

Venim del Nord,
venim del Sud,
de terra endins,
de mar enllà,



Géomagnétisme

Lluís Llach

Mots Clés : ligne de champ, détecteur de champ magnétique, boussole, nord magnétique, nord géographique, inversion champ magnétique, basalte, plancher océanique.

I) Un détecteur de champ magnétique (terrestre) : aiguille de la boussole

Interaction entre les pôles d'aimant

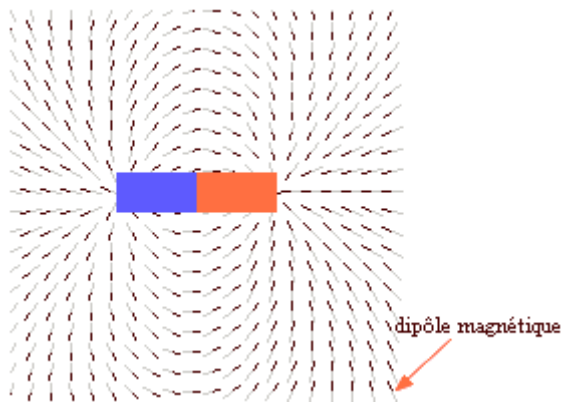
Deux pôles de même nom se repoussent

Deux pôles de nom contraires s'attirent.

👁️ Rapprocher les pôles Nord de deux aimants droits. Observer.

👁️ Rapprocher un pôle Nord et un pôle Sud d'aimants droits. Observer.

Spectre magnétique : les lignes de champ



L'applet ci contre permet de visualiser l'orientation de dipôles magnétiques selon les lignes de champ d'un aimant droit. Les dipôles magnétiques matérialisent les lignes de champ de l'aimant droit (la partie rouge de l'aimant droit est un pôle nord). Les dipôles magnétiques s'orientent dans le champ magnétique comme autant d'aiguilles de boussole.

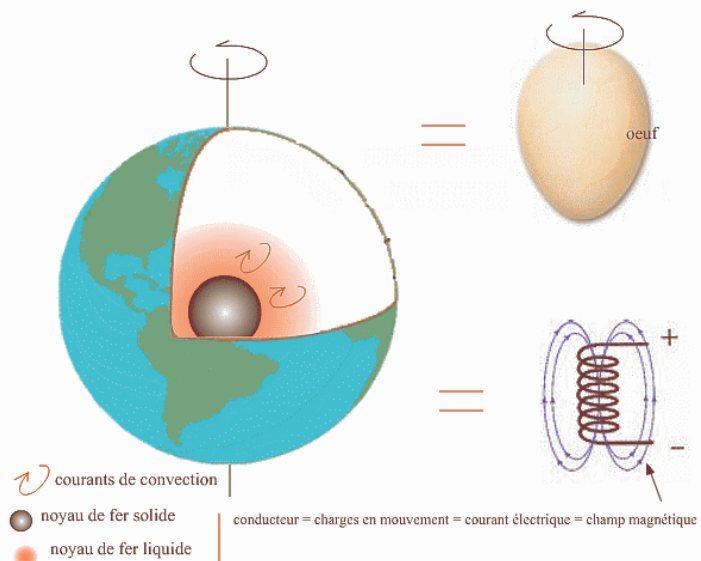
II) Pôle Nord ou pôle Sud?

L'aiguille de la boussole est un dipôle magnétique qui s'oriente selon les lignes du champ magnétique terrestre.

La source du champ magnétique terrestre : la dynamo terrestre ou l'œuf "magnétique"

La Terre est comparable à un œuf :

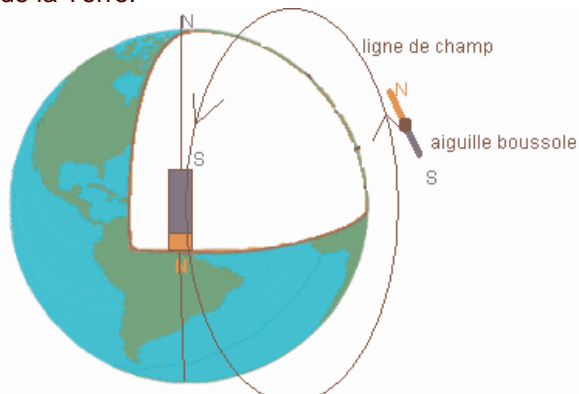
- la croûte terrestre où nous nous trouvons est la coquille
 - le jaune d'œuf est le noyau de fer solide au centre de la Terre
 - autour du noyau de fer solide, se trouve un noyau de fer liquide analogue au blanc d'œuf.
- Imprimons un mouvement de rotation sur lui-même à un œuf cru puis on l'immobilise une fraction de seconde par une pression du doigt. Lorsqu'on le relâche, il reprend sa rotation à cause du jaune et du blanc intérieur qui ont conservé un mouvement de rotation.



(cela ne se produit pas avec un œuf dur dont l'intérieur est solide - faire l'expérience)

Bref, à l'intérieur de la Terre en rotation, il y a des solides et des fluides en mouvement. A ces mouvements dus à la rotation s'ajoutent des mouvements de convection dus à la différence de température entre le centre de la Terre et la périphérie. Donc; des fluides ou solides **conducteurs** formés essentiellement de fer sont en mouvement à l'intérieur de la Terre. Or, un courant peut prendre naissance dans un conducteur en mouvement (s'il existe un champ magnétique initial par exemple dû au Soleil). Des courants ont pris naissance dans le noyau de fer central. A la manière d'un courant dans une bobine, ils créent le champ magnétique terrestre.

L'ensemble noyaux de fer solide-liquide peut être assimilé à un aimant droit placé au centre de la Terre.



L'aiguille de la boussole, sur le schéma, indique bien le pôle Nord de la Terre.

✍ Quel est le continent représenté dans la partie inférieure du schéma?

✍ L'aimant central est-il bien orienté?

Tout n'est pas aussi figé que le montre le schéma et le caractère liquide de l'intérieur de la Terre (rappelons nous l'œuf) fait que la position de "l'aimant" peut changer.

III) Nord géographique, nord magnétique

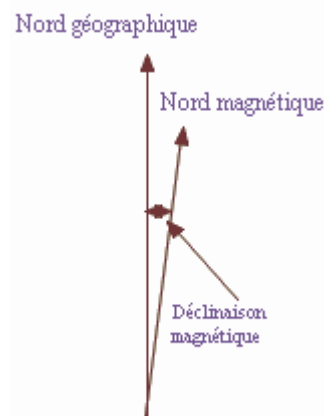
Si "l'aimant" bouge, l'axe de l'aimant ne coïncide plus avec l'axe de rotation de la Terre. C'est la déclinaison magnétique.

Le pôle Nord magnétique se balade autour du pôle Nord géographique et la déclinaison magnétique change.



Lancer le logiciel Declimag (<http://vtopo.free.fr/declimag.htm> auteur Eric David)

Entrer les coordonnées d'Andorre la Vielle (latitude **42,5°** longitude **1,517°**)



✍ Quelle est la déclinaison magnétique en ce lieu? aujourd'hui?

✍ Quelle sera la déclinaison magnétique en ce lieu dans un an?

✍ Pourquoi ce résultat est-il différent de celui indiqué dans l'article de Wikipédia ci dessous?

Extrait Encyclopédie Wikipédia : L'axe géomagnétique, passant par les deux pôles magnétiques, fait un angle de 11,5° par rapport à l'axe de rotation de la Terre et de ce fait, le pôle nord magnétique (Nm) est à environ 1000 km du pôle nord géographique (Ng), en direction du [Canada](#). La position actuelle du pôle nord magnétique est 81°N et 110°W mais il se rapproche actuellement du pôle nord géographique à une vitesse moyenne de 40 km/an. En outre la position du pôle magnétique varie au cours de la journée, se déplaçant ainsi de plusieurs dizaines de km autour de sa position moyenne

✍ Sur l'image "vue du pôle" géographique ci dessous, placer le pôle nord magnétique.



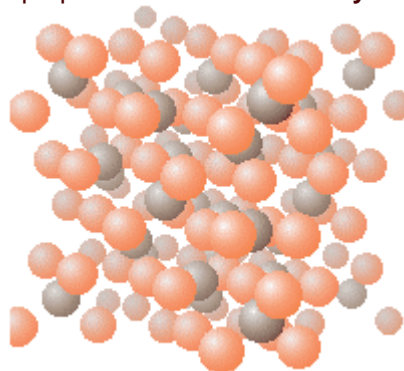
✍ Justifier, à partir du rayon de la Terre ($R_T = 6400 \text{ km}$), l'affirmation " 1000 km du pôle nord géographique"

IV) La mémoire magnétique des roches :

L'orientation du champ magnétique est donc variable. Il peut même arriver que **le champ magnétique s'inverse** sur des périodes allant de quelques dizaines de milliers d'années à des millions d'années. Cependant, depuis 180000ans, il a l'orientation que nous connaissons actuellement.

Ce sont les roches qui nous renseignent sur ce phénomène, entre autres les roches volcaniques comme le basalte.

Le basalte contient dans la proportion de 2 à 3 % un **oxyde de fer la magnétite Fe_3O_4** .



(les sphères rouges représentent l'élément O, les noires l'élément Fe)

Comme son nom l'indique cet oxyde de fer est doué de propriétés magnétiques. Il est attiré par l'aimant et garde l'aimantation.

👁 Etaler un peu de sable de la plage de Saint Paul (La Réunion) dans une coupelle. Approcher un aimant (enveloppé dans du papier filtre) du sable. Observer.



Ouvrir Google Earth.

Quelle est la longitude de Saint Paul? sa latitude?

V) Une anomalie magnétique à La Réunion : Localisation La Plaine des Remparts



Cliquer sur le fichier "Plaine des Remparts.kmz". Observer l'image donnée par Google

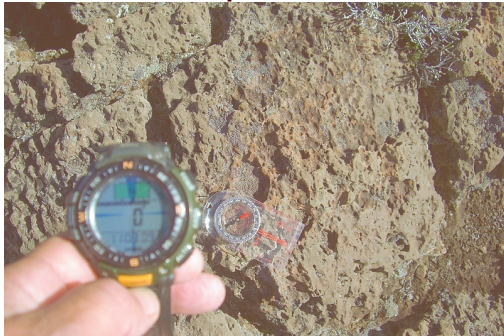
Earth. La punaise  indique le lieu où a été faite l'observation de l'anomalie magnétique.

S'agit il d'une plaine?

Quelle est la longitude, la latitude de ce lieu?

Quel est le volcan situé à proximité de la Plaine des Remparts?

Expérience avec la boussole



Sur l'image ci contre, la montre indique la direction Nord - Sud à environ un mètre du sol, c'est la direction 'vraie' du Nord magnétique. L'aiguille de la boussole posée sur le basalte de la Plaine des Remparts indique une direction différente due aux propriétés magnétiques de la coulée de basalte vieille d'au moins 70000ans.

A l'aide de l'applet Java ci-dessous, en traçant deux lignes convenables et utilisant le rapporteur, mesurer l'angle entre les deux directions données par la montre et l'aiguille de la boussole.



(Applet Java publié par l'IUFM de Lille LiliMath)

Lors de la solidification de la coulée, le basalte a mémorisé l'orientation du champ magnétique terrestre.

a) En admettant que depuis 70000 ans, la position de la coulée de basalte (localisation / orientation) n'a pas changé :

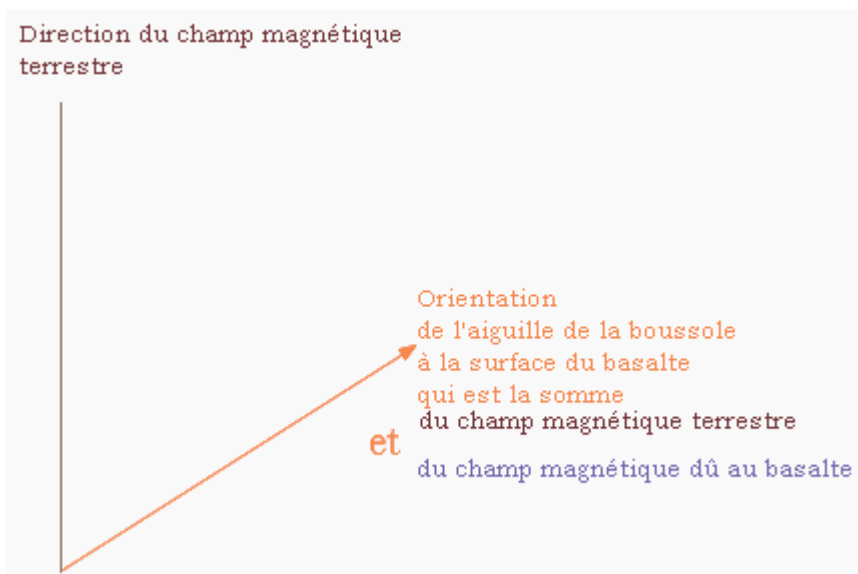
 Expliquez l'anomalie magnétique du basalte de La Plaine des Remparts.


b) En admettant qu'il y a 70000ans, le champ magnétique terrestre était le même qu'aujourd'hui :

 Expliquez l'anomalie magnétique du basalte de La Plaine des Remparts.

Les deux hypothèses ci dessus ont sans doute joué chacune leur rôle.

L'orientation actuelle du champ magnétique dans le basalte est due d'une part à l'orientation du champ il y a 70000 ans et d'autre part à un mouvement tectonique de la plaque de basalte.



 Refaire ce schéma en représentant par un vecteur **en noir** le champ magnétique terrestre, par un vecteur de même longueur **en bleu** celui du basalte de façon à donner une **orientation** convenable à l'aiguille de la boussole.

Saint Leu :

Le même jour que l'expérience de la Plaine des Remparts, la manipulation illustrée par la photographie ci dessus a été faite à Saint Leu.

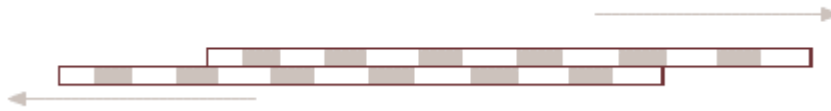


Ouvrir Google Earth et situer le lieu de l'expérience dont la latitude est :21°10'16"S et la longitude : 55°17'11"E.

- ✍ Où a été faite l'expérience?
- ✍ Pourquoi n'y a-t-il pas d'anomalie magnétique?

VI) La bande magnétique :

👁 Rapprocher deux morceaux de caoutchouc magnétique et les faire glisser l'un sur l'autre. Sentir une succession d'attraction fortes et faibles.



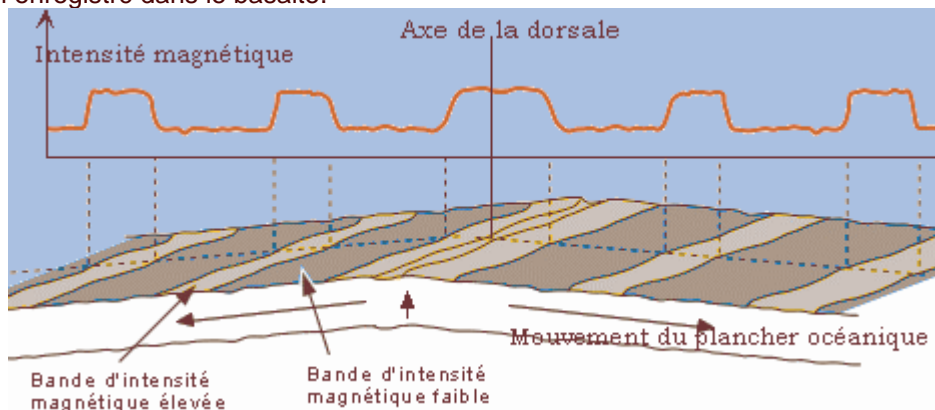
Le caoutchouc magnétique est constitué de bandes dont l'orientation magnétique est opposée.

Lorsque deux bandes correspondant à des pôles opposés se font face : l'attraction est forte.

Lorsque deux bandes correspondant à des pôles identiques se font face : l'attraction est faible (voire une répulsion).

Au fond des océans, près des dorsales, le plancher océanique de basalte est tapissé de zones alternées de magnétisme fort et faible.

L'intensité magnétique mesurée est la somme du champ magnétique actuel et du champ résiduel enregistré dans le basalte.



Lors du mouvement très lent du plancher océanique, le champ magnétique terrestre s'est inversé. Les zones d'intensité forte correspondent à l'orientation du champ magnétique terrestre tel que nous le connaissons ; les zones d'intensité faible correspondent à une période où le champ

magnétique était inverse du champ actuel. Ainsi, à la manière d'une bande magnétique, le plancher océanique a enregistré les inversions du champ magnétique terrestre.



Cliquer sur le fichier "dorsale.kmz" pour visualiser une dorsale.



Quel est le pays au volcanisme actif situé sur cette dorsale?

Matériel : montre Casio protrek, boussole Suunto, aimants dont les pôles sont repérés, morceau de basalte, sable de la plage de Saint Paul (La Réunion), un œuf dur, un œuf cru, un ordinateur connecté à l'Internet avec Google Earth installé, une coupelle, une spatule, du papier filtre, deux bandes de caoutchouc magnétique, un feutre noir, un feutre bleu et un feutre rouge.