

L'I.R.M.

Le médecin d'un patient suspecte la présence d'une tumeur cérébrale et l'oriente vers un neurologue. Celui-ci lui prescrit un examen par IRM (Imagerie par Résonance Magnétique).

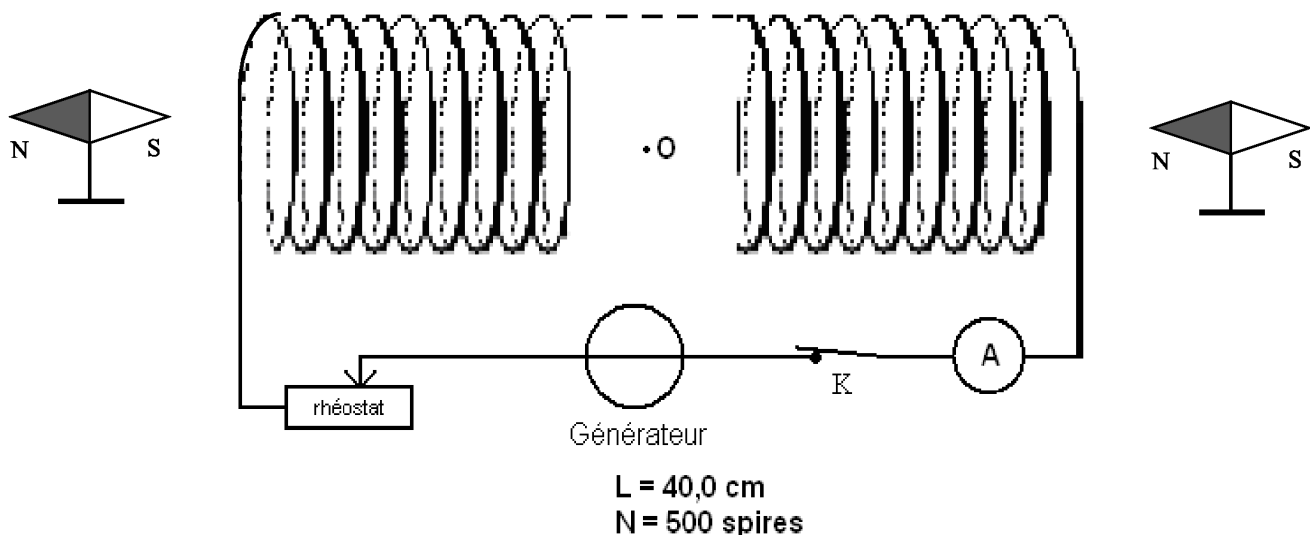
1. Principe de l'IRM

- 1.1 En vous aidant du texte donné en annexe 1, donner les avantages et les inconvénients d'un examen IRM.
- 1.2 Citer trois sources différentes de champs magnétiques.
- 1.3 Quel type de source est utilisé pour l'IRM ?
- 1.4 À partir de l'annexe 1, donner l'avantage de la supraconduction.

Dans un examen par IRM, le champ magnétique est créé par un solénoïde.

2. Champ magnétique créé par un solénoïde.

Les caractéristiques du solénoïde utilisé sont indiquées sur le dessin ci-dessous :



- 2.1 Nommer l'appareil, non représenté sur le schéma, permettant de mesurer un champ magnétique.

Lorsque l'interrupteur K est fermé, un courant électrique continu circule dans le solénoïde. Les petites aiguilles aimantées sur pivot prennent alors la direction et le sens indiqué sur le dessin ci-dessus.

- 2.2 Compléter, en justifiant votre raisonnement sur votre copie, le dessin ci-dessus en indiquant :
 - a. la nature magnétique des faces du solénoïde (face nord et face sud)
 - b. le vecteur champ magnétique \vec{B}_0 au centre O du solénoïde (sans se soucier de l'échelle).

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on se propose d'étudier l'influence de l'intensité du courant électrique sur la valeur du champ magnétique créé en son centre (le point O). Le solénoïde est considéré comme long. Les résultats de l'expérience sont reportés dans le tableau de l'annexe 2.

2.3 On rappelle que pour un solénoïde suffisamment long : $B_0 = \mu_0 \times \frac{N}{L} \times I$. On considérera que la perméabilité magnétique de l'air est la même que celle du vide μ_0 .

Préciser le nom des grandeurs N, L et I utilisées dans cette formule. Donner les unités de L et de I dans le système international.

On effectue avec une calculatrice une régression linéaire modélisant la courbe $B = f(I)$. On obtient les résultats suivants :

- ordonnée à l'origine $b = 1,42 \times 10^{-1} \text{ mT}$;
- coefficient directeur de la droite modélisée $a = 1,57 \text{ mT} \cdot \text{A}^{-1}$;

2.4 Peut-on considérer que les résultats expérimentaux sont en accord avec la formule donnée en **2.3** ? Justifier la réponse.

Au cours de la même séance de travaux pratiques, grâce à leurs mesures, les élèves ont déterminé expérimentalement la perméabilité magnétique du vide μ_0 . Leurs résultats sont reportés dans le tableau de l'annexe 3.

2.5 À l'aide de la calculatrice, indiquer la valeur moyenne de la perméabilité magnétique μ_0 (moyen) de cette série de mesures.

L'écriture du résultat du mesurage a pour expression $\mu_0 = \mu_{0(\text{moyen})} \pm t_n \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$

Avec t_n coefficient de Student (annexe 4),

n nombre de mesures effectuées,

σ_{n-1} écart type expérimental ayant pour valeur $3,22 \times 10^{-8} \text{ U.S.I.}$

2.6 À l'aide de l'annexe 4, calculer la valeur de l'incertitude associée au mesurage de μ_0 , avec un niveau de confiance de 95 %.

2.7 Sachant que la valeur théorique est $\mu_{0\text{théo}} = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$, conclure sur la mesure effectuée.

DOCUMENTS ANNEXES

Annexe 1 : l'IRM en France

Cette technique nécessite des aimants puissants, lourds, encombrants et très chers car le prix des appareils est compris entre 76 000 et 3 000 000 euros [...].

[...]Appareillage économe en énergie (du fait de la très faible résistance des bobines supraconductrices, l'effet Joule est minime) par rapport aux autres appareillages d'imagerie médicale, l'IRM visualise avec une grande précision de nombreux organes tels que le cerveau, la colonne vertébrale, les articulations et les tissus mous.

D'une grande précision anatomique, cette technique est sans danger pour le patient. L'absence d'injection de traceurs radioactifs est un des grands avantages de cette méthode d'imagerie médicale. Grâce à des agents de contraste non radioactifs, les plus petites tumeurs, les plus petits angiomes ou accidents vasculaires peuvent être décelés [...]

[...] Pour cela, le patient doit être maintenu dans un tube étroit et bruyant (l'intensité sonore est corrélée avec l'augmentation de la valeur des champs magnétiques, les contrastes sont plus élevés avec des champs magnétiques intenses). L'examen peut s'avérer long (une heure) et est contre-indiqué à des personnes claustrophobes et en cas de présence d'un corps métallique étranger à l'intérieur du corps.

D'après : <http://www.doctissimo.fr/html/sante/imagerie/irm.htm>

Annexe 2 : influence de l'intensité du courant électrique circulant dans le solénoïde sur la valeur du champ magnétique B créé en son centre

I (A)	0,00	0,51	1,02	1,45	1,98	3,20	3,78	4,25
B (mT)	0,00	0,80	1,61	2,28	3,12	5,04	5,95	6,69

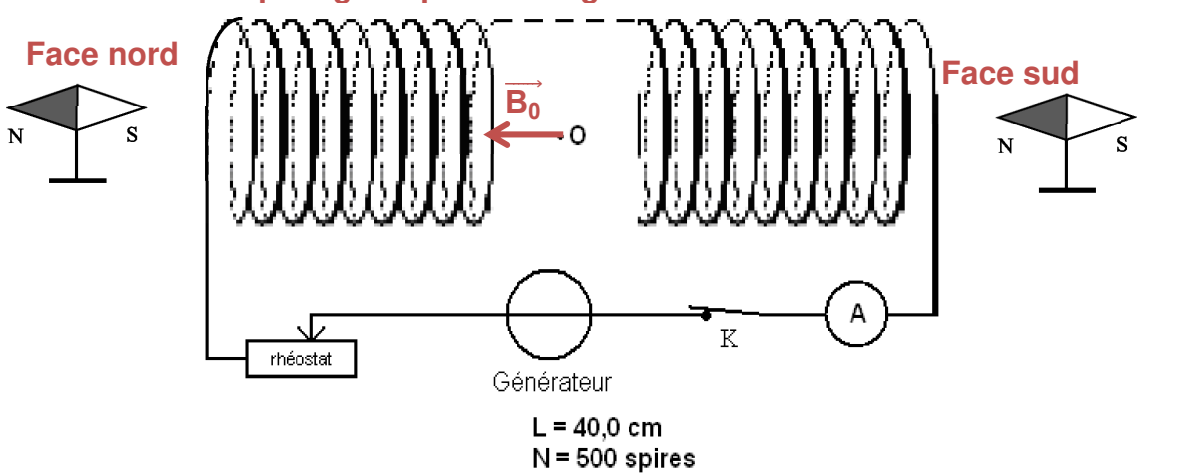
Annexe 3 : résultats de la perméabilité magnétique du vide obtenus par le groupe en séance de travaux pratiques

μ^0 (T.m.A ⁻¹)	$1,23 \times 10^{-6}$	$1,20 \times 10^{-6}$	$1,31 \times 10^{-6}$	$1,25 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-6}$	$1,27 \times 10^{-6}$	$1,24 \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-6}$	$1,25 \times 10^{-6}$
-----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Annexe 4 : valeur du coefficient de Student en fonction du nombre de mesures et de l'intervalle de confiance

Nombre de mesures (n)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	15	...	30
t(95%)	4,3	3,2	2,8	2,6	2,5	2,4	2,5	2,6	2,4	2,2		2,1		2,0
t(99%)	9,9	5,8	4,6	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1		3,0		2,8

Exercice 1 :

1.1.	<p>Econome en énergie</p> <p>Grande précision</p> <p>Sans danger</p> <p>Absence de traceurs radioactifs</p> <p>Décèle des petites tumeurs</p>	<p>Cher</p> <p>Appareil étroit (ne convient pas aux personnes claustrophobes)</p> <p>Bruyant</p> <p>Examen long</p> <p>Ne convient pas aux personnes ayant un objet métallique dans le corps</p>
1.2.	<ul style="list-style-type: none"> • La Terre • Un aimant • Une bobine parcourue par un courant (électro-aimant) 	
1.3.	L'appareil IRM utilise des bobines supraconductrices.	
1.4.	La supraconduction permet de diminuer les pertes d'énergie par effet Joule, donc d'économiser l'énergie.	
2.1.	On mesure un champ magnétique avec un teslamètre.	
2.2.	<p>L'aiguille de gauche présente son pôle sud en direction de la face du solénoïde ; cette face gauche est dans une face nord.</p> <p>L'aiguille de droite présente son pôle nord en direction de la face du solénoïde ; cette face droite est dans une face sud.</p> <p>Le vecteur champ magnétique est dirigé du sud vers le nord.</p>  <p>L = 40,0 cm N = 500 spires</p>	
2.3.	<p>N : nombre de spires ;</p> <p>L : longueur de solénoïde en mètre ;</p> <p>I : intensité du courant en ampère.</p>	
2.4.	<p>D'après la relation : $B_0 = \mu_0 \times \frac{N}{L} \times I$, le champ magnétique B est proportionnel au courant I.</p> <p>L'ordonnée à l'origine devrait donc être nulle.</p>	

	Les résultats expérimentaux ne sont pas tout à fait en accord avec la formule, mais comme la valeur de b est faible devant les valeurs de B, on peut considérer le résultat comme acceptable.
2.5.	$\mu_0(\text{moyen}) = \frac{(1,23+1,20+1,31+1,25+1,28+1,27+1,24+1,23+1,25) \times 10^{-6}}{9}$ $= 1,25 \times 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$
2.6.	$t_n \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = 2,5 \times \frac{3,22 \times 10^{-8}}{\sqrt{9}} = 2,68 \cdot 10^{-8} \text{ que l'on arrondi à } 3 \cdot 10^{-8}.$
2.7.	<p>D'après les résultats précédents : $\mu_0(\text{moyen}) = (1,25 \pm 0,03) \cdot 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$.</p> <p>$\mu_{0\text{théo}} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m.A}^{-1} = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ T.m.A}^{-1}$</p> <p>La valeur théorique est comprise dans l'intervalle de confiance, la mesure effectuée est donc acceptable.</p>