

## Exercices

### Exercices d'application

#### 5 minutes chrono !

#### 1. Mots manquants

- scalaire
- aimants/courants
- aiguille aimantée
- électrostatique.
- uniforme/ parallèles.
- la verticale/la Terre
- gravitation/la Terre.

#### 2 QCM

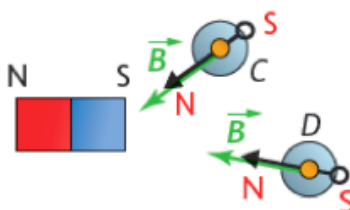
- vectorel
- est identique dans tout l'espace de l'entrefer. En effet, lorsque dans un espace les lignes de champ sont parallèles, le champ magnétique est uniforme dans cet espace.
- est incliné vers la Terre.
- n'a pas le même sens lorsque la charge  $q$  change de signe. En effet, la force  $\vec{F}$  qui s'exerce sur la charge  $q$  est liée au champ  $\vec{E}$  par la relation  $\vec{F} = q\vec{E}$ . Comme  $\vec{E}$  ne change pas si le signe de la charge  $q$  change, le sens de  $\vec{F}$  change.
- a une valeur donnée par  $E = \frac{U}{d}$  avec  $d$  distance entre les plaques.
- Le champ de gravitation est toujours dirigé vers la planète.

### Mobiliser ses connaissances

#### Notion de champ (§1 du cours)

3. Température voisine de 19°C et vitesse du vent de direction Sud-Ouest et valeur 10 km.h<sup>-1</sup>.  
Le champ de température est scalaire, le champ de vitesse du vent est vectoriel.  
Ces champs ne sont pas uniformes sur la zone couverte par la carte.

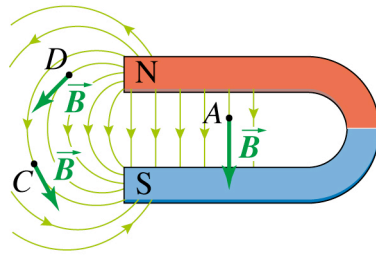
4. Au point  $C$  ou au point  $D$ , le vecteur champ  $\vec{B}$  a la direction que prend de l'aiguille aimantée placée en ce point, son sens va du Sud au Nord à travers l'aiguille et son origine est au point  $C$  ou  $D$ . Le point  $D$  étant plus proche de l'aimant que le point  $C$ , la valeur de  $\vec{B}$  est plus grande en  $D$  qu'en  $C$ .



© Nathan 2011. Réalisation : CORÉDOC.

**Champ magnétique (§2 du cours)**

5. a.

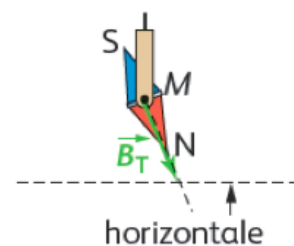


© Corédoc. Nathan 2011

b. Le champ magnétique est uniforme dans l'entrefer de l'aimant en U.

6. a. Le champ magnétique terrestre  $\vec{B}_T$  est représenté par un vecteur de direction l'aiguille aimantée et dont le sens va du Sud au Nord à travers l'aiguille.

b. Le plan vertical de l'aiguille est le plan méridien magnétique.

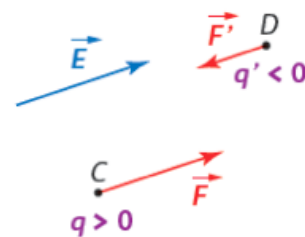


© Nathan 2011. Réalisation : CORÉDOC.

**Champ électrostatique (§3 du cours)**

7. a.  $\vec{F} = q\vec{E}$ .

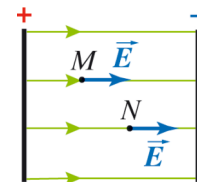
b. Force et champ  $\vec{E}$  ont même direction ; si  $q > 0$  alors  $\vec{E}$  et  $\vec{F}$  ont même sens ; si  $q < 0$  alors  $\vec{E}$  et  $\vec{F}$  sont de sens opposés. Si  $|q| > |q'|$ , alors  $|q|E > |q'|E$  et donc  $F > F'$ .



© Nathan 2011. Réalisation : CORÉDOC.

8. a. À l'intérieur d'un condensateur plan, les lignes de champ sont perpendiculaires aux plaques et le champ électrique y est uniforme. Les lignes de champ sont orientées vers la plaque négative.

b. En M et N, le vecteur représentant le champ électrique est perpendiculaire aux plaques, il a le sens de la plaque + vers la plaque - et a la même valeur  $E(M) = E(N)$ .



© Corédoc. Nathan 2011

**Gravitation et pesanteur (§4 du cours)**

9.  $\vec{F} = m\vec{g}$ .

**Utiliser ses compétences**

**10. Dans le domaine de la vie quotidienne**

Aimants pour attraper, fixer etc., boussoles, disques magnétiques des ordinateurs, clés et cartes magnétiques, tables chauffantes à induction, train en lévitation magnétique (Japon).

*Dans le domaine de la santé*

IRM imagerie par résonance magnétique, nano-aimants pour le transport des médicaments in situ.

*Dans les grands instruments scientifiques*

Les cyclotrons, le Large Hadron Collider (LHC), ITER.

*Sur le Web*

[http://www.louisneel-centenaire.inpg.fr/article.php3?id\\_article=53](http://www.louisneel-centenaire.inpg.fr/article.php3?id_article=53)

[http://www cea.fr/technologies/omnipresent\\_magnetisme](http://www cea.fr/technologies/omnipresent_magnetisme)

<http://www.sciencetech.technomuses.ca/francais/schoolzone/basesuraimant.cfm>

**11. a. Champ de gravitation de la Terre à l'altitude du satellite :**

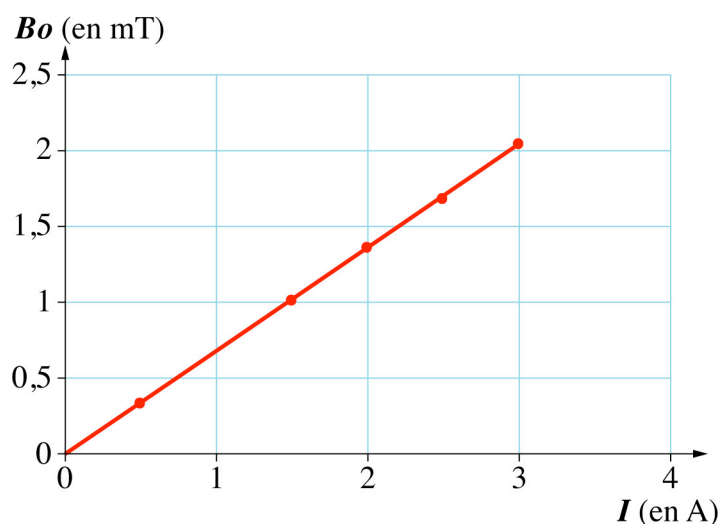
$$g = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6 + 3,6 \times 10^7)^2} = 0,22 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

**b. À la surface de la Terre :**

$$g_0 = g = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6)^2} = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$
$$\frac{g_0}{g} = 45$$

**12. Les points expérimentaux sont pratiquement alignés sur une droite passant par l'origine.**  
La relation entre  $B_0$  et  $I$  est :  $B_0 = 0,68 \times 10^{-3} I$  avec  $I$  en ampère et  $B$  en tesla.

**variation de  $B_0$  en fonction de  $I$**



© Corédoc. Nathan 2011

13. a. Le champ électrique entre les deux plaques A et B d'un condensateur plan est uniforme. Le vecteur  $\vec{E}$  est de direction orthogonale aux plaques, il est orienté de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement.

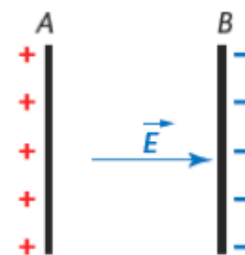
Sa valeur est donnée par la relation :

$$E = \frac{U_{AB}}{d} \text{ soit ici } E = \frac{10^3}{10^{-2}} = 10^5 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}.$$

b. La relation vectorielle entre le champ  $\vec{E}$  et la force électrostatique  $\vec{f}$  qui s'exerce sur une particule portant une charge  $q$  est :  $\vec{f} = q\vec{E}$ .

Dans le cas d'un électron, la charge  $q$  est négative. La force  $\vec{f}$  a la même direction que  $\vec{E}$  (perpendiculaire aux plaques) mais son sens est inverse de celui de  $\vec{E}$  : il va donc de la plaque chargée négativement vers la plaque chargée positivement.

Sa valeur est donnée par la relation  $f = |q|E$  soit  $f = 1,6 \times 10^{-19} \times 10^5 = 1,6 \times 10^{-19} \text{ N}$ .



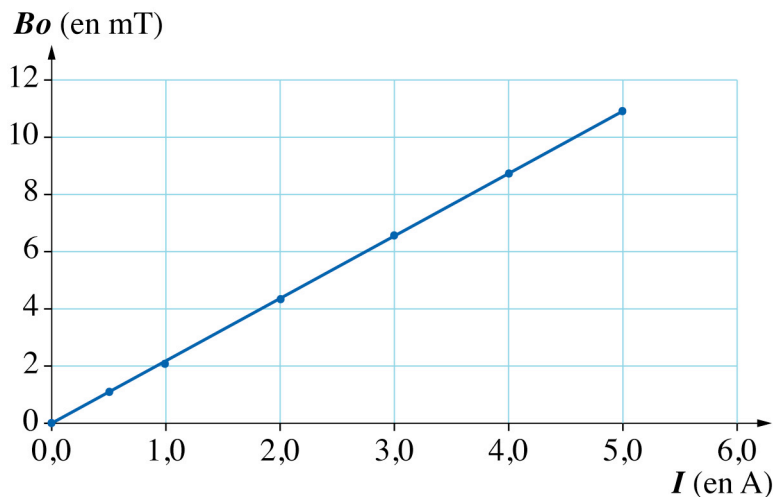
© Nathan 2011.  
Réalisation : CORÉDOC.

### Exercices d'entraînement

#### 14. Exercice résolu

15. a. Direction et sens indiqués par l'aiguille de la boussole donc perpendiculaire au plan de la bobine.

b.



© Corédoc. Nathan 2011

c.  $B_0 = 2,2 \times 10^{-3} \times I$  (avec  $B_0$  en T et  $I$  en A).

16. a. Stockage de données pour les enregistrements vidéo et audio, les disques durs d'ordinateurs.

b. Jusqu'à un ordre de grandeur de  $10^{-8} \text{ m}$ .

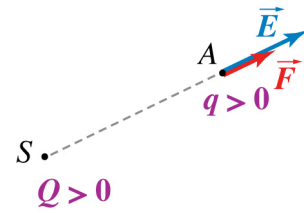
c. Des médicaments peuvent être liés aux particules magnétiques et amenés exactement à l'endroit voulu du corps (déplacement des nano aimants par un champ magnétique).

<http://www.nanotoxic.be/les-nanos-pour-tous/applications-1/les-nanos-dans-le-secteur-biomedical>

**17. Cas 1 : la charge  $q$  est positive**

En utilisant la loi de Coulomb entre le solide  $S$  portant la charge  $Q$  et l'objet-test portant la charge  $q$ , on établit la direction et le sens de la force  $\vec{F}$ .

De la relation entre la force électrostatique  $\vec{F}$  qui s'exerce sur l'objet-test placé en  $A$  et le champ  $\vec{E}$  qui règne au point  $A$ , on déduit la direction et le sens de  $\vec{E}$ .

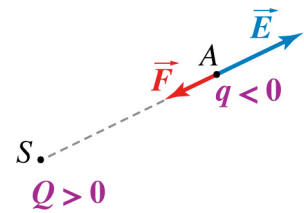


© Corédoc. Nathan 2011

**Cas 2 : la charge  $q$  est négative**

La force électrostatique exercée par  $S$  sur l'objet-test change de sens.

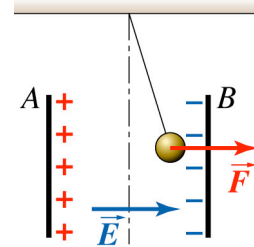
Le champ électrostatique en  $A$  n'est pas modifié.



© Corédoc. Nathan 2011

**18. a.** Entre les deux plaques, le champ électrostatique est uniforme de direction orthogonale aux plaques et orienté de la plaque  $A$  (+) vers la plaque  $B$  (-).

**b.** La force  $\vec{f} = q\vec{E}$  a même direction que  $\vec{E}$  mais son sens dépend du signe de  $q$ . Ici, la force  $\vec{f}$  a un sens de  $A$  vers  $B$ , comme  $\vec{E}$  donc  $q > 0$ .



© Corédoc. Nathan 2011

**19. a.** La force de gravitation  $\vec{F}$  qui s'exerce sur l'objet-test de masse  $m$  placé en  $A$  a pour direction la droite joignant le point au centre de Mars, elle est orientée vers Mars et a pour valeur  $F = \frac{GmM_{\text{Mars}}}{R_{\text{Mars}}^2}$ .

**b.** La force  $\vec{F}$  et le champ de gravitation en  $A$  sont liés par  $\vec{F} = m\vec{g}_{\text{Mars}}$ .  $\vec{g}_{\text{Mars}}$  a la même direction et le même sens que  $\vec{F}$  et sa valeur est  $g_{\text{Mars}} = \frac{F}{m}$ .

**c.**  $g_{\text{Mars}} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 0,642 \times 10^{24}}{(3,4 \times 10^6)^2}$  ;  $g_{\text{Mars}} = 3,70 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**d.** Le champ n'est pas uniforme car il change de direction.

**20.** Ce dessin n'est pas correct, en effet si les lignes de champ se coupaient en un point  $A$ , il existerait en ce point deux champs magnétiques différents (chacun étant tangent à une des lignes de champ).

**Sirius 1<sup>ère</sup> S - Livre du professeur**  
**Chapitre 15. Champs et forces**

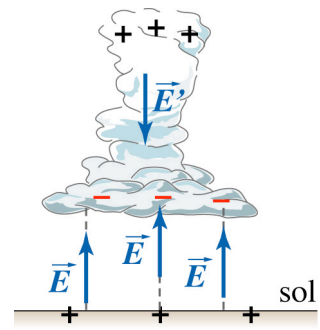
**21. a.** Voir schéma ci-contre.

**b.** Isolant : air atmosphérique.

Représentation du champ  $\vec{E}$  et des lignes de champ (sur le schéma, les lignes de champ apparaissent en pointillés gris).

**c.** Compte tenu de la répartition des charges à l'intérieur du nuage, il existe un champ électrique. La représentation qui en est faite est simplement indicative et ne reflète pas la complexité de la situation.

[http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/XML/db/csp physique/metadata/LOM\\_CSP\\_ORorages.xml](http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/XML/db/csp physique/metadata/LOM_CSP_ORorages.xml)

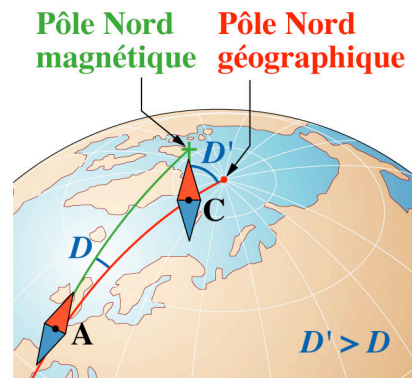


© Corédoc. Nathan 2011

**22. a.** Valeur de la déclinaison en janvier 2011 à :

- Mimizan : 1°10' Ouest ;
- Porquerolles : 0°56' Est.

**b.** En prenant deux points A et C de même longitude mais de latitude différente, dans un même hémisphère, l'angle entre la direction du Nord géographique et le Nord magnétique donné par l'aiguille aimantée est différent (voir schéma).

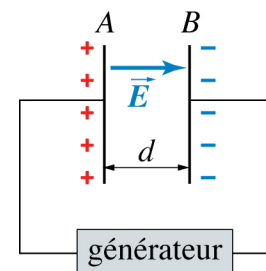


© Corédoc. Nathan 2011

**23. a.** Voir schéma ci-contre.

**b.**  $E = \frac{U_{AB}}{d}$  soit  $E = \frac{3600}{0,10} = 3,6 \times 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ .

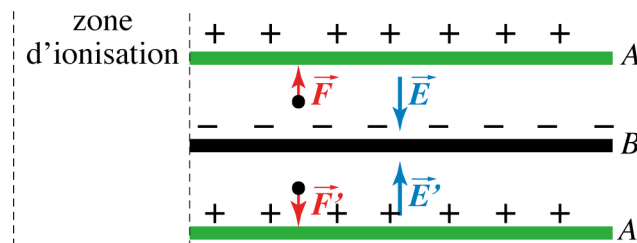
**c.** Quand on rapproche les plaques, la valeur du champ augmente (la valeur de  $U_{AB}$  n'est pas modifiée et celle de  $d$  diminue).



**24. a.** Le champ  $\vec{E}$  est orthogonal aux plaques. Il doit être orienté de A vers B.

**b.** La plaque A porte une charge positive et la plaque B une charge négative.

**c.** Le champ  $\vec{E}'$  doit être orienté de A' vers B'. La plaque A' porte une charge positive.



© Corédoc. Nathan 2011

Exercices de synthèse

25. a. Exprimer la valeur  $\mathcal{G}_0$  du champ de gravitation de la Terre en un point de sa surface.  
En un point de sa surface, la valeur du champ de gravitation de la Terre est :

$$\mathcal{G}_0 = \frac{GM_T}{R_T^2}$$

b. Exprimer la valeur  $\mathcal{G}$  du champ de gravitation en point A situé à l'altitude  $h$  au-dessus de la Terre.

À l'altitude  $h$  au-dessus de la Terre la valeur  $\mathcal{G}$  du champ de gravitation est :

$$\mathcal{G} = \frac{GM_T}{(R_T + h)^2}$$

c. On pose  $x = \frac{h}{R_T}$ . Vérifier que le rapport  $\frac{(\mathcal{G}_0 - \mathcal{G})}{\mathcal{G}_0}$  peut s'exprimer

$$\text{par } \frac{(\mathcal{G}_0 - \mathcal{G})}{\mathcal{G}_0} = 1 - \frac{1}{(1+x)^2}.$$

Le rapport  $\frac{(\mathcal{G}_0 - \mathcal{G})}{\mathcal{G}_0}$  peut s'exprimer par :  $\frac{(\mathcal{G}_0 - \mathcal{G})}{\mathcal{G}_0} = 1 - \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = 1 - \frac{1}{(1+x)^2}$ .

d. Calculer la valeur de  $x$  puis la valeur de  $h$  pour  $\frac{(\mathcal{G}_0 - \mathcal{G})}{\mathcal{G}_0} = 0,1\%$ . Conclure.

Pour  $\frac{(\mathcal{G}_0 - \mathcal{G})}{\mathcal{G}_0} = 0,1\% = 10^{-3}$  on obtient :  $1 - \frac{1}{(1+x)^2} = 10^{-3}$ .

$$1 - 10^{-3} = \frac{1}{(1+x)^2} \rightarrow \frac{999}{1000} = \frac{1}{(1+x)^2} \rightarrow (1+x) = \sqrt{\frac{1000}{999}}.$$

$$x = 5 \times 10^{-4}.$$

On en déduit  $h = 3,2$  km.

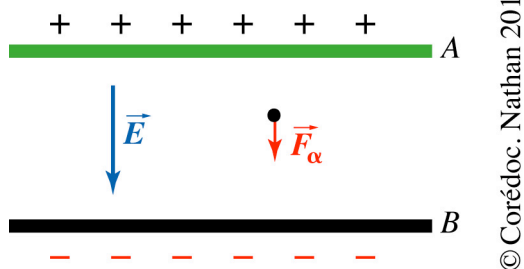
Cette valeur à notre échelle paraît importante mais par rapport aux dimensions de la Terre elle ne représente que  $5 \times 10^{-4} = 1/2000$  du rayon de la Terre.

26. a. Voir schémas ci-dessous.

b. Cas d'une particule  $\alpha$  :

$$\vec{F}_\alpha = q\vec{E} \text{ avec } q > 0.$$

La particule est déviée vers le bas et arrivera en dessous de  $O'$ .

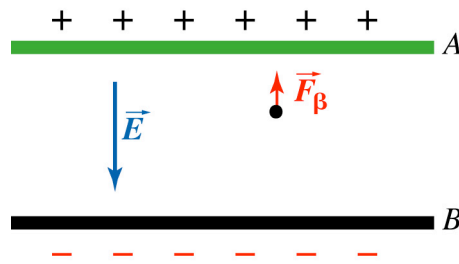


© Corédoc. Nathan 2011

c. Cas d'une particule  $\beta^-$  :

$$\vec{F}_\beta = q\vec{E} \text{ avec } q < 0.$$

La particule est déviée vers le haut et arrivera au-dessus de  $O'$ .



© Corédoc. Nathan 2011

d.  $\vec{f}_\alpha = 2e\vec{E}$  et  $\vec{f}_\beta = -e\vec{E}$ , on a donc pour les valeurs des forces :

$$f_\alpha = 2 f_\beta$$

27. a. Le vecteur  $\vec{\mathcal{G}}_S(A)$  a la direction de la droite qui joint le centre du Soleil au point  $A$ , il est orienté de  $A$  vers  $O$  et sa valeur s'exprime par :  $\mathcal{G}_S(A) = \frac{GM_S}{R_S^2}$  avec  $M_S = 1,99 \times 10^{30}$  kg et

$$R_S = 696 \times 10^6 \text{ m.}$$

$$\mathcal{G}_S(A) = 274 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

b. Le vecteur  $\vec{\mathcal{G}}_S(B)$  a la direction de la droite qui joint les centres du Soleil et de la Terre. Il est dirigé vers le Soleil. En appelant  $d$  la distance Terre-Soleil (rayon moyen de l'orbite terrestre), sa valeur s'exprime par :  $\mathcal{G}_S(B) = \frac{GM_S}{d^2}$ .

$$d = 150 \times 10^9 \text{ m donc } \mathcal{G}_S(B) = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30}}{(150 \times 10^9)^2} \text{ soit } \mathcal{G}_S(B) = 5,9 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

c. Le champ de gravitation à la surface de la Terre  $\vec{\mathcal{G}}_T(B)$  a une valeur de l'ordre de  $10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ , elle est donc environ 2 000 fois plus importante que celle de  $\vec{\mathcal{G}}_S(B)$ .

28. a. Le pivot permet à l'aiguille de tourner autour d'un axe vertical, mais pour que l'aiguille reste horizontale, il faut alourdir son pôle Sud ou déplacer la position du pivot.

b.  $B_H = B_{\text{Terre}} \cos I$  soit  $B_H = 21 \mu\text{T}$ .

c. Dans l'hémisphère Sud, le champ magnétique terrestre pointe vers le ciel : le pôle Nord d'une aiguille aimantée montée sur étrier pointerait donc vers le ciel. Pour que l'aiguille de la boussole reste horizontale il faut donc alourdir ce pôle Nord. Les boussoles de l'hémisphère Nord ne sont donc pas identiques aux boussoles de l'hémisphère Sud. Les marins n'utilisent pas de boussoles sur pivot mais des compas de marine.

29. a. La valeur de 11,7 T pour un champ magnétique est parmi les plus grandes valeurs actuellement créées (IRM à haut champ 3 T, à très haut champ 7 T) et représente  $2,3 \times 10^5$  fois la valeur du champ magnétique terrestre.

b. Réalisation des bobines de l'électro-aimant avec des milliers de kilomètres de fil supraconducteur (niobium-titane NbTi), qui n'offre aucune résistance au passage du courant (celui ayant une intensité du courant pouvant atteindre 1 500 A).

Le supraconducteur doit être maintenu à très basses températures (1,8 K) : les bobines baignent dans de l'hélium superfluide.



**Sirius 1<sup>ère</sup> S - Livre du professeur**  
**Chapitre 15. Champs et forces**

De nombreux points traités dans l'article du site proposé (pages 33 à 35) peuvent être discutés, comme l'homogénéité du champ sur le volume centré sur le cerveau, le nécessaire confinement du champ magnétique ou encore les questions liées à la cryogénie.

---

**30. a.**  $\mathcal{G} = \frac{GM_{\text{TN}}}{R^2}$  avec la masse du trou noir moyen  $M_{\text{TN}} = 10M_{\text{S}}$  et  $R$  le rayon du trou noir.

$$\mathcal{G} = \frac{G \times 10M_{\text{S}}}{R^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 10 \times 2 \times 10^{30}}{(30 \times 10^3)^2} = 1,5 \times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

**b.**  $\mathcal{G}_{\text{S}} = \frac{GM_{\text{S}}}{R_{\text{S}}^2}$  avec  $M_{\text{S}} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ,  $R_{\text{S}} = 696 \times 10^6 \text{ m}$ .

$$\mathcal{G}_{\text{S}} = 274 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ donc } \frac{\mathcal{G}}{\mathcal{G}_{\text{S}}} = 5,4 \times 10^9.$$

Le champ de gravitation du trou noir à sa « surface » est environ 5 milliards de fois plus important que celui du Soleil à sa surface.

---