

Chapitre 5 : Les circuits électriques et les capteurs

Document 1 - Bulletin officiel

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Loi des nœuds. Loi des mailles.	Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles. <i>Mesurer une tension et une intensité.</i>
Caractéristique tension-courant d'un dipôle. Résistance et systèmes à comportement de type ohmique. Loi d'Ohm.	Exploiter la caractéristique d'un dipôle électrique : point de fonctionnement, modélisation par une relation $U = f(I)$ ou $I = g(U)$. Utiliser la loi d'Ohm. <i>Représenter et exploiter la caractéristique d'un dipôle.</i> Capacités numériques : représenter un nuage de points associé à la caractéristique d'un dipôle et modéliser la caractéristique de ce dipôle à l'aide d'un langage de programmation. Capacité mathématique : identifier une situation de proportionnalité.
Capteurs électriques.	Citer des exemples de capteurs présents dans les objets de la vie quotidienne. <i>Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif. Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).</i> <i>Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.</i>

Document 2 - Exercices dans le livre scolaire

1. Reconnaître des nœuds et des mailles : exercices 4, 6 page 313.
2. Lois de Kirchhoff : exercices 7, 8, 9 page 313.
3. Modélisation de la caractéristique d'un dipôle : exercice 18 page 316.

Quiz sur les circuits électriques et les capteurs



Quiz 1 - Les circuits électriques : <https://forms.office.com/r/rLk3haXCTN>



Quiz 2 - Les lois de Kirchhoff : <https://forms.office.com/r/JWeK6W4iiY?origin=lprLink>



Quiz 3 : La caractéristique d'un dipôle : <https://forms.office.com/r/7vP0pmcU7Z>

1 À la découverte des circuits électriques : intensité et tension électrique

ref : Le livre scolaire page 308-310

L'électricité est le nom que l'on donne au phénomène physique qui rend possible l'utilisation de tous nos appareils du quotidien. Deux grandeurs physiques majeures sont à prendre en compte pour tout montage électrique : la tension et l'intensité. Savoir les mesurer, les calculer, les assembler et les dissocier permet de maîtriser les montages électriques.

Ce cours introduit dans un premier temps, des généralités sur les circuits électriques, pour ensuite s'intéresser à l'intensité puis à la tension. Pour finalement décrire le lien mathématique qui les lie.

1.1 Deux types de circuits électriques

L'électricité est créée par un mouvement porteur de charges (électrons) dans un circuit électrique. Un circuit électrique est une association de dipôles reliés entre les autres par des fils électriques. L'un de ces dipôles est un générateur qui délivre le courant électrique. Les autres dipôles seront considérés comme des récepteurs.

Définition 1 - Dipôle électrique

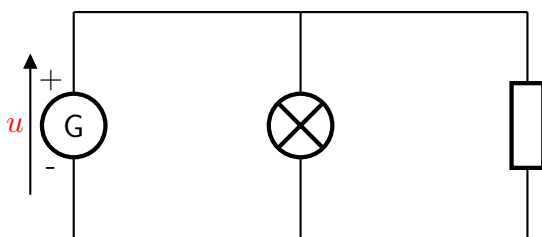
Un dipôle électrique est un élément d'un circuit électrique possédant deux bornes.

On distingue deux types de circuits électriques :

1. Les circuits en **série** qui ne comportent qu'une seule maille.
2. Les circuits en **dérivation** qui comportent au moins deux mailles.

La portion de circuit entre deux nœuds consécutifs constitue une **branche** du circuit. La branche qui contient le générateur est appelée la branche **principale**, et les autres branches étant les branches **dérivées**.

Document 1 - Un circuit électriques à plusieurs mailles



Ce circuit comprend une pile qui est le générateur qui fournit l'électricité dans le circuit, une lampe et une résistance R.

Exercice 1 - Indiquer sur le Document 1 :

- en rouge la branche principale et avec des couleurs différentes les branches secondaires ;
- Indiquer les nœuds sur le circuit à l'aide d'un • ;
- Noter avec la lettre R la résistance et la lampe avec la lettre L.

Définition 2 - Un nœud

Un nœud est l'intersection entre au moins 3 fils électriques.

Définition 3 - Une maille

C'est un chemin fermé, ne comportant pas forcément de générateur.

1.2 Le courant électrique

Le courant électrique circule à l'extérieur du générateur depuis la borne positive vers la borne négative : **c'est le sens conventionnel** du courant électrique. On représente le sens du courant électrique par une flèche (**rouge** quand c'est possible) comme sur le DOCUMENT 2.

Définition 4 - L'intensité du courant

L'intensité du courant est une grandeur quantifiant le nombre d'électrons qui traversent un fil ou un dipôle en une seconde.

Elle est notée I et s'exprime en ampère, noté A.

Propriété 1 - L'intensité du courant électrique

Dans un circuit **en série**, l'intensité du courant électrique est la même en tout point du circuit. De même l'intensité du courant qui entre dans un dipôle est toujours égale à l'intensité qui en ressort.

1.3 La tension du courant

Définition 5 - La tension électrique

La tension électrique est une grandeur caractérisant une différence d'état électrique entre deux points d'un circuit.

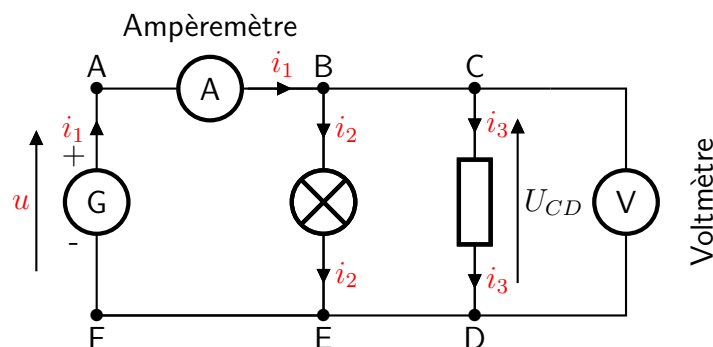
La tension noté U s'exprime en volts notés V.

La tension électrique aux bornes d'un dipôle, notée U , est représentée par une flèche qui pointe vers la première lettre de sa notation symbolique comme par exemple sur le DOCUMENT 2 la flèche représentant la tension entre les bornes C et D notée U_{CD} est dirigée vers le point C.

Propriété 2 - La tension électrique aux bornes d'un dipôle

La tension aux bornes de dipôles associés en dérivation est la même.

Document 3 - La tension électrique dans un circuit électrique



Dans ce circuit on a branché un **voltmètre** pour mesurer la tension U_{CD} et on a branché un **ampèremètre** pour mesurer le courant i_1 . Un ampèremètre est toujours branché en **série** tandis qu'un voltmètre est toujours branché en **dérivation**.

2 Les lois décrivant les circuits électriques : la loi des nœuds et la loi des mailles

ref : Le livre scolaire page 308-310

2.1 La loi des nœuds

La quantité d'électrons qui circulent dans le circuit se conserve. La loi des nœuds traduit cette conservation : En chaque nœud le courant se divise en parties qui peuvent être égales ou non.

Loi 1 - La loi des nœuds

La somme des intensités des courants électriques qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités qui en repartent.

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad (1)$$

Exercice 2 - Application de la loi des nœuds

Dans le circuit du DOCUMENT 3, on a mesuré $i_3 = 0,5 \text{ A}$ et $i_2 = 0,2 \text{ A}$. Calculez la valeur de i_1 .

Solution : D'après la loi des nœuds $i_1 = i_2 + i_3$. Donc $i_1 = 0.7 \text{ A}$.

2.2 Les conventions d'orientation et la loi des mailles

2.2.1 Les conventions d'orientation

Les intensités de courant et les tensions électriques sont des grandeurs algébriques (elles peuvent être positives ou négatives). C'est pourquoi on adopte des conventions de notations et de branchement

- Pour les générateurs :

1. L'intensité du courant électrique I est représenté par une flèche « sortant » de la borne positive du générateur.
2. La tension U aux bornes d'un générateur est représentée par une flèche au-dessus du symbole, dans le même sens que le courant.

- Pour les récepteurs : les flèches tension et courant sont orientées dans des sens opposés

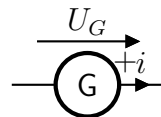


Figure 1 – Convention pour un générateur

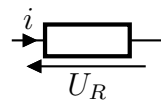


Figure 2 – Convention pour un récepteur

2.2.2 La loi des mailles

Loi 2 - la loi des mailles

La somme algébrique des tensions des dipôles le long d'une maille est égale à 0V.

Pour additionner les tensions dans la maille orientée, on commence par orienter arbitrairement la maille et on affecte :

1. un signe « + » à une tension si sa flèche est dans le même sens que celui du parcours ;
2. un signe « - » dans le cas contraire.

Lorsqu'on applique la **loi des mailles** à la maille ABCDA du circuit représenté sur la figure 5. On obtient l'équation suivante :

$$-U_G + U_2 + U_1 = 0 \quad (2)$$

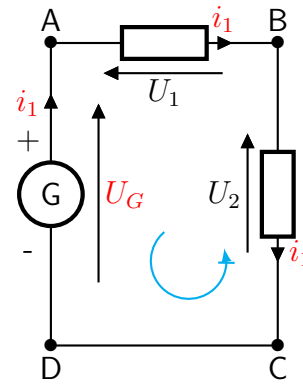


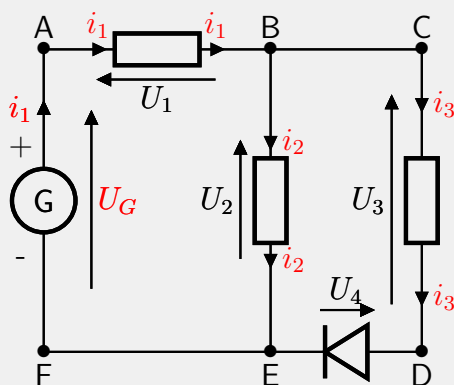
Figure 3 – L'unique maille de ce circuit est orientée dans le sens trigonométrique (anti-horaire).

Exercice 3 - Application de la loi des mailles à un circuit électrique

On a représenté ci-dessous un circuit qui comporte trois mailles. Il comporte un générateur de tension, trois résistances (R_1 , R_2 et R_3 , ainsi qu'une diode électroluminescente ou LED). Avec l'aide de ce circuit vous devrez répondre aux questions suivantes :

1. Orientez les trois mailles que comporte ce circuit.
2. Écrivez la loi des mailles pour chacune des trois mailles.
3. Sachant que la tension délivrée par le générateur vaut $U_G = 5V$ et que $U_1 = 2V$, en déduire la valeur de la tension aux bornes de la résistance R_2 notée U_2 .

Répondez aux questions ci-dessous :



2. Lois des mailles

- Maille ABCDFA : $-U_G + U_1 + U_3 + U_4 = 0 \text{ V}$
- Maille ABEFA : $-U_G + U_1 + U_2 = 0 \text{ V}$
- Maille BCDEB : $-U_2 + U_3 + U_4 = 0 \text{ V}$

3. Calcul de U_2 :

D'après la maille ABEFA, il vient : $U_2 = U_G - U_1$ et l'application numérique donne $U_2 = 3 \text{ V}$.

3 Les caractéristiques d'un dipôle et son point de fonctionnement

ref : Le livre scolaire page 308-310

3.1 Comment peut-on caractériser un dipôle électrique ?

Pour mieux connaître un dipôle, on peut le soumettre à différentes sollicitations. Par exemple pour caractériser un générateur ou une résistance on peut mesurer la tension à leurs bornes et le courant électrique qui les traverse à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre.

La caractéristique d'un dipôle est basée sur l'ensemble des couples de valeurs mesurées (I et U).

Définition 6 - Caractéristique tension - courant et courant - tension d'un dipôle

La caractéristique tension-courant d'un dipôle est la représentation graphique de l'évolution de sa tension U en fonction de l'intensité I du courant électrique qui le traverse. Autrement dit c'est la courbe d'équation :

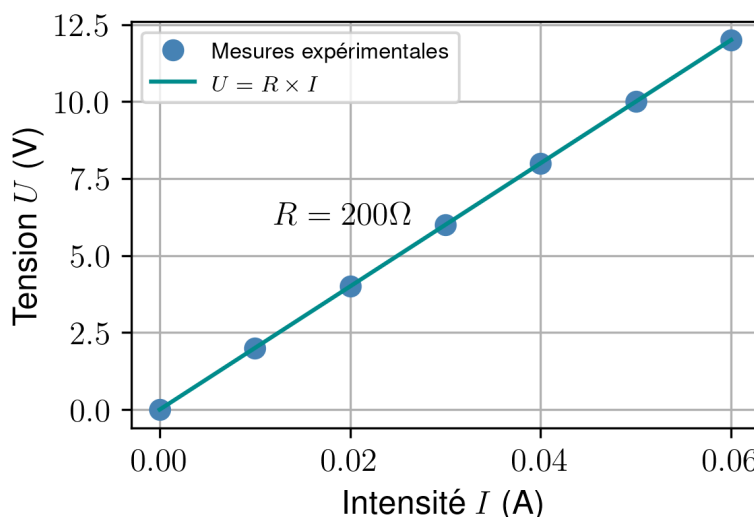
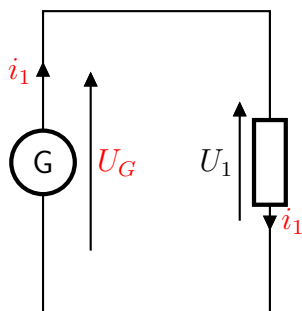
$$U = f(I). \quad (3)$$

La caractéristique courant-tension d'un dipôle est la représentation graphique de l'évolution de l'intensité du courant électrique I en fonction de la tension U qui le traverse. Autrement dit c'est la courbe d'équation :

$$I = g(U). \quad (4)$$

3.2 Caractéristique d'un conducteur ohmique : La loi d'Ohm

pour déterminer la caractéristique d'un conducteur ohmique, c'est à dire une résistance R . On doit la brancher sur un générateur de courant qui va délivrer un courant électrique d'intensité I à la résistance. On mesure ce courant à l'aide d'un ampèremètre. Aux bornes de la résistance, en dérivation, on branche un voltmètre pour mesurer la tension U aux bornes de la résistance. De cette façon, on peut mesurer la tension U en fonction du courant I qui traverse la résistance.



La caractéristique tension-courant $U = f(I)$ d'un conducteur ohmique de résistance R est une droite qui passe par l'origine. La tension U et l'intensité I du courant électrique d'un conducteur ohmique sont donc liées par une relation de proportionnalité régie par la loi d'Ohm :

Loi 3 - La loi d'Ohm

La loi d'Ohm relie la tension aux bornes d'un résistor et l'intensité du courant qui le traverse. Son expression est :

$$U = R \times I \quad (5)$$

U est exprimée en volt (V), I en ampère (A) et R en ohm (Ω).

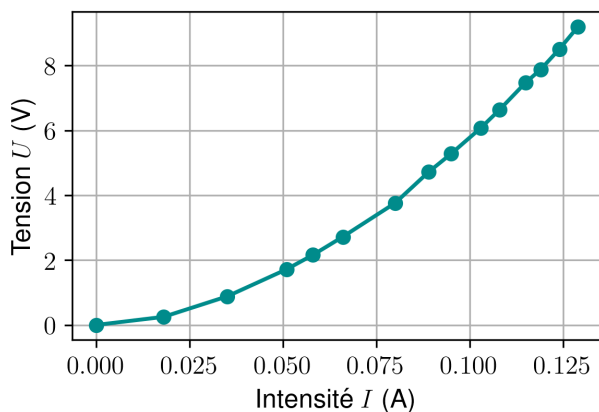
Exercice 4 - Application de la loi d'Ohm à un conducteur ohmique

Un conducteur ohmique de résistance $R = 220 \, \Omega$ est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 30 \, \text{mA}$. **Calculer la tension U à ses bornes.**

$$U = RI = 220 \times 30 \times 10^{-3} = 6.6 \, \text{V}$$

3.3 Autres caractéristiques de dipôles que l'on peut rencontrer

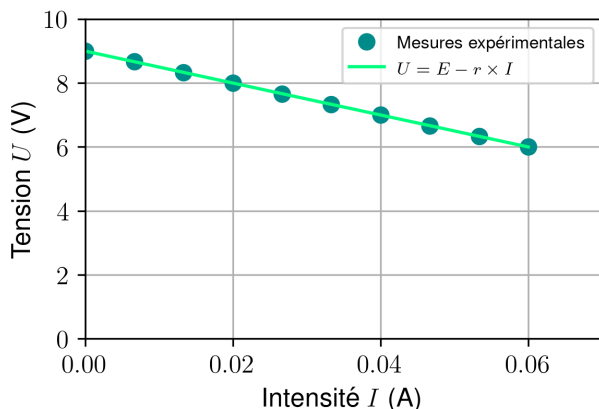
3.3.1 La lampe



La courbe caractéristique d'une lampe à incandescence n'est pas une droite passant par l'origine comme pour la résistance.

3.3.2 Le générateur de tension continue

Un générateur de tension a la particularité de posséder une tension à ses bornes lorsqu'il est isolé sans circuit extérieur, c'est à dire en l'absence de courant.



Lorsqu'une pile délivre du courant, la tension à ses bornes diminue progressivement. La caractéristique est pratiquement une droite d'équation :

$$U = E - rI \quad (6)$$

E est la tension à vide de la pile, r est une résistance interne de la pile. Donc la caractéristique $U = f(I)$ est une droite.

3.4 Point de fonctionnement

Lorsqu'un dipôle récepteur est branché aux bornes d'un générateur, un courant de même intensité I_f , traverse les deux dipôles. La tension U_f à leur bornes est également la même. ces deux conditions sont réalisées simultanément à l'intersection des caractéristiques des deux dipôles.

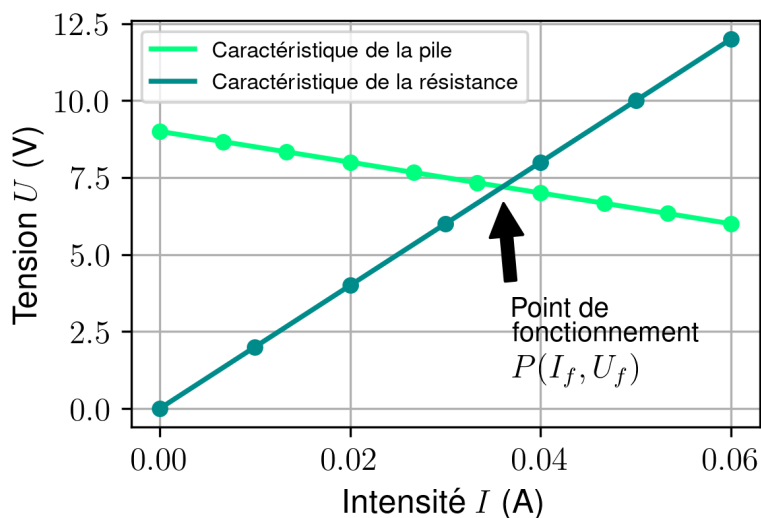


Figure 4 – Point de fonctionnement d'un circuit composé d'un générateur et d'un conducteur ohmique.

Définition 7 - Le point de fonctionnement d'un dipôle

Le point de fonctionnement d'un circuit est noté $P(I_f; U_f)$. C'est le point d'intersection des caractéristiques du générateur et du dipôle récepteur branché sur le générateur.

4 Les capteurs

On utilise tous les jours parfois sans s'en rendre compte des capteurs. En effet les capteurs sont présents dans de nombreux appareils mécaniques et électroniques comme dans les voitures, les téléphones ou bien les montres connectées.

Définition 8 - les capteurs

Un capteur est un dispositif permettant de capter un phénomène physique et de le restituer sous forme de signal électrique.

Document 3 - Capteur



4.1 Les capteurs dans votre smartphone

Certains dipôles sont couramment utilisés comme capteurs : la photorésistance (capte l'éclairement), la thermistance (pour la température), les capteurs de mouvements (pour l'accélération), le capteur de champ

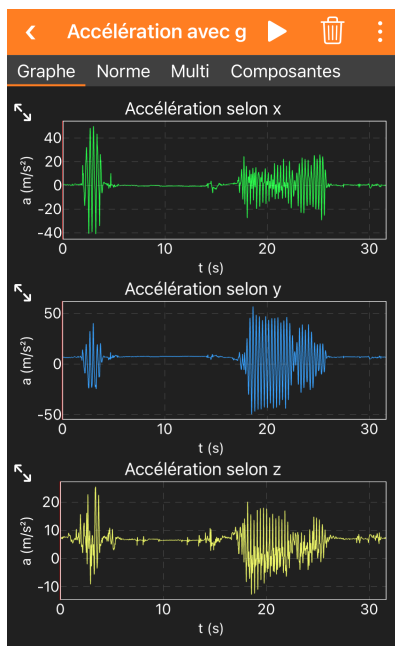
magnétique ou encore de pression. Tous ces capteurs se trouvent dans votre smartphone aujourd'hui ce qui vous permet de jouer à des jeux vidéos mais ils en font un outil pour faire de la physique très puissant !

4.2 Activité : à la découverte des capteurs de votre smartphone

4.2.1 Découverte des capteurs

Document 1 - L'application Phyphox sur Android et IOS

Avant de pouvoir vous lancer sur les défis qui vont être proposés ci-dessous il vous faudra installer l'application *phyphox* sur votre smartphone



À gauche mesure de l'accélération à l'aide de l'application. À droite le lien vers le site web de Phyphox pour télécharger l'application.

4.2.2 Mesurer avec votre smartphone des phénomènes Physique

Nous allons mettre à l'épreuve les capteurs de votre smartphone en l'utilisant pour faire de la physique. Le smartphone contient différents capteurs. Je vous propose d'en utiliser 3 mais vous êtes libre d'en utiliser d'autres. Vous trouverez la liste des capteurs présents dans le smartphone ici : https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/projet/les_capteurs_dans_un_smartphone/.

Sur la page suivante, je vous propose d'étudier trois capteurs le microphone, le gyroscope et le magnétomètre. Et enfin de réaliser 8 petits défis à l'aide de vos capteurs de smartphone <https://gledoudic-drive.mytoutatice.cloud/public?sharecode=ZkYBED84BEOS>

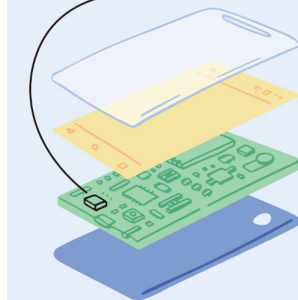
Si vous avez besoin d'explication des petites vidéos sont là pour expliquer le fonctionnement des capteurs sur ce lien ¹

1. https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/projet/les_capteurs_dans_un_smartphone/

Document 3 - Mesurer la période, la fréquence et le niveau d'intensité de votre voix

MICROPHONE

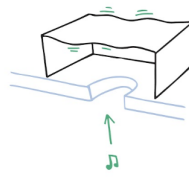
Le microphone permet au smartphone d'être utilisé comme un téléphone. Pour le physicien, il permet de mesurer un son.



Retrouvez tous les capteurs sur vulgarisation.fr

Réalisation : Anna Khazina -
La Physique Autrement et le COMPAS

UNIVERSITÉ
PARIS-SACLAY FACULTÉ
DES SCIENCES
D'ORSAY



Le microphone est constitué d'une membrane souple. Le son est une vibration des molécules de l'air, et quand il arrive au capteur il fait vibrer cette membrane.

En mesurant l'intensité et la fréquence de la vibration, on mesure le son.



Document 4 - Détecter et mesurer le mouvement et l'accélération

GYROSCOPE

Le gyroscope permet au smartphone de réagir au mouvement. Pour le physicien, il permet de mesurer une vitesse de rotation.

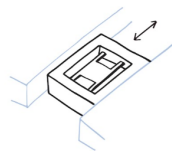


Retrouvez tous les capteurs sur vulgarisation.fr

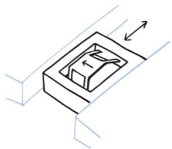
Réalisation : Anna Khazina -
La Physique Autrement et le COMPAS

UNIVERSITÉ
PARIS-SACLAY FACULTÉ
DES SCIENCES
D'ORSAY

Le gyroscope est constitué d'une plateforme mobile qui fait en permanence un mouvement d'aller-retour grâce à un petit moteur. Une partie de cette plateforme est suspendue.



Quand le smartphone est tourné, cette dernière est déviée latéralement : c'est l'effet Coriolis qui affecte tout mouvement sur un support en rotation, comme sur un manège. En mesurant cet écart latéral, on mesure la vitesse de rotation du smartphone et le sens de la rotation.

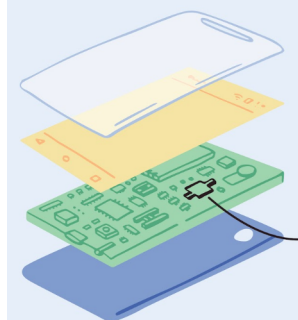


Il y a trois directions possibles dans l'espace, donc trois gyroscopes pour les mesurer.

Document 5 - Mesurer le champ magnétique de la Terre

MAGNETOMÈTRE

Le magnétomètre sert de boussole pour le smartphone. Pour le physicien, il permet de mesurer un champ magnétique.



Retrouvez tous les capteurs sur vulgarisation.fr

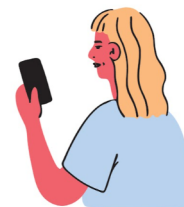
Réalisation : Anna Khazina -
La Physique Autrement et le COMPAS

UNIVERSITÉ
PARIS-SACLAY FACULTÉ
DES SCIENCES
D'ORSAY

Le magnétomètre utilise l'effet Hall : quand un courant électrique traverse un fil en présence d'un champ magnétique, ce courant est légèrement dévié sur le côté. Plus le champ magnétique est fort, plus le courant est dévié.



S ← → N



En mesurant cette déviation et son sens, on mesure l'intensité et le sens du champ magnétique. Pour mesurer les trois directions du champ magnétique, il y a trois magnétomètres.