

Codez votre numéro d'étudiant ci-dessous
et écrivez vos nom et prénom

| | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 |
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 |
| <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 |
| <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 |
| <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 |
| <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 |
| <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 |

exemple : encodage correct du numéro
étudiant 21407177

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input checked="" type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 |
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 4 |
| <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 5 |
| <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 6 |
| <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input checked="" type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 7 | <input checked="" type="checkbox"/> 7 | <input checked="" type="checkbox"/> 7 |
| <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 | <input type="checkbox"/> 8 |
| <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 | <input type="checkbox"/> 9 |

Nom et prénom :

.....

IMPORTANT :

Vous rédigerez directement sur le sujet, dans l'espace laissé entre les questions et/ou en complétant les figures de l'énoncé. Si vous avez besoin de plus de place, utilisez l'espace en fin de sujet en indiquant clairement le numéro des questions auxquelles vous répondez. Cet examen n'est pas un QCM, les cases à cocher sont réservées aux correcteurs pour la notation : le nombre maximal de points que peut rapporter une question correspond à la case affichant le plus grand nombre.

Vous devez rédiger et justifier vos réponses.

Durée de l'épreuve : 1h30

Calculatrice, documents, portable, oreillettes, jumelles... ne sont pas autorisés !



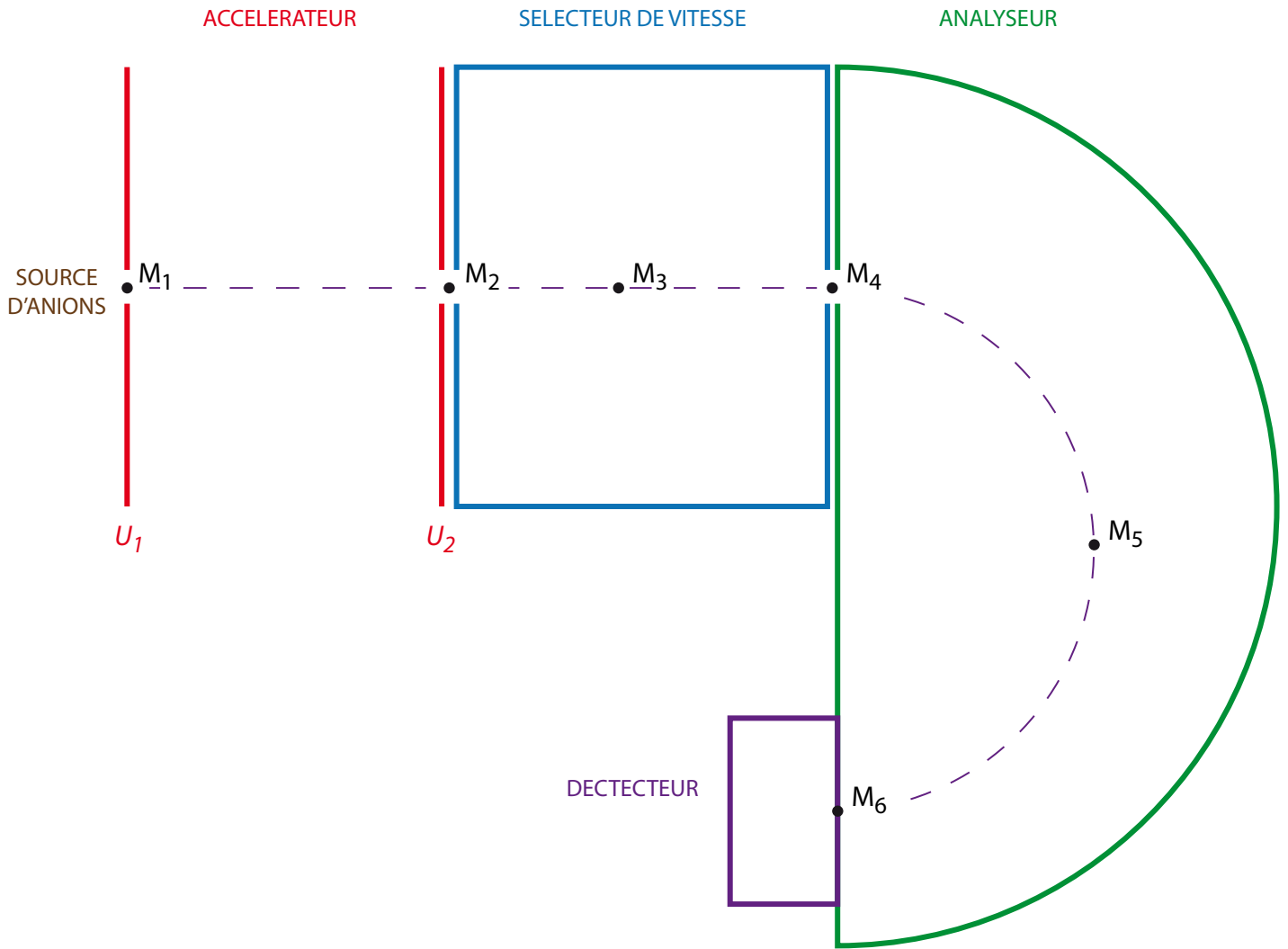
1 Spectromètre de masse

Un spectromètre de masse est constitué :

- d'une source d'anions (ions de masse m et de charge q négative),
- d'un accélérateur, caractérisé par un champ électrique uniforme \vec{E}_0 ,
- d'un sélecteur de vitesse, caractérisé par des champs électrique et magnétique uniformes et constants : \vec{E}_1 et \vec{B}_1 ,
- d'un analyseur, caractérisé par un champ magnétique uniforme et constant \vec{B}_2 ,
- d'un détecteur.

On néglige l'effet de la pesanteur sur les anions.

Le spectromètre de masse est représenté à la figure suivante :



Question 1 Donner le signe de la différence de potentiel ($U_2 - U_1$) entre les points M_1 et M_2 afin que les anions (charges négatives) soient accélérés, puis déterminer son expression en fonction du champ électrique \vec{E}_0 et de la distance L_0 qui sépare les points M_1 et M_2 .

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

CORRECTION

Question 2 Déterminer l'expression de la vitesse v_2 qu'atteindrait au point M_2 un anion initialement immobile au point M_1 ($v_1 = 0$).

..... 0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 *cadre réservé au correcteur*

Question 3 Représenter avec soin sur la figure de la page précédente les vecteurs $\vec{E}_0, \vec{E}_1, \vec{B}_1$ et \vec{B}_2 , de sorte que les anions soient bien accélérés, puis sélectionnés en vitesse et enfin correctement déviés dans l'analyseur pour atteindre le détecteur (ils suivent donc la trajectoire en pointillés, dans le plan de la feuille).

..... 0 1 2 3 4 *cadre réservé au correcteur*

Question 4 Représenter avec soin (sur la figure de la page précédente) les forces électrique et magnétique \vec{F}_{E_1} et \vec{F}_{B_1} agissant sur l'anion au point M_3 .

..... 0 1 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 5 Représenter avec soin (sur la figure de la page précédente) la force magnétique \vec{F}_{B_2} agissant sur l'anion au point M_5 .

..... 0 1 *cadre réservé au correcteur*

Question 6 Démontrer que la distance M_4M_6 , entre le point d'entrée dans l'analyseur et le point d'impact des anions sur le détecteur, vaut :

$$M_4M_6 = \frac{2mE_1}{qB_1B_2}$$

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 7 Calculer le travail de la force magnétique \vec{F}_{B_2} sur le trajet M_4M_6 .

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 8 Donner l'expression de l'énergie cinétique des anions lorsqu'ils arrivent sur le détecteur en M_6 .

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 9 Un anion suit la trajectoire représentée en pointillés sur le schéma. Indiquer sans justification la nature de ses mouvements successifs :

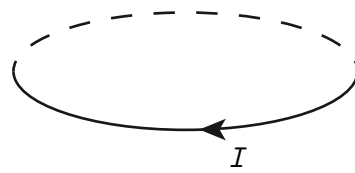
..... 0 1 2 3 *cadre réservé au correcteur*

- entre les points M_1 et M_2 ?
- entre les points M_2 et M_4 ?
- entre les points M_4 et M_6 ?

2 Champ magnétique et lignes de champ

Question 10 On représente ci-dessous un aimant de section rectangulaire, et une boucle circulaire de courant. Dessiner (directement sur la figure) les lignes de champ magnétique pour l'aimant et pour la boucle de courant.

..... 0 1 2 *cadre réservé au correcteur*



Question 11 Lequel de ces deux systèmes constitue un dipôle magnétique ? L'aimant, la boucle de courant, les deux, aucun des deux ?

..... 0 1 *cadre réservé au correcteur*

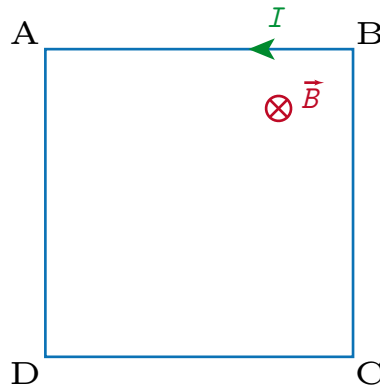
3 Force de Laplace

Question 12 Donner l'expression vectorielle de la force de Laplace \vec{F} s'exerçant sur une portion de fil rectiligne de longueur l parcourue par un courant d'intensité I et plongée dans un champ magnétique uniforme \vec{B} .

..... 0 1 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 13 On considère une boucle de courant ABCD de forme carrée, placée dans le champ magnétique uniforme \vec{B} . Représenter la force de Laplace s'exerçant sur chacun des côtés du circuit sachant que $I > 0$ (sur la figure ci-dessous).

..... 0 1 2 *cadre réservé au correcteur*

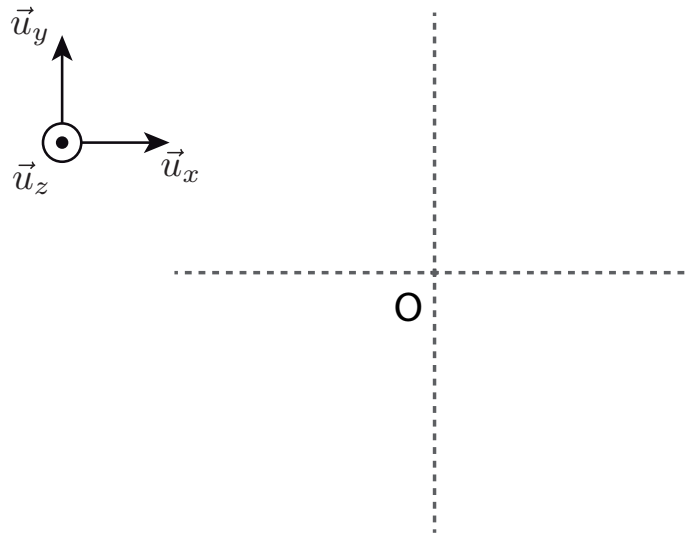


Question 14 Calculer la force totale (résultante) sur le circuit. On donne $AB = BC = CD = DA = l = 0,5 \text{ m}$, $B = 1,5 \text{ T}$ et $I = 2 \text{ mA}$.

..... 0 1 2 *cadre réservé au correcteur*

4 Trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Une particule de charge $q > 0$ et de masse m arrive au centre O d'un repère cartésien $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ avec la vitesse $\vec{v} = v_1 \cdot \vec{u}_x + v_2 \cdot \vec{u}_y$. On installe alors dans tout l'espace un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B_1 \cdot \vec{u}_y$. (Note : v_1 , v_2 et B_1 sont des grandeurs positives).



Question 15 Tracer les vecteurs \vec{v} et \vec{B} au point O sur le schéma ci-dessus.

..... 0 0,5 1 *cadre réservé au correcteur*

Question 16 Calculer l'expression de la force magnétique qui s'exerce sur la particule au point O et tracer son vecteur représentatif sur le schéma.

..... 0 0,5 1 1,5 *cadre réservé au correcteur*

CORRECTION

Question 17 Expliquer pourquoi le mouvement de la particule sera hélicoïdal. Quel est la direction générale de l'hélice (axe principal et direction) ?

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 18 Déterminer les expressions en fonction de v_1 , v_2 , B_1 , m et q : de la période de rotation, du pas de l'hélice.

. 0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 *cadre réservé au correcteur*

5 Sphère conductrice

Une sphère conductrice de rayon R est uniformément chargée en surface avec la densité surfacique de charge σ .

Question 19 Analyser les éléments de symétrie et les invariances de cette distribution de charge. Simplifier au mieux l'expression générale du champ électrique \vec{E} en tout point de l'espace.

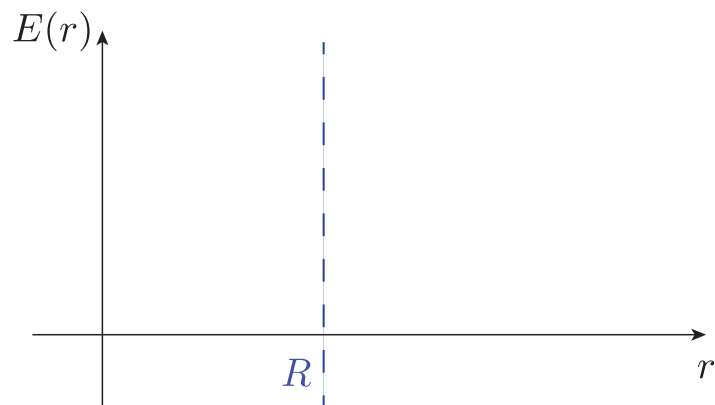
..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 20 Déterminer le champ électrique \vec{E} en tout point de l'espace en utilisant le théorème de Gauss.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 21 Tracer le graphe de l'intensité du champ électrique $E(r)$ en fonction de la distance r au centre de la sphère.

..... 0 0,5 1 *cadre réservé au correcteur*



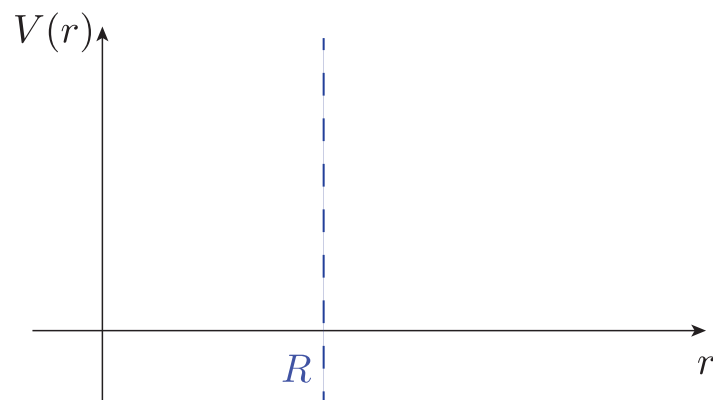
CORRECTION

Question 22 Déterminer l'expression du potentiel électrique créé en tout point de l'espace par cette distribution de charge sphérique.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 23 Tracer le graphe du potentiel électrique $V(r)$ en fonction de la distance r au centre de la sphère.

..... 0 0,5 1 *cadre réservé au correcteur*

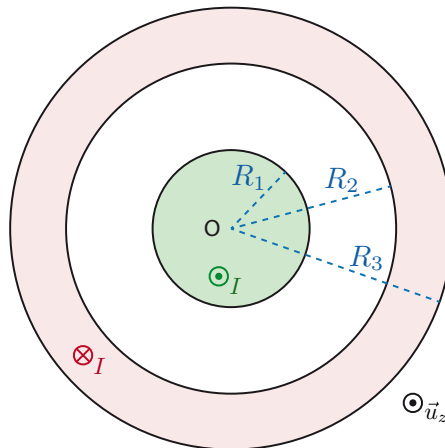


Question 24 En déduire l'expression de la capacité électrique d'une sphère métallique.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

6 Cable coaxial

Un câble coaxial est constitué de deux matériaux conducteurs cylindriques et concentriques. Le conducteur central, parcouru par le courant uniforme $(+I \cdot \vec{u}_z)$ a pour rayon R_1 . Le conducteur externe, parcouru par le courant uniforme $(-I \cdot \vec{u}_z)$, a pour rayon intérieur R_2 et rayon extérieur R_3 .



Question 25 Etudier les éléments de symétrie et les invariances de cette distribution de courant. En déduire, dans un système de coordonnées adapté, l'expression réduite du champ magnétique \vec{B} créé par cette distribution. On supposera que le câble est rectiligne et de longueur infinie.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

CORRECTION

Question 26 Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer l'expression du champ magnétique dans le conducteur interne.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

CORRECTION

Question 27 Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer l'expression du champ magnétique entre les deux conducteurs.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

Question 28 Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer l'expression du champ magnétique dans le conducteur externe.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

CORRECTION

Question 29 Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer l'expression du champ magnétique à l'extérieur du câble coaxial.

..... 0 0,5 1 1,5 2 *cadre réservé au correcteur*

CORRECTION

Ne rédigez sur cette page que si vous n'avez pas eu assez de place pour répondre sur le sujet.

CORRECTION

Ne rédigez sur cette page que si vous n'avez pas eu assez de place pour répondre sur le sujet.

CORRECTION

Ne rédigez sur cette page que si vous n'avez pas eu assez de place pour répondre sur le sujet.

Question 30 Points bonus attribués par les correcteurs.

0 0,25 0,5 0,75 1 1,25 1,5 *cadre réservé au correcteur*