

Etude des pertes dans un ruban supraconducteur à haute température critique

Sommaire

- ▶ I) Introduction générale
- ▶ II) Théorie
 - A) La supraconductivité
 - B) Modèle de l'état critique de Bean. Pertes en régime variable
- ▶ III) Modélisation
 - A) Echantillon testé
 - B) Méthodes de mesures électriques
 - C) Résultats des mesures de pertes
- ▶ IV) Comparaison des résultats théoriques et expérimentaux
- ▶ V) Conclusion générale

Introduction générale

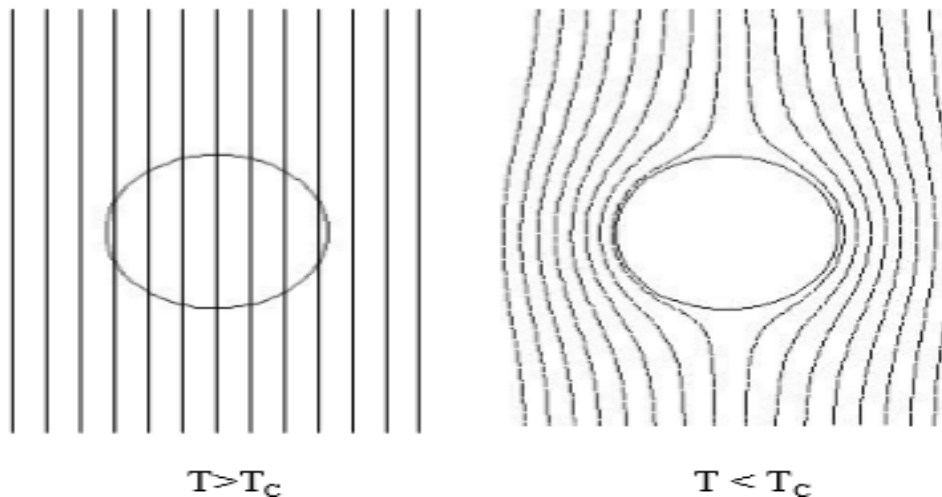
- ▶ Les matériaux supraconducteurs ont la propriété de transporter du courant alternatif avec des pertes beaucoup plus faibles que les conducteurs classiques.
- ▶ Ils possèdent l'avantage de rester supraconducteur à la température de l'azote liquide.
- ▶ L'étude des pertes dans ces matériaux est nécessaire à la mise au point d'applications dans le domaine de l'électrotechnique.
- ▶ Nous avons travaillé sur les pertes en régime variable dans une amenée de courant supraconductrice à haute température critique.

Théorie

► A) La supraconductivité

1) Propriétés générales

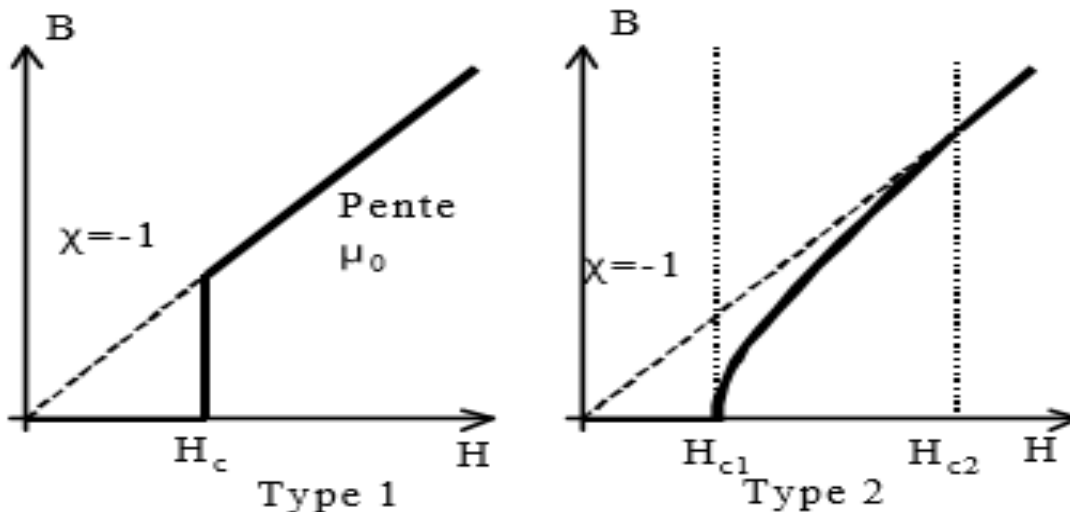
- Absence de résistivité en courant continu.
- Apparaît qu'en dessous d'une température critique et d'un champ magnétique appliqué
- Autre aspect important : Diamagnétisme parfait



Théorie

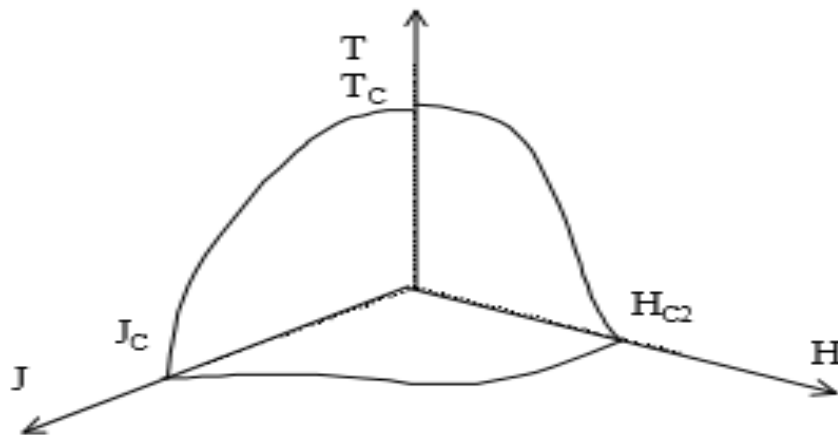
2) Grandeurs critiques

- Température critique : Inférieure à 23K pour les BT_c et de l'ordre de 100K pour les HT_c .
- Champs critiques : 2 comportements définissent 2 types de supraconducteurs.



Théorie

- Densité de courant critique : Pour qu'un matériau reste supraconducteur, il faut que $J < J_c$.
- Surface critique : Chaque grandeur critique dépend des 2 autres paramètres.



Théorie

► B) Modèle de l'état critique de Bean. Pertes en régime variable

- Hypothèse forte sur la relation $E=f(J)$ dans le matériau.
- Ne permet pas de calculer les pertes en champ propre pour un courant maximum supérieur au courant critique.

1) Pertes en régime variable périodique dans les supraconducteurs. Modèle de l'état critique de Bean

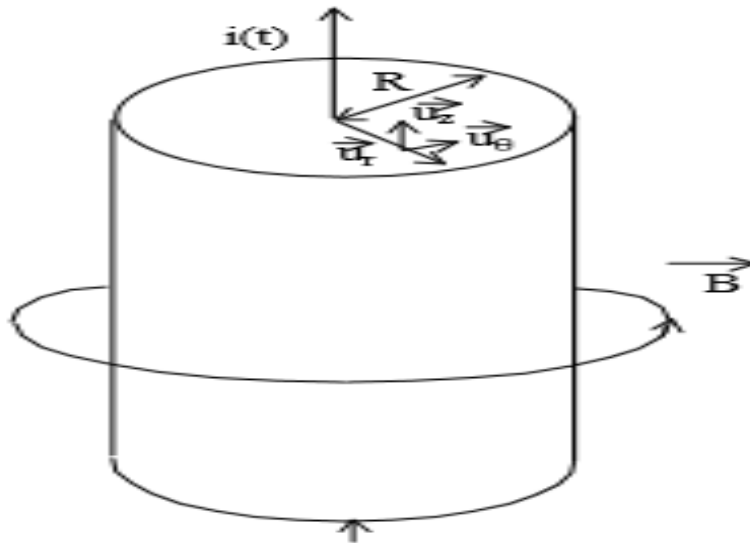
- Pertes par Hystérésis.
- Au niveau microscopique, elles sont dues au mouvement des vortex, lié à la variation du champ magnétique local.
- Au niveau macroscopique, la variation de l'induction magnétique produit un champ électrique variable.
- Calcul des pertes de 2 façons: - $Q = \int \mathbf{M} \cdot d\mathbf{H}$

$$- Q = \int_T \int_V \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} \cdot dv \cdot dt$$

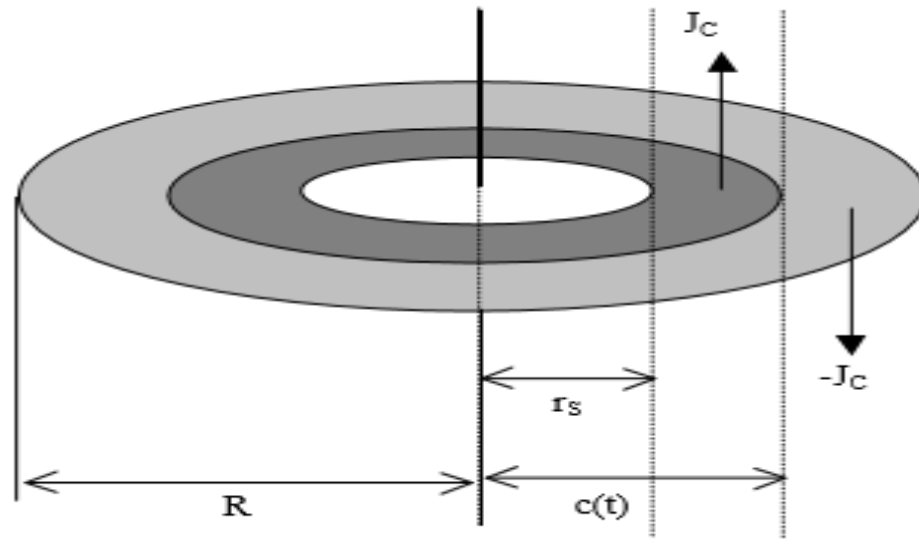
Théorie

- Le modèle de Bean impose que $J = \pm J_c$ ou $J=0$
- C'est une loi « macroscopique locale »
- La densité de courant critique est considérée comme constante.

a) Pertes en régime variable dans un cylindre supraconducteur soumis à son champ magnétique propre



Théorie



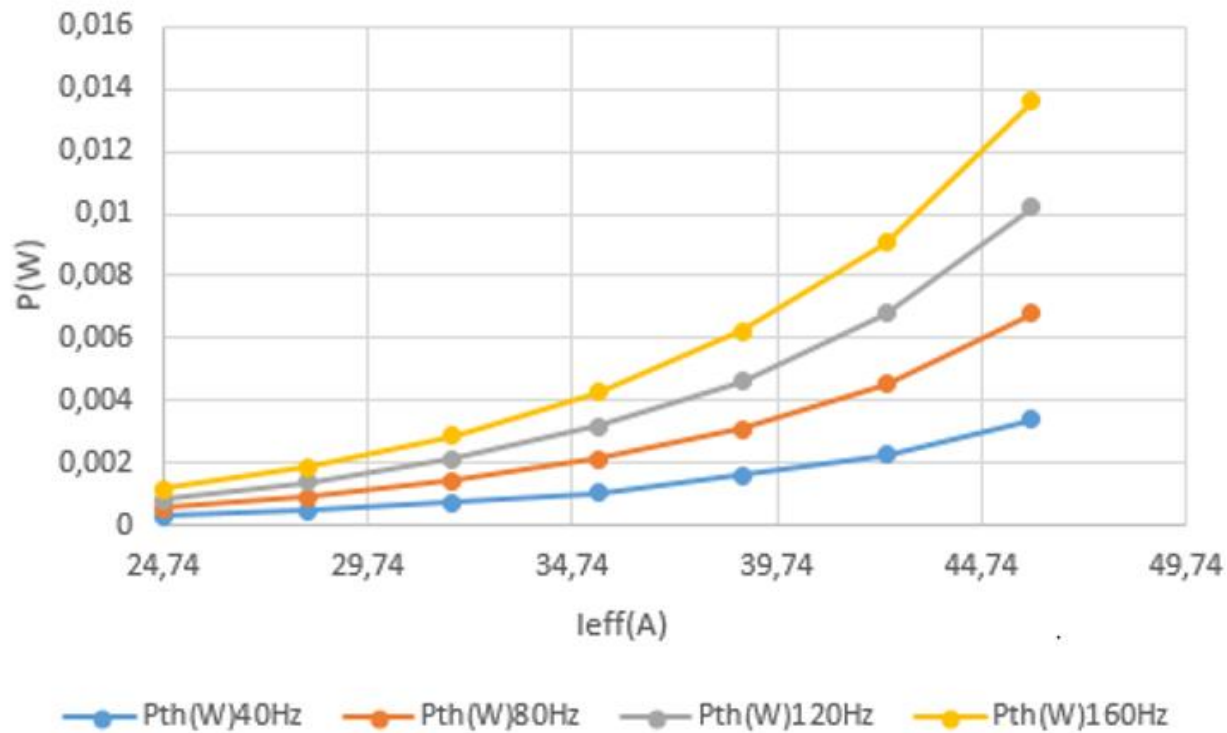
Pour le calcul des pertes, on ne s'intéresse qu'à la zone où l'induction varie.

Théorie

$$P_{BC} = S \cdot h \cdot \mu_0 \cdot J_c^2 \cdot R^2 \cdot f \cdot \left[\frac{I_{max}}{I_c} - \frac{I_{max}^2}{2 \cdot I_c^2} + \left(1 - \frac{I_{max}}{I_c} \right) \ln \left(1 - \frac{I_{max}}{I_c} \right) \right]$$
$$\rightarrow P_{BC} = h \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_c^2}{\pi} \cdot f \cdot \left[\frac{I_{max}}{I_c} - \frac{I_{max}^2}{2 \cdot I_c^2} + \left(1 - \frac{I_{max}}{I_c} \right) \ln \left(1 - \frac{I_{max}}{I_c} \right) \right]$$

- Indépendantes de la forme du courant et dépendent que la valeur maximale du courant.
- Proportionnelles à la fréquence.
- Formule valable que pour un courant maximum inférieur au courant critique.

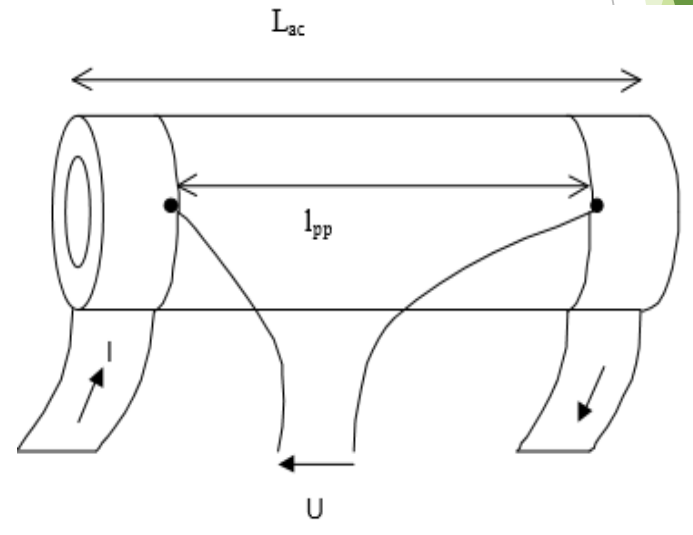
Théorie



Modélisation

► A) Echantillon testé

- Matériau composite compacté de Bi-Sr-Ca-Cu-O
- Température critique : 110K
- Longueur : 12.7 cm
- Courant critique : 68 A



Modélisation

► B) Méthodes de mesures électriques

- 2 types de mesures : - Utilisation d'un amplificateur à détection synchrone
- Utilisation d'un amplificateur différentiel

a) Compensation de la partie réactive de la tension

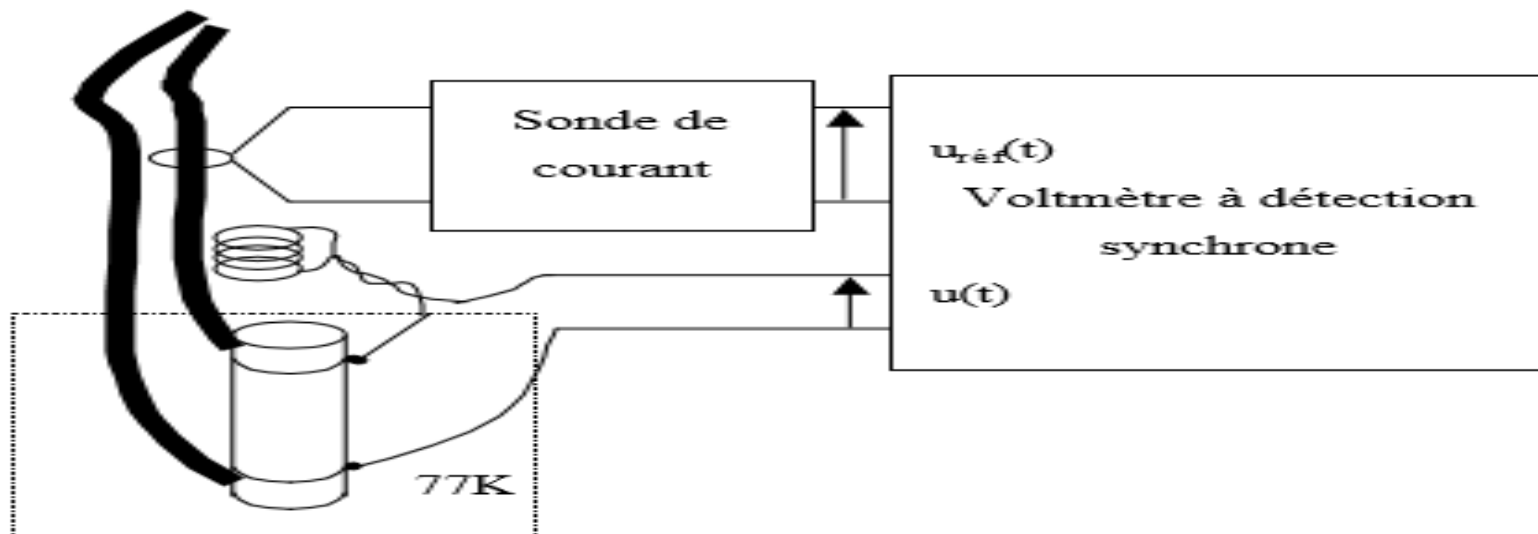
- On recommande de compenser la partie réactive de la tension pour augmenter la précision de la mesure des pertes.
- On considère que la tension aux bornes du ruban est la somme d'une chute de tension ohmique qui correspond aux pertes et d'une chute de tension inductive.



Modélisation

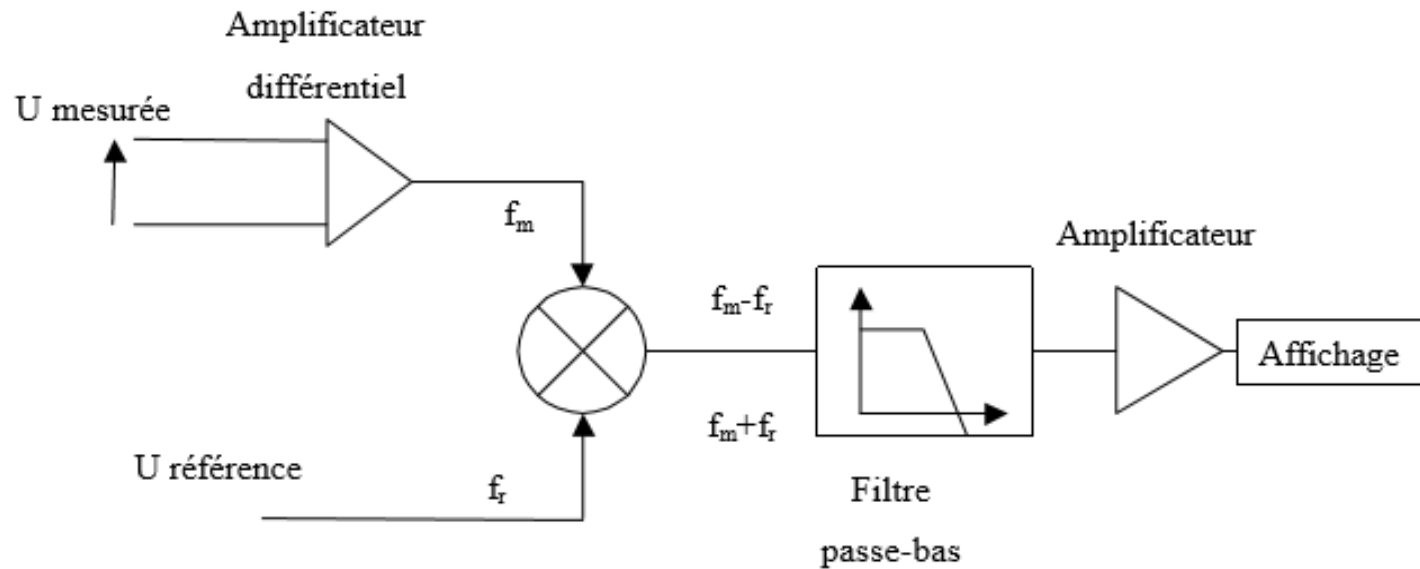
b) Utilisation d'un amplificateur à détection synchrone

➤ Montage complet :



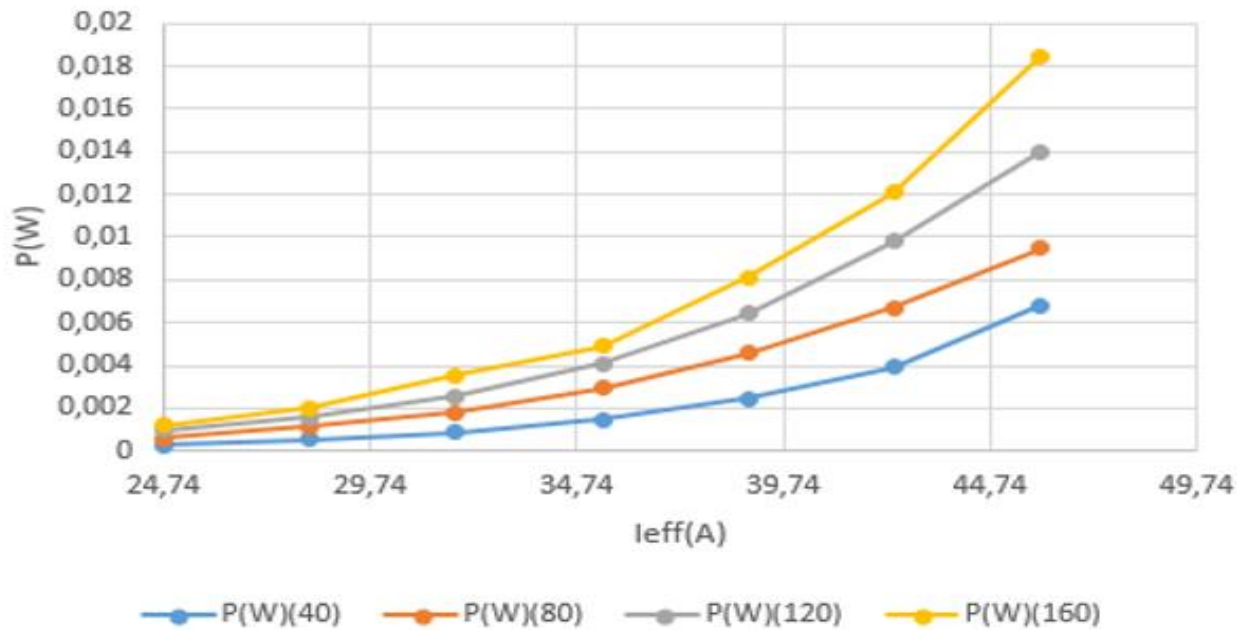
Modélisation

➤ Principe Voltmètre :

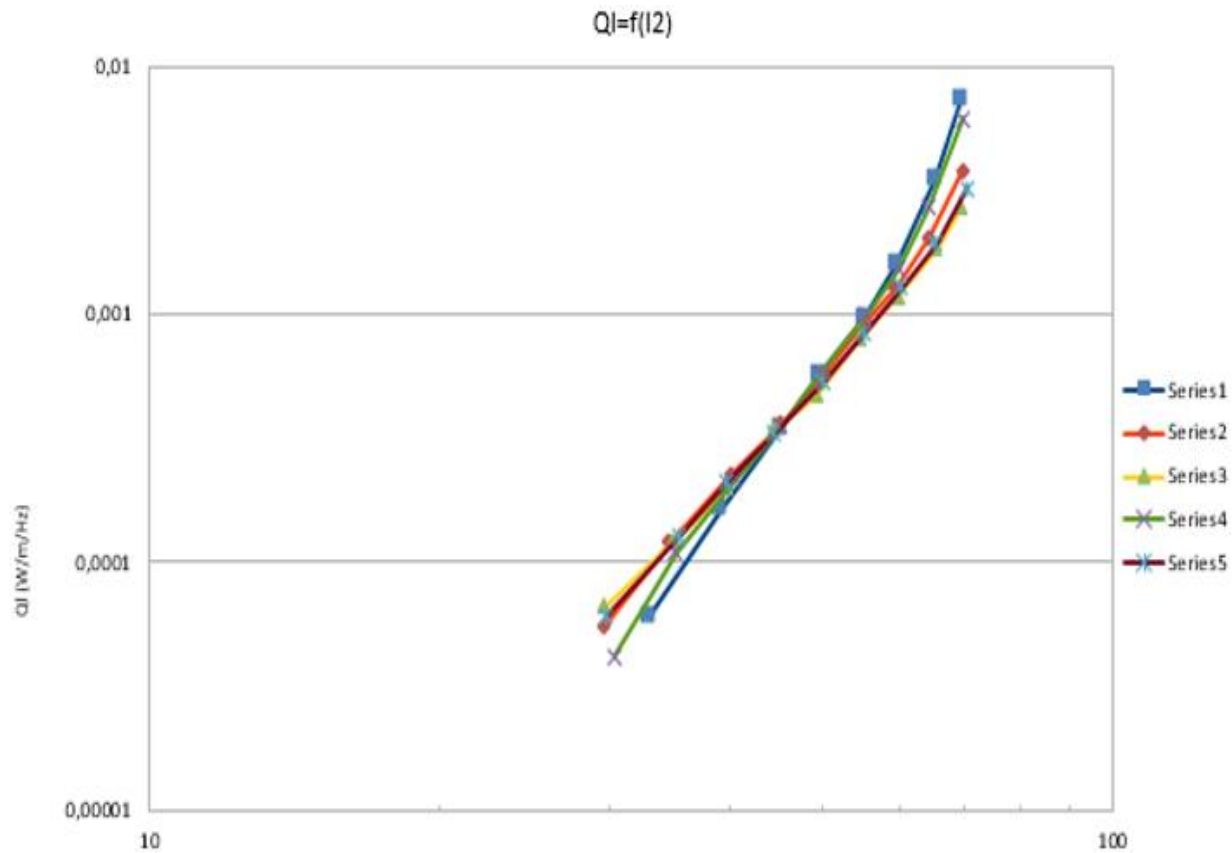


Modélisation

► C) Résultats des mesures de pertes



Modélisation



Modélisation

► D) Conclusion

- Nous avons effectué des mesures de pertes d'un échantillon supraconducteur HT_c transportant un courant sinusoïdal.
- Nous avons exposé notre méthode de mesure et le problème de précision qu'elle engendre.
- Les pertes augmentent donc avec la valeur maximale du courant et dépendent uniquement de la valeur de celui-ci.

Comparaison des résultats

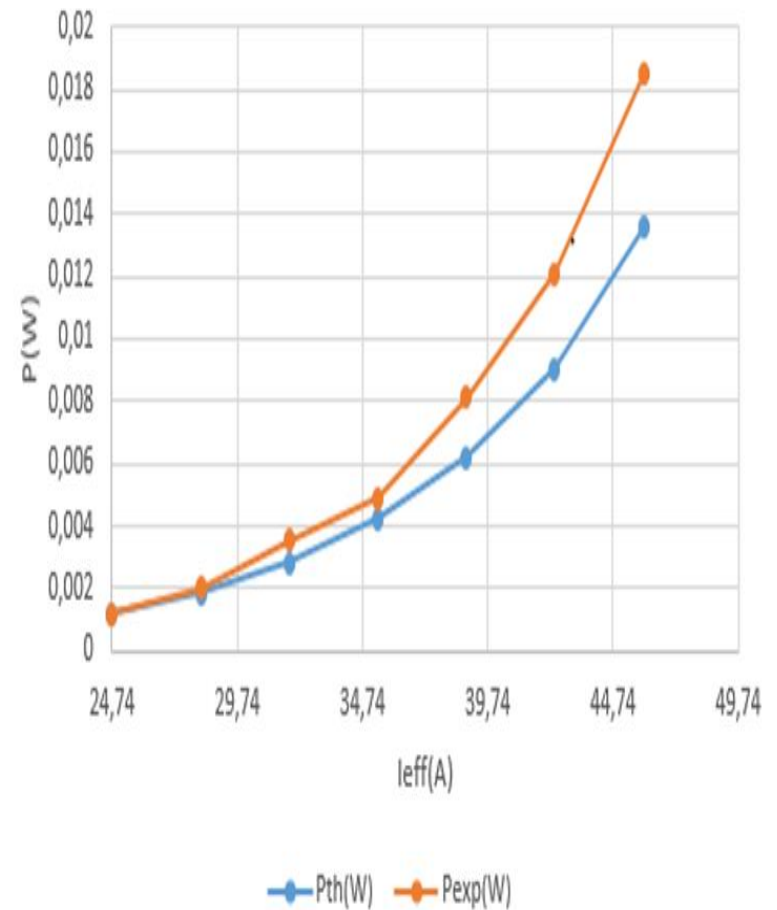
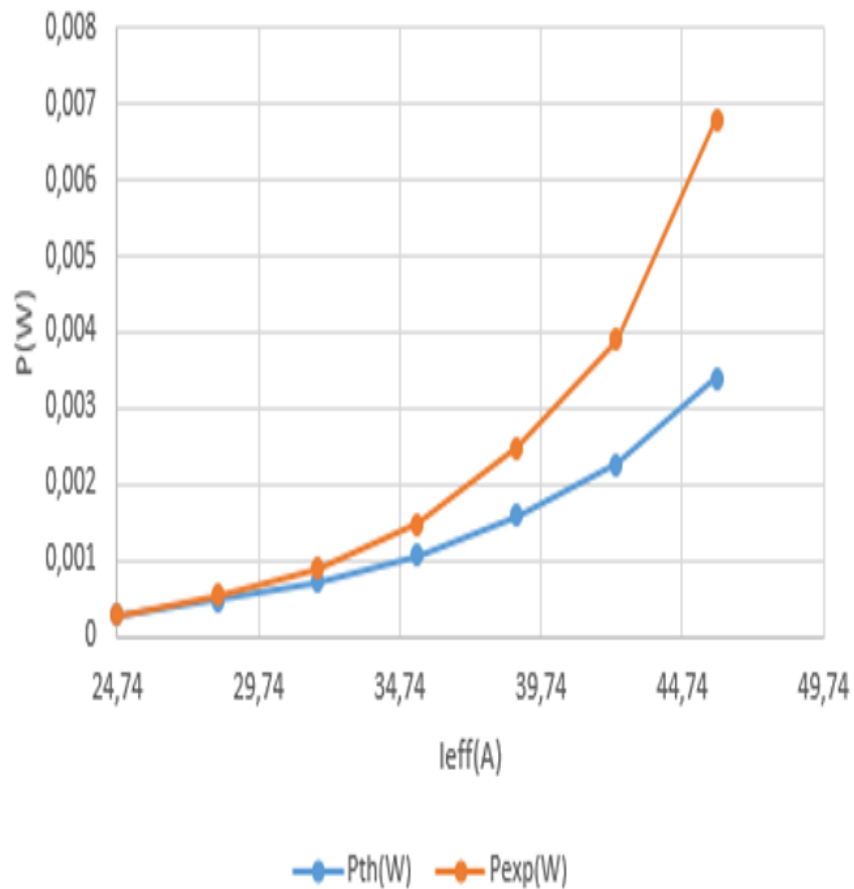
► A) Introduction

- Nous n'avons traité que le cas où le courant maximum est inférieur au courant critique.
- Nous avons associé à ce cas une formule de pertes.

► B) Comparaison des calculs et des mesures de pertes

- Les pertes sont plus importantes dans le cas où le maximum du courant se rapproche du courant critique.
- On a représenté les courbes de pertes, pour une fréquence de 40Hz et 160Hz.

Comparaison des résultats



Comparaison des résultats

► C) Conclusion

- La comparaison des mesures de pertes avec les pertes calculées nous a permis de valider l'ensemble de notre étude.
- Même s'il faut tenir compte de l'imprécision de nos mesures, la bonne concordance des mesures et des calculs de pertes, est manifeste.
- Nous pensons que la formule théorique de pertes trouvée, correspond à l'évolution des pertes.

Conclusion générale

- L'objectif de ce travail a consisté en l'étude théorique et expérimentale des pertes d'un ruban supraconducteur HTc.
- Dans la partie théorique, nous avons rappelé les calculs de pertes basés sur le modèle de Bean.
- La formule de pertes obtenue ne dépend pas de la forme du courant, mais uniquement de la valeur de celui-ci.
- Dans la partie expérimentale, nous avons exposé notre méthode de mesure électrique de pertes. Celle-ci semble assez précise.
- Dans la dernière partie, nous avons comparé les mesures avec les calculs de pertes, en régime sinusoïdal.
- Les courbes obtenues exp. Et théoriques coïncident assez bien.
- Notre modèle est donc validé.