

Épreuve : Sciences physiques	Devoir de contrôle n° 1	Durée : 2 heures
Lycée : Lycée de l'Éducation	Niveau : 3ème année secondaire	Section : Sciences expérimentales
Date : Samedi 29 novembre 2025	Coefficient : 4	Prof : Équipe pédagogique TA'LIM TN

Nom : _____	Prénom : _____	Classe : 3ème _____

L'usage de la calculatrice est autorisé. Une réponse sans justification n'a aucune valeur. L'expression littérale est obligatoire avant toute application numérique.

CHIMIE (9 points)

Exercice n° 1 — Mélange Fe + Al dans une solution de $CuSO_4$ (4,25 pts)

On dispose au laboratoire d'une solution (S) de sulfate de cuivre II ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) de concentration molaire C inconnue. Dans le but de déterminer sa concentration, on verse dans un bécher contenant un mélange en poudre de fer et d'aluminium, un volume V = 100 mL de la solution (S), de sorte qu'elle réagisse exactement avec la totalité du fer et de l'aluminium.

On donne : m_Fe = 56 mg ; m_Al = 27 mg.

1. a) Sachant que les couples redox mis en jeu sont Fe^{2+}/Fe, Cu^{2+}/Cu et Al^{3+}/Al, écrire les équations bilan des réactions d'oxydoréduction qui ont lieu. (0,75 pt)

b) Déterminer C. (1 pt)

c) Calculer la masse du dépôt formé. (0,5 pt)

2. Pour placer l'aluminium sur l'échelle de classification électrochimique, on filtre la solution précédente et on introduit dans le filtrat (supposé de volume V = 100 mL) une lame d'aluminium de masse m = 27 mg. On constate que la lame se recouvre d'un dépôt noir.

a) Interpréter le phénomène observé. (0,5 pt)

b) En déduire une classification des métaux Al, Cu et Fe par pouvoir réducteur croissant. (0,5 pt)

c) Écrire l'équation chimique de la réaction ayant lieu. (0,5 pt)

d) Déterminer la masse de solide présent dans ce milieu réactionnel à la fin de la réaction. (0,5 pt)

Données : M(Al) = 27 ; M(Fe) = 56 ; M(Cu) = 63,5 g·mol^{-1}.

Exercice n° 2 — Oxydation des ions hydrogénosulfite par les ions bichromate (4,75 pts)

Les ions bichromate $Cr_2O_7^{2-}$ oxydent, en milieu acide, les ions hydrogénosulfite HSO_3^- ; il se forme les ions Cr^{3+} et SO_4^{2-}.

1. a) Préciser le type de cette réaction. (0,25 pt)

b) Préciser les couples redox mis en jeu et écrire l'équation formelle associée à chaque couple. (1 pt)

2. Dans une première expérience : à un volume V_1 d'une solution (S_1) de bichromate de potassium ($2\,K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) de concentration C_1, on ajoute un volume $V_2 = V_1$ d'une solution (S_2) d'acide sulfureux ($H_3O^+ + HSO_3^-$) de concentration C_2. À la fin de la réaction, la concentration des ions $Cr_2O_7^{2-}$ dans le mélange est $[Cr_2O_7^{2-}]_f = a$ mol·L^{-1} ($a \neq 0$).

a) Écrire l'équation bilan de la réaction. (0,75 pt)

b) Montrer que $C_2 = 3\cdot(C_1 - 2a)$. (1 pt)

3. Dans une deuxième expérience : à un volume V_1 de (S_1), on ajoute un volume $V_3 = V_1$ d'une solution aqueuse d'hydrogénosulfite de sodium ($Na^+ + HSO_3^-$) de concentration C_3. Aucune réaction ne se produit et la concentration des ions $Cr_2O_7^{2-}$ dans le mélange est $[Cr_2O_7^{2-}] = 0{,}09$ mol·L^{-1}.

a) Expliquer pourquoi il n'y a pas eu de réaction chimique. (0,5 pt)

b) Déterminer C_1 et C_2 sachant que a = 0,04 mol·L^{-1}. (0,75 pt)

c) Sachant que $V_1 = 20$ mL : déterminer le volume minimal de (S_2) qu'on doit ajouter au mélange obtenu pour faire disparaître totalement les ions $Cr_2O_7^{2-}$, puis la molarité des ions Cr^{3+} formés. (0,5 pt)

PHYSIQUE (11 points)

Exercice n° 1 — Champ électrique : triangle et pendule élastique (5,75 pts)

Les parties I et II sont indépendantes. On donne $K = 9\cdot10^9$; $\|\vec{g}\| = 10\ N\cdot kg^{-1}$.

I. Soit un triangle ABC rectangle en B tel que AB = BC = a = 8 cm (figure 1). On place respectivement en A et B deux charges ponctuelles $q_A = 2q$ et $q_B = -3q$ avec $q > 0$.

1. Déterminer les caractéristiques des vecteurs champs $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ créés par q_A et q_B au point O milieu de [AC]. (1 pt)
2. Représenter, en respectant les proportions, les vecteurs $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$. (0,5 pt)
3. Préciser la direction et le sens du vecteur champ électrique résultant $\vec{E}_R$ au point O. (0,5 pt)
4. a) Montrer que $\|\vec{E}_R\| = \sqrt{13}\cdot\|\vec{E}_0\|$, où $\|\vec{E}_0\|$ est la valeur du champ électrique créé au point O par une charge q placée au point A. (1 pt)

b) En déduire la valeur de la charge q sachant que $\|\vec{E}_R\| = 2{,}03\cdot10^6\ N\cdot C^{-1}$. (0,75 pt)

II. On considère un pendule élastique formé d'un ressort de raideur $k = 2\ N\cdot m^{-1}$ et de masse négligeable, auquel est suspendue une boule de masse m et de charge Q. Ce pendule est placé entre deux plaques conductrices P_1 et P_2 (figure 2).

1. Lorsque l'interrupteur est ouvert, à l'équilibre le ressort est déformé de Δx_1. Exprimer Δx_1 en fonction de m, $\|\vec{g}\|$ et k. (0,5 pt)
2. On ferme l'interrupteur ; à l'équilibre le ressort est déformé de $\Delta x_2 > \Delta x_1$.

a) Préciser la nature du champ électrique entre P_1 et P_2. (0,25 pt)

b) Représenter les forces exercées sur la boule. (0,5 pt)

c) Préciser, en justifiant, le signe de la charge Q. (0,25 pt)

d) Établir la relation entre Δx_2 et Δx_1. (0,25 pt)

3. On fait varier $\|\vec{E}\|$ et on note à chaque fois Δx_2. On obtient la courbe de la figure 3 (Δx_2 en fonction de $\|\vec{E}\|$). Déterminer la masse m et la charge Q de la boule. (0,5 pt)

Données : $K = 9\cdot10^9$; $\|\vec{g}\| = 10\ N\cdot kg^{-1}$; $a = 8$ cm ; $\|\vec{E}_R\| = 2{,}03\cdot10^6\ N\cdot C^{-1}$; $k = 2\ N\cdot m^{-1}$.

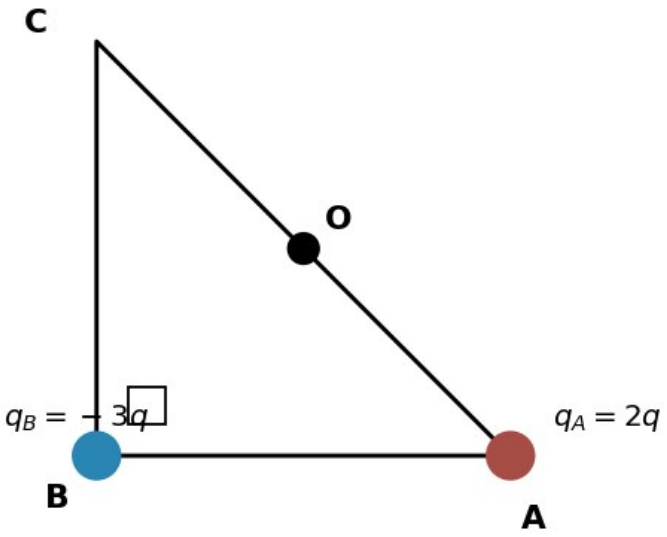

Figure 1 — Triangle ABC rectangle en B.

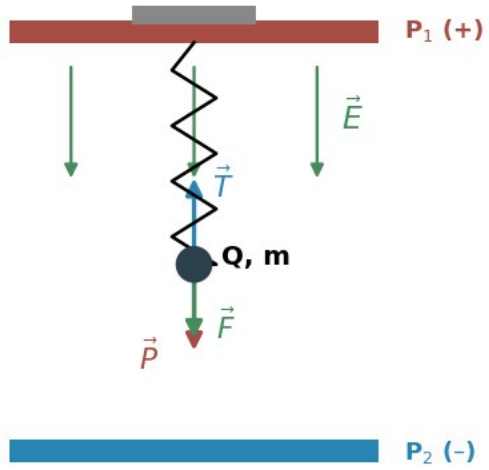

Figure 2 — Pendule élastique entre les plaques P_1 et P_2.

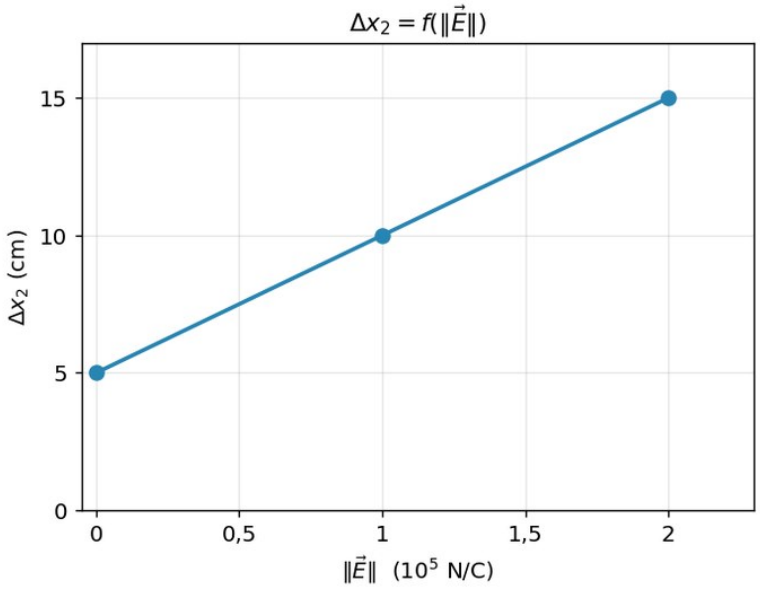

Figure 3 — Courbe $\Delta x_2 = f(\|E\|)$.

Exercice n° 2 — Champ magnétique : aimants et solénoïde (5,25 pts)

Les parties I et II sont indépendantes.

I. Deux aimants droits identiques (A_1) et (A_2) sont placés de façon que leurs axes soient perpendiculaires et se coupent en O (figure 4). Les vecteurs champs magnétiques B_1 et B_2 créés en O par les deux aimants sont perpendiculaires et de même valeur $\|B_1\| = \|B_2\| = 0{,}1$ mT.

1. Représenter B_1, B_2 et le vecteur champ résultant B en O. (0,75 pt)
2. Calculer la valeur de $\|B\|$ et préciser sa direction. (0,75 pt)
3. Déterminer l'angle β que fait B avec l'axe de l'aimant (A_1). (0,5 pt)

II. On donne : $4\pi \approx 12{,}5$.

On dispose d'un solénoïde de longueur L = 50 cm et comportant N spires (figure 5). On l'insère dans un circuit permettant de suivre les variations de la valeur du champ magnétique $\|B\|$ au point O, centre du solénoïde, en fonction de l'intensité I du courant qui le traverse. L'étude a permis de tracer la courbe $\|B\| = f(I)$ (figure 6).

1. Déterminer l'équation numérique de la courbe $\|B\| = f(I)$. (1 pt)
2. Rappeler l'expression de la valeur $\|B_C\|$ du champ magnétique créé par le solénoïde au point O, en fonction de N, L et I. (0,5 pt)
3. Déterminer la valeur de $\|B\|$ en fonction de N, L, I et $\|B_H\|$, avec B_H composante horizontale du champ magnétique terrestre. (0,75 pt)

4. En déduire le nombre de spires N ainsi que la valeur de ‖B_H‖. (1 pt)

Données : $4\pi \approx 12{,}5$; $L = 50$ cm ; $\|B_1\| = \|B_2\| = 0{,}1$ mT.

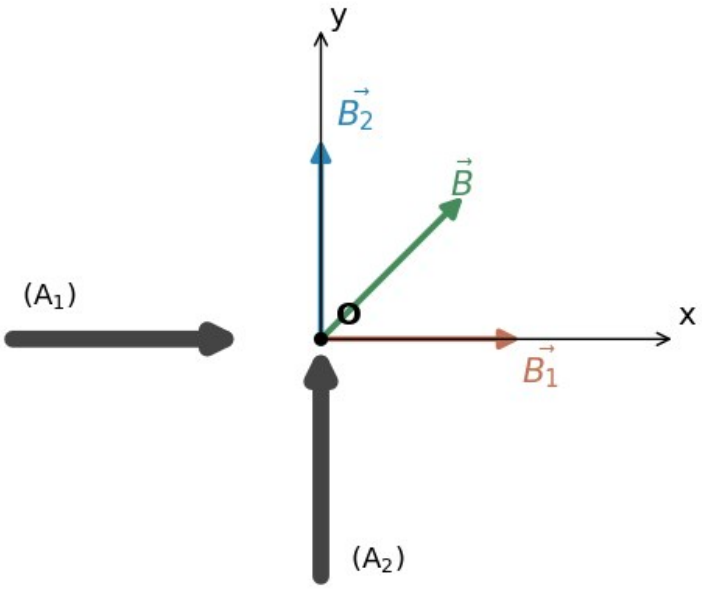

Figure 4 — Deux aimants droits perpendiculaires.

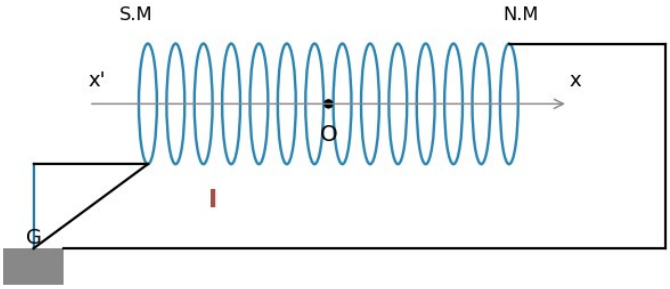

Figure 5 — Solénoïde parcouru par un courant I.

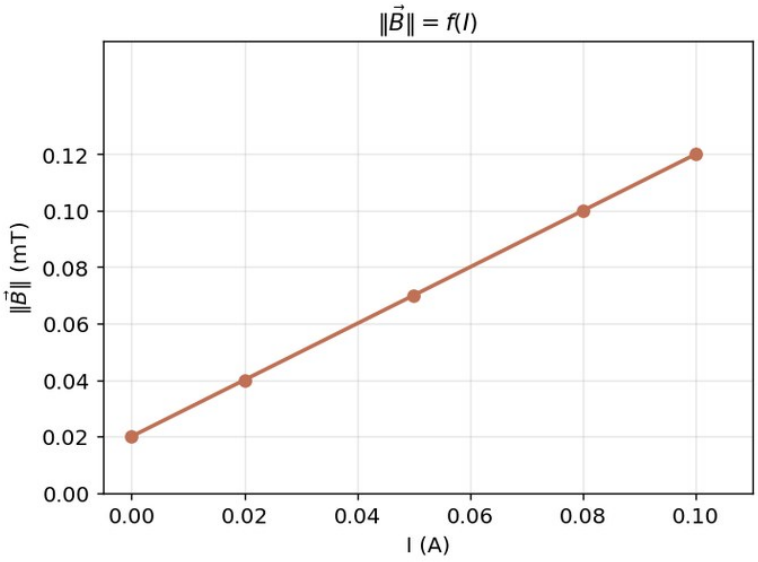

Figure 6 — Courbe $\|\vec{B}\| = f(I)$.

CORRIGÉ — Examen 02

CHIMIE

Exercice 1 — Exercice n° 1 — Mélange Fe + Al dans une solution de $CuSO_4$

1. a) $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$; $Al + 3\ Cu^{2+} \rightarrow Al^{3+} + 3\ Cu$.

b) $n(Fe) = 0{,}056/56 = 1\cdot10^{-3}$ mol ; $n(Al) = 0{,}027/27 = 1\cdot10^{-3}$ mol. $n(Cu^{2+})$ consommé $= n(Fe) + 3\cdot n(Al) = 1\cdot10^{-3} + 3\cdot10^{-3} = 4\cdot10^{-3}$ mol. $C = n/V = 4\cdot10^{-3}/0{,}1 = 0{,}04\ mol\cdot L^{-1}$.

c) $m(\text{dépôt Cu}) = n(Cu^{2+})\cdot M(Cu) = 4\cdot10^{-3} \times 63{,}5 = 0{,}254$ g.

2. a) Le filtrat contient Fe^{2+} (et Al^{3+}). L'aluminium, plus réducteur que le fer, réduit Fe^{2+} : il se forme un dépôt de fer (noir).

b) Pouvoir réducteur croissant : Cu < Fe < Al.

c) $2\ Al + 3\ Fe^{2+} \rightarrow 2\ Al^{3+} + 3\ Fe$.

d) $n(Fe^{2+}) = 1\cdot10^{-3}$ mol ; $n(Al)$ ajouté $= 0{,}027/27 = 1\cdot10^{-3}$ mol. Stoechiométrie 2:3 → $n(Al)$ nécessaire $= (2/3)\times1\cdot10^{-3} = 6{,}67\cdot10^{-4}$ mol. Al en excès : $n(Al\ restant) = 1\cdot10^{-3} - 6{,}67\cdot10^{-4} = 3{,}33\cdot10^{-4}$ mol → $m(Al\ restant) = 9$ mg ; $m(Fe\ déposé) = 1\cdot10^{-3} \times 56 = 56$ mg. $m(\text{solide final}) = 9 + 56 = 65$ mg.

Exercice 2 — Exercice n° 2 — Oxydation des ions hydrogénosulfite par les ions bichromate

1. a) Réaction d'oxydoréduction (transfert d'électrons).

b) Couples : $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$ (oxydant) et SO_4^{2-}/HSO_3^- (réducteur). Équations formelles : $Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6\ e^- \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$; $HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 3\ H^+ + 2\ e^-$.

2. a) Équation bilan (×3 la 2e puis somme) : $Cr_2O_7^{2-} + 5\ H^+ + 3\ HSO_3^- \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 3\ SO_4^{2-} + 4\ H_2O$.

b) Volume total $= 2V_1$. $n(Cr_2O_7)$ initial $= C_1\cdot V_1$; $n(Cr_2O_7)$ final $= a\cdot2V_1 = 2aV_1$; $n(Cr_2O_7)$ consommé $= V_1(C_1 - 2a)$. Stoechiométrie 1:3 → $n(HSO_3^-)$ consommé $= 3V_1(C_1 - 2a) = C_2\cdot V_1$ (HSO_3^- entièrement consommé) ⇒ $C_2 = 3(C_1 - 2a)$.

3. a) Aucune réaction car le milieu n'est pas acide : la réduction de $Cr_2O_7^{2-}$ nécessite des ions H^+ (milieu acide).

b) Sans réaction : $[Cr_2O_7^{2-}] = C_1\cdot V_1/(2V_1) = C_1/2 = 0{,}09 \Rightarrow C_1 = 0{,}18\ mol\cdot L^{-1}$. $C_2 = 3(0{,}18 - 2\times0{,}04) = 3\times0{,}10 = 0{,}30\ mol\cdot L^{-1}$.

c) $n(Cr_2O_7) = C_1\cdot V_1 = 0{,}18 \times 0{,}02 = 3{,}6\cdot10^{-3}$ mol. V_2_min : $n(HSO_3^-) = 3\cdot n(Cr_2O_7) = C_2\cdot V_2_min \Rightarrow V_2_min = 3\times3{,}6\cdot10^{-3}/0{,}30 = 36$ mL. $n(Cr^{3+}) = 2\cdot n(Cr_2O_7) = 7{,}2\cdot10^{-3}$ mol ; $V_total = 20 + 36 = 56$ mL ; $[Cr^{3+}] = 7{,}2\cdot10^{-3}/0{,}056 \approx 0{,}129\ mol\cdot L^{-1}$.

PHYSIQUE

Exercice 1 — Exercice n° 1 — Champ électrique : triangle et pendule élastique

I.1. $OA = OB = a/\sqrt{2} = 5{,}66$ cm. $\|\vec{E}_A\| = K\cdot|q_A|/OA^2 = K\cdot2q/(a^2/2) = 4Kq/a^2$, dirigé de A vers O ($q_A > 0$). $\|\vec{E}_B\| = K\cdot|q_B|/OB^2 = K\cdot3q/(a^2/2) = 6Kq/a^2$, dirigé de O vers B ($q_B < 0$, le champ pointe vers la charge négative).

2. Représentation à l'échelle : $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_B$ perpendiculaires ($\vec{E}_A$ selon la bissectrice de l'angle en A, $\vec{E}_B$ selon la bissectrice de l'angle en B).

3. $\vec{E}_R = \vec{E}_A + \vec{E}_B$; par projection, $\vec{E}_R$ est dirigé selon la diagonale OB (vers le bas-gauche), sens de B.

4. a) $\|\vec{E}_R\|^2 = \|\vec{E}_A\|^2 + \|\vec{E}_B\|^2 = (4Kq/a^2)^2 + (6Kq/a^2)^2 = (Kq/a^2)^2\cdot(16+36) = (Kq/a^2)^2\cdot52 \Rightarrow \|\vec{E}_R\| = (Kq/a^2)\cdot\sqrt{52} = (Kq/a^2)\cdot2\sqrt{13}$. Or $\|\vec{E}_0\| = Kq/OA^2 = Kq/(a^2/2) = 2Kq/a^2 \Rightarrow \|\vec{E}_R\| = \sqrt{13}\cdot\|\vec{E}_0\|$.

b) $\|\vec{E}_0\| = \|\vec{E}_R\|/\sqrt{13} = 2{,}03\cdot10^6/3{,}606 = 5{,}63\cdot10^5\ N\cdot C^{-1}$. $q = \|\vec{E}_0\|\cdot OA^2/K = 5{,}63\cdot10^5 \times (0{,}0566)^2/9\cdot10^9 = 5{,}63\cdot10^5\times3{,}2\cdot10^{-3}/9\cdot10^9 = 0{,}2\cdot10^{-6}$ C = 0,2 µC.

II.1. $\Delta x_1 = m\cdot\|\vec{g}\|/k$ (ressort tendu par le poids).

2. a) Champ électrique uniforme entre les plaques.

b) Forces : poids $\vec{P}$ (bas), force électrique $\vec{F} = Q\cdot\vec{E}$ (vers le bas si $Q > 0$ et $\vec{E}$ vers le bas), tension du ressort $\vec{T}$ (vers le haut).

c) $\Delta x_2 > \Delta x_1 \Rightarrow$ le ressort est plus tendu ⇒ la force électrique pousse la boule vers le bas, comme le poids ⇒ $Q > 0$ (même sens que $\vec{E}$).

d) $k\cdot\Delta x_2 = m\cdot g + Q\cdot\|\vec{E}\| \Rightarrow \Delta x_2 = \Delta x_1 + (Q/k)\cdot\|\vec{E}\|$.

3. La courbe est une droite d'ordonnée à l'origine $\Delta x_1 = 5$ cm = 0,05 m et de pente $Q/k = 5$ cm par $10^5\ N\cdot C^{-1} = 5\cdot10^{-7}\ m/(N\cdot C^{-1})$. $m = \Delta x_1\cdot k/g = 0{,}05\times2/10 = 0{,}01$ kg = 10 g ; $Q = \text{pente}\times k = 5\cdot10^{-7}\times2 = 10^{-6}$ C = 1 µC.

Exercice 2 — Exercice n° 2 — Champ magnétique : aimants et solénoïde

I.1. B_1 et B_2 perpendiculaires en O, de même valeur 0,1 mT. $B = B_1 + B_2$ selon la diagonale du carré.

2. $\|\mathbf{B}\| = \sqrt{(B_1^2 + B_2^2)} = \sqrt{(0{,}1^2 + 0{,}1^2)} = 0{,}1\sqrt{2} = 0{,}141$ mT, dirigé selon la bissectrice des deux vecteurs.

3. $\beta = 45°$ (bissectrice de l'angle droit).

II.1. La courbe est une droite passant par (0 ; 0,02 mT) et (0,1 A ; 0,12 mT). Pente = $(0{,}12 - 0{,}02)/0{,}1 = 1$ mT·A^{-1}. Équation : $\|\mathbf{B}\|$ (mT) = 1,0·I (A) + 0,02.

2. $\|\mathbf{B_C}\| = \mu_0 \cdot N \cdot I/L$ (solénoïde long).

3. L'axe du solénoïde étant confondu avec le méridien magnétique, les champs s'ajoutent : $\|\mathbf{B}\| = \mu_0 \cdot N \cdot I/L + \|\mathbf{B_H}\|$.

4. Pente = $\mu_0 \cdot N/L = 1 \cdot 10^{-3}$ T·A^{-1} $\Rightarrow$ N = pente·L/μ_0 = $1 \cdot 10^{-3} \times 0{,}5/(12{,}5 \cdot 10^{-7}) = 400$ spires. $\|\mathbf{B_H}\|$ = ordonnée à l'origine = 0,02 mT = $2 \cdot 10^{-5}$ T.