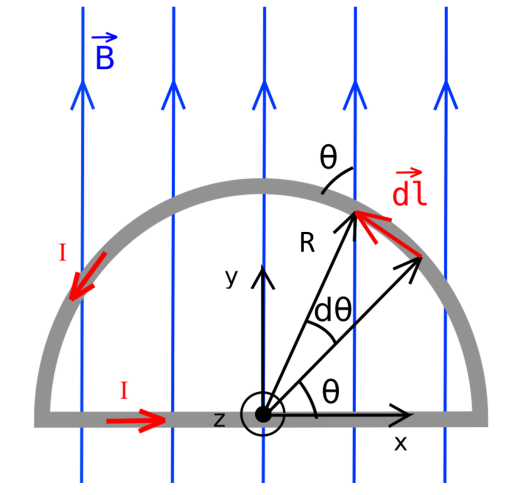


## Série 11

## Exercice 1: Force de Lorentz sur un fil

Dans le plan  $xy$  le circuit fermé de la figure est parcouru par un courant  $I$ , constant dans le temps, et est soumis à un champ magnétique externe et uniforme  $\vec{B} = B\vec{e}_y$ . Établir l'amplitude et la direction de la force magnétique agissant sur les portions droites et courbées du circuit.

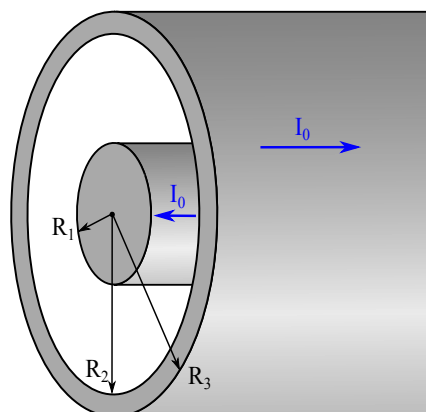


## Exercice 2: Loi d'Ampère I (câble coaxial)

Un câble coaxial consiste en un conducteur solide intérieur, de rayon  $R_1$ , entouré par un tuyau cylindrique concentrique, de rayon intérieur  $R_2$  et rayon extérieur  $R_3$  (voir la figure). Les conducteurs portent deux courants  $I_0$  égaux et opposés en direction, distribués uniformément à travers leurs sections transversales.

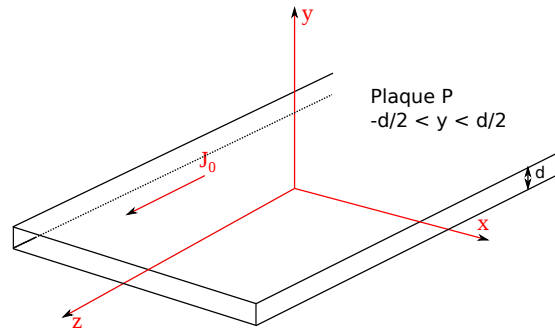
Déterminer le champ magnétique à une distance  $r$  de l'axe centrale, pour

- $r \leq R_1$
- $R_1 \leq r \leq R_2$
- $R_2 \leq r \leq R_3$
- $r \geq R_3$



### Exercice 3: Loi d'Ampère II

On considère une plaque  $P$  d'épaisseur  $d$  dans la direction  $y$  et infinie dans les directions  $x$  et  $z$ . Cette plaque est traversée par la densité de courant  $\vec{j}_0$ , orientée selon  $\vec{e}_z$ . Cette densité de courant est uniforme dans le volume de la plaque ( $-\frac{d}{2} < y < \frac{d}{2}$ ) et nulle en dehors.



- Le champ  $\vec{B}$  dépend-t-il de  $y$ ,  $x$  et  $z$ ?
- Quelle est la direction et le sens de  $\vec{B}$  pour  $y > 0$  et pour  $y < 0$ ?
- Déterminer la norme de  $\vec{B}$  en fonction de  $y$ .

### Exercice 4: Loi d'Ampère III

Soit un conducteur cylindrique de longueur infinie avec la distribution de densité de courant suivante (figure 1) :

$$\vec{j} = \begin{cases} \vec{j}_0 & \text{dans la partie hachurée} \\ 0 & \text{dans la partie non hachurée} \end{cases}$$

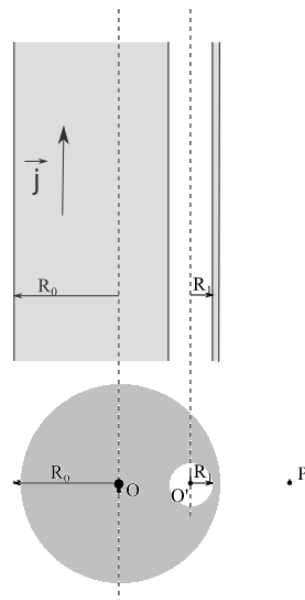


FIGURE 1 – Répartition de la densité de courant dans le cylindre considéré

- Quelle est l'unité de la norme de  $\vec{j}$ ?

- (b) Calculez le champ magnétique  $\vec{B}$  au point  $P$ .  $P$  est aligné avec  $O$  et  $O'$ .  
*Indication : Utiliser le principe du superposition du champ magnétique.*
- (c) Pourquoi l'application de la loi d'Ampère n'est-elle pas simple ?
- (d) Comment changerait le calcul demandé à la question b) si  $P$  n'était pas aligné avec  $O$  et  $O'$  ?

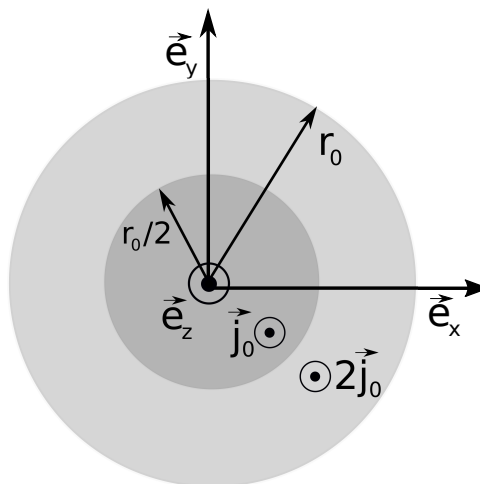
### Exercice 5: Trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

On se place dans le repère  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ . On considère le champ  $\vec{B} = (0, 0, B_0)$  uniforme dans l'espace. Une particule de charge  $q$  et de masse  $m$  est initialement située à l'origine du repère  $(0, 0, 0)$  avec une vitesse  $\vec{v}_0 = (v_\perp^0, 0, v_\parallel^0)$ .

- (a) Écrivez la Deuxième Loi de Newton pour la particule chargée et l'utiliser pour trouver sa vitesse  $\vec{v}(t)$ .
- (b) En déduire la trajectoire de la particule  $\vec{x}(t)$ .
- (c) Calculer la variation de l'énergie cinétique de la particule.

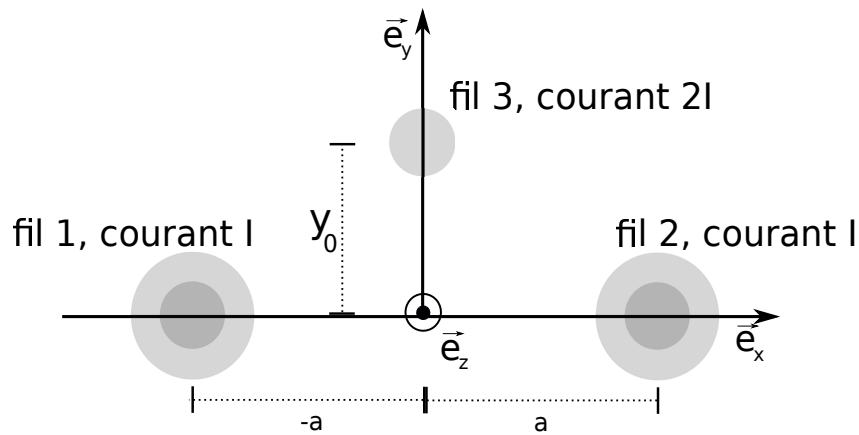
### Exercice 6: Force entre fils portant un courant (Examen 2020)

On considère un fil cylindrique (et rectiligne) de rayon  $r_0$  et de longueur infinie, orienté selon l'axe  $\vec{e}_z$ . Il porte un courant  $I$ . La densité de courant est uniforme pour  $r \leq r_0/2$ , orientée selon  $\vec{e}_z$  et de norme égale à  $j_0$ . Pour  $r_0/2 < r \leq r_0$ , la densité de courant est constante et orientée selon  $\vec{e}_z$  aussi, mais de norme  $2j_0$  :



- (a) Exprimez  $j_0$  en fonction de  $r_0$  et  $I$ .
- (b) Déterminez, dans tout l'espace, le champ magnétique généré par ce courant.

Maintenant, on considère deux fils identiques à celui de la partie a) et b). Ils sont toujours orientés selon l'axe  $z$  et portent un courant  $I$  chacun, orienté dans la direction  $\vec{e}_z$ . Ils sont positionnés comme indiqué dans la figure suivante. Un troisième fil, rectiligne et infini, parallèle aux deux autres, passe par le point  $x = 0$ ,  $z = 0$ , et  $y = y_0$ .



- (c) Déterminez le champ magnétique généré par les courants dans les deux premiers fils à la position du centre du troisième fil.
- (d) Dans le troisième fil, un courant  $2I$  circule, dans la même direction que dans les deux premiers fils. Pour  $y_0 > 0$ , quelle est la direction de la force ressentie par le troisième fil ?
- (e) Calculez maintenant la force par mètre ressentie par le troisième fil. Il est toujours parcouru par un courant  $2I$  orienté selon  $\vec{e}_z$ . On peut supposer que le rayon du troisième fil est très petit par rapport aux distances entre conducteurs. Pourquoi cela simplifie le calcul ?