Solutionnaire du chapitre 8

1. *Point P_1*

Le champ fait par le fil de gauche est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7} \frac{Tm}{A}\cdot 8A}{2\pi\cdot 1m} \\ &= 1,6\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ entre dans la page.

Le champ fait par le fil de droite est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7} \frac{Tm}{A}\cdot 6A}{2\pi\cdot 0,5m} \\ &= 2,4\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ sort de la page.

Si on dit que le sens positif est en sortant de la page, le champ net est

$$\begin{aligned} B_{tot} &= -1,6\times 10^{-6}T + 2,4\times 10^{-6}T \\ &= 0,8\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Le champ est donc de 0,8 µT en sortant de la page.

Point P_2

Le champ fait par le fil de gauche est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7} \frac{Tm}{A}\cdot 8A}{2\pi\cdot 1m} \\ &= 1,6\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ sort dans la page.

Le champ fait par le fil de droite est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7} \frac{Tm}{A}\cdot 6A}{2\pi\cdot 1,5m} \\ &= 0,8\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ entre dans la page.

Si on dit que le sens positif est en sortant de la page, le champ net est

$$\begin{aligned} B_{tot} &= 1,6\times 10^{-6}T - 0,8\times 10^{-6}T \\ &= 0,8\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Le champ est donc aussi de 0,8 μT en sortant de la page.

2. Le champ fait par le fil de gauche est

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7} \frac{Tm}{A}\cdot 10A}{2\pi\cdot 0,2m} \\ &= 10\mu T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ entre dans la page.

Le champ fait par le fil de droite est

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \cdot I}{2\pi \cdot 0,2m} \\ &= 1\tfrac{\mu T}{A} I \end{aligned}$$

On va supposer que ce courant est vers le haut (Si la réponse de I est négative, cela voudra dire que le courant est vers le bas). Dans ce cas, le champ sort de la feuille.

Le champ fait par le fil du haut est

$$\begin{aligned} B_3 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \cdot 8A}{2\pi \cdot 0,25m} \\ &= 6,4\mu T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ entre dans la page.

Le champ fait par le fil du bas est

$$\begin{aligned} B_4 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \cdot 20A}{2\pi \cdot 0,25m} \\ &= 16\mu T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ sort dans la page.

Si on dit que le sens positif est en sortant de la page, le champ net est

$$\begin{aligned} B_{tot} &= -10\mu T + 1\tfrac{\mu T}{A} \cdot I - 6,4\mu T + 16\mu T \\ &= -0,4\mu T + 1\tfrac{\mu T}{A} \cdot I \end{aligned}$$

Puisqu'on veut que le champ soit nul, on a

$$\begin{aligned} 0 &= -0,4\mu T + 1\tfrac{\mu T}{A} \cdot I \\ 0,4\mu T &= 1\tfrac{\mu T}{A} \cdot I \\ I &= 0,4A \end{aligned}$$

Comme la réponse est positive, le courant est de 0,4 A vers le haut.

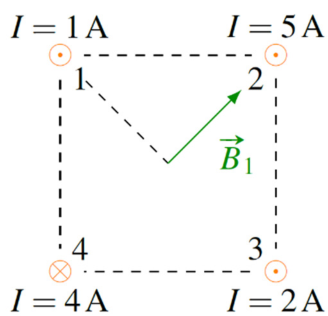
3. La distance entre le centre du carré et chacun des fils est

$$r = \sqrt{(0,1m)^2 + (0,1m)^2} = \sqrt{2} \cdot 0,1m$$

Le champ fait par le fil 1 (en haut à gauche) est

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \cdot 1A}{2\pi \cdot \sqrt{2} \cdot 0,1m} \\ &= 1,414 \times 10^{-6} T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ est dans la direction suivante.



La direction du vecteur est donc de 45°. Les composantes de champ sont donc

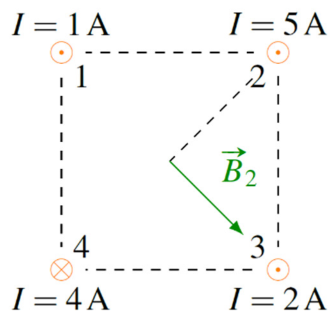
$$\begin{aligned} B_{1x} &= B_1 \cos 45° \\ &= 1,414 \times 10^{-6} T \cdot \cos 45° \\ &= 1 \times 10^{-6} T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{1y} &= B_1 \sin 45° \\ &= 1,414 \times 10^{-6} T \cdot \sin 45° \\ &= 1 \times 10^{-6} T \end{aligned}$$

Le champ fait par le fil 2 (en haut à droite) est

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\frac{Tm}{A}\cdot 5A}{2\pi\cdot\sqrt{2}\cdot 0{,}1m} \\ &= 7{,}071\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ est dans la direction suivante.



La direction du vecteur est donc de -45°. Les composantes de champ sont donc

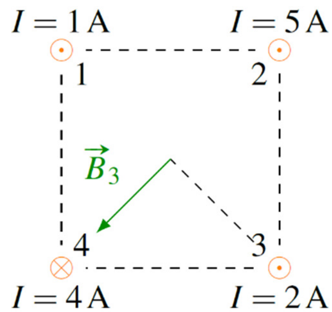
$$\begin{aligned} B_{2x} &= B_2\cos(-45°) \\ &= 7{,}071\times10^{-6}T\cdot\cos(-45°) \\ &= 5\times10^{-6}T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{2y} &= B_2\sin(-45°) \\ &= 7{,}071\times10^{-6}T\cdot\sin(-45°) \\ &= -5\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Le champ fait par le fil 3 (en bas à droite) est

$$\begin{aligned} B_3 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\frac{Tm}{A}\cdot 2A}{2\pi\cdot\sqrt{2}\cdot 0{,}1m} \\ &= 2{,}828\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ est dans la direction suivante.



La direction du vecteur est donc de -135°. Les composantes de champ sont donc

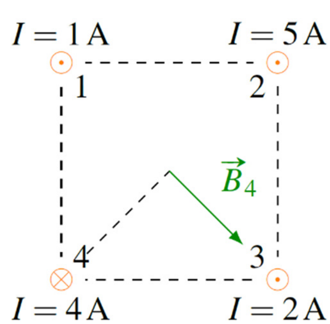
$$\begin{aligned} B_{3x} &= B_3 \cos(-135°) \\ &= 2{,}828\times10^{-6}T \cdot \cos(-135°) \\ &= -2\times10^{-6}T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{3y} &= B_3 \sin(-135°) \\ &= 2{,}828\times10^{-6}T \cdot \sin(-135°) \\ &= -2\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Le champ fait par le fil 4 (en bas à gauche) est

$$\begin{aligned} B_4 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 4A}{2\pi\cdot\sqrt{2}\cdot 0{,}1m} \\ &= 5{,}657\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ est dans la direction suivante.



La direction du vecteur est donc de -45°. Les composantes de champ sont donc

$$\begin{aligned} B_{4x} &= B_4 \cos(-45°) \\ &= 5,657\times10^{-6} T \cdot \cos(-45°) \\ &= 4\times10^{-6} T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{4y} &= B_3 \sin(-45°) \\ &= 5,657\times10^{-6} T \cdot \sin(-45°) \\ &= -4\times10^{-6} T \end{aligned}$$

Le champ total en *x* est donc

$$\begin{aligned} B_x &= B_{1x} + B_{2x} + B_{3x} + B_{4x} \\ &= 1\times10^{-6} T + 5\times10^{-6} T + -2\times10^{-6} T + 4\times10^{-6} T \\ &= 8\times10^{-6} T \end{aligned}$$

Le champ total en *y* est

$$\begin{aligned} B_y &= B_{1y} + B_{2y} + B_{3y} + B_{4y} \\ &= 1\times10^{-6} T + -5\times10^{-6} T + -2\times10^{-6} T + -4\times10^{-6} T \\ &= -10\times10^{-6} T \end{aligned}$$

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \\ &= \sqrt{\left(8\times10^{-6} T\right)^2 + \left(-10\times10^{-6} T\right)^2} \\ &= 12,8\times10^{-6} T \end{aligned}$$

et la direction est

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan \frac{B_y}{B_x} \\ &= \arctan \frac{-10\times10^{-6} T}{8\times10^{-6} T} \\ &= -51,3° \end{aligned}$$

On a donc un champ de 12,8 µT dans la direction -51,3°.

4. Le champ fait par la Terre est de 0,5 G. En utilisant un axe des x vers l’est et un axe des y vers le nord, ce champ est

$$\begin{aligned}B_{1x} &= 0G\\ B_{1y} &= 0,5G\end{aligned}$$

À 20 m du fil, le champ magnétique est

$$\begin{aligned}B_2 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 500A}{2\pi\cdot 20m}\\ &= 5\times 10^{-6}T\\ &= 0,05G\end{aligned}$$

Comme ce champ est vers l’est selon la règle de la main droite, on a

$$\begin{aligned}B_{2x} &= 0,05G\\ B_{2y} &= 0G\end{aligned}$$

Les composantes de champ total sont donc

$$\begin{aligned}B_x &= B_{1x} + B_{2x}\\ &= 0G + 0,05G\\ &= 0,05G\end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned}B_y &= B_{1y} + B_{2y}\\ &= 0,5G + 0G\\ &= 0,5G\end{aligned}$$

La direction du champ est donc

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan\frac{B_y}{B_x}\\ &= \arctan\frac{0,5G}{0,05G}\\ &= 84,29°\end{aligned}$$

Sans le fil, la boussole pointe vers le nord, donc vers l'axe des *y*. L'orientation sans fil est donc de 90°. Avec le fil, la direction est de 84,29°. La déviation est donc de

$$90° - 84,29° = 5,71°$$

La boussole dévie donc de 5,71° vers l'est.

5. a) Le champ est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 20A}{2\pi\cdot 0,4m} \\ &= 1\times 10^{-5}T \end{aligned}$$

Ce champ de 10 µT entre dans la feuille.

b) La force sur la charge est

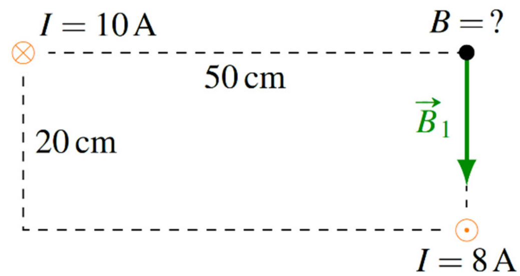
$$\begin{aligned} F &= qvB\sin\theta \\ &= 4\times 10^{-6}C\cdot 1000\tfrac{m}{s}\cdot 1\times 10^{-5}T\cdot \sin 90° \\ &= 4\times 10^{-8}N \end{aligned}$$

Cette force est vers le haut. (La charge est repoussée par le fil.)

6. a) Le champ magnétique fait par le fil parcouru par un courant de 10 A est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 10A}{2\pi\cdot 0,5m} \\ &= 4\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ est dans la direction suivante.



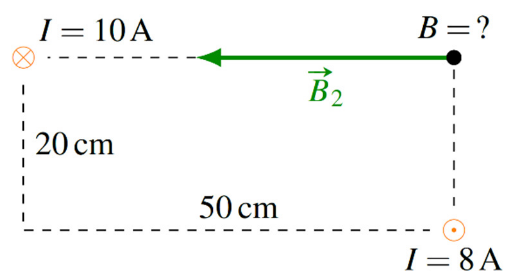
Les composantes du champ sont donc

$$B_{1x} = 0T$$
$$B_{1y} = -4\times 10^{-6}T$$

Le champ magnétique fait par le fil parcouru par un courant de 8 A est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 8A}{2\pi\cdot 0,2m} \\ &= 8\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, ce champ est dans la direction suivante.



Les composantes du champ sont donc

$$B_{2x} = -8\times 10^{-6}T$$
$$B_{2y} = 0T$$

Les composantes de champ total sont donc

$$\begin{aligned} B_x &= B_{1x} + B_{2x} \\ &= 0T - 8\times 10^{-6}T \\ &= -8\times 10^{-6}T \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} B_y &= B_{1y} + B_{2y} \\ &= -4\times10^{-6}T + 0T \\ &= -4\times10^{-6}T \end{aligned}$$

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \\ &= \sqrt{\left(-8\times10^{-6}T\right)^2 + \left(-4\times10^{-6}T\right)^2} \\ &= 8,944\times10^{-6}T \end{aligned}$$

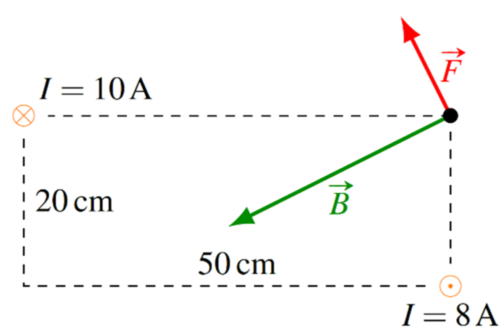
et la direction est

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan\frac{B_y}{B_x} \\ &= \arctan\frac{-4\times10^{-6}T}{-8\times10^{-6}T} \\ &= 206,6° \end{aligned}$$

b) La force est

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 3A\cdot 5m\cdot 8,944\times10^{-6}T\cdot\sin 90° \\ &= 1,342\times10^{-4}N \end{aligned}$$

Selon la règle de la main droite, la force est dans cette direction.



La direction de ce vecteur est 90° inférieurs à celle du champ magnétique, c'est-à-dire que la direction de ce vecteur est de 116,6°.

La force est donc de 1,342 x 10^{-4} N à 116,6°.

7. Le champ fait par le fil infini est

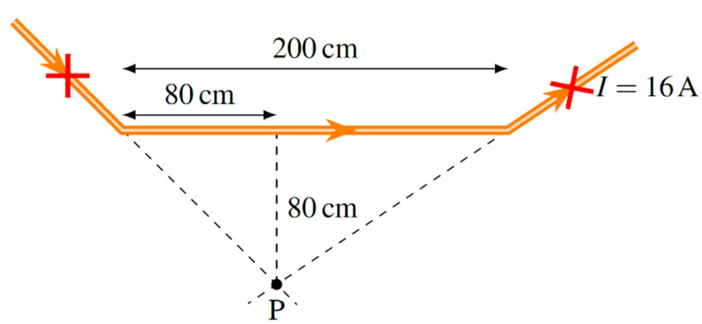
$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \cdot 20A}{2\pi \cdot 0{,}80m} \\ &= 5\times 10^{-6} T \end{aligned}$$

La force sur le fil de 5 m de long est donc

$$\begin{aligned} F &= IlB\sin\theta \\ &= 40A \cdot 5m \cdot 5\times 10^{-6} T \cdot \sin 90° \\ &= 0{,}001N \end{aligned}$$

Puisque les courants sont dans le même sens, la force est attractive.

8. Les deux bouts de fils sur la figure avec un X rouge ne contribuent pas au champ puisque le point P est aligné avec le fil.



Il ne reste que le bout de fils de 200 cm de long. Le champ de ce fil est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\frac{y_1}{\sqrt{y_1^2 + r^2}} + \frac{y_2}{\sqrt{y_2^2 + r^2}}\right| \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \cdot 16A}{4\pi \cdot 0{,}8m} \cdot \left|\frac{0{,}8m}{\sqrt{(0{,}8m)^2 + (0{,}8m)^2}} + \frac{1{,}2m}{\sqrt{(1{,}2m)^2 + (0{,}8m)^2}}\right| \\ &= 3{,}078\times 10^{-6} T \end{aligned}$$

Le champ est de 3,078 μT, en entrant dans la feuille.

9. Avant de trouver le champ, on va trouver la distance entre le fil et le point P. Cette distance est

$$\frac{R}{5m} = \cos 60°$$
$$R = 2,5m$$

Le champ est

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 8A}{4\pi\cdot 2,5m}\cdot\left|\cos 30° - \cos 90°\right| \\ &= 2,771\times10^{-7}T \end{aligned}$$

Le champ est de 0,2771 μT, en entrant dans la feuille.

10. Les deux fils rectilignes ne font pas de champ au point P. Il ne resta alors que l'arc de cercle. Le champ est donc

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\beta \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 10A}{4\pi\cdot 0,2m}\cdot\pi \\ &= 1,571\times10^{-5}T \end{aligned}$$

Le champ est de 15,71 μT, en entrant dans la feuille.

11. Les deux petits bouts de fils rectilignes ne font pas de champ au point P. Il ne reste donc que les deux arcs de cercle. L'arc avec le plus grand rayon fait le champ suivant.

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\beta \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 12A}{4\pi\cdot 0,24m}\cdot\pi \\ &= 1,571\times10^{-5}T \end{aligned}$$

Ce champ entre dans la page.

L'arc avec le plus petit rayon fait le champ suivant.

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\beta \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 12A}{4\pi\cdot 0,16m}\cdot\pi \\ &= 2,356\times10^{-5}T \end{aligned}$$

Ce champ sort dans la page.

Additionnons maintenant les deux champs. En prenant un axe positif qui sort de la page, on a

$$\begin{aligned} B &= B_1 + B_2 \\ &= -1,571\times10^{-5}T + 2,356\times10^{-5}T \\ &= 7,85\times10^{-6} \end{aligned}$$

On a donc un champ de 7,85 μT qui sort de la page.

12. On a deux fils infinis et un arc de cercle.

Le champ du fil infini horizontal est

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 10A}{4\pi\cdot 0,4m}\cdot\left|\cos 0° - \cos 90°\right| \\ &= 2,5\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Ce champ entre dans la page.

Le champ de l'arc de cercle est

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\beta \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot10A}{4\pi\cdot0,4m}\cdot\frac{\pi}{2} \\ &= 3,927\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Ce champ entre dans la page.

Le champ du fil infini vertical est

$$\begin{aligned} B_3 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1-\cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot10A}{4\pi\cdot0,4m}\cdot\left|\cos90^\circ-\cos180^\circ\right| \\ &= 2,5\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Ce champ entre dans la page.

Additionnons maintenant les trois champs. En prenant un axe positif qui entre dans la page, on a

$$\begin{aligned} B &= B_1+B_2+B_3 \\ &= 2,5\times10^{-6}T+3,927\times10^{-6}T+2,5\times10^{-6}T \\ &= 8,927\times10^{-6}T \end{aligned}$$

On a donc un champ de 8,927 μT qui entre de la page.

13. On a 4 fils rectilignes. Le fil du haut fait un champ de

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1-\cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot2A}{4\pi\cdot0,25m}\cdot\left|\cos45^\circ-\cos135^\circ\right| \\ &= 1,131\times10^{-6}T \end{aligned}$$

Ce champ entre dans la feuille.

Le fil de droite fait un champ de

$$\begin{aligned}B_1 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 2A}{4\pi\cdot 0{,}25m}\cdot\left|\cos 45° - \cos 135°\right| \\ &= 1{,}131\times 10^{-6} T\end{aligned}$$

Ce champ entre dans la feuille.

Le fil du bas fait un champ de

$$\begin{aligned}B_1 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 2A}{4\pi\cdot 0{,}25m}\cdot\left|\cos 45° - \cos 135°\right| \\ &= 1{,}131\times 10^{-6} T\end{aligned}$$

Ce champ entre dans la feuille.

Le fil de gauche fait un champ de

$$\begin{aligned}B_1 &= \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left|\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right| \\ &= \frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 2A}{4\pi\cdot 0{,}25m}\cdot\left|\cos 45° - \cos 135°\right| \\ &= 1{,}131\times 10^{-6} T\end{aligned}$$

Ce champ entre dans la feuille.

Additionnons maintenant les quatre champs. En prenant un axe positif qui entre dans la page, on a

$$\begin{aligned}B &= B_1 + B_2 + B_3 \\ &= 1{,}131\times 10^{-6} T + 1{,}131\times 10^{-6} T + 1{,}131\times 10^{-6} T + 1{,}131\times 10^{-6} T \\ &= 4{,}525\times 10^{-6} T\end{aligned}$$

On a donc un champ de 4,525 μT qui entre de la page.

14. On a

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2a}$$
$$0,002T = \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot N\cdot 2A}{2\cdot 0,12m}$$
$$N = 191$$

15. Le champ est

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$
$$= \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 684\cdot 0,0491A}{0,172m}$$
$$= 2,454\times10^{-4}T$$

16. On a

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$
$$0,08T = \frac{4\pi\times10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\cdot 20\cdot I}{0,2m}$$
$$I = 636,6A$$