

M 21- Conversion et production d'énergie électrique

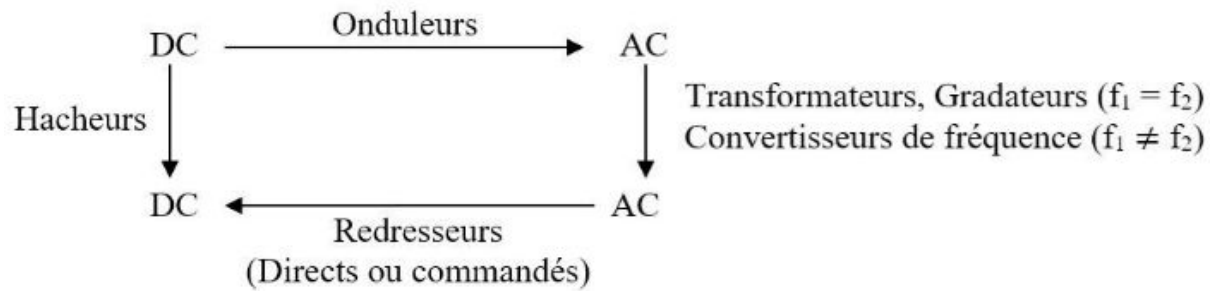


Schéma récapitulatif

AC → AC car Puissance à des fréquences différentes → permet changer la fréquence ou amplitude ?

AC → DC permet d'avoir une source continue à partir de l'alternatif en 220V. → redresseur ; par exemple il peut être linéaire pour les portables

AC → DC par un sy de diode c'est quoi sy ?

Puis passer par un hacheur auto-oscillant

DC → AC on veut le contraire, permet de protéger les ordi → onduleur

Hacheurs → hache le signal

Eq ; conversion avec un bon rendement donc très utilisé

Sert aussi à faire du redressement

Hacheur → Permet d'amener transmission optimale d'énergie électrique.

Mais fait appel à des notions d'électrotech qui ne sont pas évidentes.

Csion : ne pas faire sauf si très à l'aise

aie.

Présenter le transfo même si le jury dit que y'en a pas dans la vie ; Si c'est bien fait ils ne pourront rien dire.

Alors trois manips ça fait beaucoup car transformateur demande beaucoup d'étape donc on peut faire trois avec onduleur et production d'énergie électrique (panneau solaire).

Panneau solaire :

comme une photodiode

La différence c'est qu'on utilise comme générateur



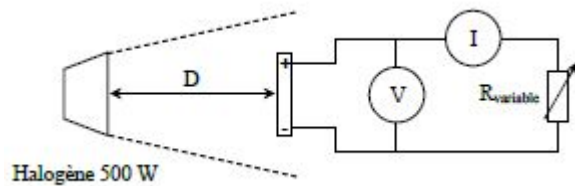


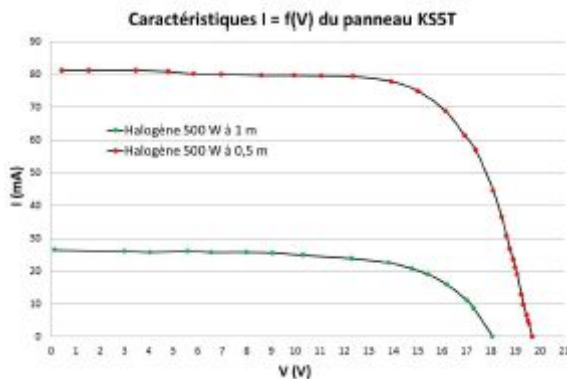
Schéma du montage

On peut placer le panneau à 50 cm ou 1 m de la lampe. La seconde solution permet d'avoir un éclairage un peu plus homogène mais l'effet photoélectrique est plus important avec la distance de 50 cm. On commence par mesurer la tension V_{co} en circuit ouvert (R infini) et le courant I_{cc} en court-circuit ($R=0$) pour estimer la valeur de la résistance de charge autour de laquelle les mesures doivent être faites. On obtient typiquement les valeurs suivantes avec l'éclairage proposé :

	V_{co} (V)	I_{cc} (mA)	$R = V_{co}/I_{cc}$ (Ω)
$D = 50$ cm	19,5	80	250
$D = 1$ m	18	25	700

Association série des jonctions pn donne la tension de fonctionnement du panneau, si on veut augmenter l'ampérage on rajoute des associations de photodiode en parallèle.

On mesure alors V et I en modifiant R autour de ces valeurs pour tracer la caractéristique $I(V)$ du GPV (deux distances) :



En ordonnée on a le courant, en abscisse la tension.

Rouge : droite : éclairage constant, quelque soit la tension à ses bornes : donc dans cette zone le panneau solaire se comporte comme un générateur de courant

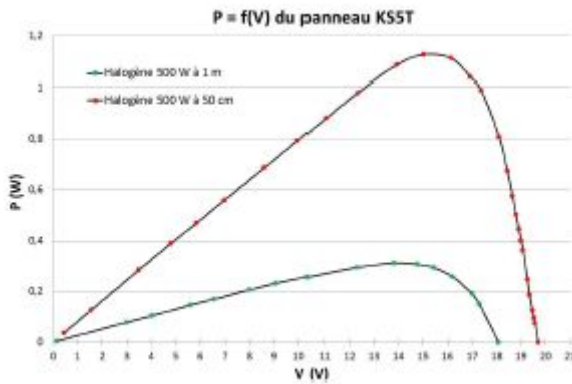
Quand on lui demande bcp de courant,

Attention une fois que le montage est mis en place = ne pas le bouger sinon on ne retombera pas sur les mêmes valeurs;

La puissance que l'on récupère dépend de l'éclairage (logique)

	V_{co} (V)	I_{cc} (mA)	$R = V_{co}/I_{cc}$ (Ω)
$D = 50$ cm	19,5	80	250
$D = 1$ m	18	25	700

On trace $P = VI$ en fonction de V :



Pour avoir un max de puissance, il faut aller à une certaine tension.

En live : on fait qu'une seule distance sinon fluctuation du réseau qui fait que nos valeurs vont pas être top.

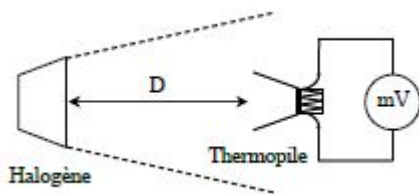
Faire une mesure à 1 m et à 50 cm en préparation. Demander au technicien de faire les points. Et rajouter des points pour une seule des deux courbes en live.

Rendement : I13

Le GPV étant destiné à fournir de l'énergie électrique, il est important de s'attacher à son rendement. on doit donc mesurer la puissance lumineuse reçue pour la comparer à l'énergie électrique maximum récupérable. La source étant polychromatique, on peut utiliser une thermopile pour mesurer la puissance totale issue de la lampe.

Utilisation de la thermopile :

Il suffit de reculer le GPV, placer la face d'entrée de la thermopile à la distance voulue et mesurer la tension V_{Th} à ses bornes à l'aide d'un millivoltmètre. Le corps de la thermopile doit être en équilibre thermique avec le milieu ambiant pour que la mesure soit fiable (on doit notamment avoir un signal stable, idéalement égal à 0 mV dans l'obscurité, qui sert de référence avant de démarrer la mesure).



L'éclairage n'étant pas parfaitement homogène, on peut déplacer la thermopile sur le lieu où se trouve le panneau pour « estimer » une valeur moyenne de V_{Th} (il faut attendre à chaque fois que la mesure se stabilise car le temps de réponse du détecteur est assez important).

Puissance lumineuse reçue :

La sensibilité K_{Th} d'une thermopile est donnée en mV/W. La puissance lumineuse P_{Th} qu'elle intercepte s'en déduit par la relation $P_{Th} = V_{Th}/K_{Th}$. Ce résultat correspond à la

puissance récoltée sur la surface S_{th} du détecteur. La puissance lumineuse reçue au niveau

$$P_{surfacique} = \frac{P_{Th}}{S_{Th}} = \frac{V_{Th}}{K_{Th} S_{Th}}$$

du panneau par unité de surface vaut par conséquent :

Et la puissance arrivant sur le panneau constitué de N cellules de surface individuelle S_1

cellule vaut :

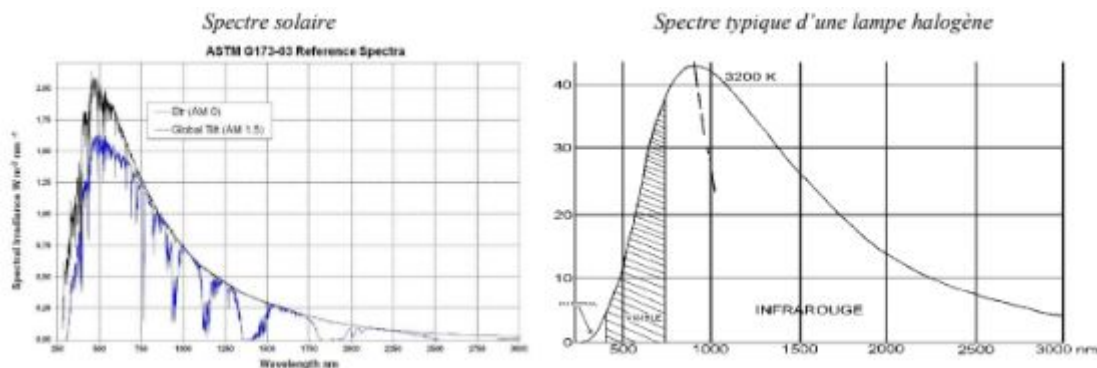
$$P_{reçue} = P_{surfacique} N S_{1cellule} = \frac{V_{Th} N S_{1cellule}}{K_{Th} S_{Th}}$$

Résultats :

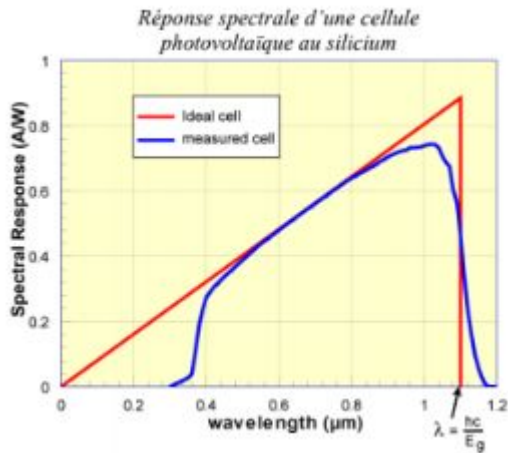
On donne ci-dessous la tension moyenne mesurée pour les deux distances. La sensibilité de la thermopile utilisée vaut $K_{Th} = 59 \text{ mV/W}$ et sa surface d'entrée est un cercle de 2,5 cm de diamètre. Les 36 cellules du panneau KS5T sont des rectangles de 7,5×1,3 cm de côté donc la surface active vaut $N.S1 \text{ cellule} = 351 \text{ cm}^2$. On en déduit la puissance lumineuse reçue par le GPV qu'on compare à la puissance électrique maximum qu'il délivre (mesures du § précédent).

	$P_{max} \text{ (W)}$	$V_{Th} \text{ (mV)}$	$P_{surfacique} \text{ (W.m}^{-2}\text{)}$	$P_{reçue} \text{ (W)}$	Rendement (%)
D = 50 cm	1,13	13,9	480	17	6,6
D = 1 m	0,31	4,35	150	5,3	5,9

Le rendement peut être comparé à la valeur annoncée par le constructeur. Il indique qu'on peut récupérer jusqu'à 5 W d'électricité avec un éclairage de 1 000 W/m², soit une puissance lumineuse interceptée par le panneau de 35 W compte tenu de sa surface active. Ces chiffres conduisent à un rendement de 14,3 %. Il y a une différence notable avec les résultats obtenus mais les spécifications du fabricant correspondent à un éclairage solaire standardisé qui n'a pas le même spectre que celui de la lampe halogène :



Le spectre solaire est proche de celui d'un corps noir à 5 900 K et présente une émissivité importante dans la zone de sensibilité des cellules photovoltaïques. La lampe halogène a une température de couleur plus basse (maximum d'émissivité vers 1 000 nm), ce qui fait qu'une bonne partie de son spectre n'est pas utilisé par le GPV alors qu'il est pris en compte par la thermopile. Il est donc normal qu'on obtienne un rendement différent de celui annoncé.



Inconvénient thermopile ; tenir compte de la section d'entrée, temps de réponse



*Eventuellement remplacer la thermopile par ce bidule.
Question : quelle est la bande spectrale de ce truc. (peut être pas la même bande spectrale que la thermopile)
réagit plus vite, et on a direct la mesure surfacique donc la conversion est moins chiant à faire. → on peut aller bcp plus vite*

Sur les panneaux, il faut déplacer le solarimètre sur plusieurs endroit du panneau pour faire une moyenne.

*En gros on fait la même chose que dans le TP mais on remplace la thermopile par le solarimètre.
(en espérant qu'il y en ai un à l'oral)*

*la thermopile fait trois quatre cm de profondeur donc faut reculer le tableau pour mettre à la même hauteur. Idem pour le solarimètre (mais moins large donc recule moins)
Pas hyper précis mais ce qu'on veut c'est un ordre de grandeur*

Un halogène n'est pas un soleil. Donc pas le même spectre d'émission. Donc forcément on ne retrouve pas le même rendement.

400 et 1000 nm pour le soleil : donc une bonne partie du spectre est dans la zone intéressante du panneau

Alors que halogène entre 700 et 2500, donc forcément une partie est dans la zone intéressante, mais une partie (infrarouge) n'est pas dans la zone du panneau, donc forcément le rendement n'est pas fou par rapport au soleil.

On ne peut pas se permettre de faire les mesures dans des conditions réalistes (pb de reproductibilité des mesures avec les nuages).

Recap manip ;

Mesure

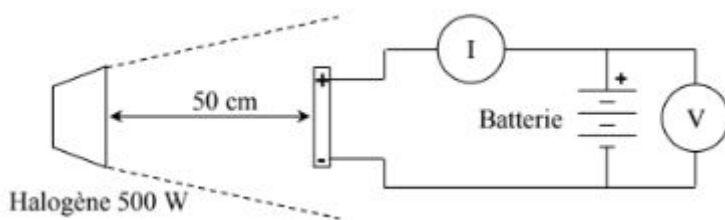
Montrer la caractéristique du panneau

Montrer la caractéristique nominale

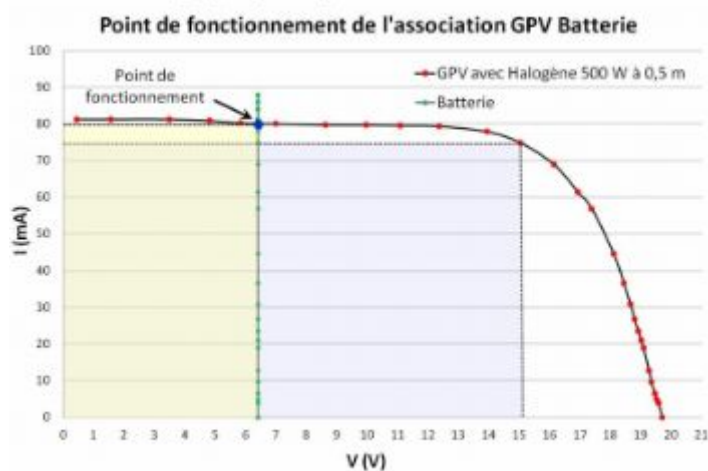
Rendement

Montrer le principe du stockage de la batterie : II.1.2 (pas indispensable)

Charge par connexion directe du GPV : il faut mesurer la f.é.m. de la batterie avant de commencer. Si elle est trop élevée, on peut décharger l'accumulateur en branchant un rhéostat d'une trentaine d'ohm à ses bornes et s'arrêter lorsqu'on atteint $\approx 6,3$ V.



Le courant doit rester \approx constant et proche de I_{CC} quand le panneau est éclairé. La tension augmente très légèrement en cours de charge mais reste proche de 6,5 V (débrancher la batterie une fois ces observations faites). Ce comportement s'explique en regardant l'intersection des caractéristiques des deux éléments. Le § I.1.1 donne celle du GPV. La caractéristique de la batterie s'obtient avec sa f.é.m. E et sa résistance interne r . Le constructeur annonce une résistance de $25 \text{ m}\Omega \rightarrow$ on a $U = E + r \cdot I \approx E$ dans la plage de courant étudiée. La caractéristique $I(V)$ de l'accumulateur est donc une droite quasi-verticale, d'où l'obtention graphique du point de fonctionnement :



Ce point se situe dans la zone où le panneau fonctionne pratiquement comme un générateur de courant (d'où $I \approx$ constant) et il est assez loin du point de puissance maximum trouvé au § I.1.2. La zone en jaune correspond à la puissance $P = V \cdot I$ que le panneau fournit à la batterie en charge ($\approx 6,5 \text{ V} \times 80 \text{ mA} = 0,52 \text{ W}$) alors que la zone en mauve représente la puissance maximum qu'il peut fournir dans les conditions d'éclairement utilisées ($\approx 15 \text{ V} \times 75 \text{ mA} = 1,13 \text{ W}$). La connexion directe de la batterie sur le GPV conduit donc à une charge peu optimale puisque moins de 50 % du potentiel du panneau est utilisé. On va voir qu'un hacheur permet d'améliorer le transfert de puissance entre les deux systèmes.

tension 20 V à vide

Batterie 6V, elle veut rester à 6V, donc pt de fonctionnement à 6V et impose le courant.

Expliquer la chute de tension

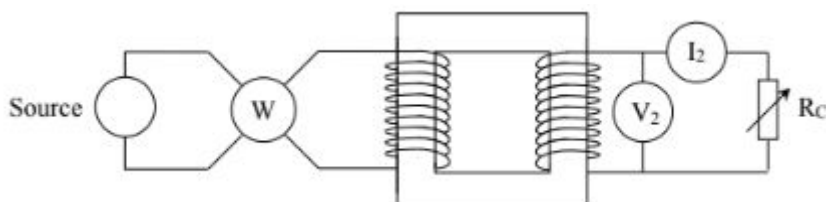
Le pt de fonctionnement n'est pas optimal mais avec un hacheur on pourrait faire mieux.

Idéalement faudrait une batterie de 15V pour avoir une meilleure puissance.

IV . Conversion alternatif - alternatif : le transformateur

IV - 1. Mesures en charge

On considère une charge résistive. L'étude est menée sur un transformateur industriel car les systèmes pédagogiques types Leybold présentent trop de fuites magnétiques. On utilise un modèle 24 V/12 V de puissance nominale apparente 50 VA (dispositif Pierron MD02054). A cette donnée correspond des valeurs nominales de courant au primaire ($i_{1\text{ nom}} = 50\text{VA}/24\text{V} \approx 2,1\text{ A}$) et au secondaire ($i_{2\text{ nom}} = 50\text{VA}/12\text{V} \approx 4,2\text{ A}$) qu'il ne faut pas trop dépasser sous peine de griller le fusible de protection présent sur la maquette.



Source : alimentation Phywe 30V/12A AC/DC

W : wattmètre ISW 8000 (il permet de mesurer la puissance, la tension et le courant au primaire)

Transformateur : 24V/12V 50 VA Pierron MD02054

V₂, I₂ : multimètres RMS en mode AC. Attention au choix du calibre de l'ampèremètre avec une résistance de charge faible.

R_C : rhéostats 330 Ω, 35 Ω et 10 Ω pour explorer une gamme de courant importante.

On mesure V₁, I₁, P₁, I₂ et V₂ pour différentes valeurs de R_C sans dépasser I_{2 nom} en maintenant V₁ à sa valeur nominale de 24 V.

Ne pas utiliser les transfo d'enseignement !! Transfo didactique avec de mauvaises caractéristiques. PAS LEYBOLD MAIS INDUSTRIEL. (Transfo 24 V/12 V 50 VA Pierron MD02054)

Pour des raisons de sécurité on est passé à 24V/12V

si on prend un alternostat → ATTENTION de pas cramer le transfo qui prend du 24V.

50 VA = puissance apparente

50 VA/24 = 2 A = courant nominale (cad quand ça fonctionnera au top)

Ne pas dépasser ces valeurs là

Wattmètre ; on mesure successivement la tension, le courant

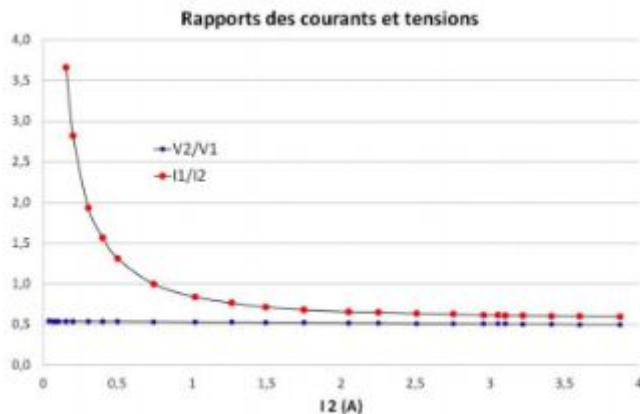
En sortie du transfo : Tension qui sort du transfo et courant que l'on récupère avec des voltmètres RMD en mode AC

Manip un peu dangereuse

faire gaffe aux appareils, attention ampèremètre, prendre rhéostat. et maintenir à 24 V

IV.2 Lois des courants et tensions

On trace l'évolution des rapports I_1/I_2 et V_2/V_1 en fonction de I_2 :

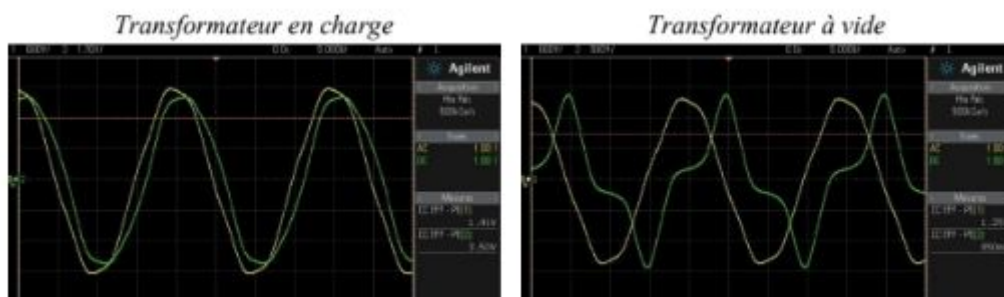


Courbe bleu : la loi des tensions → on la représente en fonction du courant en sortie

Quasi tjrs vérifiée

La loi des tensions est bien vérifiée. L'accord est optimum à faible courant et il y a un très léger fléchissement quand le courant augmente comme le prévoit le modèle de Kapp (cf. expression de u_2 en annexe).

Courbe rouge : La loi des courants recoupe celle des tensions à courant fort mais il y a un désaccord important à courant faible (ce point est aussi expliqué en annexe). On peut regarder le courant I_1 en observant à l'oscilloscope la tension aux bornes d'une résistance de puissance de faible valeur insérée dans le circuit primaire (attention aux problèmes de masse). Le courant (représenté en vert sur les exemples) est pratiquement sinusoïdal et en phase avec V_1 quand on est à pleine charge alors qu'il est fortement non sinusoïdal et déwatté quand le débit est faible (cf. annexe) :



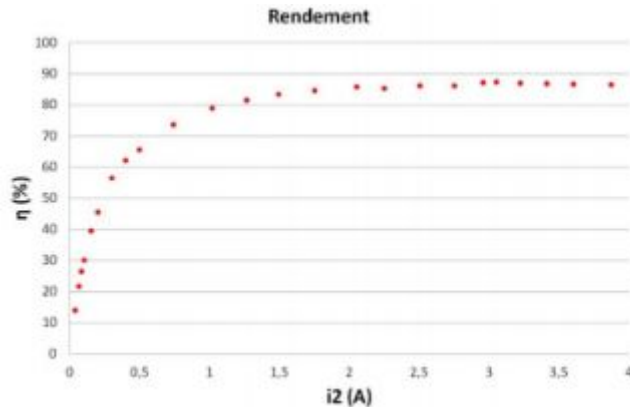
A vide :

Courbe jaune tension : sinusoïdale

Courant en vert pas du tout sinusoïdale et déphasé (maximum quand la tension est minimale → cf théorie du transformateur)

IV. 3. Rendement

Le wattmètre mesure la puissance P_1 absorbée au primaire. Le produit $U_2 \cdot I_2$ donne celle débitée par le transformateur puisque la charge est résistive. On peut donc calculer le rendement du transformateur et représenter son évolution en fonction de I_2 :



Le rendement est mauvais à courant faible car la puissance fournie pour magnétiser le matériau n'est pas négligeable par rapport à la puissance débitée. Un transformateur surdimensionné par rapport à des besoins donnés est donc inutile car il y a beaucoup de pertes pour un coût à l'achat plus important. Le rendement augmente rapidement avec la demande en courant et se stabilise à $\approx 86\%$ lorsque les lois des tensions et courant sont simultanément vérifiées. Cette zone où le fonctionnement est optimum démarre à environ 2 A pour le transformateur d'étude. Elle correspond à une puissance apparente en sortie comprise entre ≈ 24 et 50 V.A.

rendement pas trop mal (90% environ en charge) sauf si on ne demande pas bcp de courant au transfo.

Sur le transfo, plusieurs pts nominaux de fonctionnement (entre 2 et 4 A)

Plus de pertes si on travail à faible courant $\rightarrow 50\%$

IV.4 Mesure par méthode des pertes séparées

Quand on impose U on impose B

Les pertes fer vont être proportionnelle à la tension imposée

pour avoir les pertes fer faudra mesurer ce qu'on consomme le transfo a la tension 24 V

Maintenant si on veut séparer les pertes :

- *ESSAI EN COURT CIRCUIT : perte cuivre faudra travailler sous les courants nominaux (car pas de perte fer) et tension $\rightarrow 0$*
- *ESSAI A VIDE : pour pertes fer, tension nominale imposée moins de courant possible ($\rightarrow 0$) pour minimiser les pertes joules*

Attention essai à vide est dangereux !! car à vide !!

ne pas balancer du 220 V la dedans.

Des phénomènes dissipatifs apparaissent dans les deux parties du transformateur. La circulation des courants dans les bobines provoque des pertes par effet Joule appelées

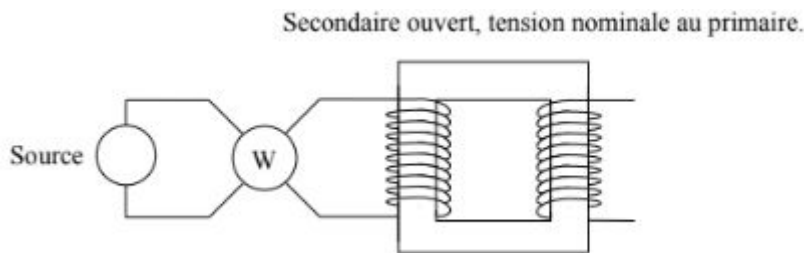
pertes cuivre ($P_{Cu} = R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2$). Le champ magnétique alternatif régnant au sein de la carcasse ferromagnétique entraîne des pertes par hystérésis et courants de Foucault appelées pertes fer. Elles dépendent de la tension appliquée puisque c'est la valeur de V_1 qui fixe ϕ et B (cf. **annexe**). La méthode des pertes séparées consiste à mesurer la puissance absorbée par le transformateur au cours de deux essais :

- le premier est réalisé sous tension nominale avec le secondaire ouvert (essai à vide). Les pertes fer sont les mêmes qu'en charge puisque le flux est pratiquement identique (V_1 fixe ϕ) et il y a très peu de pertes cuivre car les courants sont minimums (courant magnétisant au primaire) $\rightarrow P_{1co} \approx P_{Fer}$.

- le deuxième est effectué avec le secondaire en court-circuit en faisant circuler le courant I_2 prévu en charge. Les pertes cuivre correspondent alors à celle du régime nominal (mêmes courants) et il y a très peu de pertes fer car on travaille avec une tension V_1 beaucoup plus faible puisque $V_2 \approx 0 \rightarrow P_{1cc} \approx P_{Cu}$.

Ces deux essais permettent donc la mesure séparée des deux types de pertes.

Essai à vide :



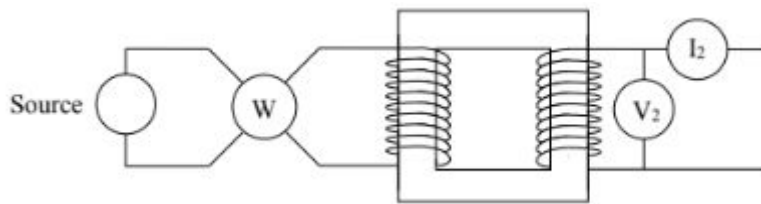
On a mesuré $P_{1co} \approx P_{Fer} = 3,02 \text{ W}$ pour $U_1 = 24 \text{ V}$ avec le modèle d'étude. On peut estimer les pertes par effet Joule dans cet essai en mesurant la résistance r_1 du primaire (mesure 4 fils, transformateur chaud) ainsi que le courant à vide I_{10} . On a obtenu $r_1 = 0,422 \Omega$, $I_{10} = 0,533 \text{ A}$, d'où $P_{Cu} = R_1 \cdot I_{10}^2 = 0,04 \text{ W} \ll P_{Fer}$ comme attendu.

Remarque : Les pertes Fer peuvent aussi se mesurer en mesurant la surface du cycle d'hystérésis du transformateur \rightarrow se reporter au montage « Magnétisme » pour plus de précision sur ce point.

Essai en court-circuit : (essais de la mort qui tue !! Cramage assuré si on ne fait pas attention !) lol

Secondaire en court-circuit, courant prévu en charge au secondaire.

Il vaut mieux faire cette mesure avec un transformateur chaud car la résistance des enroulements dépend de la température. Cet essai est très risqué pour le matériel car le secondaire est en court-circuit donc le courant I_2 est seulement limité par l'impédance de sortie Z_s du transformateur et elle est faible \rightarrow Il faut augmenter très progressivement U_1 en surveillant I_2 . Le courant au secondaire peut être mesuré avec un ampèremètre mais la petite chute de potentiel apparaissant aux bornes de l'appareil peut induire une erreur systématique non négligeable (on n'est pas tout à fait en court-circuit) donc il vaut mieux mesurer la tension V_2 pour corriger le résultat :



Une autre solution consiste à court-circuiter réellement le secondaire et mesurer I_2 avec une pince ampèremétrique. Le résultat est plus juste (pas d'erreur systématique) mais moins précis car on se retrouve généralement dans le bas de la gamme de mesure de la pince. Les deux solutions ont été testées avec le modèle d'étude en prenant un courant de charge $I_2 = 3 \text{ A}$ pour ne pas trop s'approcher de la limite de rupture du fusible de sécurité. On a obtenu les résultats suivants :

Avec un ampèremètre :

$V_1 \text{ (V)}$	$P_{1cc} \text{ (W)}$	$V_2 \text{ (V)}$	$I_2 \text{ (A)}$	$P_{1cc} \text{ corrigé} = P_1 - V_2 I_2 \text{ (W)}$
2,45	3,82	0,487	3,07	2,32

Avec une pince :

$V_1 \text{ (V)}$	$P_{1cc} \text{ (W)}$	$I_2 \text{ (A)}$	$P_1 \text{ (W)}$
1,74	2,5	3	2,5

La correction sur la première mesure est bien nécessaire ici car la puissance $V_2 \cdot I_2$ dissipée dans l'ampèremètre n'est pas négligeable. On obtient alors un résultat cohérent avec celui de la pince ampèremétrique. On voit aussi que la tension à appliquer au primaire pour obtenir le courant I_2 est très faible. Il faut donc faire très attention quand on réalise cet essai.

Comparaison avec l'essai en charge :

On a obtenu $P_1 = 42,8 \text{ W}$ et $P_2 = 37,4 \text{ W}$ pour un courant $I_2 = 3,05 \text{ A}$ lors des mesures du § IV.1. On doit avoir $P_1 = P_2 + P_{Fe} + P_{Cu} \approx P_2 + P_{1cc} + P_{1cc}$ d'après la méthode des pertes séparées. On a ici $P_2 + P_{Fe} + P_{Cu} \approx 37,4 + 3,02 + 2,4 = 42,82 \text{ W} \approx P_1 \rightarrow$ Cette méthode donne donc de bons résultats et permet d'estimer le rendement du transformateur sans avoir à faire d'essais en charge.

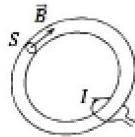
IV.5 pas besoin de le faire !

voir annexe formule d'hopkinson.

ANNEXE : LE TRANSFORMATEUR

I FORMULE D'HOPKINSON

On considère un circuit magnétique isotrope, sans pertes et entouré de conducteurs parcourus par des courants d'intensité I :



Théorème d'ampère :

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = \Sigma I$$

$$\begin{aligned} \vec{B} &= \mu \cdot \vec{H} \rightarrow \Sigma I = \oint \frac{\vec{B} \cdot d\vec{\ell}}{\mu} \\ &= \oint \frac{B \cdot d\ell}{\mu} \text{ si on suppose que } \vec{B} \text{ est parallèle à } d\vec{\ell} \text{ sur tout le contour d'intégration.} \end{aligned}$$

Or $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S$ dans ce cas, d'où :

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad \text{et} \quad \oint \frac{\Phi \cdot d\ell}{\mu \cdot S} = \Sigma I$$

Comme le flux Φ est constant à travers le tube d'induction (pas de pertes), on a :

$$\Phi \oint \frac{d\ell}{\mu \cdot S} = \Sigma I$$

Soit la formule dite d'Hopkinson :

$$\Sigma I = \Re \cdot \Phi \quad \text{avec} \quad \Re = \oint \frac{d\ell}{\mu \cdot S} \quad \text{la réluctance du circuit}$$

Analyse du résultat :

La circulation des courants I dans les conducteurs provoque l'apparition d'un champ magnétique qui aimante le matériau. Il en résulte un champ B global donc un flux $\Phi = B \cdot S$ dans le tube d'induction. La formule d'Hopkinson montre que la réluctance relie la cause I à la conséquence Φ → cette loi est l'analogue pour les circuits magnétiques à la loi d'Ohm $U = RI$ pour les circuits électriques. Le terme ΣI est la force magnétomotrice qui engendre le flux Φ et une réluctance faible est intéressante car les courants peuvent alors engendrer des flux forts et donc des champs magnétiques intenses. Cette condition peut s'obtenir en utilisant des matériaux de forte perméabilité μ (matériaux ferromagnétiques). En contrepartie, l'aimantation est non linéaire de l'aimantation car μ n'est pas une constante puisqu'elle dépend de l'excitation H (cf. montage sur le magnétisme).

On aboutit à une analogie de type

$$U = RI$$

En magnétisme :

$U =$ somme des courants

$I \rightarrow$ Flux

Une différence de courant qui est égal à un flux fois un coefficient (ici c'est la réluctance)

Si on a que du matériau ferromagnétique : cycle d'hystérésis classique

reluctance faible, courant faible, si grand.

flux d'autant plus grand que reluctance sera faible

Magnétisme :

reluctance faible intéressant car on a des gros champs avec des courants raisonnable.

Reluctance : en inverse de μ

On peut jouer sur le μ du matériau (donc dans l'air très faible flux par ex alors que dans matériau très bien)

A retenir

pour que les lignes de champ passent dans les spires :

- μ infini

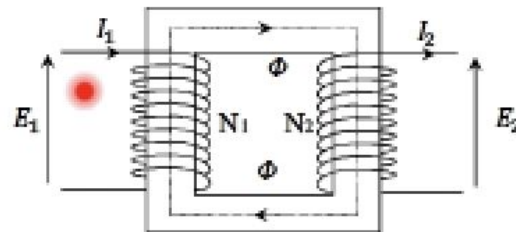
-reluctance nulle

courant va donc essayer d'aller dans la spire (car essaye de faire le moins d'effort possible)

$$N_1 \cdot I_1 + N_2 \cdot I_2 = 0$$

→ Donc on aboutit à la loi des courants $I_1/I_2 = -N_2/N_1 = -m$

II.1 Le transformateur idéal



On fait les hypothèses suivantes :

- la perméabilité μ_r du circuit magnétique est supposée infinie
→ la réluctance du circuit est nulle (hypothèse 1) et les lignes de champ sont entièrement canalisées dans le matériau ferromagnétique. Le flux au primaire est par conséquent le même que celui au secondaire (hypothèse 2).

- les pertes dans le circuit magnétique (par hystérésis, courant de Foucault) et celles dans les enroulements (par effet Joule) sont supposées nulles (hypothèse 3).

On adopte la convention générateur pour le primaire et la convention récepteur pour le secondaire. La formule d'Hopkinson appliquée au transformateur s'écrit $N_1 I_1 + N_2 I_2 = \mathcal{R} \Phi$. Elle devient $N_1 I_1 + N_2 I_2 = 0$ avec l'hypothèse 1, d'où la loi suivante appelée loi des courants :

$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = -\frac{N_2}{N_1} = -m} \quad \text{avec } m = \text{rapport de transformation}$$

L'hypothèse 3 permet d'écrire les relations : $E_1 = N_1 \frac{d\Phi_1}{dt}$ et $E_2 = -N_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$

L'hypothèse 2 permet la simplification suivante : $E_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$ et $E_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$

On en déduit la loi des tensions du transformateur idéal :

$$\boxed{\frac{E_2}{E_1} = -\frac{N_2}{N_1} = -m}$$

Les lois des courants et tensions sont simultanément vérifiées avec ces hypothèses, et le rendement est égal à 1 puisque $P_1/P_2 = (E_1 I_1)/(E_2 I_2) = 1$.

$$U = R_i + j\omega L_i$$

$$U = R_i + N \frac{d(\Phi_i)}{dt}$$

matériau parfaitement perméable (aucune ligne de champ ne s'échappe du matériau)

ce qui aboutit à la loi des tensions

On trouve un rendement = 1 car on a supposé qu'il n'y avait pas de pertes donc forcément

D'un pt de vue expérimental :

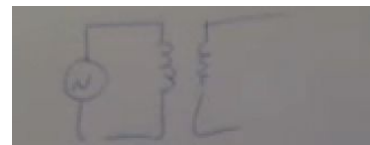
Nous on maîtrise la

tension primaire donc on

impose le flux.

Si on impose une

tension sinusoïdale →



$$V = R_i I_1 + N_1 \frac{d\Phi}{dt} \approx N_1 \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow V \approx N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

on impose B , donc B sera sinusoïdale. (toutes les grandeurs que l'on repère par rapport à B sera sinusoïdale)

En fonctionnement à vide :

Si on demande un flux avec une réluctance faible on aura pas besoin de bcp de courant, donc gros avantage par rapport à un pont diviseur de tension. Mais si on fait ça on utilise des résistances (1100 ohms) donc ça consomme.

Interet transfo : il fait la même chose mais des demandes en courant bcp plus faible à vide.

Quand on impose U on impose B

Les pertes fer vont etre proportionnelle a la tension imposée

Rapports

2014,2015, 2016 Production et conversion d'énergie électrique : Le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés (moteurs, tachymètres, variateurs...) doivent être connus afin que la présentation illustre pleinement le sujet et ne se limite pas à des mesures de rendement. D'autre part, lors de l'étude de dispositifs de production et de conversion d'énergie électrique, la notion de point de fonctionnement nominal est importante ; en particulier, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes. Enfin, les modèles utilisés pour décrire ces dispositifs ne doivent pas être trop simplifiés, au risque d'obtenir des écarts excessifs entre les modèles et les systèmes réels.

2009 2010 2013 Conversion de puissance électrique-électrique : Comme l'an dernier, le jury regrette de ne pas voir plus souvent de réelles mesures de puissance et de rendement, pour des convertisseurs utilisés en régime nominal. Dans ce montage, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes.

2011 2012 Conversion de puissance électrique-électrique : Suite aux remarques des années précédentes l'utilisation du régime nominal de fonctionnement a été plus répandue cette session. Le transformateur n'est pas le seul dispositif pouvant être présenté dans ce montage.

2008 Conversion de puissance électrique-électrique : Le transformateur est souvent utilisé pour les montages 16, 20, 21, 40. Les candidats ignorent généralement l'origine de la loi sur les courants pour le transformateur idéal ainsi que la notion de courant magnétisant. En outre, la visualisation à l'oscilloscope du cycle d'hystérésis est trop souvent assortie d'erreurs de calibration des axes (H, B), conduisant ainsi à des estimations de pertes par mesure d'aires dénuées de sens.

2006 Conversion de puissance électrique-électrique : Ce montage n'est pas souvent choisi. Pourtant les exemples simples ne manquent pas (il faut penser au transformateur, par exemple).

2005 Les hacheurs (même sous la forme série, la plus simple) ne sont pas utilisés pour alimenter les moteurs à courant continu.

PRODUCTION ET CONVERSION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Choisir deux conversions parmi les trois. Le hacheur et l'onduleur sont bien adaptés si on présente le panneau photovoltaïque mais le hacheur est un montage assez technique et compliqué à comprendre → Il vaut mieux présenter le transformateur si on a du mal avec le hacheur (il permet en plus un calcul d'incertitude).

PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Cellule photovoltaïque (I.1 avec D = 50 cm) ou la génératrice (I.2). La thermopile peut être remplacée par le solarimètre qui vient d'être acheté.

HACHEUR (CC CC)

II.1.2 → insuffisance de la charge directe

II.2.2 → Utilisation d'un hacheur et rendement. On peut aussi identifier les pertes dans les différents composants si on est particulièrement à l'aise.

ONDULEUR (DC AC)

III.2. Pilotage possible par multivibrateur

TRANSFORMATEUR (AC AC)

Lois des tensions et courants

IV.2.1 (pas faire trop de mesures). Important : définir un point de fonctionnement nominal (cf. rapport Jury) ! → l'étude du transformateur est bien adaptée pour répondre à ce souhait.

Pertes fer, pertes cuivre

IV.3.1 et IV.3.2

Rendement → IV.4.3 ; faire un calcul d'incertitude sur la relation $P_{\text{primaire}} = P_{\text{secondaire}} + P_{\text{Fer}} + P_{\text{Cuivre}}$

EN + SI JAMAIS ON VEUT (mais pas obligatoire, mais au moins savoir de quoi ça parle)

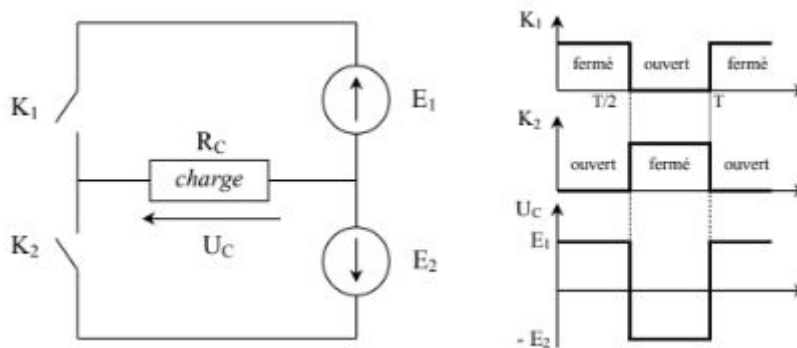
Manipulation Onduleurs :

III. Conversion continu-alternatif

Ce type de conversion est assuré par les onduleurs. Ils utilisent aussi des composants fonctionnant en commutation (thyristors, transistors). La fréquence du courant alternatif produit est commandée par un générateur à faible puissance (multivibrateur) dans les cas des onduleurs autonomes, ou par l'intermédiaire du secteur pour les onduleurs assistés. Ces convertisseurs ont de nombreuses applications comme les alimentations de secours (pour les PC par exemple) ou pour la restitution des énergies renouvelables (solaire, éolien).

Introduction :

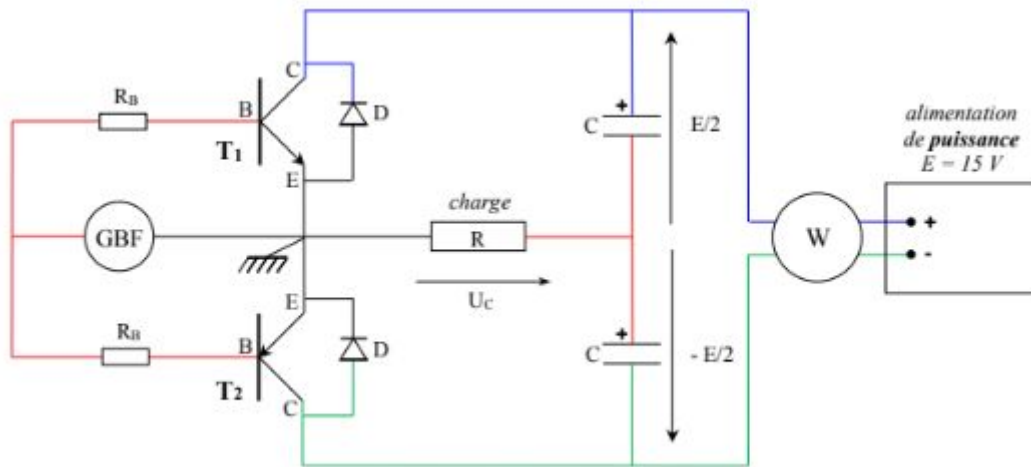
L'obtention d'un signal sinusoïdal avec un onduleur nécessite une électronique de commande délicate à mettre en place dans le cadre d'un montage. On se limite donc ici à l'obtention d'un signal carré monophasé. Le principe de base est alors très simple :



Les interrupteurs K_1 K_2 fonctionnent de façon complémentaire. K_1 est fermé de 0 à $T/2$ pendant que K_2 est ouvert. La tension U_C aux bornes de la charge vaut alors E_1 . On inverse les rôles entre $T/2$ et T . On a alors $U_C = -E_2$. On obtient ainsi un signal alternatif aux bornes de la charge à partir de sources de tensions continues avec un rendement de 100 % si les interrupteurs sont parfaits. Les commutateurs peuvent être des transistors MOSFET (cf. [3], p. 328) ou bipolaires (cf. [10], p. 189). On choisit la deuxième solution car l'utilisation de transistors complémentaires (NPN, PNP) permet une commande plus simple (le même signal commande les deux interrupteurs).

Montage

La réalisation doit être soignée. Il faut **bien identifier la ligne de masse** (le respect d'un code des couleurs comme sur le schéma est fortement conseillé) et remarquer que le pôle – de l'alimentation de puissance n'y est pas relié → La source doit être flottante. Il faut aussi faire **attention aux branchements des transistors et des diodes. Les deux émetteurs doivent être reliés entre eux**. C'est indiqué clairement sur le schéma mais on peut facilement se tromper quand on utilise des transistors montés sur supports car le collecteur du PNP peut se retrouver en face de l'émetteur du NPN. Pour finir, les diodes D ne sont pas indispensables si la charge est purement résistive mais elles assurent un effet de roue libre sur les transistors qui permet d'éviter les surtensions sur U_C aux moments des commutations.



GBF : signal carré 50 Hz 10 V Pk-Pk

R_B : 500 Ω

T_1 T_2 : transistors NPN MJ 15024 et PNP MJ 15025 sur radiateur

D : 1N4148

R = rhéostat 150 Ω ou 33 Ω

C : condensateurs électrochimiques 1000 μ F si R = 150 Ω , 4700 μ F si R = 33 Ω . **Respecter la polarité de branchement indiquée.**

W : wattmètre

Attention typiquement le montage : IL FAUT CONNAÎTRE SA MASSE

Sinon GROS PÉTARD

Ici GBF qui l'impose

Avantage : rendement qui atteint les 95%

Transistor de puissance

Resistance inductive (pas rheostat si possible car sinon oscillation)

Les condensateurs permettent d'obtenir deux sources de tensions de signe opposé à partir d'une seule. Ils se chargent lorsqu'on met en route l'alimentation en se répartissant équitablement la tension E puisqu'ils sont identiques et associés en série. Leur capacité doit être suffisamment importante pour maintenir un potentiel constant quand ils sont connectés à la charge, d'où les propositions indiquées en fonction de R. Le montage à transistor, du type push pull, est déjà étudié dans le montage amplification (s'y reporter pour plus d'informations) mais les composants travaillent ici en bloqué/saturé. Ils fonctionnent de manière complémentaire : T_1 conduit pendant que T_2 est bloqué quand la tension du GBF est positive, et c'est l'inverse quand la tension est négative \rightarrow la charge est successivement alimentée par les tensions $E/2$ et $-E/2$.

Observation et mesure du rendement :

On peut vérifier que la tension aux bornes de la charge est un signal carré synchrone de celui du GBF. Le wattmètre W donne la puissance fournie par l'alimentation. Celle reçue par la charge s'obtient en mesurant la tension efficace à ses bornes avec un voltmètre RMS ($P_R = (U_C \text{ eff})^2/R$). Le rapport des deux puissances donne le rendement et on obtient facilement

plus de 95 %. Cette performance supérieure à celle du hacheur s'explique par l'absence de bobine et de diode dans le circuit. Les seules sources de dissipation sont les transistors bipolaires mais ils ont des pertes de conduction plus faibles que les MOSFET (résistance R_{ON} moins grande). Ils ont l'inconvénient d'être pilotés par des courants (commande potentiellement plus énergivore), mais ce n'est pas très visible ici car le courant dans la charge est peu important.

On ne fait pas les pertes car trop long.

100 ohm , 300 ohm → rhéostat, mettre des grosses alim et gros composants
voltmètre pas très grave c'est surtout les alim où y'a des risques