PSI* 2019 – 2020
TD N°19 – Corrigé de l'exercice 2

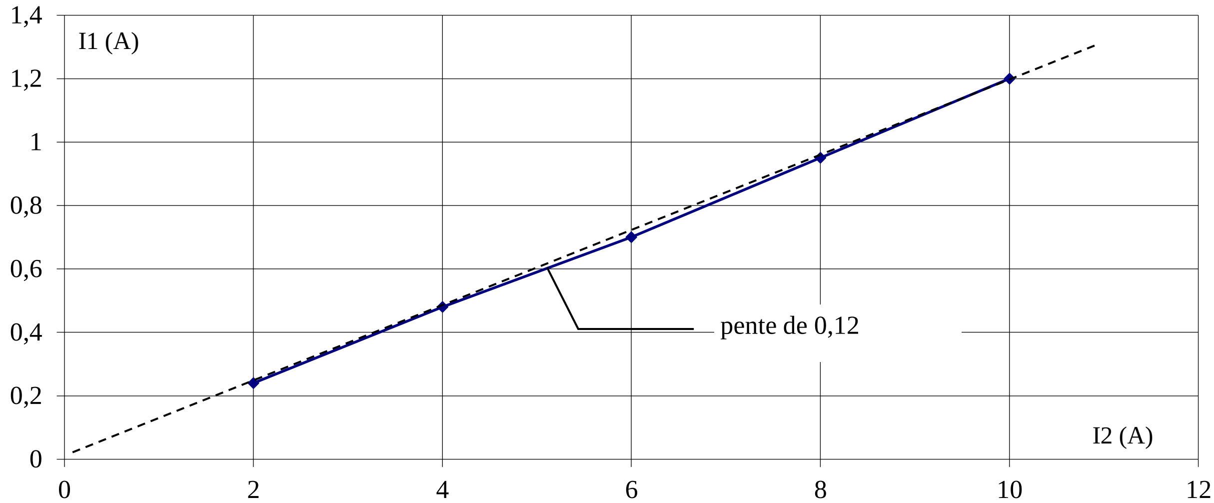
1) L'intensité dans les bobinages d'un transformateur ne doit pas (trop) dépasser les valeurs nominales donnée par le constructeur, soit ici 10A pour le courant nominal au secondaire (typiquement pas plus d'une fois et demie sur une durée « raisonnable »).

   Comme on le voit dans le tableau, la valeur de 10 A pour I_2 correspond à une tension efficace U_1 = 39 V au primaire. Brancher le transformateur directement sur le secteur, soit avec U_1 = 220 V, et en court-circuit conduirait à une intensité au secondaire dépassant largement cette valeur de 10 A. L'effet Joule conduirait à la destruction des enroulements.

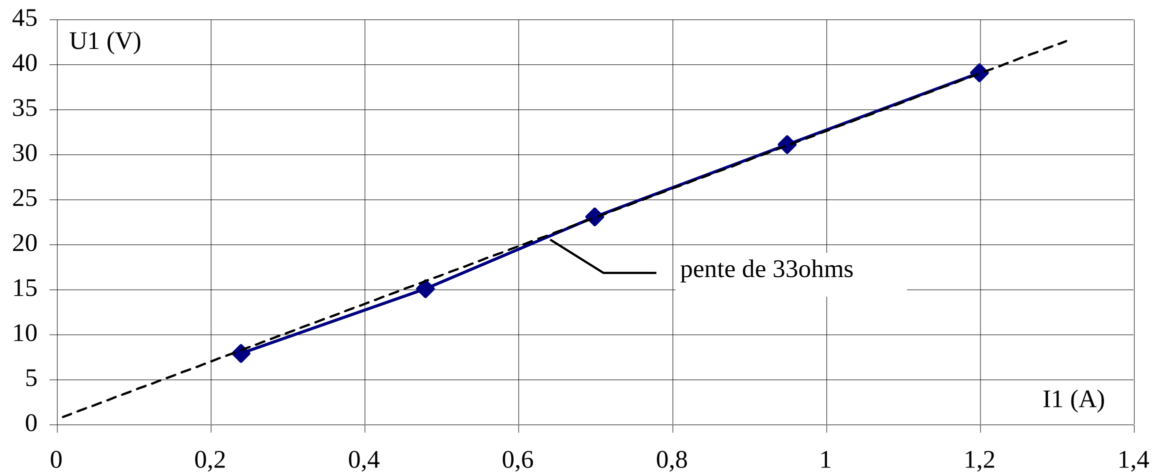
2) Si le montage est linéaire la relation sur les intensités efficaces donne $I_1=mI_2$ et celle sur les tensions efficaces donne $U_1 = m\ U_2$.

   De plus, l'ensemble transformateur et charge peut être remplacé par son impédance équivalente $\underline{Z}_{éq}$ vue du primaire (transfert de la charge au primaire).
   Alors $U_1 = Z_{éq}\ I_1$ et $P_1 = \mathrm{Re}(\underline{Z}_{éq})I_1^2$ (l'expression littérale de $\underline{Z}_{éq}$ est calculée plus loin).

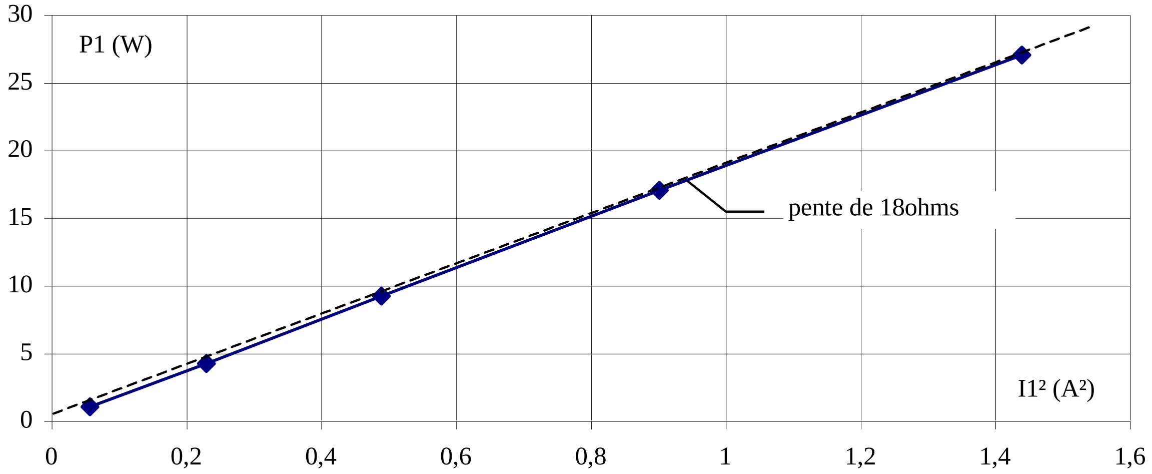
   Les courbes tracées ci-dessous permettent de vérifier ces relations :



I₁ en fonction de I₂



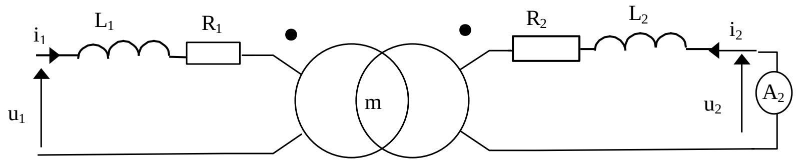
U_1 en fonction de I_1



P_1 en fonction de I_1^2

Les trois courbes obtenues sont pratiquement des droites. Elles sont donc compatibles avec un modèle linéaire du transformateur.

3) Utilisons le modèle proposé et confrontons-le avec les résultats des courbes ci-dessus.



Les équations électriques sont :

- $\underline{U_1} = (jL_1\omega+R_1)\underline{I_1} + \underline{E_1}$,
- $\underline{U_2} = (jL_2\omega+R_2)\underline{I_2} + \underline{E_2}$
- $\underline{U_2} = -R_A\underline{I_2}$ où R_A est la résistance de l'ampèremètre (A_2).

Les équations du transformateur parfait donnent $\underline{E_2} = m\,\underline{E_1}$ et $\underline{I_1} = -m\,\underline{I_2}$. Ceci donne les trois relations :

- $\underline{U_1} = (j(L_1+\frac{L_2}{m^2})\omega+(R_1+\frac{R_2+R_A}{m^2}))\underline{I_1}$; soit $\underline{U_1} = \underline{Z_{éq}}\ \underline{I_1}$ et $Z_{éq1} = \sqrt{\left(L_1+\frac{L_2}{m^2}\right)^2+\left(R_1+\frac{R_2+R}{m^2}\right)}$
- $I_1 = m\ I_2$
- $P_1 = Re(\underline{Z_{éq}})I_1^2 = (R_1+\frac{R_2+R_A}{m^2}))I_1^2$.

Nous déduisons des courbes :

- $Z = \sqrt{\left(L_1+\frac{L_2}{m^2}\right)^2+\left(R_1+\frac{R_2+R}{m^2}\right)} \approx 33\Omega$,
- $m \approx 0{,}12$
- $R_1+\frac{R_2+R_A}{m^2}\approx 18\Omega$

Ces valeurs permettent de calculer $L_1+\frac{L_2}{m^2} \approx 88mH$ et de vérifier la compatibilité de la valeur de $R_1+\frac{R_2+R_A}{m^2} \approx 16\Omega$ (avec les résistances des bobinages données dans le texte), valeur qui est bien compatible avec les 18Ω issus des courbes.

Par contre il est impossible de déduire des mesures les valeurs de L_1 et de L_2 séparément : il faudrait réaliser des mesures supplémentaires avec le transformateur en circuit secondaire ouvert ou fermé sur une charge résistive non nulle pour compléter l'étude.