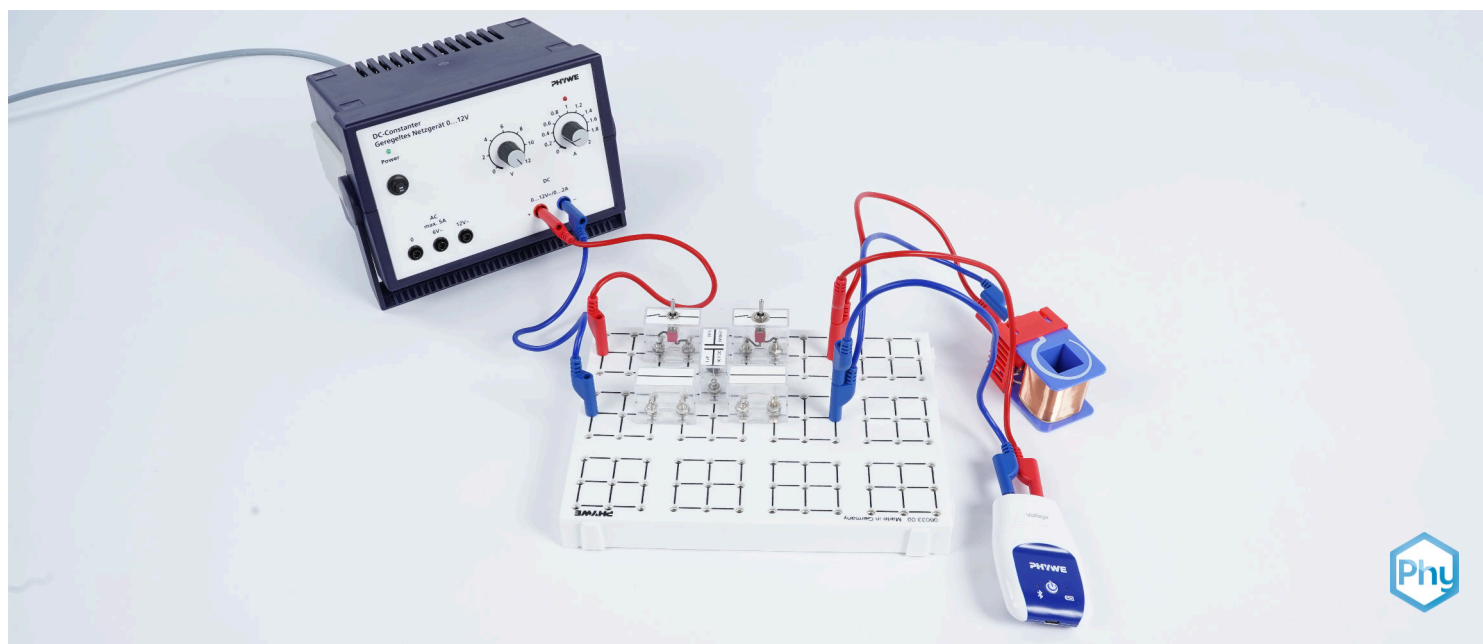


# Vibrations électromagnétiques amorties avec Cobra SMARTsense



Physique

Électricité et magnétisme

électromagnétique. Vibrations et ondes



Niveau de difficulté

facile



Taille du groupe

-



Temps de préparation

10 procès-verbal



Délai d'exécution

20 procès-verbal

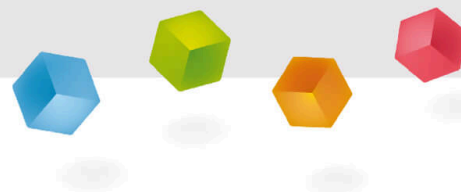
Ce contenu est également disponible en ligne à l'adresse suivante:



<https://www.curriculab.de/c/67fcb8769e1d630002ce5b56>

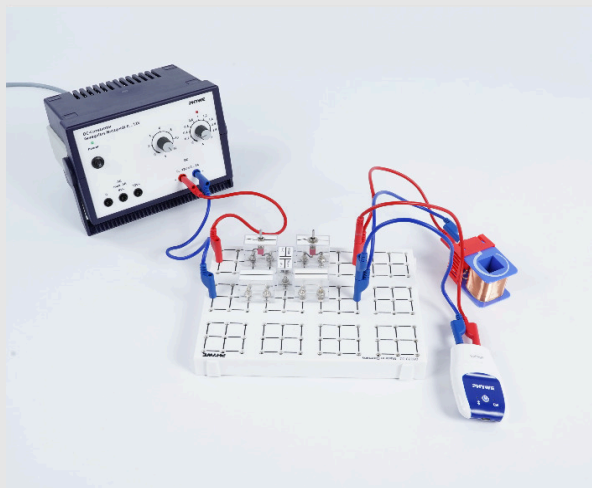
PHYWE

# Informations pour les enseignants



## Application

PHYWE



Montage de l'expérience

Les circuits électromagnétiques oscillants sont essentiels pour de nombreuses applications techniques. Ils se composent généralement d'une bobine et d'un condensateur qui forment ensemble un système vibrant. La fréquence de cette oscillation dépend de l'inductance et de la capacité des deux composants.

Dans les systèmes réels, il y a en outre une perte d'énergie due à la résistance des composants impliqués, ce qui explique l'atténuation de l'oscillation. Dans cette expérience, les élèves apprendront dans quelle mesure les propriétés des composants influencent la période de l'oscillation et comment se caractérise l'amortissement de l'oscillation.

## Théorie I

PHYWE

Pour comprendre pourquoi un condensateur et une bobine forment un circuit oscillant, il faut se rappeler les propriétés de ces deux composants. La tension aux bornes d'un condensateur qui se décharge, de capacité  $C$  est donné par  $U_C = Q/C$  où  $Q$  est la charge. Si un courant circule  $I = \dot{Q}$  par une bobine, celle-ci génère une tension de self-induction  $U_L = L \cdot \dot{I}$ . Pour décrire le circuit oscillant électromagnétique, il faut encore relier correctement les deux équations. La règle des mailles est utile pour cela : cette règle dit que le total de toutes les tensions partielles d'une maille est égal à zéro si les signes sont pris en compte. Ensemble, on obtient donc

$$\frac{Q}{C} + L\dot{I} = \frac{Q}{C} + L\ddot{Q} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \ddot{Q} = -\frac{1}{LC}Q$$

Cette équation différentielle est résolue par une fonction sinus ou cosinus du type  $Q(t) = Q_0 \sin \omega_0 t$ , avec la fréquence propre  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ . La fréquence est donc antiproportionnelle à l'inductance et à la capacité. Comme la période  $\tau$  est également antiproportionnelle à la fréquence, on a donc  $\tau \propto \sqrt{LC}$

## Théorie II

PHYWE

Bien que cette déduction montre l'oscillation du circuit, elle ne tient pas compte de la résistance qui apparaît dans chaque scénario réaliste. Pour tenir compte de celle-ci, l'équation de la tension aux bornes d'une résistance  $U_R = RI$  est ajouté à la règle de maillage. Il est donc monté en série avec les autres composants. On obtient ainsi

$$\frac{Q}{C} + R\dot{Q} + L\ddot{Q} = 0$$

Cette équation a la solution (sachant qu'une fonction cosinus résout également l'équation) :

$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{R}{2L}t} \sin(\omega_0 t), \quad \text{quad} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

La charge - et donc le courant - oscille donc, mais diminue de manière exponentielle avec le temps. La fréquence propre a également changé. Pour qu'une oscillation amortie soit visible, le radical doit être positif, soit  $R < 2\sqrt{LC}$  s'appliquent.

## Autres informations pour les enseignants (1/2)

PHYWE

## Prescience



Les élèves doivent connaître les concepts d'auto-inductance des bobines et de capacité des condensateurs. Ils devraient savoir ce qu'est une résistance et qu'un montage en série d'un condensateur et d'une bobine forme un circuit électromagnétique oscillant. Pour la déduction théorique, la règle des mailles est nécessaire, ainsi qu'une compréhension mathématique des équations différentielles, mais la déduction est facultative pour l'expérience.

## Principe



Un condensateur est chargé à l'aide d'un bloc d'alimentation. La connexion au bloc d'alimentation est ensuite interrompue et le condensateur est déchargé via une bobine. La tension aux bornes de la bobine est mesurée et enregistrée à l'aide d'un Cobra SmartSENSE Voltage. Cette procédure est répétée pour différentes capacités et pour une bobine avec et sans noyau de fer afin de voir l'effet de cette modification sur la période de l'oscillation. Les mesures permettent également de constater qu'il s'agit d'oscillations amorties résultant de la résistance des composants.

## Autres informations pour les enseignants (2/2)

PHYWE

## Objectif



Les élèves apprennent qu'un condensateur et une bobine montés en série forment un circuit oscillant qui s'affaiblit en raison de la résistance des composants. Ils apprennent que la période est proportionnelle à l'inductance et à la capacité.

## Exercices



1. Mesure de la tension en fonction du temps pour  $C = 1\mu F$ ,  $10\mu F$  et sans noyau de fer dans la bobine. Notez la durée de chaque période
2. Mesure de la tension en fonction du temps pour  $C = 1\mu F$ ,  $10\mu F$  et avec un noyau de fer dans la bobine. Noter la durée de chaque période

## Consignes de sécurité

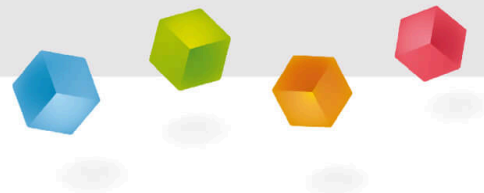
PHYWE



Les consignes de sécurité générales pour une expérimentation sûre dans les cours de sciences s'appliquent à cette expérience.

PHYWE

## Informations pour les étudiants



## Motivation

PHYWE

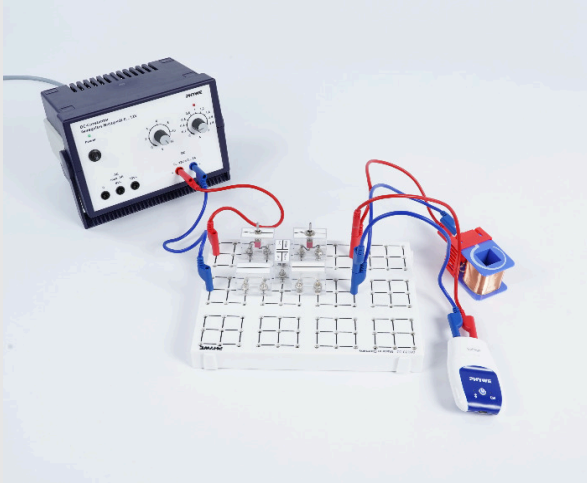


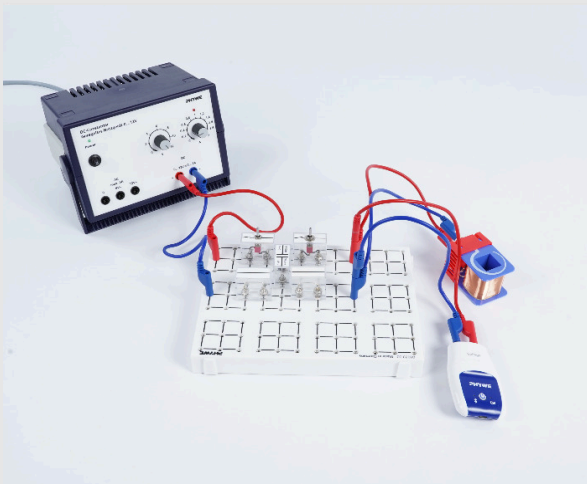
Fig. 1 Montage expérimental

Que ce soit dans les radios, les smartphones ou les chargeurs sans fil, les circuits électromagnétiques oscillants sont une base centrale de la technologie moderne. Ils se composent d'une bobine et d'un condensateur qui, ensemble, produisent une oscillation électrique, un peu comme une balançoire qui se balance d'avant en arrière.

L'énergie est alors échangée entre le champ électrique et le champ magnétique. Une expérience simple permet d'observer comment ces oscillations se produisent, quels facteurs déterminent leur fréquence et comment elles se comportent dans le temps.

## Exercices

PHYWE



Montage de l'expérience

1. Construis le circuit
2. Mesure la tension aux bornes de la bobine pendant que le condensateur se décharge, pour différents condensateurs. Note à chaque fois la durée de la période d'oscillation.
3. Répétez l'étape 2, mais utilisez une bobine avec un noyau en fer.

## Matériel

Position	Matériel	N° d'art.	Quantité
1	Plaque enfichable avec douilles de 4 mm	06033-00	1
2	PHYWE bloc d'alimentation, RiSU 2023 DC : 0...12 V, 2 A / AC : 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1
3	Câble de connexion, 25 cm, 19 A, bleu Câble d'expérimentation, connecteur 4 mm	07313-04	3
4	Câble de liaison, 25 cm, 19 A, rouge Câble d'expérimentation, connecteur 4 mm	07313-01	3
5	Cobra SMARTsense Voltage - Capteur de mesure de la tension électrique $\pm 30$ V (Bluetooth + USB)	12901-01	1
6	Bobine, 1600 spires	07830-01	1
7	Élève - noyau de fer, en forme de U, feuilleté	07832-00	1
8	Module de ligne, boîtier G1	39120-00	2
9	Interrupteur, boîtier G1	39139-00	2
10	Condensateur 10 $\mu$ F, bipolaire, boîtier G1	39105-52	1
11	measureAPP - le logiciel de mesure gratuit pour tous les terminaux	14581-61	1
12	Condensateur 1 nF/100 V, boîtier G1	39105-10	1

## Montage (1/2)

PHYWE

Pour mesurer avec les capteurs **Cobra SMARTsense**, l'application **measureAPP** de PHYWE est nécessaire. L'application peut être téléchargée gratuitement dans l'App Store correspondant (voir les codes QR ci-dessous). Avant de lancer l'application, vérifie que ton appareil (smartphone, tablette, ordinateur de bureau) est correctement configuré et que **le Bluetooth est activé**.



iOS



Android



Windows

## Montage (2/2)

PHYWE

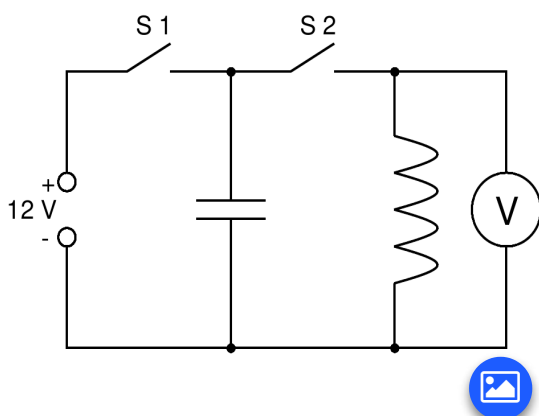


Fig. 2 Schéma électrique de l'expérience

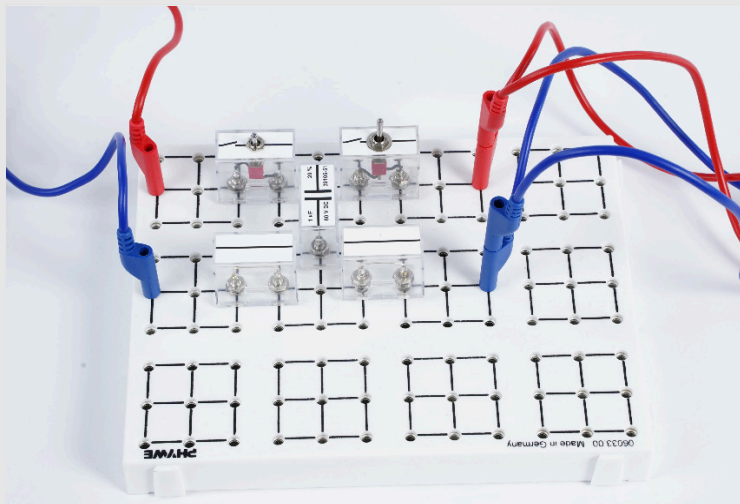
Construis l'expérience selon le schéma de câblage illustré à gauche. Si tu cliques sur le bouton, tu verras également l'expérience montée. Utilise la bobine de 1600 spires sans noyau de fer et un condensateur de capacité  $10\mu F$

Utilise le Cobra SmartSENSE Voltage comme voltmètre et allume-le en appuyant sur le bouton marche/arrêt pendant trois secondes.

Ouvre l'application mesure et connecte-toi au voltmètre. Définis une fréquence de mesure de 10 000 Hz.

## Mise en œuvre (1/3)

PHYWE



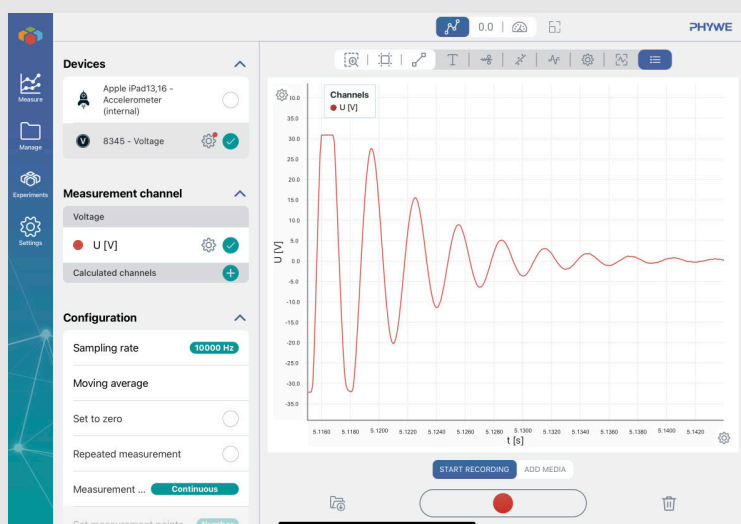
Charge du condensateur

Ouvre les interrupteurs S1 et S2 de manière à ce qu'aucun courant ne circule. Allume le bloc d'alimentation et règle-le sur une tension de 12V et une intensité de courant de 0,2 A maximum. Ferme l'interrupteur S1 pour charger le condensateur.

Démarre une mesure dans l'application mesure. Ouvre maintenant l'interrupteur S1 et ferme ensuite l'interrupteur S2, de sorte que le condensateur se décharge via la bobine et qu'aucun courant ne passe par le bloc d'alimentation. Arrête et enregistre la mesure.

## Mise en œuvre (2/3)

PHYWE



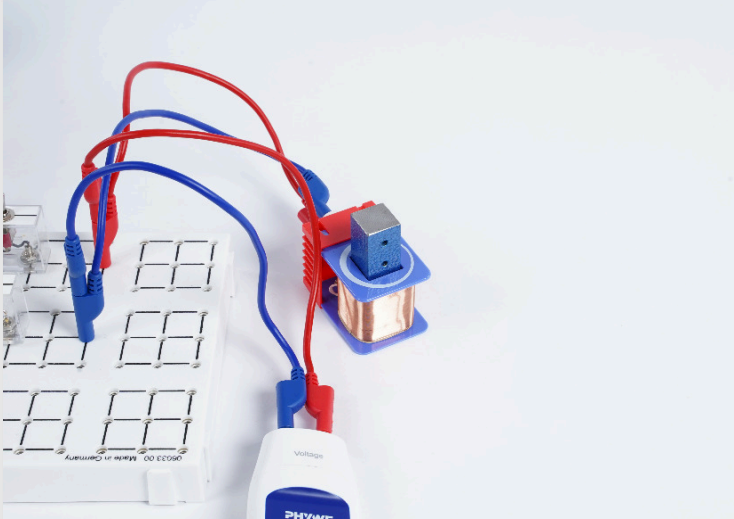
Exemple de mesure

Utilise la fonction de zoom pour observer le processus de décharge de plus près. Tu peux voir un exemple de mesure sur le côté gauche. Elle devrait représenter une oscillation. Tu peux lire la durée de la période en prenant l'intervalle de temps entre deux maxima. La manière la plus simple de lire les valeurs des fonctions est de faire glisser ton doigt sous la fonction. Les valeurs de la fonction s'affichent alors comme sur l'image de gauche.

Note la durée de la période avec deux informations : La capacité du condensateur et le noyau de la bobine - dans ce cas, il n'y a donc pas de noyau.

## Mise en œuvre (3/3)

PHYWE



Montage expérimental avec une bobine à noyau de fer

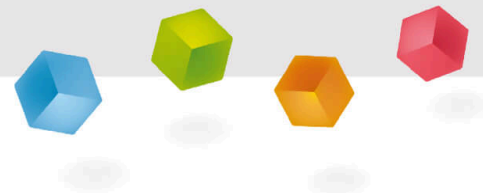
Eteins le bloc d'alimentation. Répète maintenant la mesure pour la même bobine, mais avec un  $10\mu F$ -et notez à nouveau la période avec les informations.

Enfin, effectue à nouveau deux mesures, une fois pour un  $1\mu F$ -et une fois pour un condensateur  $10\mu F$ -mais insère d'abord le noyau de fer dans la bobine. Note ici aussi la durée de chaque période.

Veille à débrancher le bloc d'alimentation avant de changer les composants !

PHYWE

## Rapport



## Tâche 1

PHYWE

Quel est le rapport entre la durée de la période et l'inductance  $L$  de la bobine et de la capacité  $C$  du condensateur ?

- ☐ La durée de la période est antiproportionnelle à la capacité
- ☐ La durée de la période est antiproportionnelle à l'inductance
- ☐ La durée de la période est proportionnelle à l'inductance
- ☐ La durée de la période est proportionnelle à la capacité
- ☐ La durée de la période ne dépend pas de la capacité

 Vérifier

## Tâche 2

PHYWE

Comment les vibrations se comportent-elles avec le temps ?

- ☐ L'oscillation s'atténue linéairement
- ☐ La vibration s'amplifie.
- ☐ L'oscillation s'atténue de manière exponentielle.
- ☐ La vibration reste inchangée dans le temps

 Vérifier

## Tâche 3

PHYWE

Faites glisser les mots dans les bonnes cases !

Pendant que le condensateur se décharge, un courant circule dans la bobine et un  s'établit aux bornes de la bobine. Ce champ magnétique induit à nouveau une tension dans la bobine. Le courant induit circule à nouveau vers le condensateur et le charge. Lorsque l'  est largement terminée, le condensateur se  et le cycle recommence. C'est ainsi que naît l'oscillation électromagnétique. \N Mais on voit aussi dans les mesures que l'oscillation diminue . Cela s'explique par le fait que l'énergie est perdue car elle est transformée en  au niveau des composants. Si l'on avait des composants idéaux, sans résistance, l'oscillation continuerait toujours. \N Non utilisé :

chaleur

décharge

linéaire

auto-induction

exponentiellement

champ magnétique

Film

Score / Total

Film 18: Sans titre de propriété : Choix multiple

0/2

Film 19: Sed diam voluptua

0/1

Film 20: Sans titre de propriété : Drag the Words

0/6

Somme totale

 0/9 Solutions Répéter