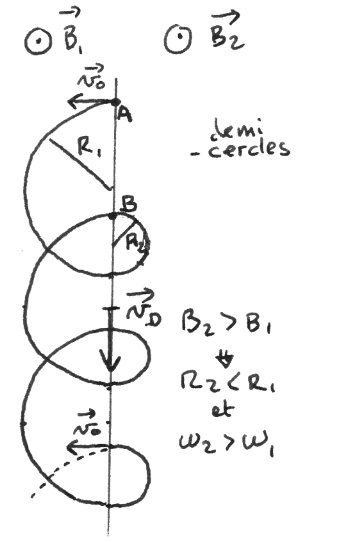
Champs magnétiques non uniformes

1- Première approche sur un exercice : L'espace est séparé par un plan en deux domaines où règnent des champs magnétiques uniformes $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$. $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$ sont parallèles au plan, colinéaires de même sens et tels que $\|\vec{B_2}\| > \|\vec{B_1}\|$. La vitesse initiale d'un électron $\vec{v_0}$ est perpendiculaire au plan, et dirigée vers la zone où règne $\vec{B_1}$.

a) Déterminez la trajectoire de l'électron.

b) Quelle est la vitesse moyenne de dérive de l'électron selon le plan ?



Résolution : a) Conservation de l'énergie cinétique :

$v_0 = v_1 = v_2$ (Les champs magnétique ne travail pas).

Dans un champ uniforme : $m\frac{v^2}{R} = |q| v B \Rightarrow \left[R = \frac{mv}{|q|B} \right.$

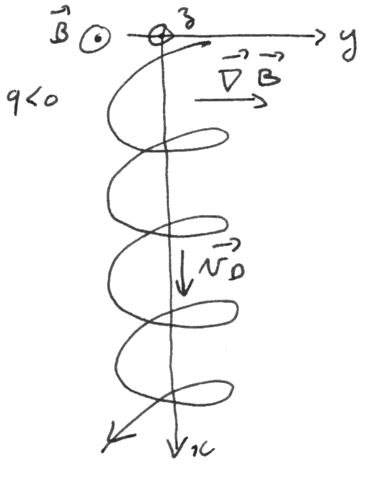
$\Rightarrow \begin{cases} v = \text{cste} \\ \text{si : } B \nearrow \Rightarrow R \searrow \text{ et } \omega = \frac{|q|B}{m} \nearrow \end{cases}$

La trajectoire est composée d'une succession d'arcs de cercles.

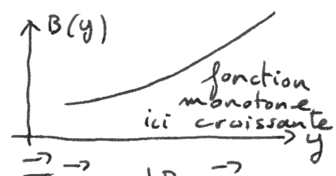
b) $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$; $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$; distance parcourue durant $(T_1/2 + T_2/2)$ de A à B : $(2R_1 - 2R_2)$

d'où : $v_D = \frac{2R_1 - 2R_2}{T_1/2 + T_2/2}$ $\Rightarrow$ $\boxed{v_D = 4\,\frac{R_1 - R_2}{T_1 + T_2} = 4\,\frac{\frac{m v_0}{|q|}\left(\frac{1}{B_1} - \frac{1}{B_2}\right)}{2\pi \frac{m}{|q|}\left(\frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2}\right)} = \frac{2 v_0}{\pi}\,\frac{B_2 - B_1}{B_2 + B_1}}$

2 - Gradient de $\vec{B}$: Nous constatons sur l'exercice précédent que $\vec{v_D}$ est orthogonale au champ magnétique $\vec{B}$, mais aussi à la direction selon laquelle $\vec{B}$ varie, soit son gradient $\vec{\nabla}\vec{B}$:

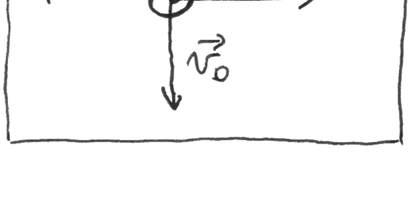


$\vec{B} = B(y)\,\vec{u_z}$



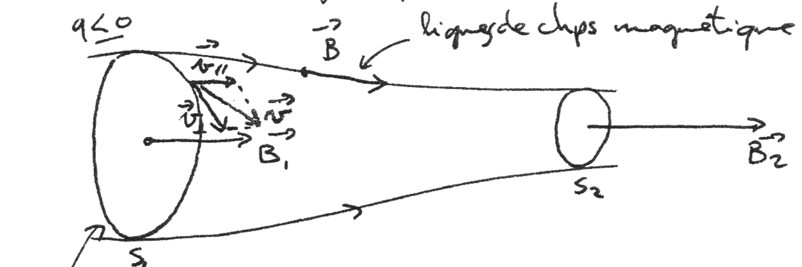
$\vec{\nabla}\vec{B} = \frac{dB}{dy}\,\vec{u_y}$

Conclusion, de manière générale :
si $q<0$ $(\vec{\nabla}\vec{B}, \vec{B}, \vec{v_D})$ trièdre direct



3 - *Miroirs magnétiques*

Considérons un tube de champ magnétique :



contour supposé circulaire sur lequel s'appuie les lignes de champ.

Le flux magnétique s'exprime comme : $\phi = BS$

C'est une grandeur conservative

$\Rightarrow \phi = cste$ sur un tube de champ.

$\Rightarrow \phi_1 = \phi_2 \Rightarrow B_1 S_1 = B_2 S_2$

$S_1 > S_2 \Rightarrow B_2 > B_1$

De plus il y a conservation de l'énergie cinétique $\Rightarrow v^2 = v_{//}^2 + v_\perp^2 = cste$

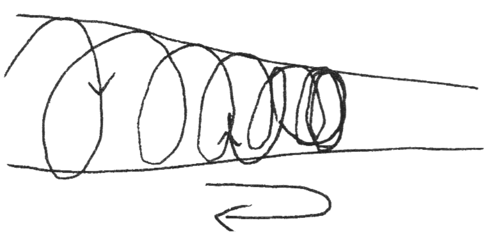
et nous avons : $v_\perp = \frac{|q|}{m} R B$

comme ; $\phi = BS = B\pi R^2 \Rightarrow B = \frac{\phi}{\pi R^2}$

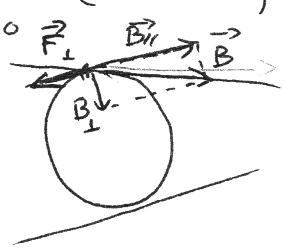
$\Big\} \Rightarrow v_\perp = \frac{|q|\phi}{m\pi R}$

Ainsi lorsque la particule se dirige vers l'étranglement :

$R \searrow \Rightarrow v_\perp \nearrow \Rightarrow v_{//} \to 0$ et inversion (miroir)

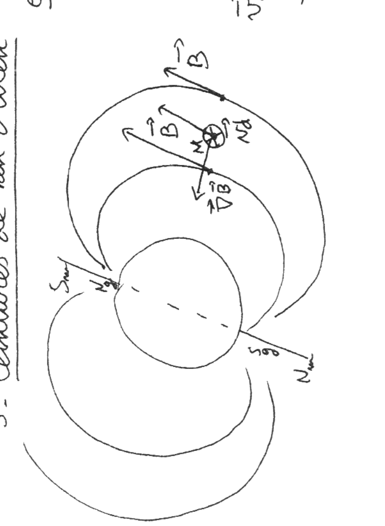


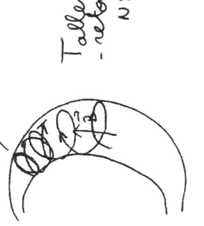
En terme de Forces :



$\vec{F}_\perp = q\vec{v} \wedge \vec{B}_\perp$

3. *Ceintures de Van Allen*

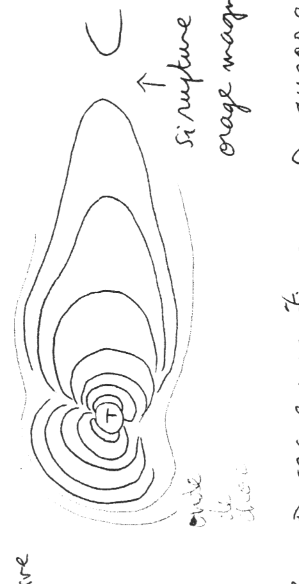




$T_{aller} \simeq 3s$
- retour
NS

$\vec{v}_d$: ē vont d'ouest en Est

Tour complet de dérive $\simeq 10h$



protubérance (vent) $\Rightarrow$ orage magnétique ($\Rightarrow$ reconfigurat° de la magnétosphère) $\Rightarrow$ aurore (des ē sont précipités vers les pôles et atomes de l'atmosphère sont excités) $\Rightarrow$ lumière

ceux ~~sont~~ qui ont acquis un grand $v_{//}$