induction.	Relier la circulation du champ électrique à la dérivée temporelle du flux magnétique.	
Courants de Foucault.	Décrire la géométrie des courants de Foucault Dans le cas d'un conducteur cylindrique soumis à un champ magnétique parallèle à son axe, uniforme et oscillant. Exprimer la puissance dissipée par effet Joule en négligeant le champ propre et expliquer le rôle du feuillement.	
Energie magnétique.	Exprimer l'énergie magnétique d'une bobine seule ou de deux bobines couplées en fonction des coefficients d'inductance et des intensités.	
Densité volumique d'énergie magnétique.	Déterminer, à partir de l'expression de l'énergie magnétique, l'expression de la densité volumique d'énergie magnétique dans le cas d'une bobine modélisée par un solénoïde long.	
Couplage partiel, couplage parfait.	Etablir, dans le cas de deux bobines couplées, l'inégalité $M^2 \leq L_1 L_2$.	

Révisions de 1ère année (2è semestre)

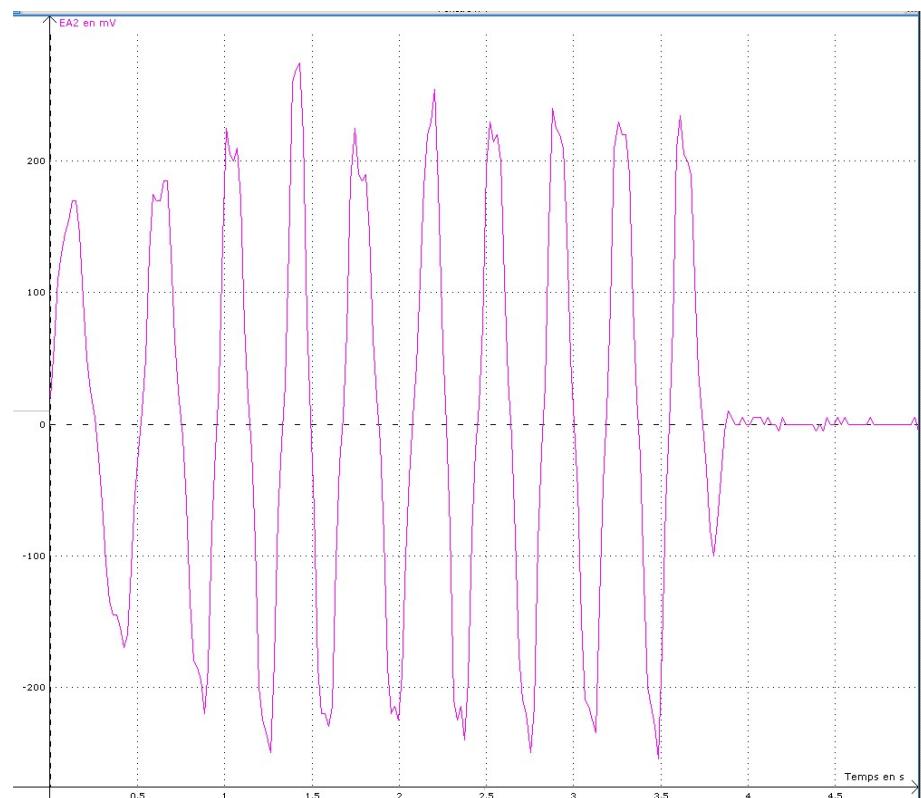
Notions et contenus	Capacités exigibles	
1.7.3 Lois de l'induction		
Flux d'un champ magnétique.		
Flux d'un champ magnétique à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté.	Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.	CdE1 : 16.5 ; 16.6 ; 17.1 CdE2 : 5.4 ; 5.5
Loi de Faraday.		
Courant induit par le déplacement relatif d'une boucle conductrice par rapport à un aimant ou un circuit inducteur. Sens du courant induit. Loi de modération de Lenz.	Décrire, mettre en œuvre et interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.	CdE1 : 17.6 , 17.7
Force électromotrice induite, loi de Faraday.	Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés. Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation.	
1.7.4 Circuit fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps		
Auto-induction.		

Flux propre et inductance propre.	Différencier le flux propre des flux extérieurs. Utiliser la loi de modération de Lenz. Évaluer et citer l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur. Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.	CdE2 : 5.7
Étude énergétique.	Réaliser un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent.	
Cas de deux bobines en interaction.		
Inductance mutuelle entre deux bobines.	Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe de grande longueur en « influence totale ». Mesurer la valeur de l'inductance mutuelle entre deux bobines et étudier l'influence de la géométrie.	
Circuits électriques à une maille couplés par le phénomène de mutuelle induction en régime sinusoïdal forcé	Citer des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante. Établir le système d'équations en régime sinusoïdal forcé en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents.	
Transformateur de tension	Établir la loi des tensions.	
Etude énergétique	Conduire un bilan de puissance et d'énergie	
1.7.5. Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire		
Conversion de puissance mécanique en puissance électrique		
Rail de Laplace Spire rectangulaire soumise à un champ magnétique extérieur uniforme et en rotation uniforme autour d'un axe fixe orthogonal au champ magnétique	Interpréter qualitativement les phénomènes observés. Écrire les équations électrique et mécanique en précisant les conventions de signe. Effectuer un bilan énergétique. Citer des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante. Expliquer l'origine des courants de Foucault et en connaître des exemples d'utilisation.	CdE2 : 5.15 à 5.18
Freinage par induction	Mettre en évidence qualitativement les courants de Foucault.	
Conversion de puissance électrique en puissance mécanique		
Moteur à courant continu à entrefer plan.	Analyser le fonctionnement du moteur à courant continu à entrefer plan en s'appuyant sur la configuration des rails de Laplace. Citer des exemples d'utilisation du moteur à courant continu.	

Mise en évidence de la tension induite, loi de Faraday



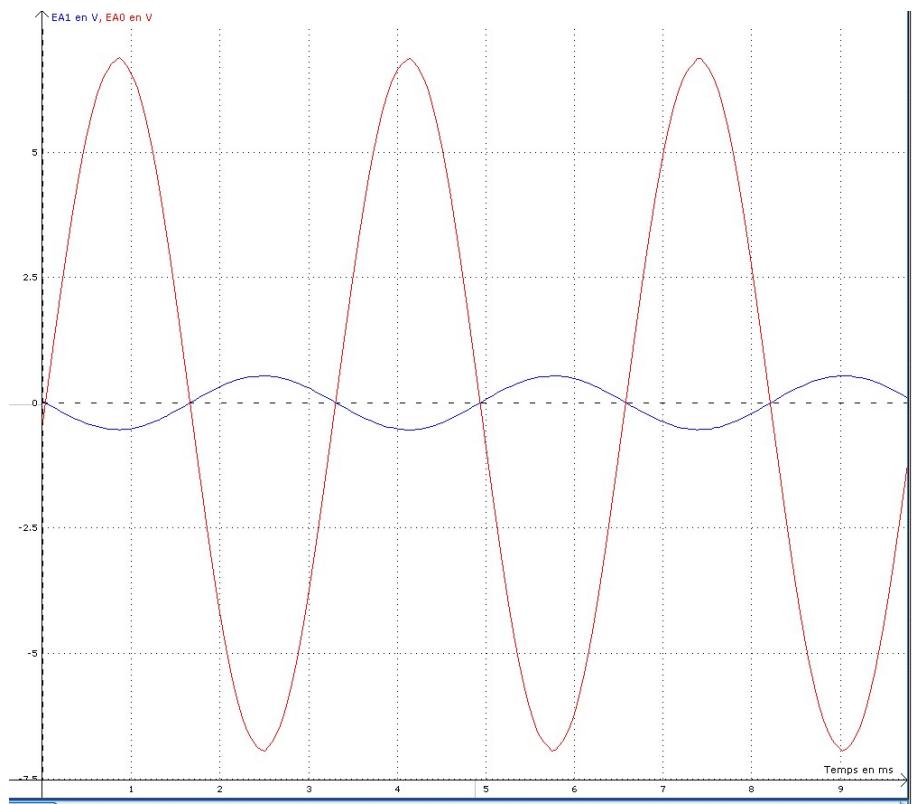
Aimant en mouvement dans une bobine : tension aux bornes de la bobine



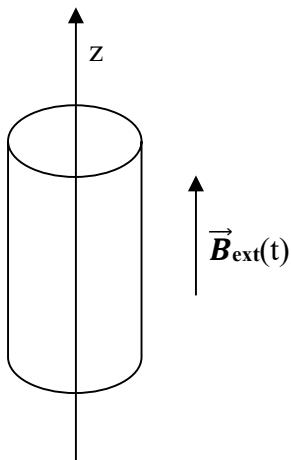
Bobine en rotation devant aimant : tension aux bornes de la bobine

Mise en évidence du couplage entre deux bobines

Bobine 2 (EA1) dans bobine 1 (EA0)



III. Conducteur soumis à un champ magnétique extérieur dépendant du temps : courants de Foucault



Soit un conducteur cylindrique métallique de rayon R , de hauteur h , d'axe Oz, de conductivité γ soumis à un champ magnétique

$$\vec{B}_{\text{ext}}(t) = B_{\text{ext}}(t) \vec{u}_z.$$

Questions :

1. Proposer un dispositif expérimental permettant de fabriquer $\vec{B}_{\text{ext}}(t) = B_{\text{ext}}(t) \vec{u}_z$.
2. Montrer, à partir d'une équation de Maxwell, que ce champ magnétique crée un champ électrique à l'intérieur du conducteur.
3. Déterminer, à l'aide d'une équation de Maxwell et d'une situation physique analogues, la direction de ce champ électrique.
4. Pourquoi la présence de ce champ électrique entraîne-t-elle l'existence de courants induits, appelés **courants de Foucault**, dans le conducteur ?
5. En utilisant le théorème de Stokes, déterminer l'expression de \vec{J}_1 , courants induits par les variations temporelles de $B_{\text{ext}}(t)$.
6. Où ces courants sont-ils le plus intense ?
7. Supposons que $B_{\text{ext}}(t)$ soit une fonction décroissante, quel est le sens de \vec{B}_1 , créé par les courants induits \vec{J}_1 . En déduire la loi de Lenz.
8. Rappeler l'expression de la puissance volumique instantanée dissipée par effet Joule dans le cylindre. L'exprimer en fonction de \vec{J}_1 .
9. On suppose que $B_{\text{ext}}(t) = B_0 \cos(\omega t)$. Exprimer la puissance volumique moyenne dissipée par effet Joule. Est-ce que cette puissance est uniforme dans le cylindre ?
10. En déduire la puissance moyenne dissipée par effet Joule dans le cylindre en fonction de γ , conductivité du cylindre, R , rayon du cylindre, h , hauteur du cylindre, B_0 et ω , puis en fonction de S , section du cylindre, γ , h , B_0 et ω .



Jean Bernard Léon Foucault
(1819 - 1868)



Heinrich Friedrich Emil Lenz
(1804 – 1865)

11. Applications :

a) Dans quelles conditions doit-on diminuer les courants de Foucault ?

b) Comparer la puissance dissipée dans un conducteur de section S, à celle dissipée dans n conducteurs de section s tels que $S = ns$.

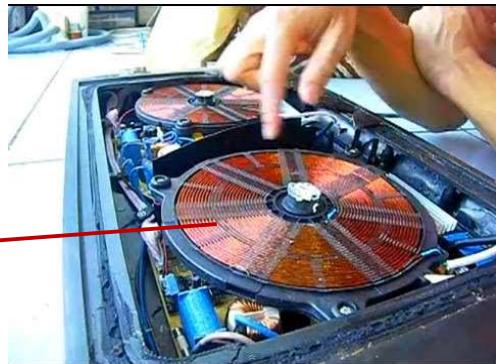
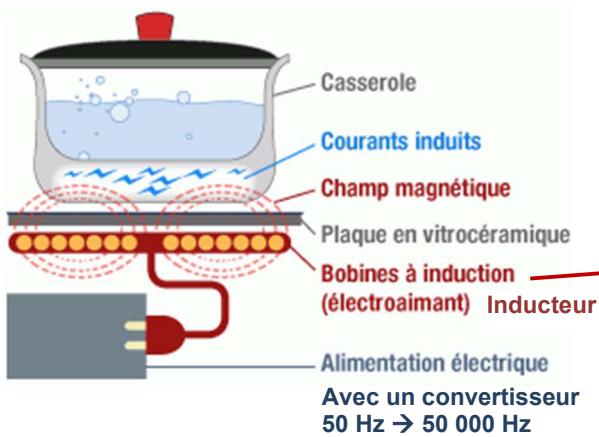
Proposer une méthode pour diminuer les courants de Foucault dans un matériau.

c) Quel est l'intérêt de la tôle feuillettée utilisée dans les circuits magnétiques des transformateurs ?

d) Expliquer le principe d'une plaque à induction

<https://www.youtube.com/watch?v=OIAR11kJZlg>

Fils multibrins dits de Linz utilisés pour le transport du courant électrique à haute fréquence



e) Principe du freinage par courants de Foucault

[vidéo: freinage-dans-champ-magnétique](#)

$$\frac{d\vec{F}_{flap}}{d\tau} = \vec{j} \wedge \vec{B} : \text{force de frottement fluide}$$