

Alain ROBERT

# Aimants, Boussoles et compas



## Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.0 France

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>

### Vous êtes libres :



de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public



de modifier cette création

### Selon les conditions suivantes :



**Paternité.** Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).



**Pas d'Utilisation Commerciale.** Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.



**Partage des Conditions Initiales à l'Identique.** Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

- A chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. La meilleure manière de les indiquer est un lien vers cette page web.
- Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette oeuvre.

*Ce qui précède n'affecte en rien vos droits en tant qu'utilisateur (exceptions au droit d'auteur : copies réservées à l'usage privé du copiste, courtes citations, parodie...)*

Ceci est le Résumé Explicatif du Code Juridique

(la version intégrale du contrat - <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/legalcode>).



**La culture scientifique est une composante indispensable de la culture du citoyen**

Orléans

Science - Ecole

Site : <https://www.science-ecole.fr> Courriel : [science.ecole@gmail.com](mailto:science.ecole@gmail.com)



# Sommaire

Introduction	Page 4
L'invention de la boussole	Page 5
Fabrication d'une boussole « modèle Chine antique »	Page 11
Boussoles et compas	Page 15
Cartes et boussoles	Page 22
Boussole et cadran solaire	Page 33
Les aimants	Page 37
Aimants et Electro-aimants	Page 40

Ce dossier a pour ambition de proposer des pistes de travail et des documents à celles ou ceux qui veulent aborder aimants et boussoles avec des enfants ou des ados, dans le cadre scolaire ou associatif.

Il peut correspondre à l'animation d'ateliers :

Fabrication d'une boussole « modèle chinois antique »  
Utilisation d'une boussole et d'une carte pour se repérer (course d'orientation, randonnée)  
Aimants : loi d'action des pôles  
Matériaux attirés par un aimant  
Electo-aimants

<https://www.science-ecole.fr/>

# Introduction

Étudier le fonctionnement de la boussole ?  
À l'ère du GPS ?

On peut penser qu'il s'agit là d'un contresens pédagogique...

Et pourtant !

C'est un merveilleux fil d'Ariane pour remonter dans le temps et dans l'espace, depuis l'invention de la boussole en Chine bien avant notre ère, puis voyager avec les commerçants perses et arabes au tournant de l'an mille, passer par les universités arabes en Espagne au moyen âge pour y rencontrer des étudiants venus de nombreux pays qui rapporteront la boussole dans leurs bagages, faire connaissance des artisans qui perfectionnèrent la boussole en y mettant un pivot et un cadran détaillé pour permettre à Christophe Colomb et à quelques autres de découvrir le monde... et de revenir à leur point de départ.

De même, savoir utiliser une boussole associée à une carte pour faire le point ou trouver le cap à suivre pour atteindre le but que l'on s'est fixé est un bel exercice qui peut être utile bien au-delà des courses d'orientation. Bien évidemment, cela n'exclue aucunement la maîtrise du GPS et de tous les moyens modernes de localisation et de direction.

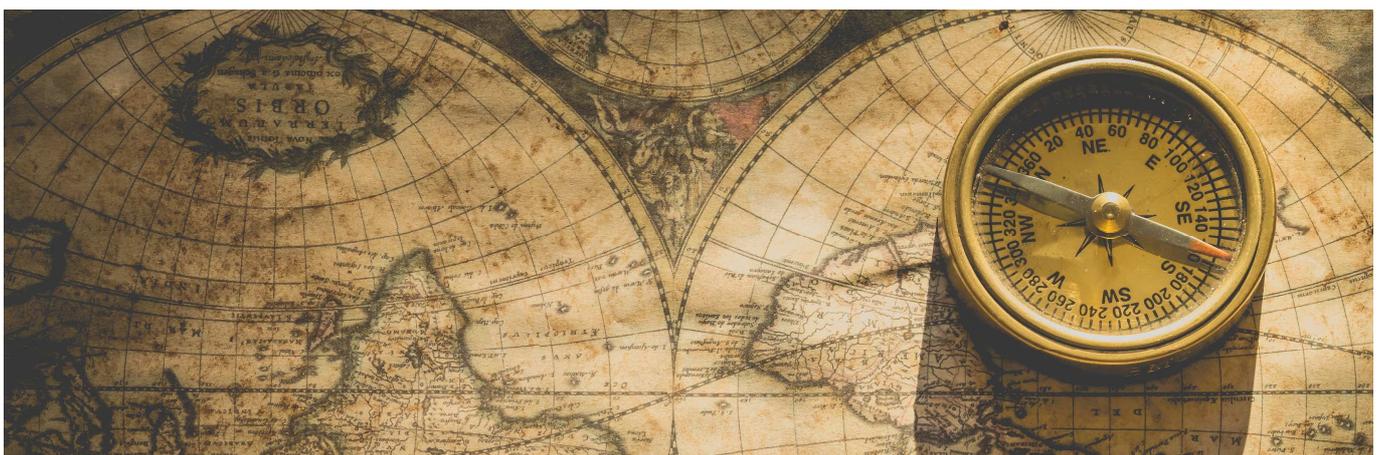
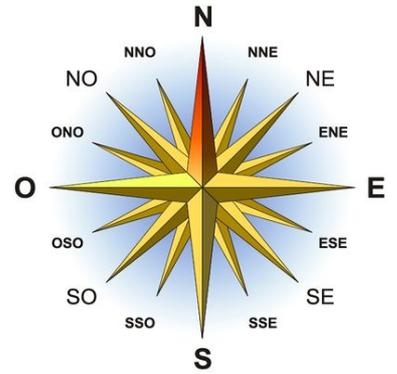
Une aiguille de boussole étant un aimant, l'étude des aimants, des forces associées et des usages dans notre vie quotidienne peut logiquement suivre l'étude de la boussole.

Ce dossier vous propose, au-delà de la détermination de sa position sur une carte, des ateliers qui peuvent être abordés soit de manière indépendante en fonction des besoins, soit en classe sous forme d'ateliers tournants sur une demi journée.

- 1 - L'histoire de la boussole
- 2 - Construire une boussole flottante « à la chinoise »
- 3 - Les aimants, découverte des pôles
- 4 - Matériaux attirés par un aimant
- 5 - Les électro-aimants

Ces ateliers conçus pour des jeunes de 9 à ... ans n'épuisent pas le sujet !

On pourra continuer par l'étude des moteurs électriques, des actionneurs électromagnétiques (électrovanne de nos lave-linge par exemple), puis par celle des alternateurs et autres générateurs électriques à base d'aimants permanents et de bobinages.





# L'invention de la boussole

La Chine est le pays inventeur de la boussole. La première boussole que l'on connaisse est en réalité un char-boussole aussi appelé « chariot pointant le sud ». Une légende raconte que dans l'antiquité mythologique chinoise, Huangdi (ou Empereur jaune) et Chi You (autre personnage mythologique chinois) se faisaient la guerre. Huangdi aurait ordonné à son ministre Feng Hou d'inventer le chariot-boussole qui serait sorti des nuages et aurait permis la victoire contre Chi You. Le chariot pointant le sud est en fait une boussole mécanique qui garde une direction, indiquée par un pointeur, tout au long de son déplacement. Le différentiel dans le système d'engrenages à l'intérieur du chariot intègre les différences de rotation des deux roues et ainsi détecte la rotation du châssis du char par rapport au sol. Le mécanisme compense cette rotation en faisant tourner le pointeur dans la direction opposée de celle du tablier.



Han Fei, penseur du III<sup>e</sup> siècle av. J-C, a décrit l'invention de la boussole dans son livre : « Il est facile de se perdre sans s'en rendre compte à cause d'une mauvaise orientation, c'est pourquoi les rois des temps anciens ont inventé un instrument indiquant le sud afin d'indiquer où sont situés l'Ouest et l'Est. » Cet instrument dont parle Han Fei est en réalité le chariot-boussole. Peu importe dans quelle direction se tourne le char, le bras du bonhomme en bois sur le char se pointe toujours vers le sud.

Le principe de la boussole et du chariot-boussole est différent. La boussole fonctionne grâce au magnétisme. C'est en Chine que l'on a découvert le plus tôt ce phénomène. À l'époque des Royaumes combattants (475 à 221 av. J-C) on utilisait déjà ce procédé et on a inventé la boussole-cuillère, ancêtre de la boussole actuelle.



(Rédac-

La boussole-cuillère est faite en magnétite, et a la forme d'une cuillère dont dos est lisse, ce qui lui permet de tourner sur la table d'orientation. La direction que désigne le manche de la cuillère est le sud. C'est d'après ce principe que le scientifique chinois Wang Zhenduo (1911-1992) a créé un modèle de la boussole-cuillère.

Mais pour passer de la boussole-cuillère à la boussole à proprement parler, il a fallu plusieurs étapes. L'une des étapes cruciales de l'invention de la boussole a été le passage de l'utilisation de la magnétite naturelle à l'aimantation artificielle du fer. Les Chinois ont inventé deux façons de magnétiser artificiellement le fer : la première est de frotter l'aiguille de la boussole sur un aimant pour l'aimanter, c'est la boussole à proprement parler. C'est une technique décrite par Shen Kuo, scientifique de l'époque Song (1031-1279) dans son livre Mengxi Bitan (Discussions de pinceau depuis un petit ruisseau de rêve).

L'autre façon de créer une boussole est de couper une fine lamelle de fer en forme de poisson et d'utiliser le magnétisme naturel de la Terre pour l'aimanter, c'est ce que l'on appelle une boussole-poisson. Mais sa fabrication étant plus compliquée, elle a été délaissée pour la boussole « normale ».

### *"Le poisson indiquant le Sud"*



Le "poisson indiquant le Sud" est noté dans des documents de la Dynastie des Song du Nord. Cet instrument indiquant la direction est une fine plaque d'acier taillée en forme de poisson et aimantée dans le champ géomagnétique. La queue du poisson est aimantée dans la direction géologique du Pôle Nord, donc la queue a le pôle magnétique sud et la tête du poisson a le pôle magnétique nord. Lorsqu'il est posé sur l'eau, la tête du poisson flottant indique le Sud.

L'utilisation de la boussole a permis une véritable révolution dans la navigation. C'est un réel marqueur historique. C'est vers la fin de la dynastie des Song du Nord (960-1127) que la boussole a commencé à être utilisée pour naviguer. Le développement de la navigation sous les Song du Sud (1127-1279) et sous les Yuan (1271-1368), les Ming (1368-1644) et l'exploration des mers par Zheng He sont indéniablement dus à l'invention de cet instrument.



Les navigateurs ont également pu, grâce à elle, dessiner des cartes de navigation et des atlas maritimes. Ce qu'il faut savoir, c'est que les boussoles de navigation chinoises étaient constituées d'une aiguille flottant sur un bol d'eau, c'est pour cela qu'on l'appelle la boussole aquatique. Ce sont les Européens qui l'ont améliorée en plaçant l'aiguille sur un support fixe d'où son appellation en chinois de « boussole sèche ».

À l'époque des Song du Sud, les commerçants arabes et perses empruntaient régulièrement les voies maritimes pour se rendre en Chine faire du commerce. C'est là qu'ils ont appris à se servir de la boussole. Dans la deuxième moitié du XIIe siècle, la boussole a été amenée en Europe par ceux-ci. Cela a permis l'ouverture de nouvelles routes maritimes et la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb et le tour du monde de Magellan. Cela fut un tournant pour l'histoire européenne. À partir de ce moment-là, la face du monde a changé, l'exploitation de l'Amérique a permis aux pays européens de s'enrichir et de se développer à une vitesse accélérée.

Francis Bacon dans son *Novum Organum* dit : « L'imprimerie, la poudre à canon et la boussole ont fait changer la face du monde et des choses et induit beaucoup d'autres évolutions. Aucun empire, ni aucune religion n'a eu autant d'effet sur la civilisation que ces instruments. »

(à partir d'un article publié par Monthly Digest du groupe Zhonghua Book Company)

**Pour construire une boussole aquatique, « modèle Chine antique », rendez-vous page 11**



les les donnent a qui que dies veullent qui a en compaignie a cult. Et aus  
 la terre est toute commune que li vns la tient vn an et li autres vn aut  
 et prent la chose de quelque part quil veult. Et ausly tous les biens sont  
 communs comme bles et autres choses. car nen nest en des. nen nest en  
 res ausly prent d'alam ce quil li plait sans contredit. et ausly ude est un  
 comme laire. mais il ont vne mauuaise coustume. car il menguent  
 plus volentiers char donnee que mille autre char. Et si est le pays moult  
 labourant de bles. de poissons. de et d'argent et des autres biens la vont les  
 marchans et mientent leurs enfans pour vendre a ceulx du pays et il les a  
 charit. Et si sont gras il les menguent tantost. et si sont maigre il les  
 font engraisser. et dient que cest la meilleur char et la plus douce du mo  
 de. En celle terre ne en plusieurs autres partela on ne voit point lestoille y  
 n'auant n'auant.



**De lestoille de mer.**

**C**este estoille de mer qui ne tenuet vers bise. mais on y  
 voit vne autre au contraire de celle vers bise. ainsi sont  
 les mauuaises de yola par celle estoille deus midi la  
 quelle n'apert point a nous. et celle deus bise n'apert  
 point a cult. pour quoy on puet appercevoir que la  
 terre et la mer sont de route fourme. Car les parties du firmament pe  
 rent en vn pris qui ne prent mie en vn autre. Et puet on bien ce pou

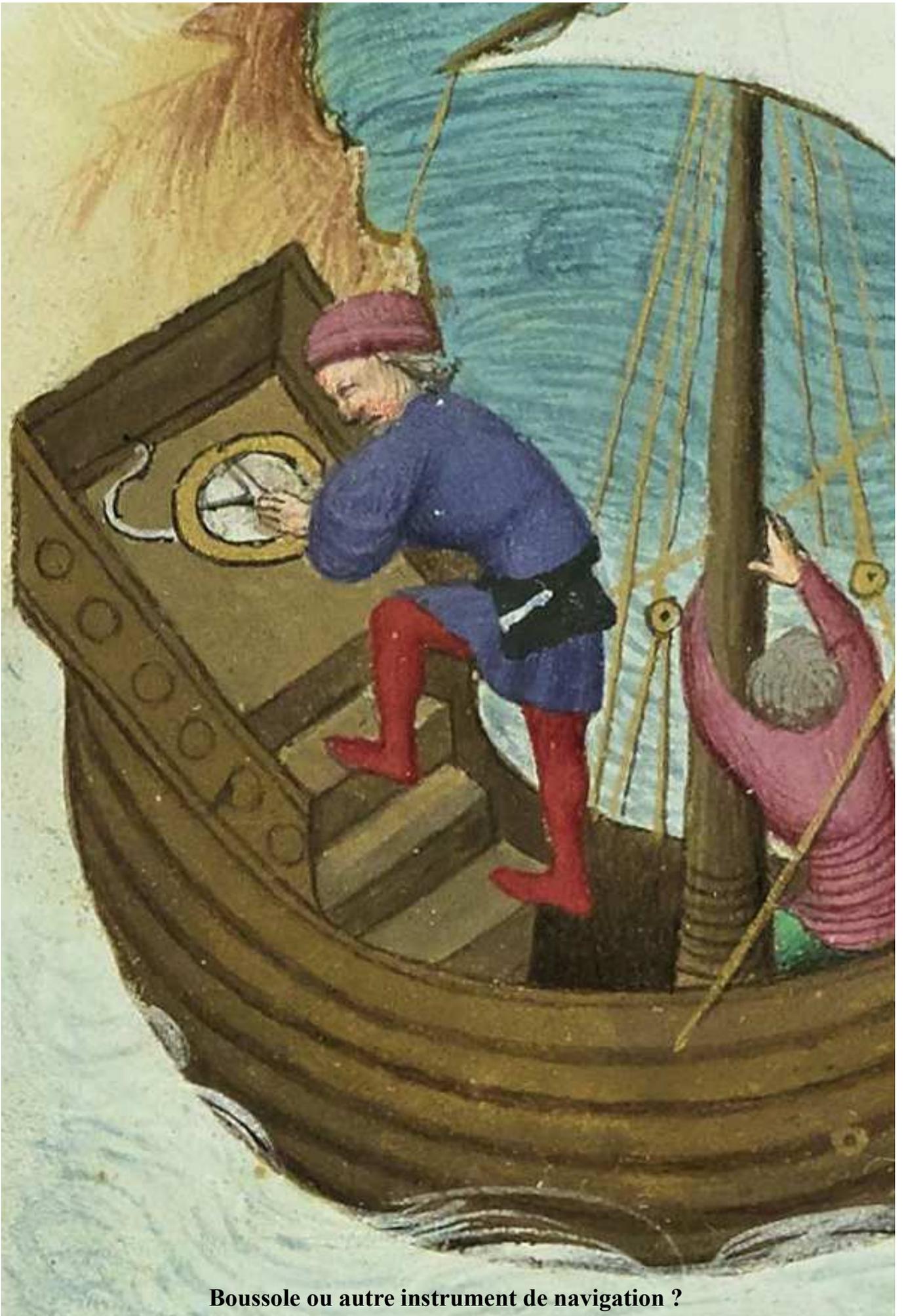
Marco Polo, Livre des merveilles ; Odoric de Pordenone, Itinerarium de mirabilibus .

Source : <https://gallica.bnf.fr>

BNF, Manuscrits, français 2810, f. 188 v°

Marco Polo, *Le Livre des merveilles*. Enluminure du Maître d'Egerton. Copié à Paris vers 1410-1412. Manuscrit (44,5 x 31,5 cm). Cette image du *Voyage de Jean de Mandeville* montre des bateaux qui se dirigent dans l'océan Indien grâce aux mesures astronomiques. Le texte qu'elle illustre est contenu dans un recueil de récits de voyages, *Le Livre des merveilles*, qui contient aussi le texte de Marco Polo.





**Boussole ou autre instrument de navigation ?**

# Fabrication d'une boussole

## « modèle Chine antique »

### Matériel nécessaire :

Pour une boussole « modèle Chine antique » sur support polystyrène extrudé épaisseur 20 mm :

1 aimant disque ferrite  $\varnothing$  10 mm, épaisseur 5 mm

1 morceau de polystyrène extrudé 60 x 60 x 20 mm

1 photocopie plastifiée de la page 13 (valable pour 4 boussoles)

Pour une boussole « modèle Chine antique » sur support carton plume épaisseur 3 mm :

1 aimant cylindrique en néodyme  $\varnothing$  3 mm, longueur 10 mm

1 morceau de carton plume épaisseur 3 mm 50 x 50 x 20 mm

1 photocopie plastifiée de la page 14 (valable pour 7 boussoles)

Pour les deux types : adhésif double face largeur 50 mm (adhésif à moquette)

1 aimant dont on connaît les pôles (ou une boussole).

Vernis à ongles transparent incolore.

### Où acheter des aimants ?

Vous pouvez en trouver dans les magasins de bricolage, de loisirs créatifs...

Vous pouvez aussi les acheter sur internet, dans des magasins spécialisés offrant un choix important.

Un exemple : Supermagnete : <https://www.supermagnete.fr/> (prix relevés en février 2020)

Pour explorer les interactions entre pôles identiques ou différents :

	<b>FE-S-25-05</b> Disque magnétique $\varnothing$ 25 mm, hauteur 5 mm, ferrite, Y35, sans placage, force d'adhérence env. 800 g	10 pc. 0,24 EUR/pc. dès 40 pc. 0,20 EUR/pc. dès 80 pc. 0,18 EUR/pc. dès 160 pc. 0,17 EUR/pc.
Disponibile: 17 830 pc.		% Demander une remise dès 2 000 pc.
<input type="button" value="-"/> 10 <input type="button" value="+"/>		<input type="button" value="Panier d'achat"/>

Pour construire une boussole « modèle Chine antique » sur support polystyrène extrudé épaisseur 20 mm :

	<b>FE-S-10-03</b> Disque magnétique $\varnothing$ 10 mm, hauteur 3 mm, ferrite, Y35, sans placage, force d'adhérence env. 200 g	20 pc. 0,20 EUR/pc. dès 60 pc. 0,17 EUR/pc. dès 140 pc. 0,15 EUR/pc. dès 360 pc. 0,13 EUR/pc.
Disponibile: 5 020 pc.		% Demander une remise dès 3 000 pc.
<input type="button" value="-"/> 20 <input type="button" value="+"/>		<input type="button" value="Panier d'achat"/>

Pour construire une boussole « modèle Chine antique » sur support carton plume épaisseur 3 mm :

	<b>S-03-10-N</b> Cylindre magnétique $\varnothing$ 3 mm, hauteur 10 mm, néodyme, N45, nickelé, force d'adhérence env. 390 g	20 pc. 0,34 EUR/pc. dès 60 pc. 0,29 EUR/pc. dès 140 pc. 0,26 EUR/pc. dès 360 pc. 0,23 EUR/pc.
Disponibile: 22 400 pc.		% Demander une remise dès 1 200 pc.
<input type="button" value="-"/> 20 <input type="button" value="+"/>		<input type="button" value="Panier d'achat"/>

## **Fabrication :**

Quel que soit l'aimant que vous utilisez (disque ferrite ou cylindre au néodyme), repérez le pôle Nord et marquez-le.

Pour faire ce repérage, vous pouvez utiliser un aimant dont les pôles sont connus ou une boussole : deux pôles différents s'attirent.

Si vous n'avez ni boussole ni aimant aux pôles repérés, suspendez un aimant par un fil très fin. L'aimant va tourner sur lui-même, puis se stabiliser, le pôle Nord en direction du Nord géographique.



### **Support polystyrène extrudé épaisseur 20 mm**

Dans une plaque de polystyrène extrudé d'épaisseur 20 mm, découpez au cutter (étape réalisée par un adulte) un morceau de 60 x 60 mm.

Sur l'une des faces, tracez les diagonales et marquez d'un point l'angle qui correspondra au Nord.

Faites la même marque sur l'autre face (même angle).

Sur l'autre diagonale, réalisez une fente d'environ 3 mm de large et de 10 mm de long (cutter ou lame d'un petit tournevis)

Sur la feuille plastifiée (voir page 13), découpez les illustrations des deux faces et collez au dos de l'adhésif double face (adhésif à moquette).

Collez l'une de ces illustrations sur une des faces du morceau de polystyrène extrudé en mettant le Nord sur l'angle que vous avez marqué.

Retournez la plaque et introduisez l'aimant dans la fente en faisant bien attention de placer le pôle Nord du côté du point que vous y avez tracé.

Collez ensuite la deuxième illustration sur cette face.

Votre boussole est terminée.

### **Support carton plume épaisseur 3 mm**

Dans une plaque de carton plume d'épaisseur 3 mm, découpez au cutter (étape réalisée par un adulte) un morceau de 50 x 50 mm.

Sur l'une des faces, tracez les diagonales et marquez d'un point l'angle qui correspondra au Nord.

Faites la même marque sur l'autre face (même angle).

Sur la même diagonale, réalisez une fente d'environ 3 mm de large et de 10 mm de long (cutter ou lame d'un petit tournevis)

Sur la feuille plastifiée (voir page 14), découpez les illustrations des deux faces et collez au dos de l'adhésif double face (adhésif à moquette).

Collez l'une de ces illustrations sur une des faces du morceau de carton plume en mettant le Nord sur l'angle que vous avez marqué.

Retournez la plaque et introduisez l'aimant dans la fente en faisant bien attention de placer le pôle Nord du côté du point que vous y avez tracé.

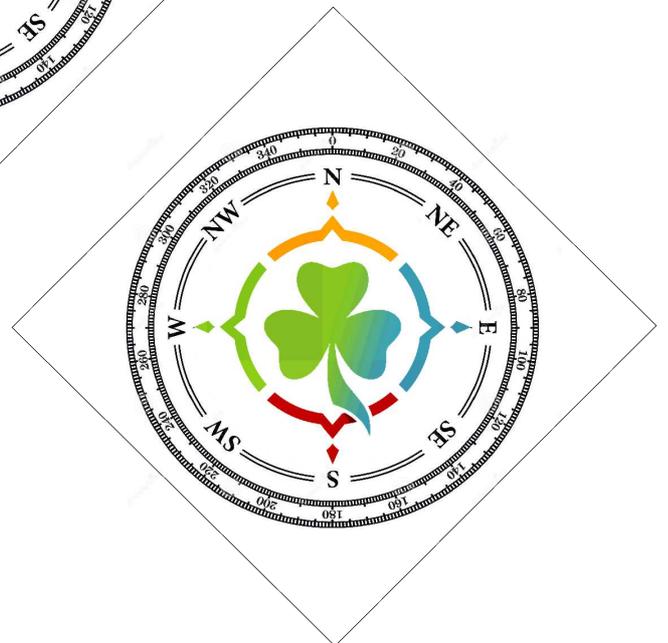
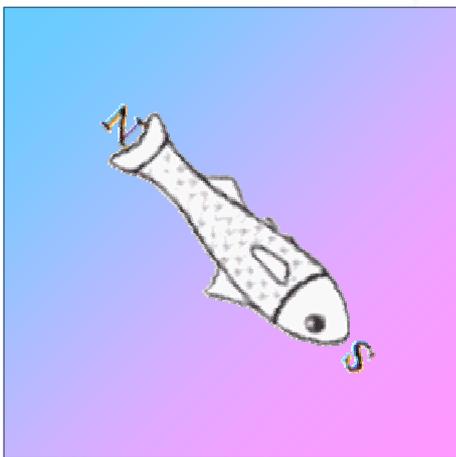
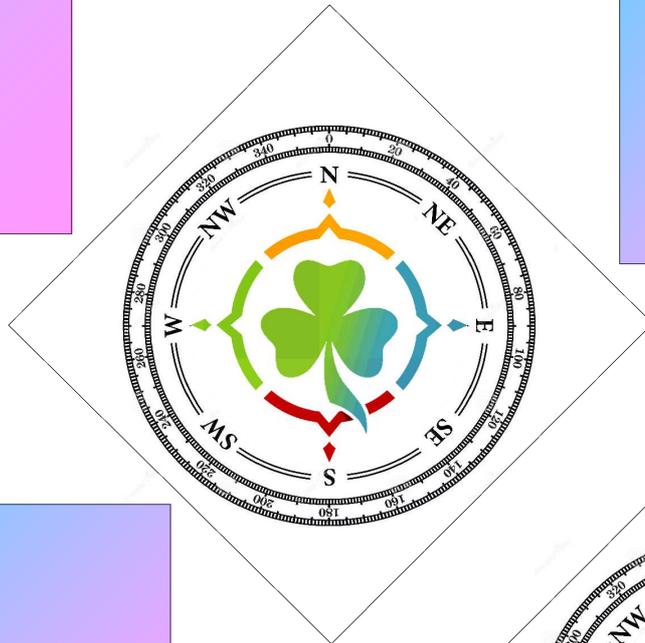
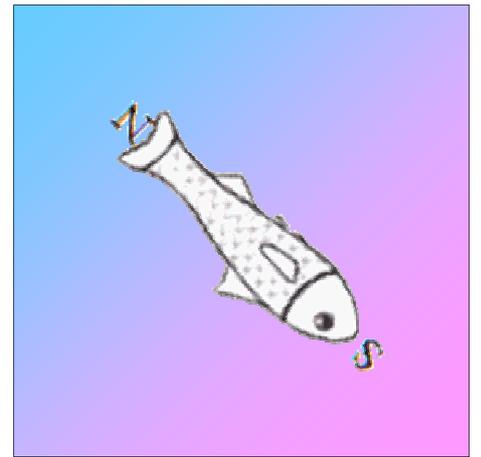
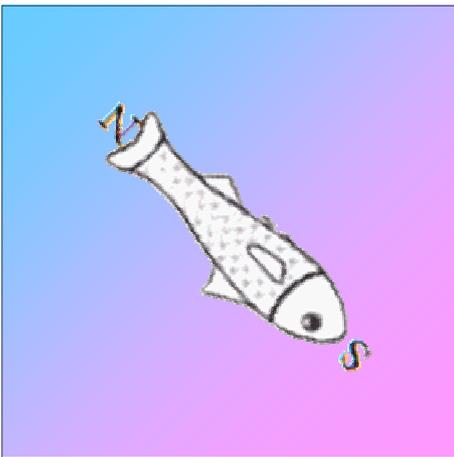
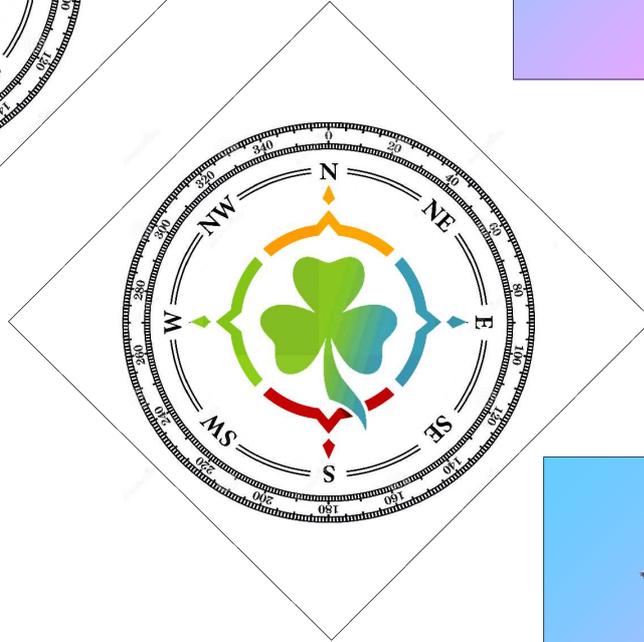
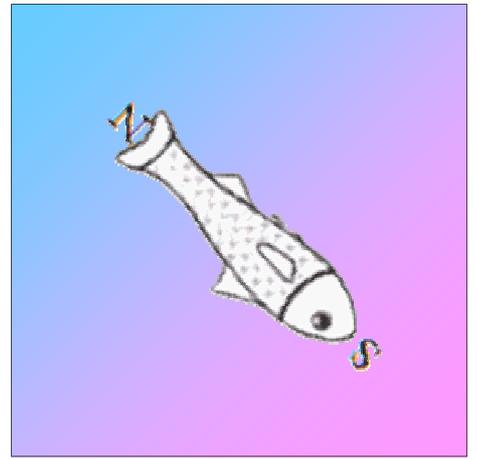
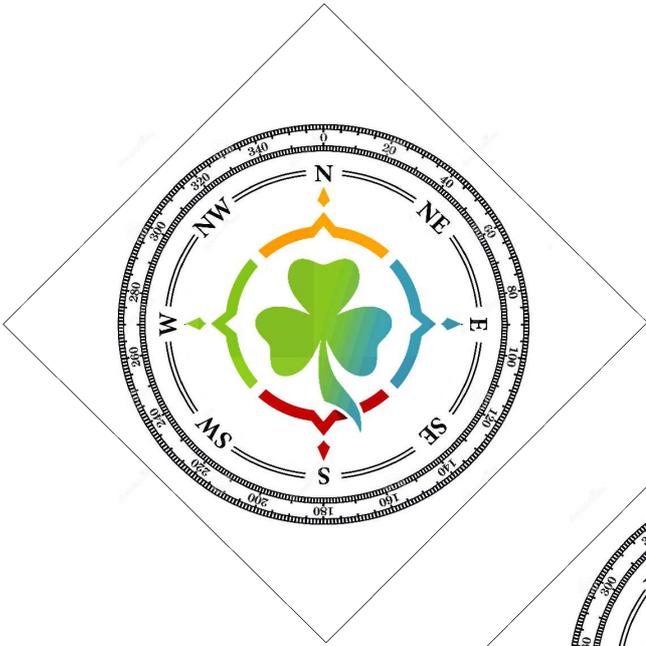
Collez ensuite la deuxième illustration sur cette face.

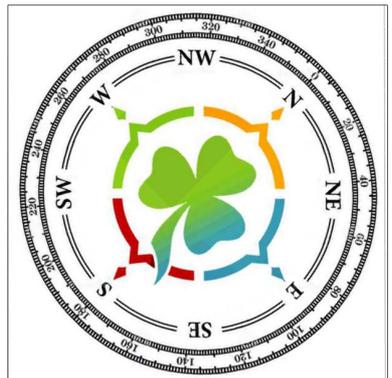
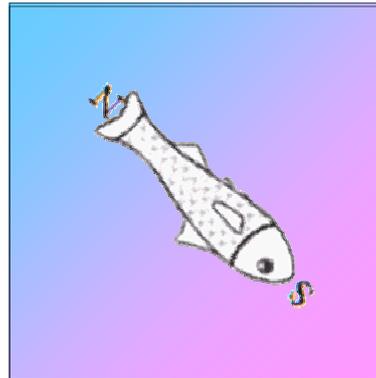
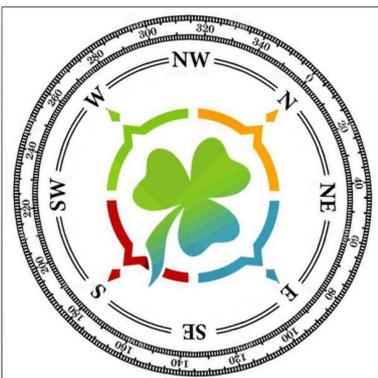
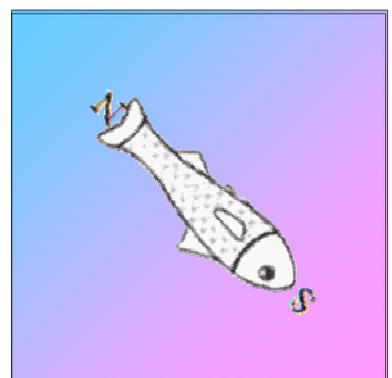
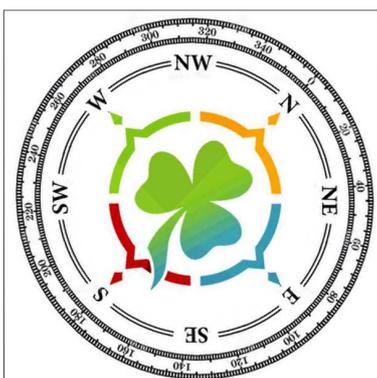
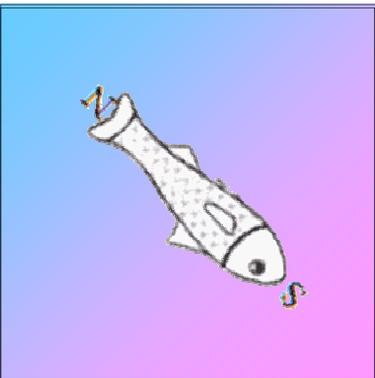
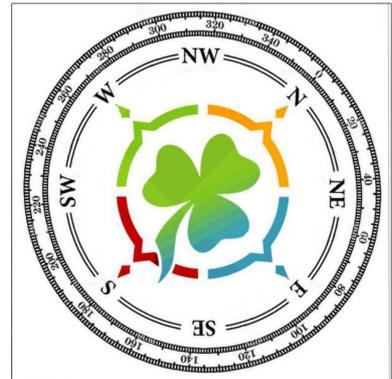
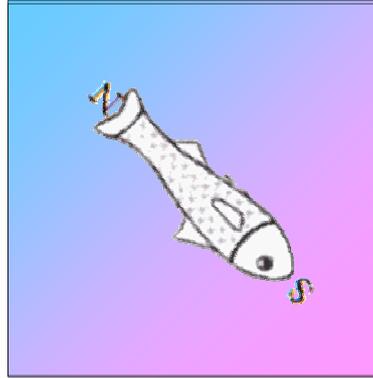
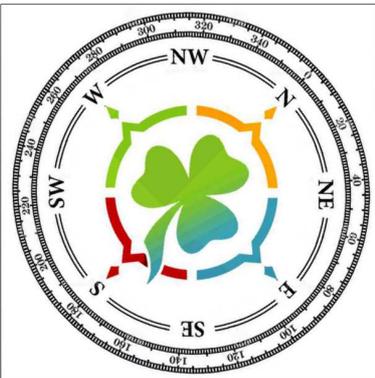
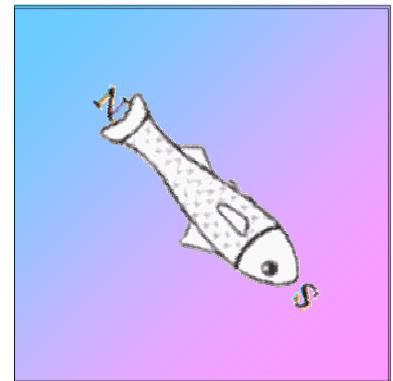
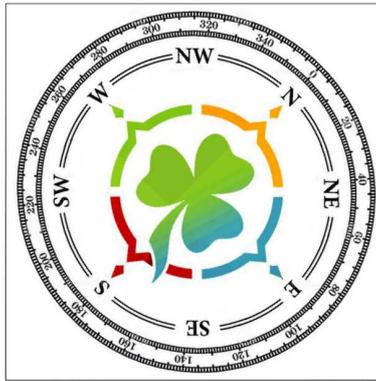
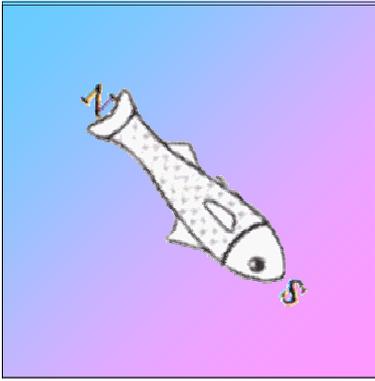
Votre boussole est terminée.



Vous pouvez l'utiliser en la plaçant par exemple au centre d'une assiette creuse remplie d'eau.

Pour éviter les infiltrations d'eau qui pourraient détruire les illustrations des faces, vous pouvez mettre sur les bords de votre boussole un vernis à séchage rapide (vernis à ongles incolore).

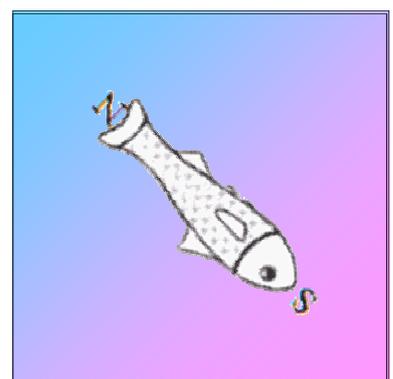
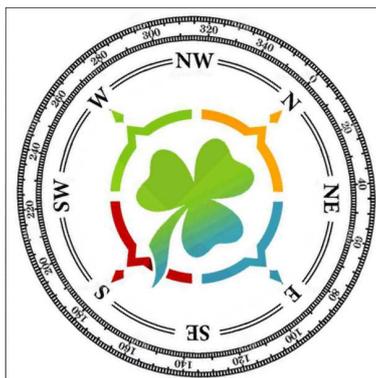




Imprimez cette page puis plastifiez là.

Découpez les différentes pièces et placez au dos de l'adhésif double face (type adhésif à moquette en rouleau de 5 cm de largeur, en vente dans les magasins de bricolage).

Vous collerez ensuite une pièce de chaque type sur les faces d'un morceau de polystyrène extrudé ou de carton-plume de 5 x 5 cm dans lequel vous aurez inséré un petit aimant (attention à l'orientation).



# Boussoles et compas



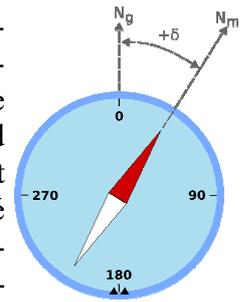
Rose des vents de la Renaissance  
Réplique de la rose des vents du planisphère de Cantino (1502) :  
fleur de lys au nord, croix pattée à l'est (Jérusalem).

## Fonctionnement de la boussole

La Terre se comporte comme un gigantesque aimant avec le pôle « Sud » dans l'Arctique et le pôle « Nord » dans l'Antarctique. Dans la réalité, le mécanisme est beaucoup plus compliqué (effet de dynamo dû aux mouvements du noyau externe, composé d'alliages de fer et de nickel en fusion, et aux courants électriques induits par rapport au noyau interne (solide)).

Mesuré pour la première fois en 1831 par l'explorateur James Clark Ross dans l'Arctique canadien, le champ magnétique est instable à l'échelle des temps géologiques. À partir des empreintes magnétiques incrustées dans les pierres anciennes, nous savons que sur ces dernières 20 millions d'années, le sud et le nord magnétique ont basculé tous les 200 000 à 300 000 ans (la périodicité n'a pas toujours été constante). Le dernier inversement majeur a eu lieu il y a 780 000 ans. Cependant, la position des pôles évolue également entre ces grands changements.

À notre échelle, la position des pôles indiqués par la boussole (pôles magnétiques) dérive lentement par rapport aux pôles géographiques (quelques km par an). L'angle entre les deux est nommé « déclinaison magnétique ». En un point donné sur la surface de la Terre, c'est l'angle formé entre la direction du pôle Nord géographique et le Nord magnétique (il s'agit donc d'un angle sur le plan horizontal du point d'observation). Cet angle est compté positivement vers l'est et négativement vers l'ouest et est indiqué (avec la dérive annuelle) dans la marge de certaines cartes géographiques. Pour connaître cette déclinaison magnétique pour un lieu et une date donnée, vous pouvez consulter le site : <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#declination>



Si, aujourd'hui (2021) la déclinaison magnétique est très faible en métropole (entre 0° et 2° suivant la localisation) et peut être négligée en première approximation, ce n'est pas vrai partout, par exemple, à la Réunion (19°), il n'est donc pas inutile de savoir faire la correction.

On peut faire une maquette explicative en insérant dans un globe terrestre un petit tube contenant un ou deux aimants cylindriques en néodyme  $\varnothing$  3 mm, longueur 10 mm (voir page 11). Ce tube sera inséré entre les pôles (géographiques) du globe, le pôle « Sud » du ou des aimants contenu(s) dans le tube du côté du pôle géographique Nord du globe.

En promenant ensuite une petite boussole à la surface du globe, celle-ci indiquera la direction du pôle Nord du globe. On pourra aussi montrer que si l'on s'éloigne (un peu) de la surface du globe, cela fonctionne toujours. Cela indique que la boussole est utilisable au sol, ou à la surface de l'océan, mais aussi dans l'air en altitude (avions) ou dans l'espace proche (station spatiale en orbite basse).



Si l'on s'éloigne trop du globe, l'influence des aimants ne se fait plus sentir.

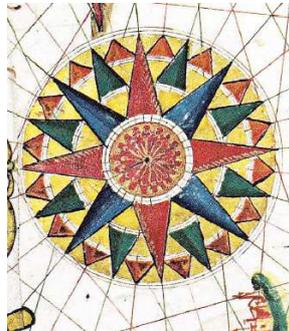
Dans la réalité, le champ magnétique produit par la terre nous permet d'utiliser nos boussoles, mais aussi peut-être à certains oiseaux de s'orienter et de parcourir sans erreur de longues distances lors des migrations.

Plus important, ce champ magnétique dévie les particules très énergétiques éjectées par le Soleil (« vent solaire ») qui arrivent à proximité de la Terre à environ 500 km/s) et nous protège de leurs effets. Seule une petite partie de ces particules arrive sur Terre au niveau des pôles et provoque des aurores (boréales ou australes).

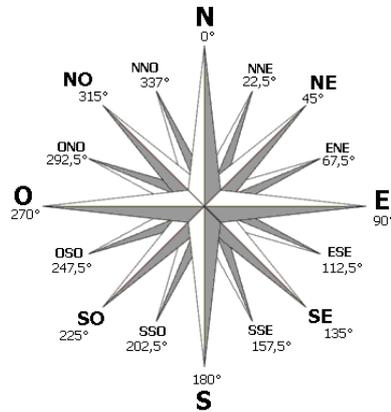


Image par JHGilbert de Pixabay

# Boussoles anciennes



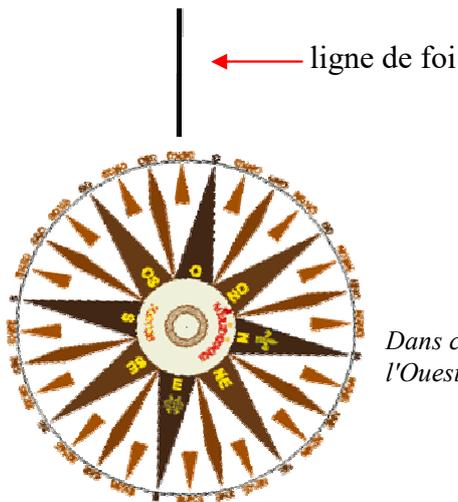
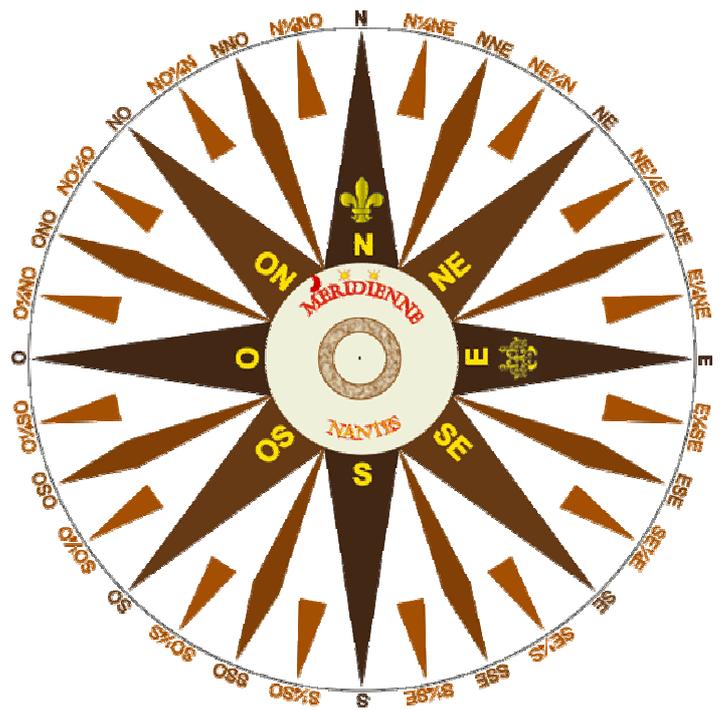
# Boussoles modernes



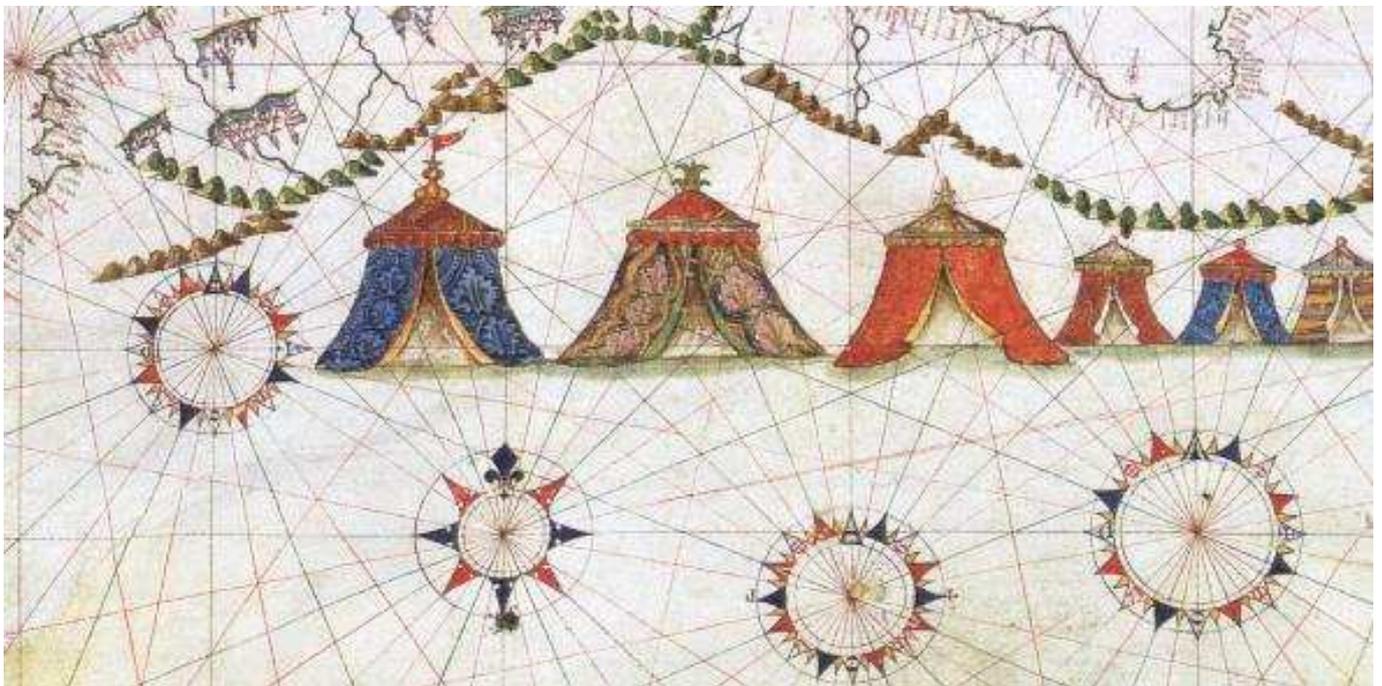
# Utilisation du compas de marine

Amélioration de la boussole, c'est toute la rose des vents qui tourne. Chaque pointe de la rose indique une aire de vent désignée par un point cardinal ou un point intermédiaire. L'angle entre deux pointes de la rose des vents est un rhumb.

La *ligne de foi*, matérialisée par un repère tracé sur l'habitacle du compas indique l'axe longitudinal du bateau. La pointe de la rose des vents qui suit la direction et le sens de la ligne de foi indique l'aire de vent suivi par le navire (équivalent du cap compas, qu'on exprime en degrés).



*Dans cet exemple, le navire suit une aire de vent orientée à l'Ouest Quart Sud-ouest (O1/4SO).*



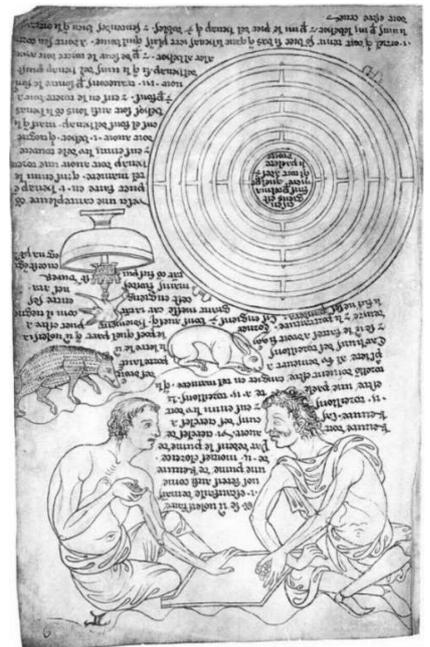
Avant le développement de la projection de Mercator et dans les cas où la zone de navigation avait été cartographiée, le pilote pouvait déterminer la direction à suivre en utilisant les marteloires ou réseaux de rhumbs tracés sur les documents à partir de roses des vents.

Extrait d'un portulan de Vesconte Maggiolo (Europe, Méditerranée et Afrique du Nord). 1541.

# Le compas de marine

Pour que la rose des vents reste horizontale quelque soit l'inclinaison du navire (roulis ou tangage), le compas est monté sur un support articulé dit montage sur cardan.

Le cardan a été inventé par l'inventeur grec Philon de Byzance (280–220 av. JC)



Suspension à cardans dans le carnet de dessins de Villard de Honnecourt (aux environs de 1230).

# Quelques compas



# Cartes et boussole

**Comment initier à la triangulation, en intérieur, en profitant d'une météo maussade et dans un lieu qui ne se prête pas à l'expérimentation réelle ?**

**Il suffit de créer un paysage virtuel correspondant à la carte de la page 25 !**

Imprimez la carte (page 25) en autant d'exemplaires que de stagiaires, la feuille de positionnement (page 26) et les quatre photographies de points remarquables (pages 27 à 30).

Dans une pièce autant que possible relativement grande, installez une table au centre, avec une seule chaise. Attention : la table ne doit comporter aucun élément en acier qui fausserait l'orientation de l'aiguille de la boussole. Une table de jardin, tout en plastique ou une table avec des pieds en bois devrait convenir. A défaut, il faudra tenir la boussole au moins 15 à 20 cm au dessus de la table.

Préparation de la « manip »

Installez-vous sur la chaise, placez sur la table la feuille de positionnement, et à l'aide d'une boussole orientez-la correctement.

Fixez au mur, dans le prolongement des flèches de la feuille de positionnement, les quatre photos des points remarquables, puis enlevez la feuille de positionnement.

## Triangulation

Demandez à celui ou celle qui doit réaliser la triangulation de s'installer sur la chaise. Faites lui placer la carte là où était la feuille de positionnement, puis demandez lui de l'orienter correctement à l'aide de la boussole.

Demandez lui ensuite de viser à l'aide de la boussole l'un des points remarquables.

En tenant la boussole à plat devant soi, diriger la flèche de direction de la plaquette vers le point dont on veut trouver l'azimut.

Tourner le cadran de la boussole jusqu'à ce que le «N» du cadran se trouve en face de l'aiguille rouge. La valeur de l'azimut portée sur le cadran en face de l'index est celle qui correspond à la direction indiquée par la flèche de direction de la plaquette.



Placez la boussole sur la carte, un des grands côté de la boussole sur la représentation du point visé carte, l'aiguille rouge sur le point N du cadran. La position de l'observateur est quelque part sur la ligne définie par le grand côté de la boussole. Avec un crayon, on trace cette ligne sur la carte.





On recommence avec un deuxième point remarquable et on trace une deuxième ligne sur la carte. En théorie, si les visées sont parfaites, l'observateur doit se trouver à l'intersection des deux lignes... mais dans la réalité les mesures ne sont jamais parfaites.



On fait donc la visée d'un troisième point, on trace une troisième ligne sur la carte. Les trois lignes se coupent deux à deux et définissent un triangle (d'où le nom de triangulation). Plus le triangle est petit, plus la triangulation est précise.

L'observateur se trouve quelque part dans le cercle circonscrit au triangle (qui passe par les sommets du triangle)



Maintenant que l'observateur connaît sa position sur sa carte, il lui suffit de relever la direction à suivre pour atteindre son objectif, de le reporter sur la boussole et de se mettre en marche.

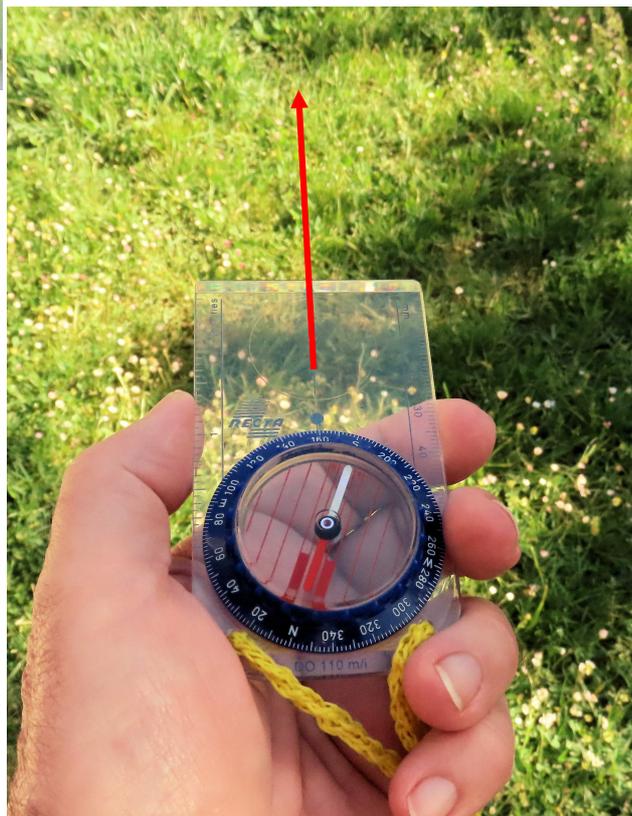
Par exemple, à partir de la carte, pour atteindre l'église de Névache, l'azimut à afficher sur la boussole est 160°.

Il suffit ensuite de tenir la boussole en main, à l'horizontale, aiguille rouge sur le N et de suivre la direction indiquée par la flèche imprimée sur la plaquette de la boussole.

Dans un groupe, chacun à son tour, en se plaçant sur la chaise, s'essaie aux visées et aux tracés sur la carte .

Il restera ensuite, un jour de promenade ou de randonnée à utiliser cette technique pour :

- apprendre à se repérer sur une carte
- Utiliser carte et boussole pour suivre l'itinéraire prévu.



Si, d'après la carte, le trajet direct est possible, on va suivre cet azimut.

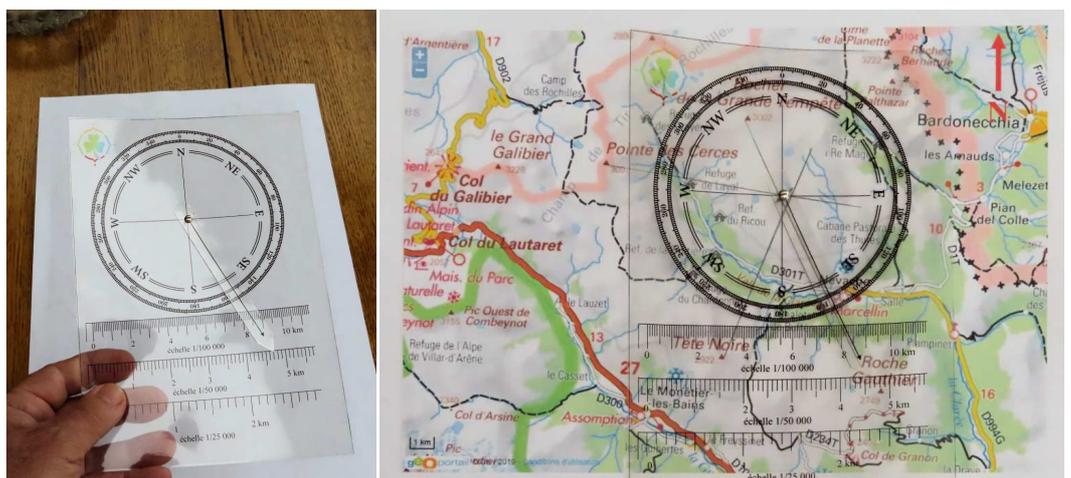
Si un obstacle se situe sur le trajet, plutôt que de se comporter comme une fourmi (tout droit, obstacle ou pas), on fractionne le trajet et on détermine plusieurs azimuts successifs et les longueurs des différents segments à parcourir.

Si votre carte possède des courbes de niveau, pensez à vérifier que l'itinéraire que vous avez déterminé ne passe pas par des endroits trop abrupts : plus les courbes de niveau sont serrées, plus la pente est rude !

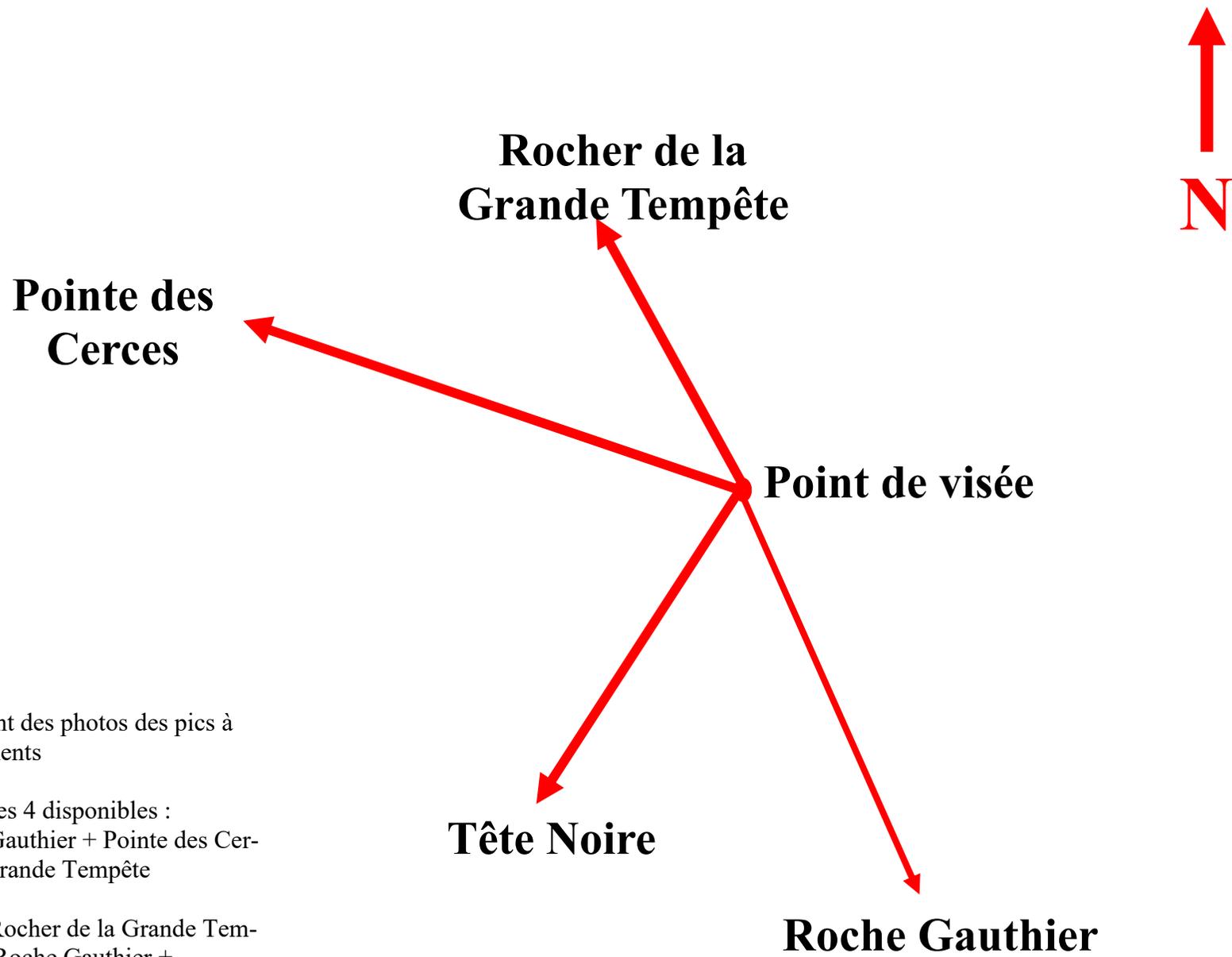


En photocopiant, à l'échelle 1, la page 32 sur transparent vous pourrez vous fabriquer un petit appareil permettant de lire directement les azimuts sur la carte et de mesurer les distances à parcourir si votre carte indique l'échelle.

Après photocopie, et éventuellement plastification, découpez l'aiguille et fixez-la au centre du cercle avec une petite attache parisienne. Votre appareil est prêt.



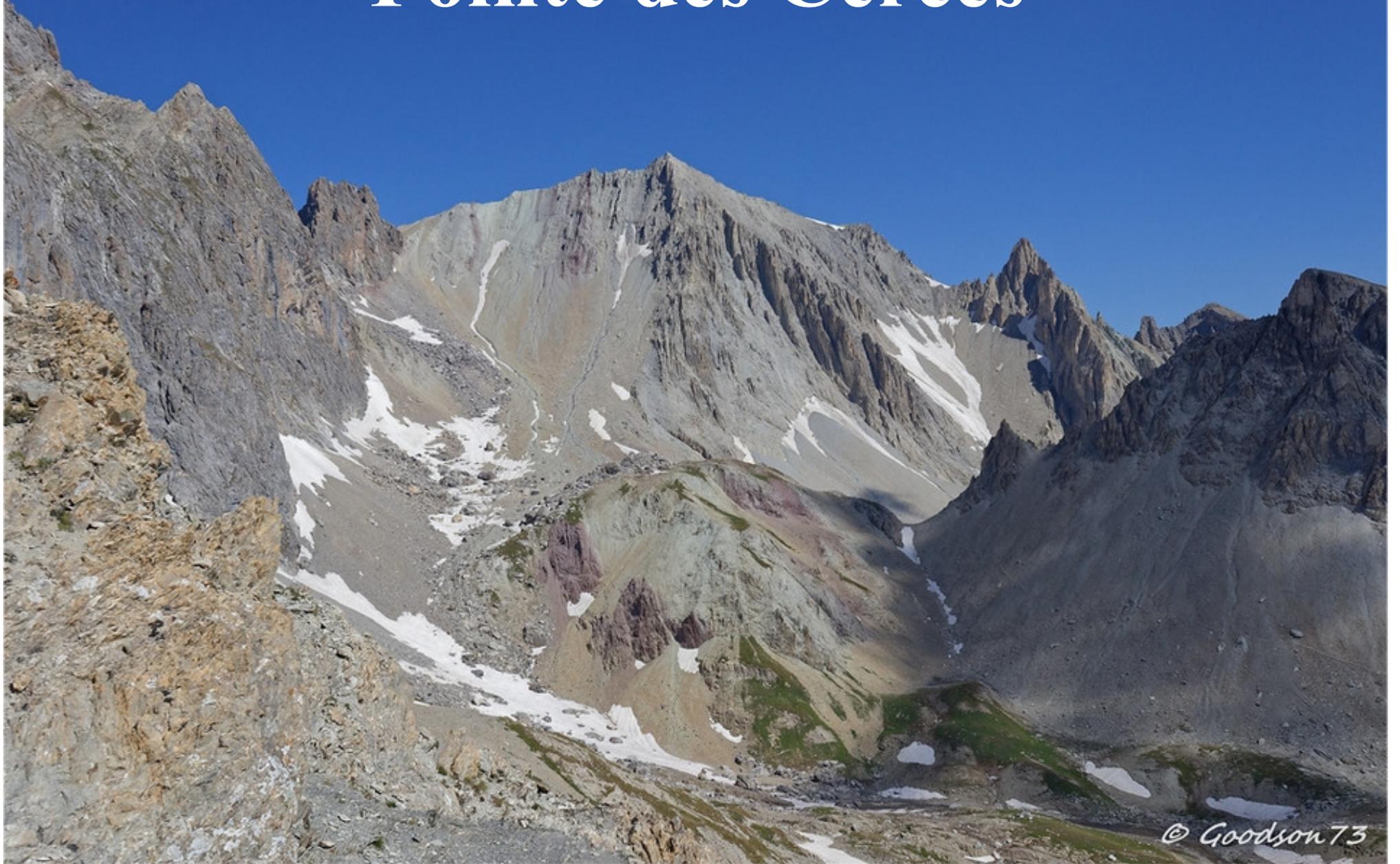




Plan de positionnement des photos des pics à viser pour les relèvements

Utiliser 3 photos sur les 4 disponibles :  
Tête Noire et Roche Gauthier + Pointe des Cerces ou Rocher de la Grande Tempête  
Ou  
Pointe des Cerces et Rocher de la Grande Tempête + Tête Noire ou Roche Gauthier +

# Pointe des Cerces



# Roche Gauthier

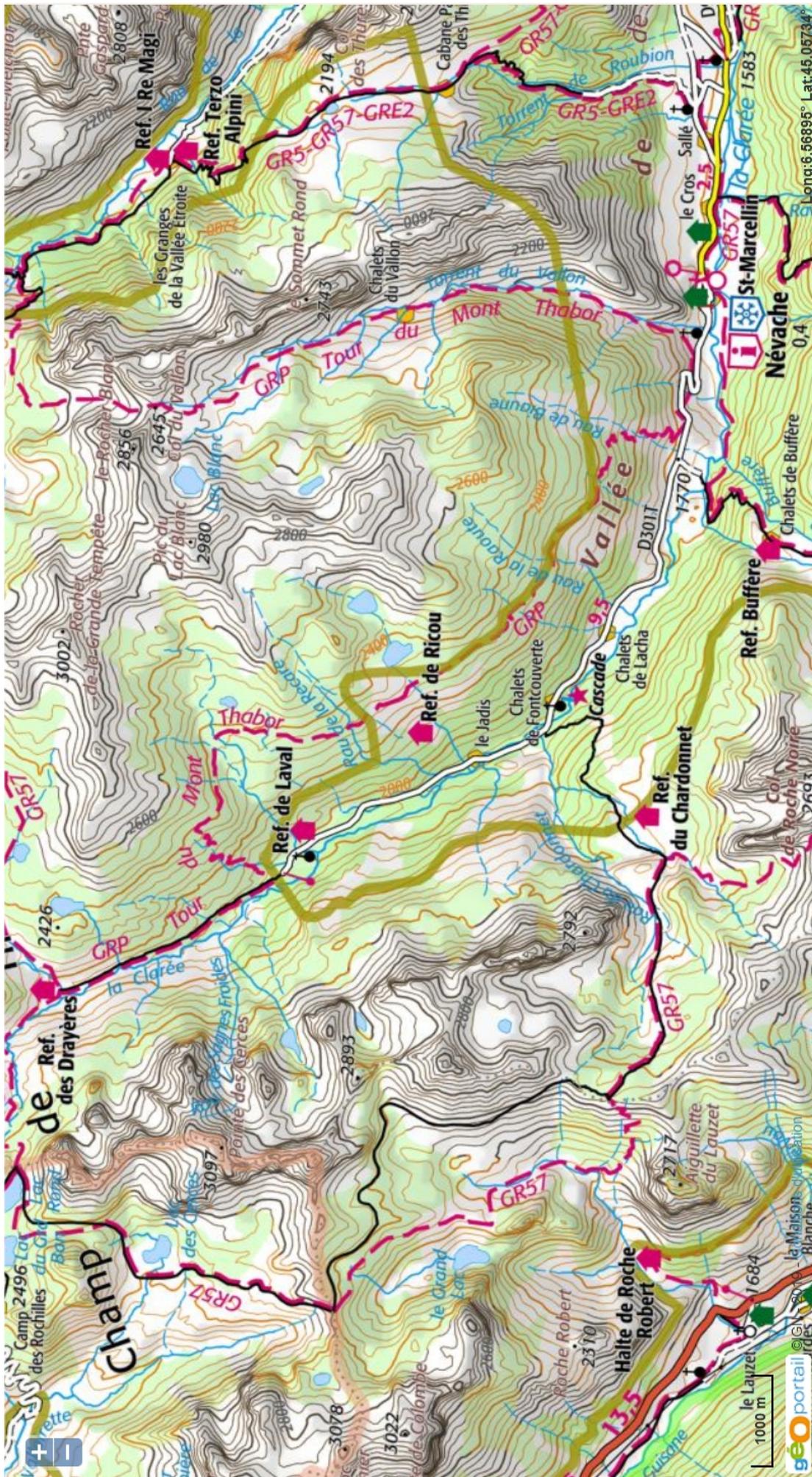


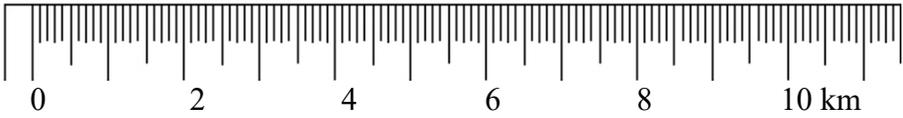
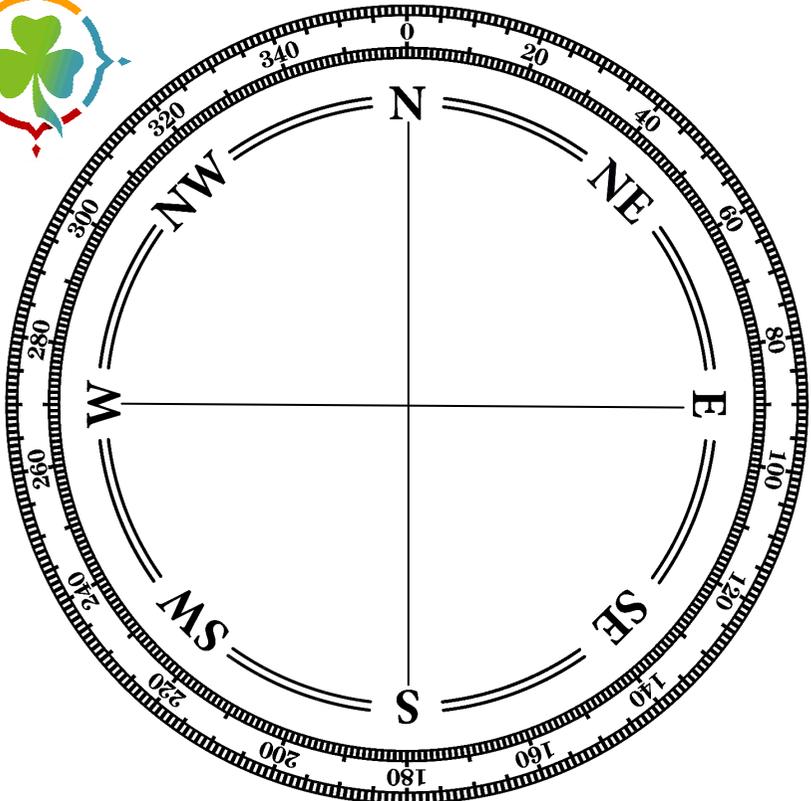
# Tête Noire



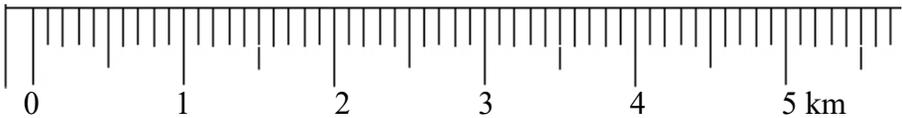
# Rocher de la Grande Tempête



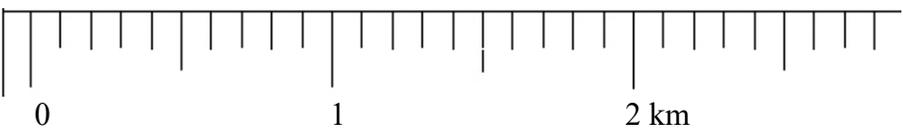




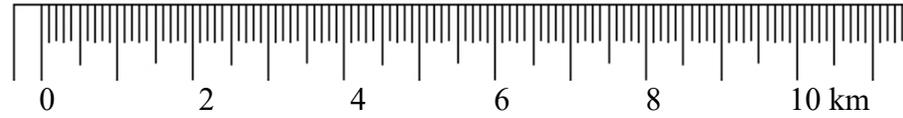
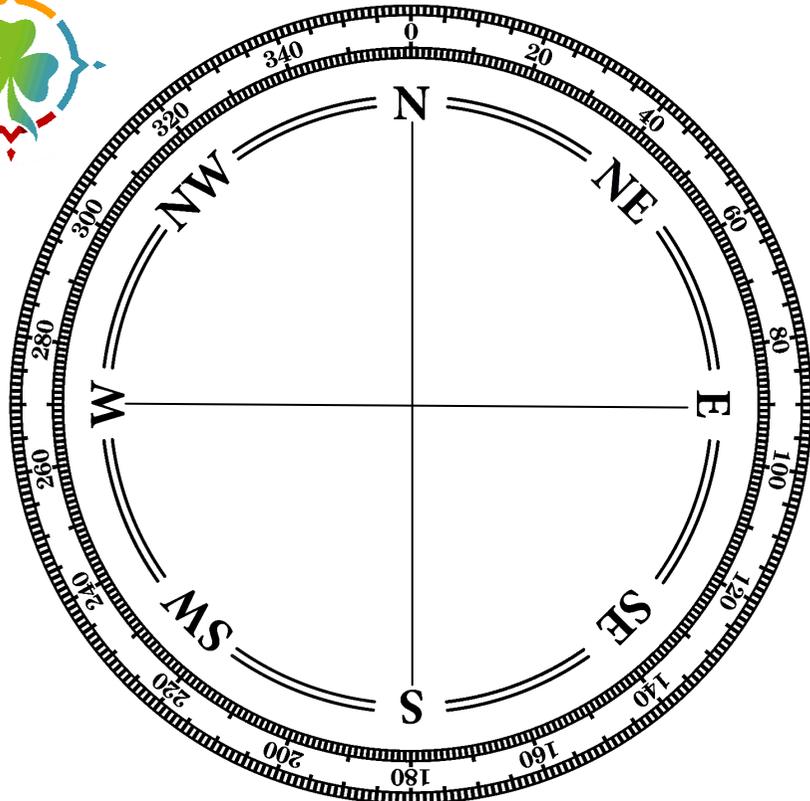
échelle 1/100 000



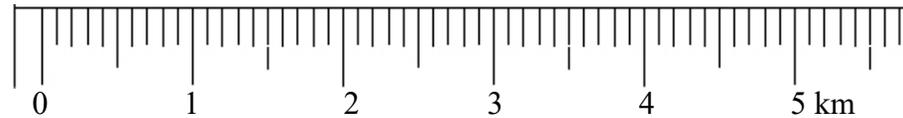
échelle 1/50 000



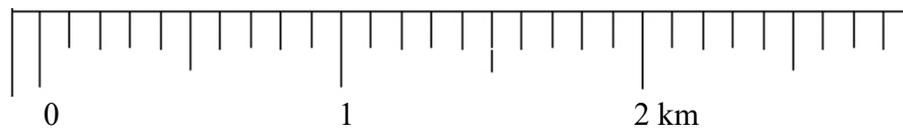
échelle 1/25 000



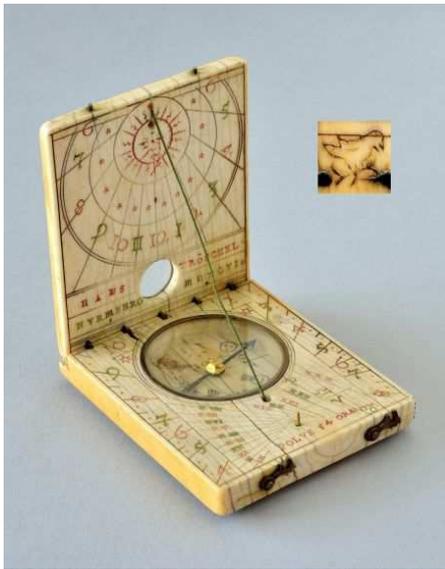
échelle 1/100 000



échelle 1/50 000



échelle 1/25 000



## Un autre usage de la boussole :

Cadrans solaires portatifs munis chacun d'une boussole pour les orienter.

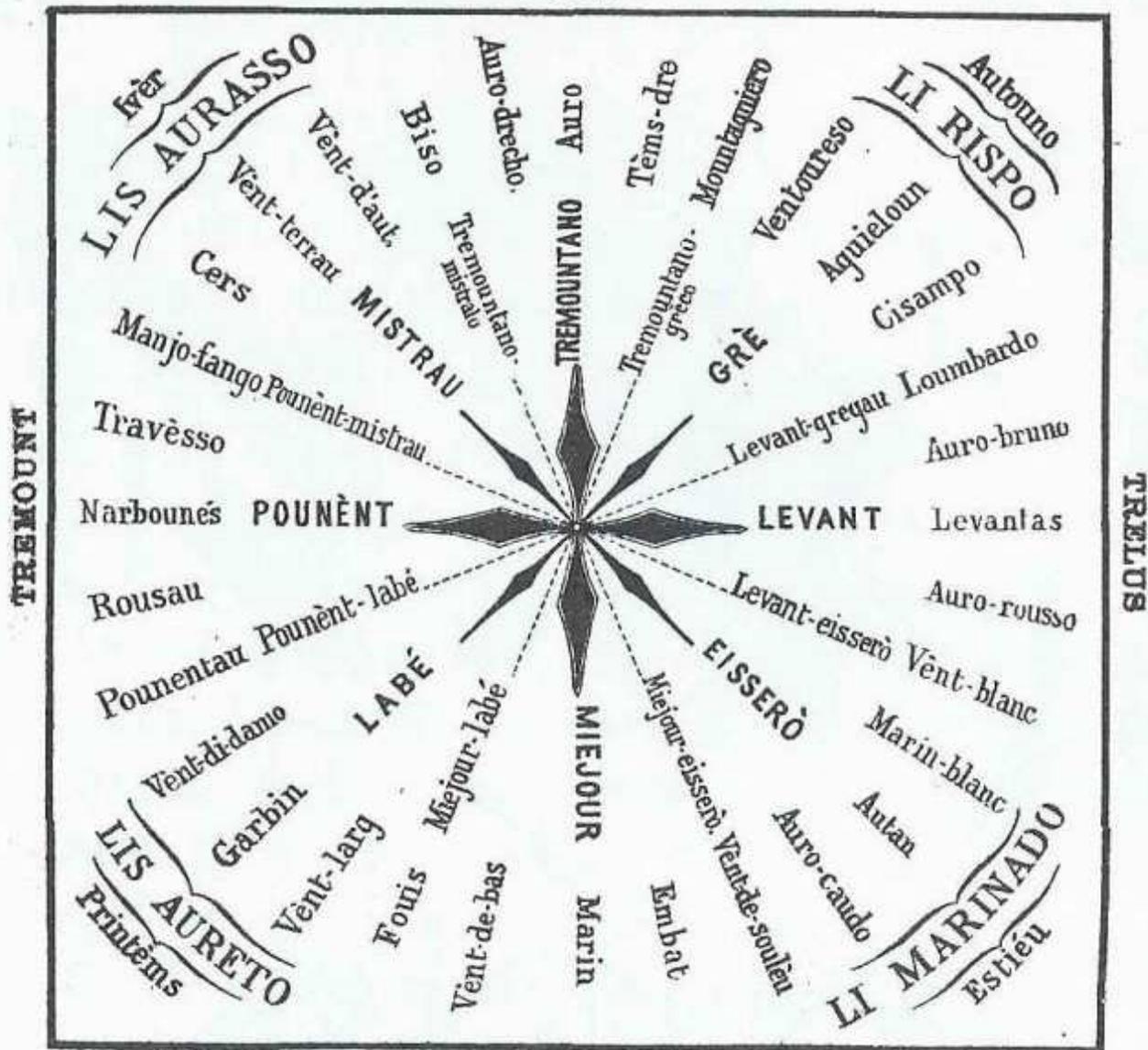


# LA ROSO DE TÓUTI LI VÈNT

COUMPASSADO PÈR LOU CAPITANI NÈGRÈU

(DE CEIRÈSTO)

UBA



ADRÉ

Lauso l'Uba, tèn-te à l'Adrè ;  
 Lauso lou Mount, tèn-te à la Plano ;  
 Lauso la Mar, tèn-te à la Terro ;  
 Lauso la Franço, e tène à Prouvènço.

## Les vents de Provence

Selon les angles d'orientation, cette rose des vents, dressée par le capitaine Négrel de Ceyreste qui recense 32 vents en les répartissant dans 4 grandes catégories :

- Lis Aurasso : Grands Vents Impétueux
- Li Rispo : Vents froids Glacés
- Li Marinado : Brises de Mer
- Lis Aureto : Brises et zéphyrs, Vents doux frais et agréables

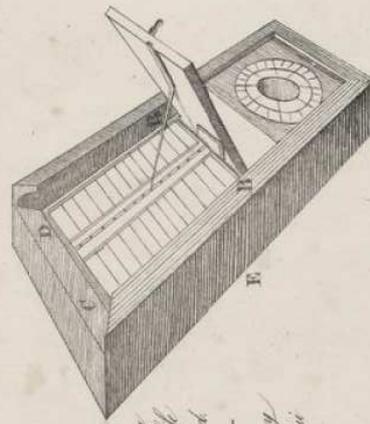


Table ou Diuion, Cadran solaire, Boussole, emportés de Babylone, Pl. I.

Boussole usitée en Chine dès la plus haute antiquité, tirée de la Dissertation de BAYER, sur les secrets des chinois (P. 9, Pl. I.) avec son Cadran solaire vertical.

Cadran solaire vertical.

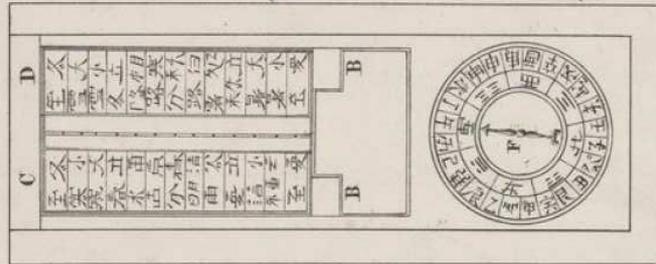
Cadran adapté à la Boussole, et marqué par les 12 constellations du zodiaque, qui ont donné les caractères premiers lettres Grecques employées sur le Cadran tiré de Morulatum en 1723.



Vue Perspective de la Boussole dans sa caisse et du cadran mobile sur charnières, ce qui se propose.

N. Linguelle auant de y frotter sur le mercure, ce qui la débarrasse de la rouille.

Plan du fond de la Boussole, divisé en deux parties.



1. Le Plan des vingt quatre Archées ou demi-mes, selon le dénombrement de l'Écriture, entre les Grecs, Arabes, et par leurs noms indiquant les différentes périodes de chaque nation.

2. Le Plan de la Boussole Antique divisée en huit points de suspension, par les 8 Rois, et chacun en deux parties par les Cycles de son état dérogé.



Ch. de P...  
1723

Un cadran solaire portatif horizontal muni d'une boussole peut vous donner l'heure (solaire) après orientation à l'aide de la boussole. Et si vous fabriquez le votre ?

Voir : [https://www.science-ecole.fr/Ecole2/Doc\\_Ecole/Cadsol.pdf](https://www.science-ecole.fr/Ecole2/Doc_Ecole/Cadsol.pdf)

# Les aimants

## Attraction - Répulsion : loi d'action des pôles

### Matériel :

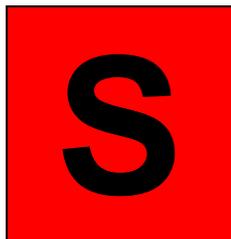
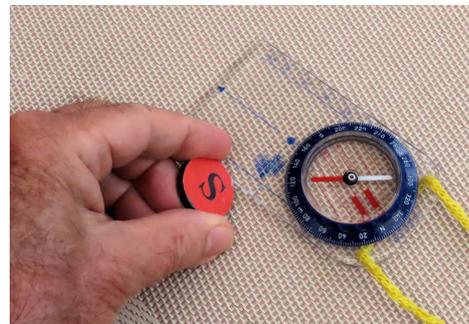
Procurez vous quelques aimants disque ferrite ø 25 mm, épaisseur 5 mm (voir page 11)

Imprimez (en couleur) la page 39, si possible sur papier adhésif (ou sur papier normal au dos duquel vous fixerez de l'adhésif double face (adhésif à moquette).

Plastifiez cette feuille.

Découpez les carrés verts et rouges.

Prenez un aimant et déterminez son pôle S à l'aide d'une boussole : c'est celui qui attire la partie rouge de l'aiguille.



Collez sur cette face  
une étiquette S



Puis sur l'autre face  
une étiquette N

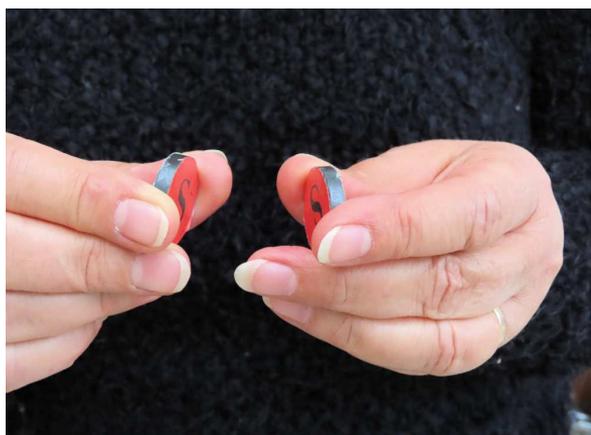
Découpez ces étiquettes autour de l'aimant.



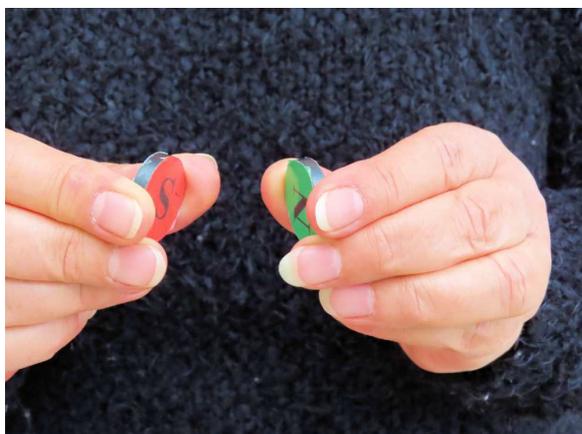
Faites la même opération sur d'autres aimants et placez-les, pour rangement, sur une plaque d'acier. Il faut une paire d'aimants par équipe de deux expérimentateurs.

### Expérimentation :

Prenez un aimant dans chaque main et approchez-les l'un de l'autre.



Recommen-  
cez après  
avoir retourné  
l'un des ai-  
mants.



La conclusion qui va s'imposer est la « Loi des pôles » :

Deux pôles d'aimants différents s'attirent.

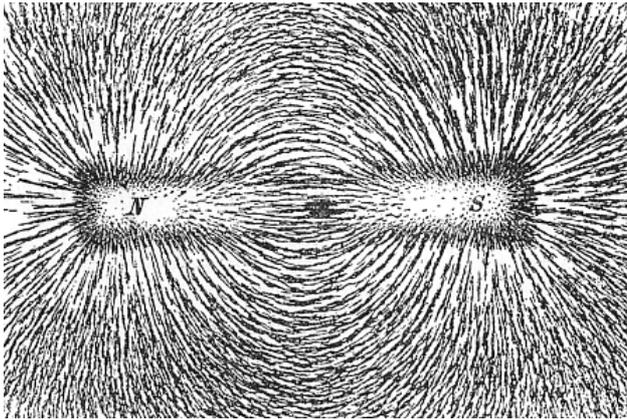
Deux pôles d'aimants identiques se repoussent.

On pourra aussi montrer que cette attraction ou cette répulsion se produit à distance et augmente lorsque la distance entre aimants diminue.

Il s'agit de forces « à distance » ce qui, pour les physiciens signale la présence d'un « champ de force », c'est-à-dire une zone de l'espace où se manifeste un système de forces, magnétiques, électriques, gravitationnelles.

Ici, il s'agit d'un champ magnétique.

On peut visualiser ce champ magnétique en plaçant un aimant sous une feuille rigide (carton, plastique, etc.) et en soupoudrant la feuille avec de la limaille de fer, ou mieux de la poudre de fer.



Les petits grains de fer vont se disposer suivant les lignes du champ magnétique, comme l'aiguille de la boussole qui s'oriente en suivant les lignes du champ magnétique terrestre, et donc rendre celui-ci visible. On parle de « spectre magnétique ».

La photo ci-contre montre les lignes de champ autour d'un barreau aimanté avec les deux pôles aux extrémités.

Rien n'interdit de faire la même expérience avec des aimants de formes diverses, voire avec plusieurs aimants utilisés simultanément.

Pour enregistrer ces spectres, on peut utiliser un appareil photographique (et ainsi récupérer la poudre de fer pour une autre expérience).

### Substances magnétiques :

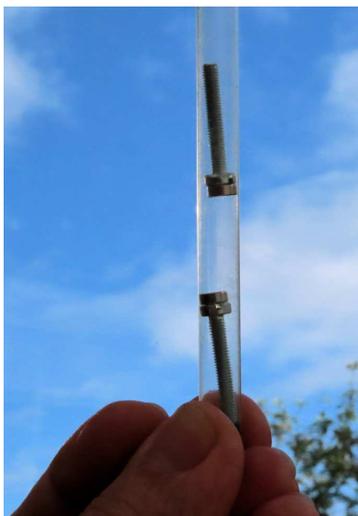
On pourra tester les matériaux communs dans notre environnement pour trier ceux qui sont attirés par un aimant :

Le fer et les aciers et fontes (constitués essentiellement de fer), les aciers inoxydables à l'exception de l'acier inox « 18/10 » (72% de fer - 18% de chrome et 10% de nickel), acier inox de très bonne qualité, mais inutilisable pour fabriquer des casseroles utilisées sur une table à induction.

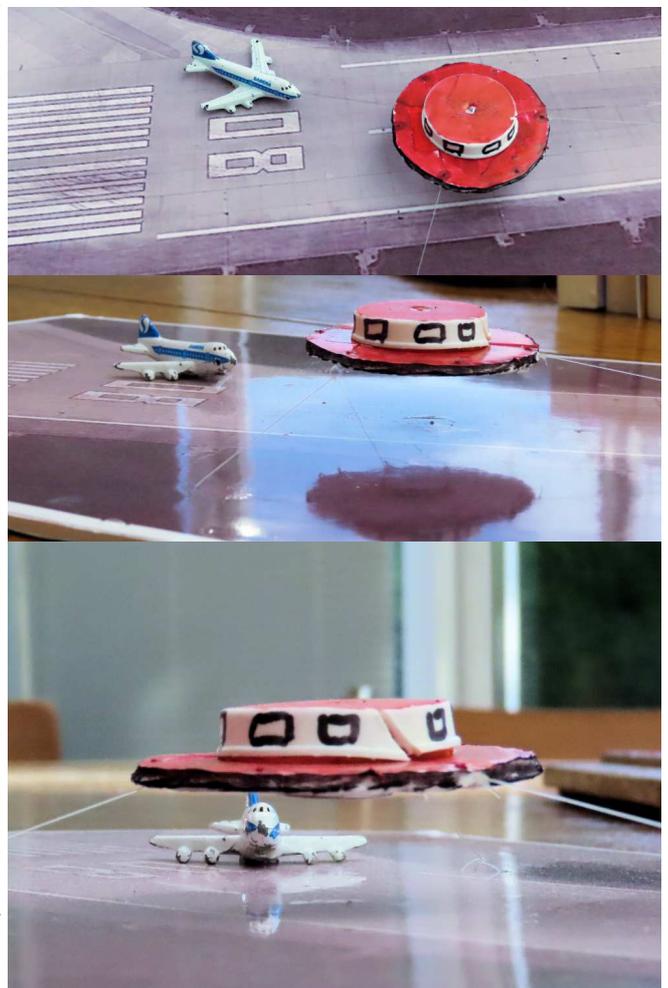
On trouvera aussi d'autres métaux comme le nickel (pièces de monnaie anciennes de 0,5, 1 ou 2 francs), mais aussi le cobalt (peu courant dans notre environnement)

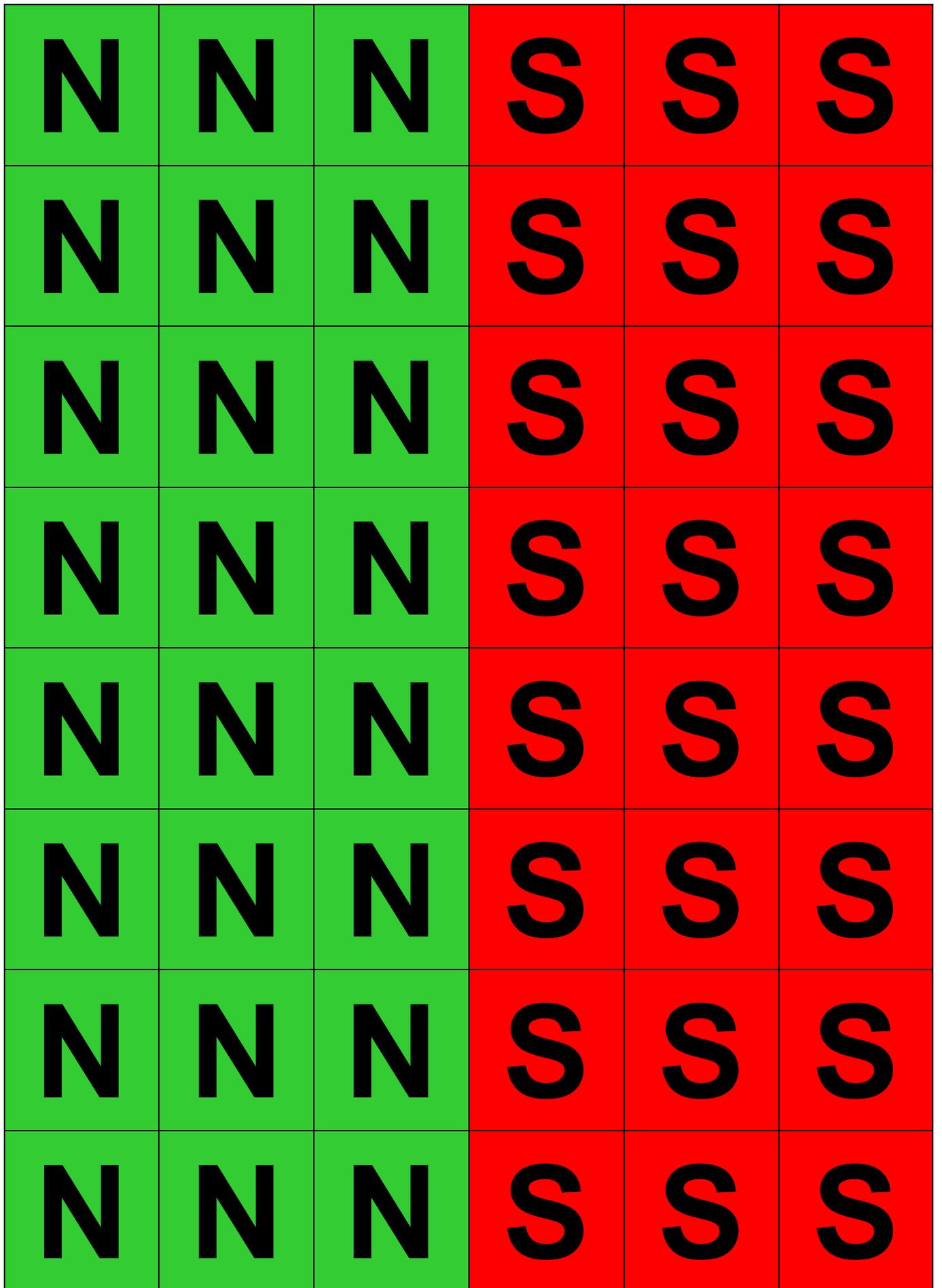
Certaines substances non métalliques comme la ferrite sont aussi attirées.

On pourra, en plaçant deux cylindres aimantés dans un tube transparent réaliser une suspension magnétique. Il suffit de placer deux pôles identiques en regard et s'assurer que le diamètre du tube interdit aux aimants de se retourner.



Rien n'interdit, pour le plaisir, de fabriquer une maquette comme celle photographiée ci-contre ou une soucoupe volante semble voler au dessus des pistes d'Orly. Les deux secrets : deux aimants petits et puissants (aimants terres rares) et trois fils transparents et très fins (fil de pêche) pour stabiliser la soucoupe.





# Aimants et Electro-aimants

On peut fabriquer des aimants non permanents, fonctionnant à l'électricité : les électro-aimants.

Principe : un noyau en fer doux (matériau attiré par un aimant, mais qui ne garde pas l'aimantation), au centre d'une bobine constituée d'un nombre plus ou moins grand de spires de fil électrique.

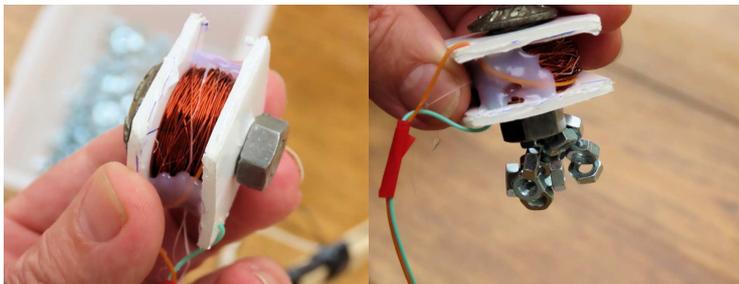
Le passage d'un courant dans cette bobine crée un champ magnétique et le noyau se comporte alors comme un aimant. Dès que l'on coupe le courant, l'aimantation disparaît.



Ces électro-aimants, montés sur une grue à la place du crochet permettent de déplacer rapidement des ferrailles avec un minimum de manipulation, ce qui permet de gagner du temps.



Dans des usines qui utilisent de grandes plaques d'acier, des portiques munis d'électro-aimants permettent de déplacer ces plaques rapidement et sans les déformer.



Pour les bricoleurs, il est possible de fabriquer un électro-aimant en bobinant quelques centaines de spires de fil de cuivre émaillé (ici 500

spires de fil 0,33 mm de diamètre) autour d'un boulon et d'alimenter cette bobine en basse tension (ici 4,5 Volts).

On peut aussi fabriquer une maquette de mât de charge avec électro-aimant à la place du crochet et proposer aux enfants de jouer les grutiers pour faire passer les pièces métalliques (ici une poignée d'écrous) d'un container à l'autre.



Il y a encore bien d'autres usages des électro-aimants (relais, electro-vannes, etc.), mais cela sort des limites de ce dossier.