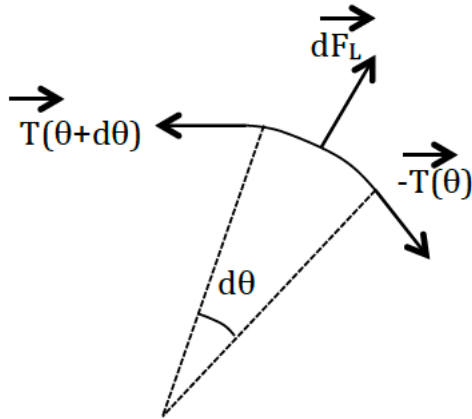


1. Qualitativement, le solénoïde crée un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{u}_z$. Il y a donc une force de Laplace qui s'exerce sur un élément de fil du solénoïde $d\vec{F}_L = i\vec{dl} \wedge \vec{B} = idl\vec{u}_\theta \wedge B\vec{u}_z = idlB\vec{u}_r$. Un élément de fil entre θ et $\theta + d\theta$ est en équilibre sous l'action des deux tensions, qu'on peut appeler $\vec{T}(\theta + d\theta)$ et $-\vec{T}(\theta)$ exercées aux deux extrémités en θ et $\theta + d\theta$, et la force de Laplace.



En projetant parallèlement à $d\vec{F}_L$: $iBd\ell = T(\theta + d\theta) \sin\left(\frac{d\theta}{2}\right) + T(\theta) \sin\left(\frac{d\theta}{2}\right)$.

En projetant perpendiculairement à $d\vec{F}_L$: $0 = T(\theta + d\theta) \cos\left(\frac{d\theta}{2}\right) - T(\theta) \cos\left(\frac{d\theta}{2}\right)$, soit $T(\theta + d\theta) = T(\theta)$, la tension est de norme constante T .

De la première équation on tire $iBRd\theta = Td\theta$.

La condition $T < T_{rupture}$ s'écrit donc $iBR < T_{rupture}$. Reste à déterminer B .

Dans le modèle usuel du solénoïde, il y a une discontinuité du champ à la traversée du solénoïde. On peut considérer une distribution continue entre R_1 et R_2 (voir exercice : solénoïde épais), on trouve à une distance r comprise entre R_1 et R_2 un champ $\vec{B} = \mu_0 ni \frac{R_2 - r}{R_2 - R_1} \vec{u}_z$. On peut prendre $B = \mu_0 ni$ (ou $\mu_0 ni/2$) pour avoir un ordre de grandeur, ce qui donne $\mu_0 ni^2 R < T_{rupture}$, soit

$$I_{max} = \sqrt{\frac{T_{rupture}}{\mu_0 n R}}$$

2. A.N. : $n = 10^4 \text{ m}^{-1}$, $I_{max} = 4.10^2 \text{ A}$.

3. Au vu de la valeur numérique, le courant très important va vraisemblablement conduire à ce que le fil constituant le solénoïde fonde sous l'action de l'échauffement créé par l'effet Joule (à moins que le fil ne soit en matériau supraconducteur, comme dans les "aimants" supraconducteurs. Dans ce cas, la résistance du bobinage est nulle et il n'y a pas d'effet Joule limitant la création de fort courant, et donc de champ magnétique intense. En revanche, le problème de la tension de rupture est à prendre en compte).

4. Avec un solénoïde fini, le même phénomène de rupture peut se produire. Il se produit en premier lieu là où le champ est le plus intense, donc au milieu du solénoïde.