

## document 1 livre Première S

## 1 Le magnétisme naturel

**Objectif**

- Étudier les caractéristiques du champ magnétique terrestre.

**Doc. 24 – Magnétite et champ magnétique terrestre.**

Le magnétisme n'est pas une invention humaine. Thalès de Millet, il y a plus de 2 500 ans, évoquait déjà l'existence d'un minéral noir qui attirait le fer. Un gisement était connu près de la ville de Magnésia qui lui donna son nom, la magnétite, appelée aujourd'hui par les scientifiques l'oxyde magnétique de fer ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ou aimant naturel. Ses propriétés magnétiques restèrent une simple curiosité pendant des siècles.

Les Chinois, au  $x^e$  siècle, se servaient de la boussole pour orienter le plan de leurs villes. Considérée comme un secret militaire, elle ne parvint en Occident que quelques siècles plus tard, et c'est au  $xvi^e$  siècle que les navigateurs européens commencèrent à l'utiliser. La boussole est simplement une petite aiguille de magnétite placée sur un support lui permettant de s'orienter librement. La Terre se comporte comme un aimant : sur toute sa surface, règne un champ magnétique faible mais suffisant pour orienter une aiguille aimantée. Les premiers observateurs de ce phénomène ont appelé nord le pôle de l'aiguille qui s'orientait vers le pôle nord géographique de la Terre. Cette habitude a persisté et a dicté la nomenclature des pôles de tous les aimants. Si l'on devait appliquer cette nomenclature à la Terre, le pôle nord géographique serait en fait son pôle sud magnétique. On fait cependant exception et le nord géographique est aussi appelé nord magnétique.

Le champ magnétique terrestre n'est pas dû à des aimants permanents mais à une circulation électrique à la surface du noyau terrestre. Plusieurs théories sont encore en compétition pour expliquer l'origine et la persistance de cette circulation, ainsi que ses propriétés exactes. Le champ magnétique terrestre est de l'ordre de  $10^{-5}$  T. Il n'est généralement pas horizontal : si nous suspendons une boussole à un axe horizontal, l'aiguille s'incline. Sa composante dans le plan horizontal vaut actuellement  $2 \cdot 10^{-5}$  T et l'angle d'inclinaison par rapport à l'horizontale, variable selon la situation géographique, est de l'ordre de  $60^\circ$  en France. La direction horizontale de ce champ évolue lentement, se décalant vers l'ouest. À l'échelle des temps géologiques, la direction du champ magnétique terrestre a connu des périodes de stabilité, entrecoupées de brusques inversions. À l'heure actuelle, le pôle nord magnétique ne se situe pas au pôle nord géographique mais au Canada.

Le champ magnétique terrestre a une conséquence spectaculaire : en formant un bouclier au niveau de la magnétosphère, il dévie les particules du vent solaire vers les pôles. En entrant dans l'atmosphère ces particules s'ionisent et provoquent les aurores boréales et australes (→ Doc. 1). La plupart des planètes et les étoiles ont aussi une magnétosphère.

### Questions

1. Quel est le principe de fonctionnement d'une boussole ?  
Indique-t-elle la direction du nord géographique ?
2. À l'aide du document 23 du cours, indiquez si l'aiguille d'une boussole pointe toujours vers le nord géographique.
3. Pourquoi dit-on qu'une boussole s'affole quand on l'approche de l'un des deux pôles magnétiques ?
4. Dans quelle région du globe terrestre peut-on s'attendre à trouver un champ magnétique horizontal ?
5. La ville de Magnésia a donné son nom à un minéral blanc. Lequel ?  
A-t-il un rapport avec le magnétisme ?

## → A Découverte du magnétisme

- Dès le VII<sup>e</sup> siècle av. J.-C., les Grecs savent que certains minéraux attirent les objets contenant du fer et aimantent ce métal. Ces minéraux étaient appelés « pierres de Magnésie » (Fig. 1). On les trouvait dans le gisement d'Héraclée de Magnésie.
- Dès le III<sup>e</sup> siècle av. J.-C., les Chinois nommaient ces minéraux « *tzhu shih* », c'est-à-dire *pierres-qui-s'aiment*, d'où le nom d'*aimants*.



Fig. 1 – Pierre de Magnésie ou magnétite : c'est un minerai de fer noir.

## → B Découverte de la boussole

L'origine du mot *boussole* vient du mot italien *bussola*, petite boîte.

- Les premières boussoles chinoises sont utilisées à partir du III<sup>e</sup> siècle av. J.-C. La première boussole connue est la cuillère de Wang Chen-To (I<sup>er</sup> siècle av. J.-C.) (Fig. 2).
- En 751, à l'issue d'une défaite chinoise au Kazakhstan, les Arabes récupèrent probablement une boussole chinoise.
- En 1190, la boussole est introduite en Europe par Alexandre Neckham, moine de Saint-Albans en Angleterre. Après cette date, tous les navigateurs utilisent une boussole plus ou moins sophistiquée.



Fig. 2 – La cuillère de Wang Chen-To.

## → C Le magnétisme terrestre

- À l'époque où sont introduites les boussoles en Europe, on imagine qu'il existe une montagne de magnétite au pôle Nord, qui attire toutes les aiguilles !
- En 1269, Petrus Peregrinus écarte cette idée. Il introduit le concept de la nature dipolaire des aimants et le fait que deux pôles de noms contraires s'attirent. Il expérimente ces concepts avec un aimant de forme sphérique pour justifier le champ magnétique terrestre (Fig. 3, p. 190).
- En 1720, le moine bouddhiste I-Hsing découvre la déclinaison magnétique, laquelle est redécouverte en Europe en 1510 par le vicaire allemand Georg Hartmann qui découvre également l'inclinaison magnétique en 1544.

## → D L'électromagnétisme

- En 1820, Hans Ørsted relie électricité et magnétisme : un courant électrique parcourant un conducteur crée un champ magnétique. Cette découverte fut le tremplin pour la théorie de l'électromagnétisme, élaborée par André-Marie Ampère puis développée par James Clerk Maxwell.
- Pierre-Simon de Laplace découvre qu'un conducteur, parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique, est soumis à une force. Le principe du moteur électrique est né.
- En 1831, Michael Faraday découvre qu'un aimant, en mouvement au voisinage d'un conducteur fermé, crée un courant électrique dans ce conducteur. La voie vers une source d'énergie électrique bon marché est ouverte.

1. Quelle est l'origine des mots magnétisme, aimant et boussole ?
2. Comment la boussole est-elle introduite en Europe ?
3. Historiquement, quelles sont les différentes hypothèses émises pour expliquer la présence du champ magnétique terrestre ?



Fig. 3 – Hans Ørsted.

# 1

## Le magnétisme naturel

### Objectif

- Étudier les caractéristiques du champ magnétique terrestre.

### Doc. 24 – Magnétite et champ magnétique terrestre.

Le magnétisme n'est pas une invention humaine. Thalès de Millet, il y a plus de 2 500 ans, évoquait déjà l'existence d'un minéral noir qui attirait le fer. Un gisement était connu près de la ville de Magnèsia qui lui donna son nom, la magnétite, appelée aujourd'hui par les scientifiques l'oxyde magnétique de fer ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ou aimant naturel. Ses propriétés magnétiques restèrent une simple curiosité pendant des siècles.

Les Chinois, au  $x^e$  siècle, se servaient de la boussole pour orienter le plan de leurs villes. Considérée comme un secret militaire, elle ne parvint en Occident que quelques siècles plus tard, et c'est au  $xvi^e$  siècle que les navigateurs européens commencèrent à l'utiliser. La boussole est simplement une petite aiguille de magnétite placée sur un support lui permettant de s'orienter librement. La Terre se comporte comme un aimant : sur toute sa surface, règne un champ magnétique faible mais suffisant pour orienter une aiguille aimantée. Les premiers observateurs de ce phénomène ont appelé nord le pôle de l'aiguille qui s'orientait vers le pôle nord géographique de la Terre. Cette habitude a persisté et a dicté la nomenclature des pôles de tous les aimants. Si l'on devait appliquer cette nomenclature à la Terre, le pôle nord géographique serait en fait son pôle sud magnétique. On fait cependant exception et le nord géographique est aussi appelé nord magnétique.

Le champ magnétique terrestre n'est pas dû à des aimants permanents mais à une circulation électrique à la surface du noyau terrestre. Plusieurs théories sont encore en compétition pour expliquer l'origine et la persistance de cette circulation, ainsi que ses propriétés exactes. Le champ magnétique terrestre est de l'ordre de  $10^{-5}$  T. Il n'est généralement pas horizontal : si nous suspendons une boussole à un axe horizontal, l'aiguille s'incline. Sa composante dans le plan horizontal vaut actuellement  $2 \cdot 10^{-5}$  T et l'angle d'inclinaison par rapport à l'horizontale, variable selon la situation géographique, est de l'ordre de  $60^\circ$  en France. La direction horizontale de ce champ évolue lentement, se décalant vers l'ouest. À l'échelle des temps géologiques, la direction du champ magnétique terrestre a connu des périodes de stabilité, entrecoupées de brusques inversions. À l'heure actuelle, le pôle nord magnétique ne se situe pas au pôle nord géographique mais au Canada.

Le champ magnétique terrestre a une conséquence spectaculaire : en formant un bouclier au niveau de la magnétosphère, il dévie les particules du vent solaire vers les pôles. En entrant dans l'atmosphère ces particules s'ionisent et provoquent les aurores boréales et australes ( $\rightarrow$  Doc. 1). La plupart des planètes et les étoiles ont aussi une magnétosphère.

### Questions

1. Quel est le principe de fonctionnement d'une boussole ?  
Indique-t-elle la direction du nord géographique ?
2. À l'aide du document 23 du cours, indiquez si l'aiguille d'une boussole pointe toujours vers le nord géographique.
3. Pourquoi dit-on qu'une boussole s'affole quand on l'approche de l'un des deux pôles magnétiques ?
4. Dans quelle région du globe terrestre peut-on s'attendre à trouver un champ magnétique horizontal ?
5. La ville de Magnèsia a donné son nom à un minéral blanc. Lequel ?  
A-t-il un rapport avec le magnétisme ?

## DOC 6. Un véhicule « plus propre »

**Objectif** • Découvrir un exemple concret de mise en œuvre de systèmes électromécaniques.

### La Toyota Prius, une voiture hybride et écologique

La voiture familiale « la plus propre du monde » est une voiture hybride, c'est-à-dire qu'elle associe une double motorisation, l'une à essence, l'autre électrique (qui se recharge toute seule), afin d'allier puissance, plaisir de conduite et respect de l'environnement. C'est le concept du Hybrid Synergy Drive (**Fig. 1**). En effet, la Toyota Prius affiche des émissions de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) qui plafonnent à 104 grammes au kilomètre, un taux bien au-dessous des meilleurs petits diesels qui ne descendent pas en deçà de 120 grammes. [...] La nouvelle version, en associant un 4 cylindres-essence de 77 ch à un moteur électrique de 50 kW qui contribue en même temps à l'effort de traction, atteint les 100 km en moins de 11 secondes. Quant au moteur électrique, il n'est pas besoin de le recharger à une borne puisqu'il se recharge automatiquement grâce à l'action du moteur thermique. Dans les faits, qu'est-ce que cela donne ?

Le moteur à essence n'est pas utilisé lorsqu'il se trouve en condition de faible rendement, notamment du démarrage jusqu'aux vitesses moyennes – seul le moteur électrique entraîne la voiture.

Ensuite, en conduite normale, le moteur à essence prend le relais et un dispositif de répartition distribue la puissance, notamment au générateur qui commande et recharge le moteur électrique. En cas de forte accélération, les batteries haute tension fournissent la puissance supplémentaire au moteur électrique, tandis que le moteur à essence vient le seconder. Lors de la décélération, du freinage et de l'arrêt, le moteur électrique agit comme un puissant générateur entraîné par les roues. Le système fonctionne comme un freinage régénératif qui récupère l'énergie cinétique du véhicule sous forme d'énergie électrique. À l'arrêt, le moteur essence est automatiquement coupé.

Extrait tiré du site internet :  
www.viamichelin.com

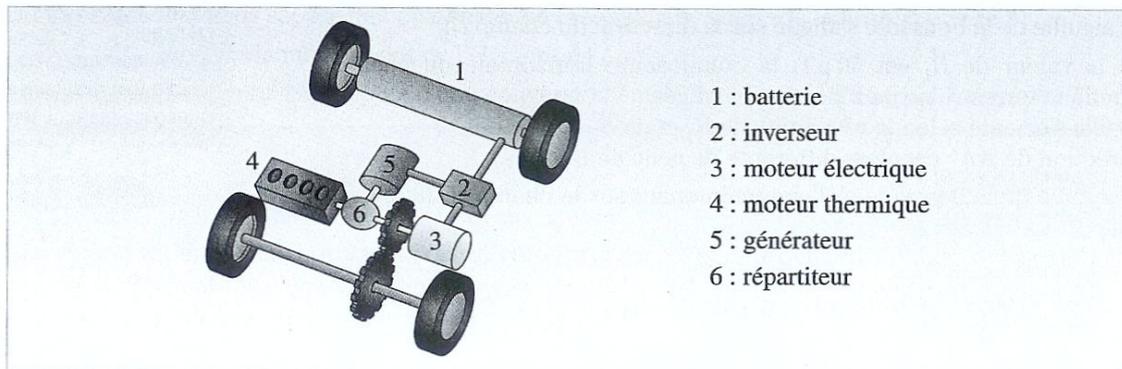


Fig. 1. Système de propulsion hybride du Toyota Prius.

- a. Pourquoi cherche-t-on à réduire l'émission de dioxyde de carbone des véhicules automobiles ?
- b. Quelle est la signification du qualificatif « hybride » appliqué au véhicule décrit dans le texte ?
- c. Définir le rendement d'un moteur à essence (moteur thermique).  
D'après le texte dans quelles conditions ce rendement est-il faible ?
- d. Un générateur électrique réalise une conversion entre deux formes d'énergie. Lesquelles ?
- e. Quel est le phénomène physique mis en jeu lors de cette conversion ?
- f. On peut lire dans le texte : « Le générateur [...] recharge le moteur électrique ». Que serait-il plus correct d'écrire ?
- g. Sous quelle forme l'énergie cinétique d'un véhicule est-elle habituellement dissipée lors d'un freinage ?
- h. Sous quelle forme est-elle récupérée dans le type de véhicule décrit ?
- i. Quelle particularité du moteur électrique permet cette récupération ?