

①

MP 21

Production et conversion d'énergie électrique

CARCY CECILE
ABRAMIAN ANAIS

Bibliographie

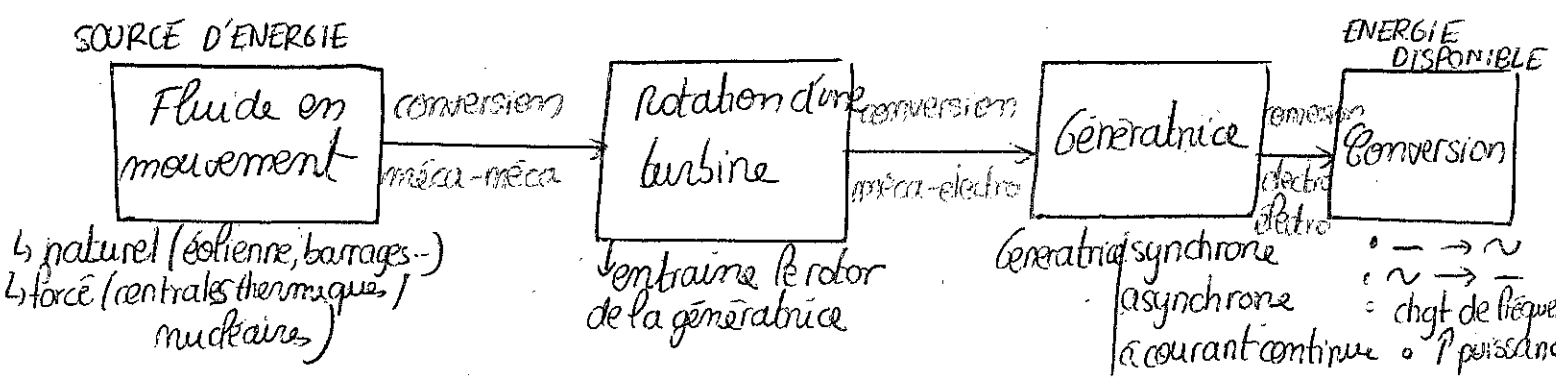
- [1] Diffait élec.
- [2] Quaranta Tome IV
- [3] Précis électrotechnique.
- [4] Electrotechnique, Wildi, Sybille. Ed. de boeck
- [5] Hpepa électronique 2

Introduction [4] Chap 45 et 46

Pour produire de l'énergie, il faut la puiser quelque part. Il y a différents types de production d'énergie :

- ↳ les centrales hydroliques utilisent la force motrice de l'eau.
- ↳ les centrales thermiques brûlent les combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole ou le gaz naturel
- ↳ les centrales nucléaires qui tirent l'énergie de la fission de l'uranium.
- ↳ les parcs éoliens qui exploitent l'énergie du vent.

Mais dans tous les cas on peut représenter le processus de fabrication d'énergie électrique par le schéma suivant :



En France, la plupart des appareils domestiques fonctionnent sur du 230V efficace, 50Hz. Or pour diminuer les pertes par effets Joule lors de l'acheminement entre les lieux de production de l'énergie électrique et les foyers, les tensions sont élevées (jusqu'à 800kV) puis

abaissées à l'approche des foyers par des transformateurs.

[En effet $R = rI^2 = r \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \phi}$ puisque $P = \underbrace{UI}_{\substack{\text{grandeurs} \\ \text{efficaces}}} \cos \phi$ déphasage entre I et U] cf. Quarar. p595

donc pour diminuer R , on augmente U .

Enfin certains appareils nécessitent une alimentation continue. Nous verrons donc le principe du redresseur double alternance qui permet d'obtenir une signal électrique avec une teneur d'ondulation faible à partir du secteur.

I - Générateurs à courant continu.

(2)

On utilise ici l'ensemble constitué de deux générateurs à courant continu (une utilisée en tant que moteur qui entraîne le rotor de l'autre)

Il n'y a pas de motrice mais les valeurs nominales des grandeurs électriques sont notées.

1) Principe d'une génératrice à courant continu.

- Couple des forces de Laplace qui s'exercent sur les rotors (côtés génératrice et moteur).

$$C = K \Phi_0 I$$

- I : courant dans l'induit
- Φ_0 : flux du champ B

$\Phi_0(I_B)$ avec I_B le courant dans l'inducteur.

Dans ce qui suit, on maintient I_B et U_B constant de façon à avoir Φ_0 constant.

A.N $I_B = 0,324 A$
 $U_B = 110 V$ (continu)

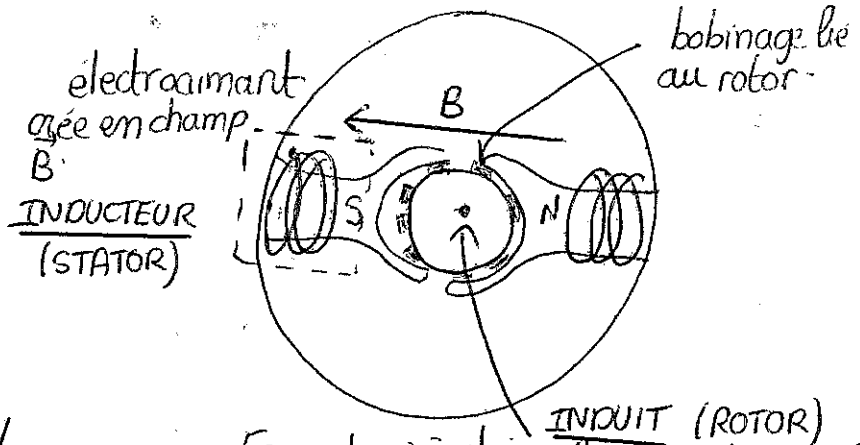
} même valeur pour les 2 inducteurs (branchement parallèle).

Rq: en fait Φ_0 dépend aussi de I (réaction magnétique d'induit qui traduit la perturbation du champ créé par les bobines à B total). Sur certaines machines, cet effet est corrigé par l'ajout d'une bobine auxiliaire d'excitation placée en série de l'induit.

- Fem d'induction couplage électro-méca.

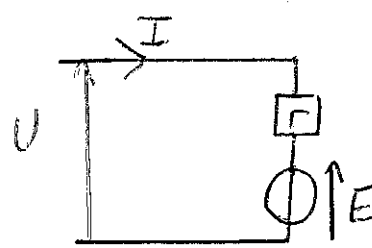
$$E = K' \Phi_0 \Omega$$

E : fem créée à l'induit
 Ω : vitesse de rotation de l'induit / inducteur.
 $K = K'$ si couplage parfait.



- En mode génératrice: le rotor est entraîné et il se crée une fem
- En mode moteur: le bobinage est alimenté ce qui entraîne sa rotor par force de Laplace.

Modèle électromagnétique équivalent pour l'induit, en régime permanent et en tenant compte de sa résistance interne (due aux bobinages)



U : tension aux bornes de l'induit.
 I : intensité parcourant l'induit.

sont

$$U = E + rI$$

Expérience n°1 On vérifie $E = k\Phi_0 \Omega$ pour la génératrice

• Pour cela, on mesure au voltmètre la valeur de la tension aux bornes de l'induit de la génératrice sans charge ($I = 0 \Rightarrow U = E$), c'est-à-dire fonctionnant à vide, et cela pour différentes vitesses de rotation du rotor.

• Pour faire varier Ω , on fait varier la tension que l'on impose aux bornes de l'induit du "moteur" et on relâche Ω grâce à la génératrice tachymétrique (qui est aussi une génératrice à courant continu...)

Rq① ne pas oublier de rajouter un réostat à l'induit de la MCC moteur pour éviter un échauffement dans le circuit de l'induit ($I > I_{max}$).

En effet, au démarrage: $E = 0 \Rightarrow U = rI$ avec r faible donc I grand. La solution industrielle classique consiste à augmenter progressivement la tension de l'induit par variateur de vitesse. Ceci, peut, par exemple, être réalisé grâce au montage hacheur.

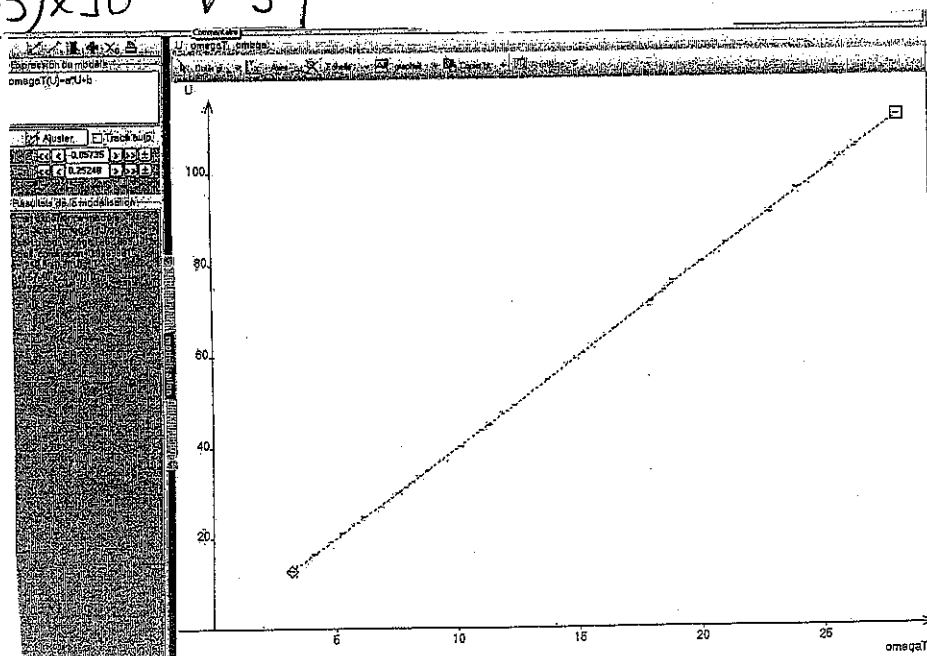
② Pour éteindre le moteur, mettre à zéro d'abord la tension appliquée à l'induit puis celle à l'inducteur. En effet,

$$\left. \begin{array}{l} U = E + rI \\ E = k'\Phi_0 \Omega \end{array} \right\} \Rightarrow \Omega = \frac{U - rI}{k'\Phi_0}$$

si on met I_B à 0 alors que $U - rI \neq 0$ alors $\Phi_0 \rightarrow 0$ et $\Omega \rightarrow \infty$ ce qui entraîne un emballement du moteur.

Résultats obtenus: $E = (252 \pm 0,3) 10^{-3} \Omega \pm (-57,4 \pm 22,00) \times 10^{-3} \text{ V}$

$$k'\Phi_0 = (252 \pm 0,3) \times 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{s}$$



Expérience n°2 Mesure de la résistance interne de l'induit

(3)

- On maintient les mêmes valeurs de I_B et U_B dans les deux inducteurs afin de travailler à B est.
- On règle la tension aux bornes de l'induit côté moteur pour avoir une vitesse de rotation $\Omega = 20 \text{ tours/s}$.
- On rajoute une charge (rhéostat R_c) aux bornes de l'induit côté génératrice (prendre le rhéostat $3 \times 300 \Omega$) que l'on fait varier pour ~~faire~~ faire varier le courant I dans l'induit.

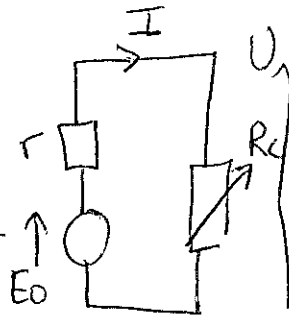
Rq quand on modifie R_c , on modifie I (ex $I \searrow$ qd $R_c \nearrow$) donc on modifie C ($C \searrow$) donc Ω est modifié ($\Omega \nearrow$)

Du coup il faut rajuster à chaque mesure la tension aux bornes de l'induit du moteur pour maintenir Ω est.

On a alors:

$$R_c I = U = E - r I \quad \text{avec } E \text{ est pendant l'expérience}$$

$\downarrow$ mesuré $\downarrow$ mesuré) avec Wattmètre PX 110 metraux



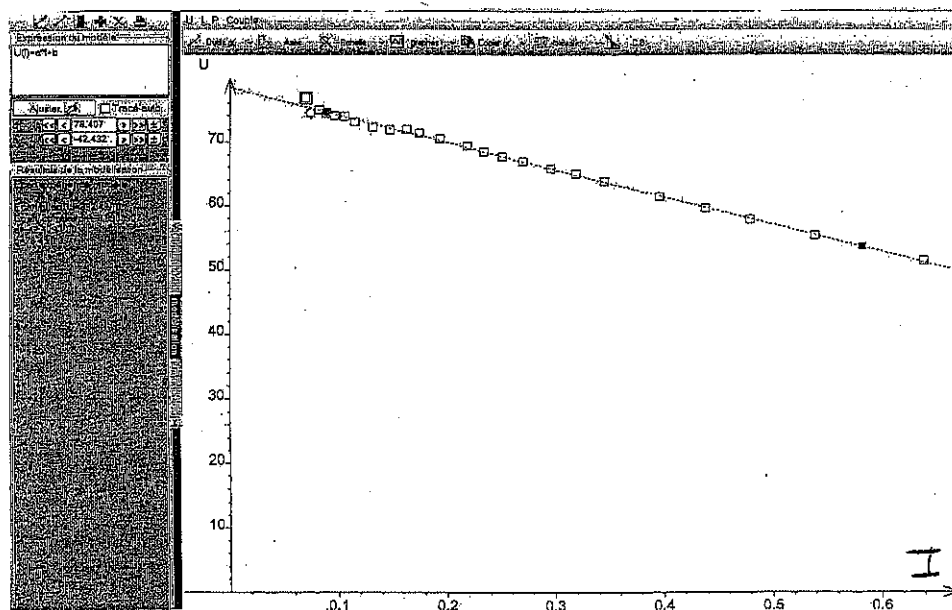
On trace $U = f(I)$.

Précision sur la mesure de U : $1\% \cdot L \pm 3D$

" " " "

P: $2\% \cdot L \pm 3D$

Couple: j'ai pris $0,001 \text{ N}\cdot\text{m}$ (pas de moteur) qui correspond à la précision max lue



On trouve :

$$\begin{aligned} E &= 78,9 \pm 0,3 \text{ V} \\ r &= 412 \pm 11 \Omega \end{aligned}$$

à comparer avec ce que l'on avait obtenu précédemment pour $\Omega = 20 \text{ tours / seconde}$.

(4)

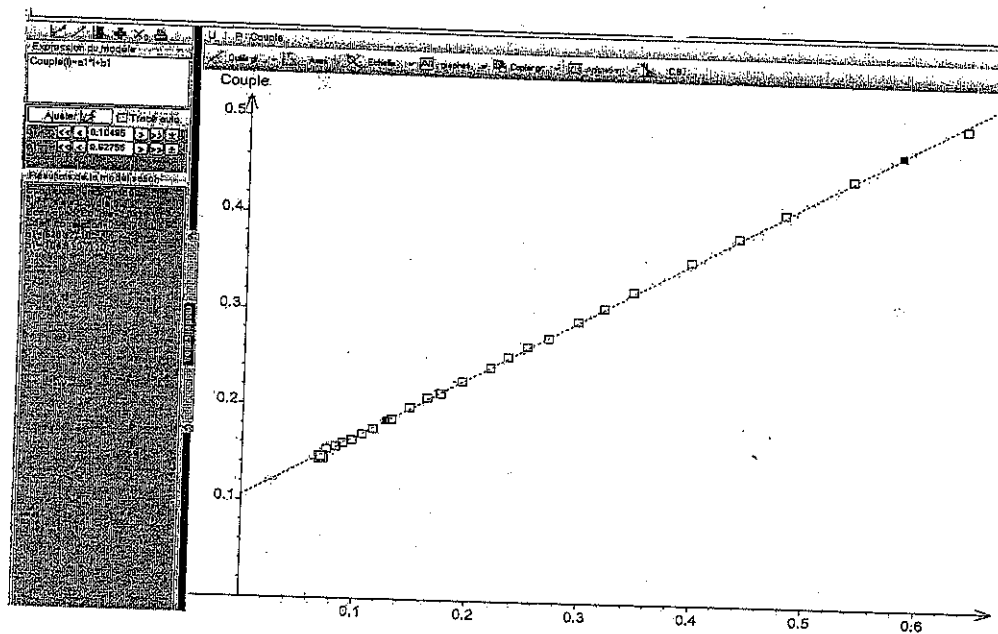
Expérience 3 Mesure de C_{frott}

Bilam en régime permanent :

$$C_m = K\Phi_0 I + C_{\text{frott}}$$

lu sur couplemètre

Pas besoin de refaire la manip $\rightarrow$ il faut aussi mesurer relever C_m lors de la dernière manip !



On trouve

0,105

$$C_{\text{frott}} = 0,0023 \text{ N.m} \pm 0,002$$

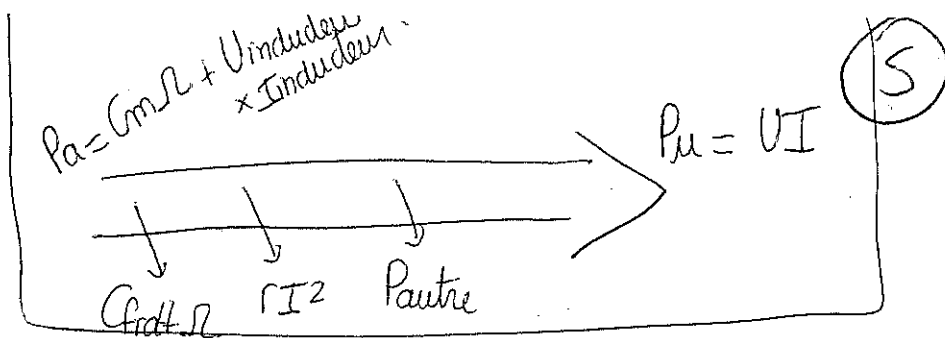
$$K\Phi_0 = 0,628 \text{ N.m.A}^{-1} \pm 0,023$$

Pour I grand, il n'y a plus linéarité $\rightarrow$ par phénomène d'induction

3) Calcul du rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_c}$$

puissance utile.
puissance consommée

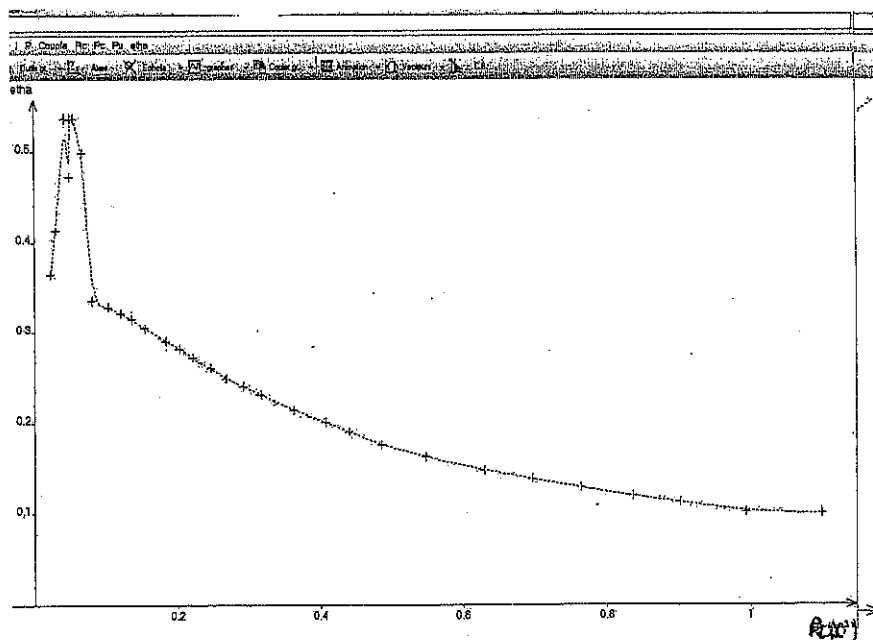


$$P_c = G_m R + U_{\text{inducteur}} \times I_{\text{inducteur}}$$

$$P_u = UI$$

$$R_c = \frac{U}{I}$$

$$\text{On trace } \eta = f(R_c)$$



On trouve un rendement maximum pour $R_c = 50 \Omega$ et $\eta_{\text{max}} = 0,53$ ce qui correspond aux indications des tensions et intensités nominales.

$$R_{\text{nominal}} = \frac{U_{\text{nominal}}}{I_{\text{nominal}}} = \frac{110V}{2A} = 55 \Omega.$$

Incertitude sur η :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta P_u}{P_u}\right)^2 + \left(\frac{\Delta G_m}{G_m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2}$$

$4,4 \times 10^{-5}$ $2,5 \times 10^{-5}$

on néglige l'incertitude sur $U_{\text{inducteur}} \times I_{\text{inducteur}} / G_m R$.

6

II - Transformateur [5] chap 1 & 2

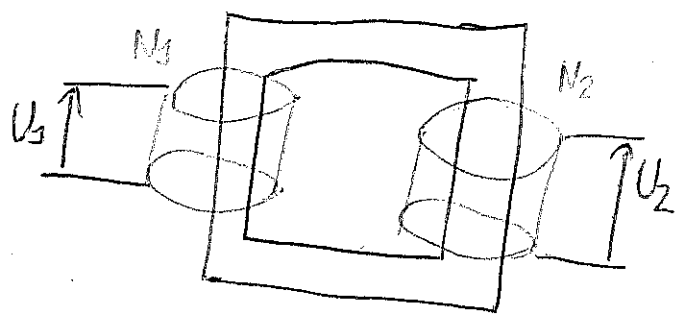
C'est un transformateur dit statique par opposition aux convertisseurs électromécaniques qui convertissent l'énergie en mettant en œuvre un mouvement mécanique.
Il est utilisé pour abaisser ou augmenter la tension (usage domestique ou lors du transport d'électricité)

1) Principe du transfo

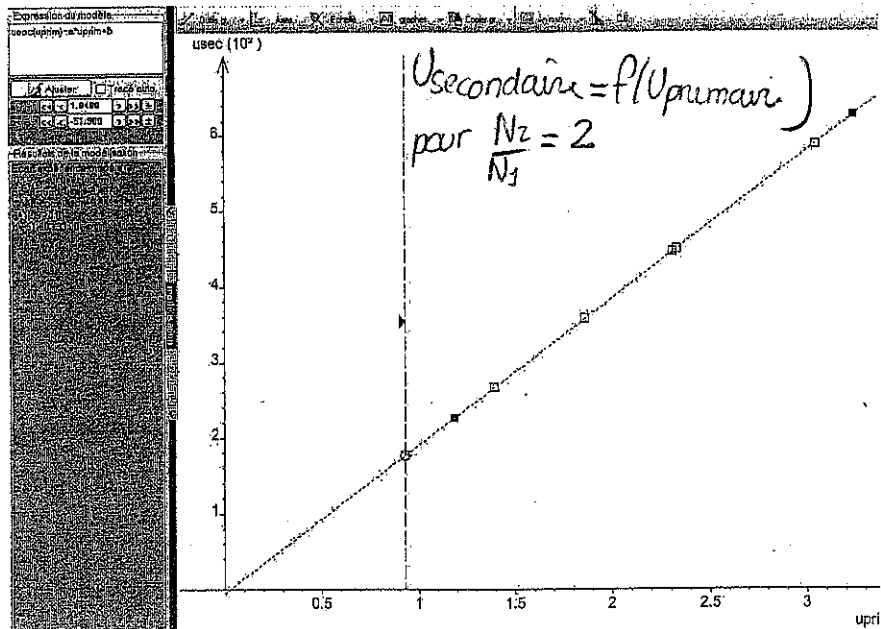
On construit un transfo maison abaisseur de tension à l'aide du 2^e bobines et d'un circuit magnétique en fer doux ($N_1 = 250$ $N_2 = 500$)

On alimente une bobine avec un transfo (qui puisse fournir de la puissance).
Il faut faire attention aux valeurs limite de I dans les bobines.

On mesure la tension à vide aux bornes de la deuxième bobine ($i_2 = 0$) en fonction de U_1 . Et ensuite pour différents rapport N_2/N_1 cad $U_2 = f(U_1)$
 $U_2 = f(N_2/N_1)$



On trouve:



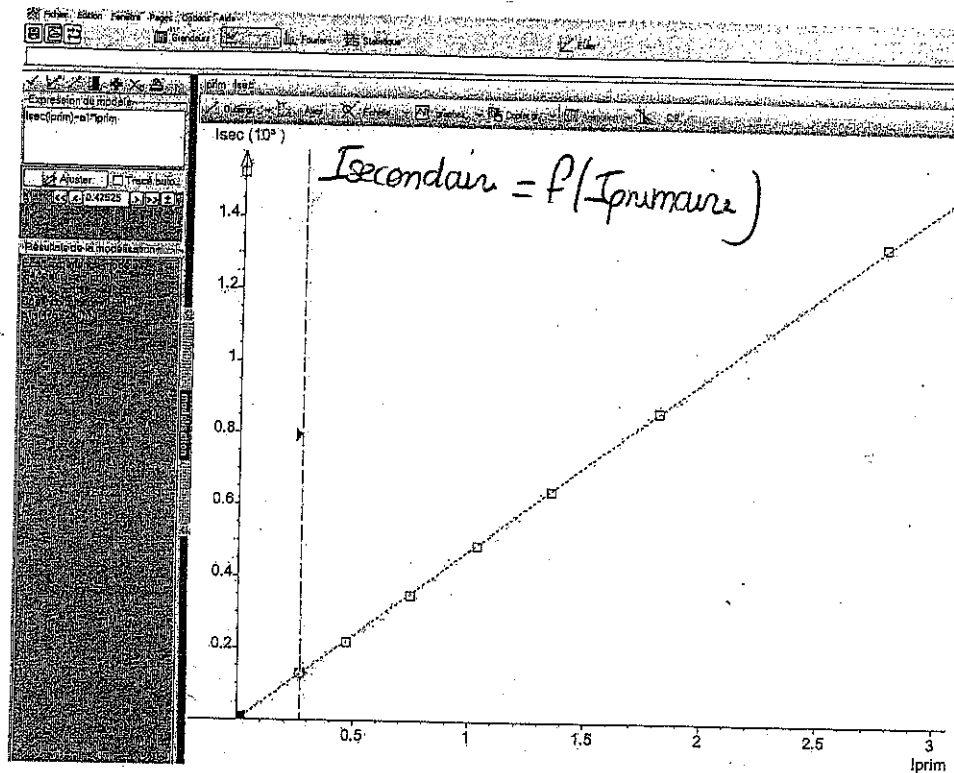
On trouve $\left| \frac{U_{\text{secondaire}}}{U_{\text{primaire}}} \right|_{\text{exp}} = 1,95 \pm 0,01$

Ainsi un transformateur est parfait pour les tensions

Ensuite on mesure à court-circuit

2) Maintenant on met la bobine 2 en court-circuit et on mesure $i_2 = f(i_1)$

On obtient:



On trouve $\left| \frac{I_{\text{secondaire}}}{I_{\text{primaire}}} \right| = 0,47 \pm 0,12$ ce qui correspond bien à la théorie.

En court-circuit, un transfo réel est parfait pour les courants.

On peut aussi visualiser la tension obtenue aux bornes de la deuxième bobine

→ pas sinusoïdal.

→ hystérésis.

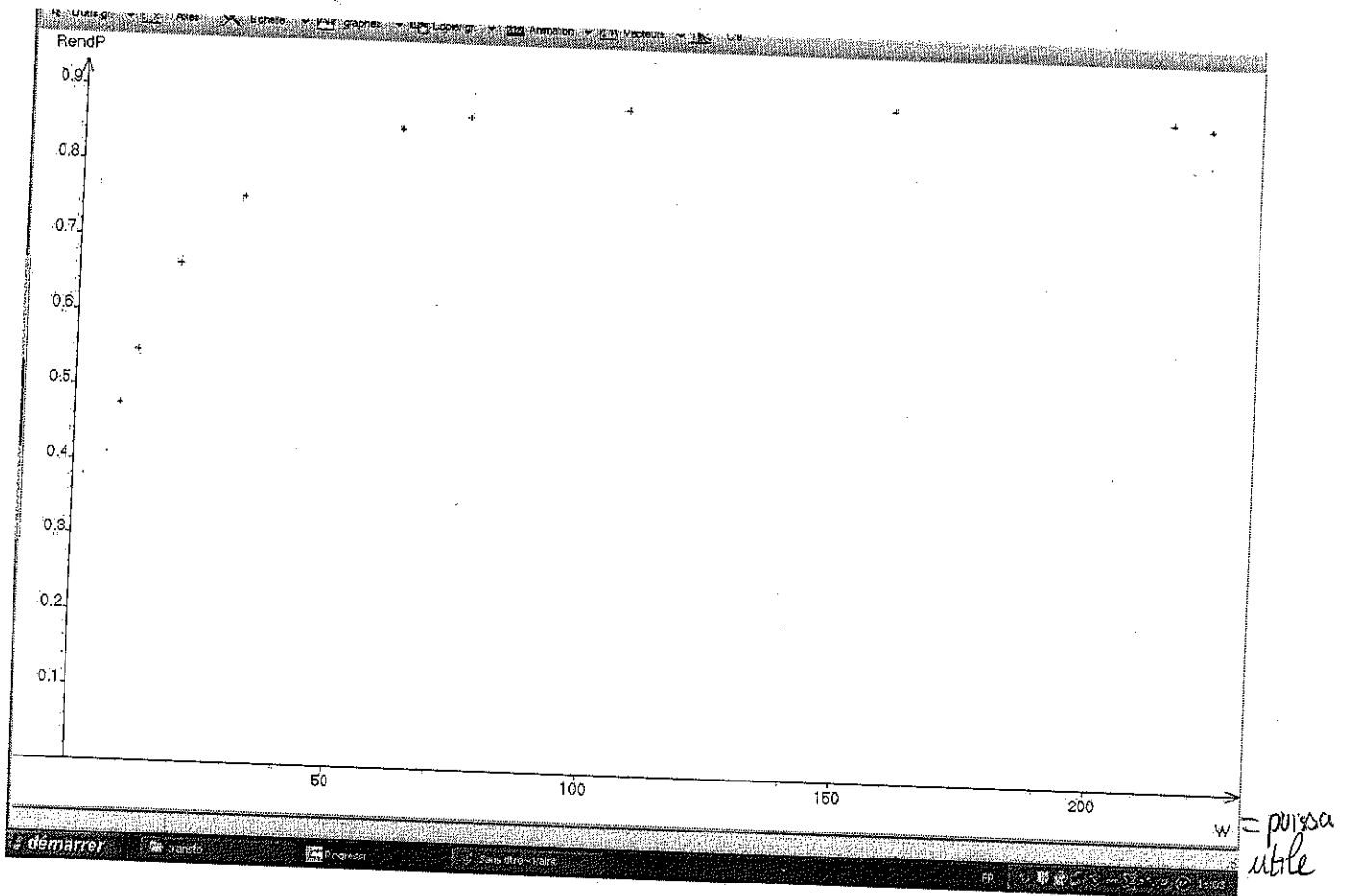
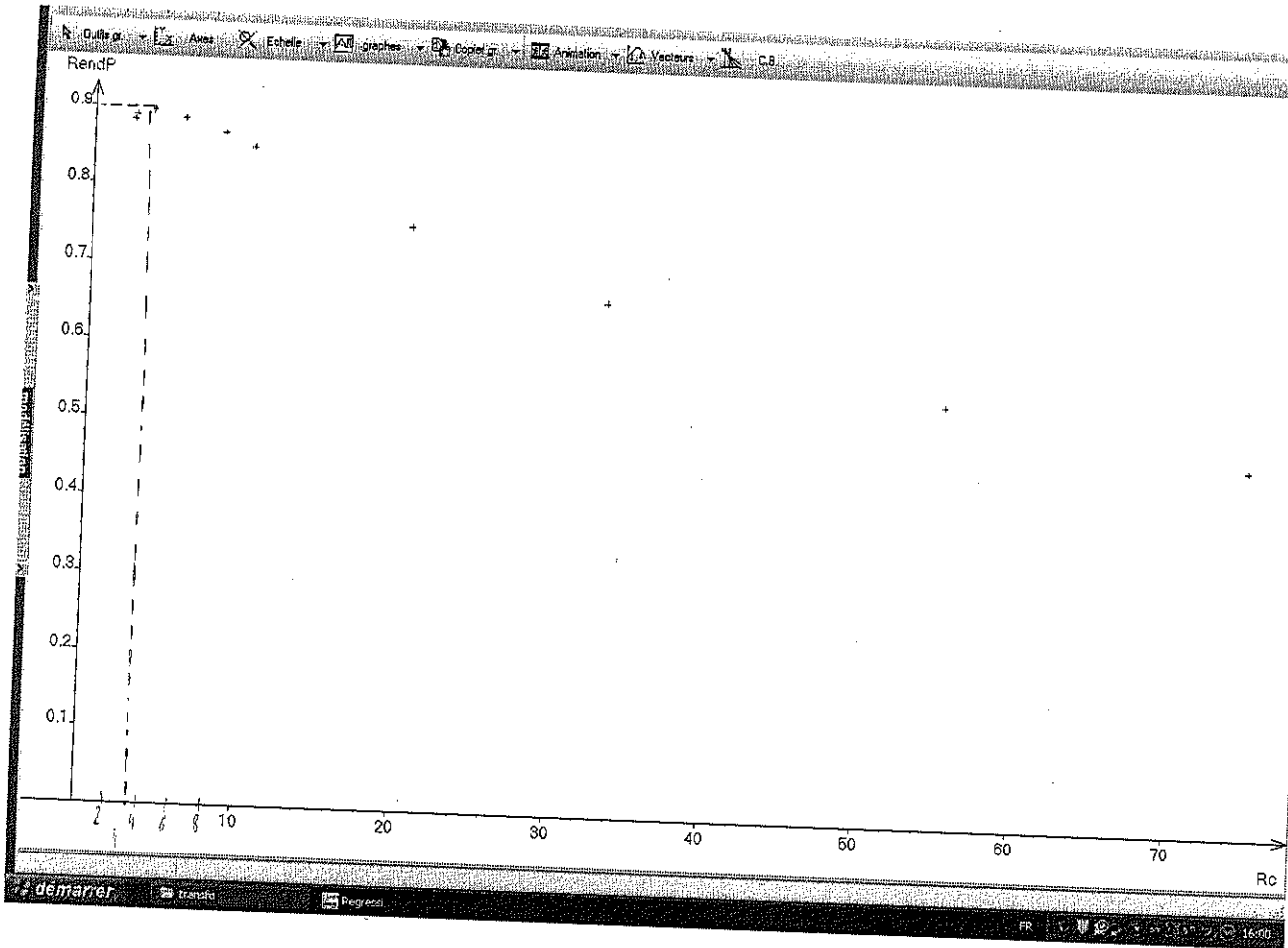
2) Caractéristique du transfo en fct de la charge

On passe sur le transfo 220-24V [P42.43]
8A

On relie le primaire au secteur
secondaire à un rhéostat plusieurs rhéostats pour avoir différentes valeurs de résistance de charge
⚠ faire attention à l'intensité max admissible par les rhéostats.

On mesure la puissance au primaire et au secondaire pour différents R_c .
et on trace $\eta = \frac{P_2}{P_1} = f(R_c)$ $\eta = f(U)$ et $\eta = f(I)$
↳ intensité au primaire ↳ intensité au secondaire.

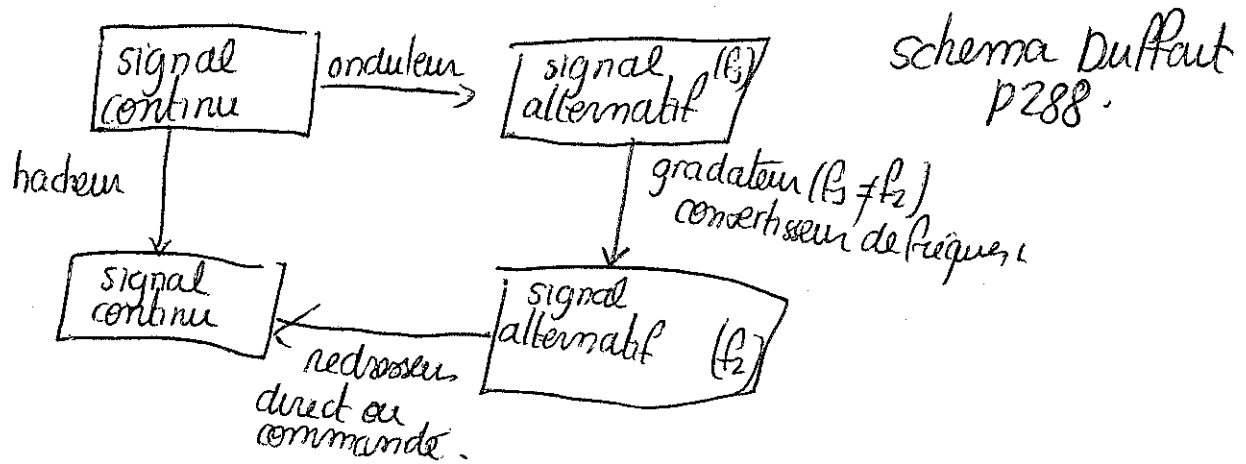
7



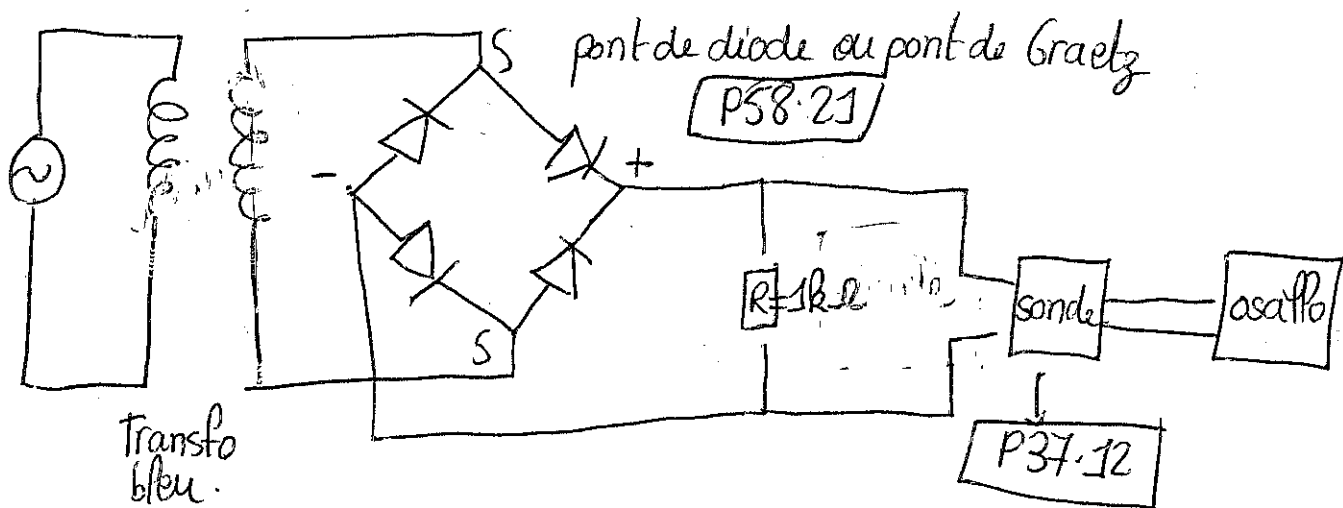
On observe un rendement maximum autour des valeurs nominales indiquées sur le graphique avec $\eta_{\max} \approx 0,89$ %

III - le redresseur : un exemple de conversion (Duffaut)

Certains appareils ménagers fonctionnent avec du continu, d'où l'objectif est donc de produire du continu à partir d'une tension alternative.



1) Redresseur : description



On observe la tension avant et après le pont → redressement.
On calcule le taux d'ondulation.

$$\delta = \frac{\tilde{V}}{\bar{V}}$$

← valeur efficace de la tension alternative
valeur moyenne de la tension sinusoïdale.

A.N $\delta = \frac{2,98}{49,8} = 0,06 \%$

$$\frac{\Delta \delta}{\delta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta f}{f}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2} =$$