

Activités de la séquence n°13

Transferts électriques d'énergie



Fiches de synthèse mobilisées :

Fiche n°13 : énergie électrique



Sommaire des activités

ACTIVITÉ 1 :	Irrigation d'un champ en zone isolée	1
ACTIVITÉ 2 :	Dimensionnement de l'installation de panneaux photovoltaïques	5
ACTIVITÉ 3 :	Groupe moto-pompe	8
ACTIVITÉ 4 :	Rendement d'un moteur électrique	10

ACTIVITÉ 1 : Irrigation d'un champ en zone isolée

Partie 1. Présentation

On souhaite réaliser l'irrigation d'un champ en zone isolée. On dispose d'une cuve enterrée qui récupère les eaux pluviales. Une pompe prélève l'eau de la cuve pour alimenter un système de goutte à goutte. L'arrosage s'effectue la nuit afin de limiter l'évaporation de l'eau.

Comme le site est isolé, la pompe est alimentée par des batteries électriques qui sont rechargées pendant la journée par des panneaux photovoltaïques. L'installation permet une autonomie du parc de batterie d'une durée de trois jours en cas de manque d'ensoleillement. Le schéma de l'installation retenue dans le projet est donné sur la figure ci-dessous.

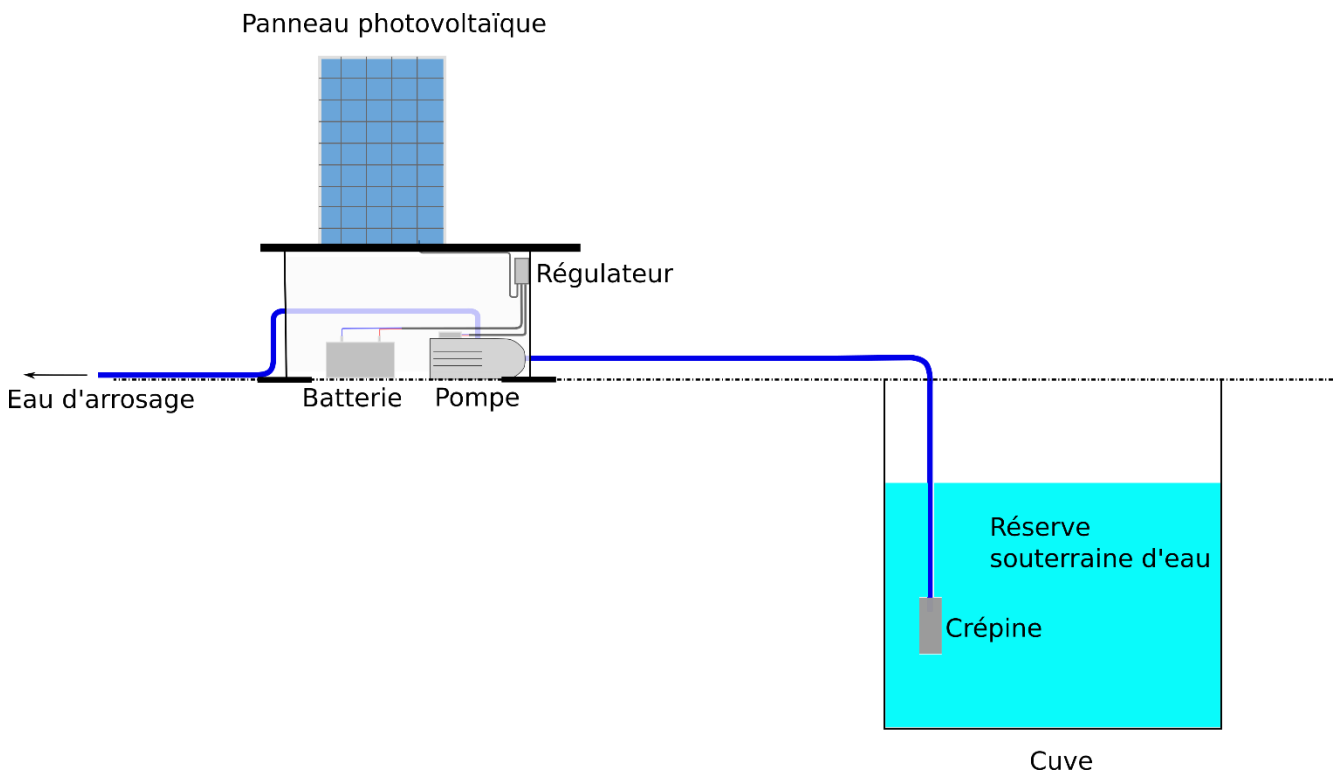
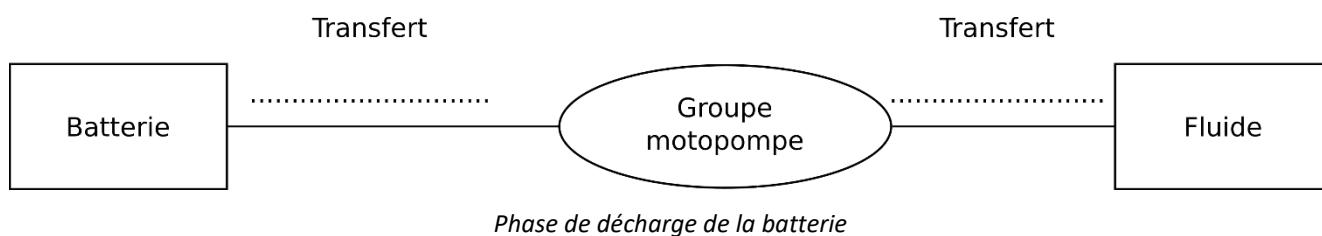
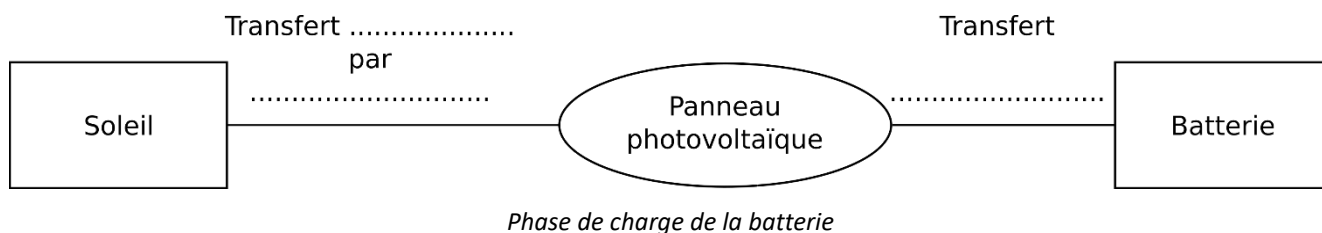


Schéma du système d'irrigation.



Un régulateur (non étudié dans cette activité) permet d'optimiser la charge de la batterie et aussi sa décharge. En effet le régulateur permet de disposer, au maximum, de 80 % de la charge maximale de la batterie mais aussi de maintenir la tension d'alimentation de la pompe à 24 V. Le rendement de ces régulateurs est proche de 100 % (on supposera dans cette activité que le régulateur ne consomme pas d'énergie).

1. Sur les schémas ci-dessous flécher le sens des transferts d'énergie.
2. Compléter les textes à trous afin d'indiquer la nature des transferts d'énergie.



3. Pour la conception d'une telle installation avant sa réalisation, citer les informations à connaître.

Partie 2. Les besoins en énergie et puissance électrique

Un groupe motopompe, association d'une pompe hydraulique et d'un moteur électrique, est utilisé pour irriguer le champ. Les besoins pour l'irrigation et les caractéristiques hydrauliques et électriques du groupe motopompe sont indiqués dans les DOCUMENT 1 et DOCUMENT 2.

DOCUMENT 1 : Besoins en eau pour l'arrosage du champ.

- Surface du champ : 500 m²
- Besoins en eau au mois de juillet : 6 L · m⁻² · jour⁻¹

DOCUMENT 2 : Caractéristiques de la pompe électrique.

Pression en bar	Débit en litre/minute	Intensité en A	Tension d'alimentation (V)
1	10,6	1,6	24
1,7	7,8	1,8	24
2,4	6,2	2,1	24
3,1	4,7	2,3	24

4. Calculer la quantité d'eau par jour nécessaire pour arroser le champ.
5. L'arrosage goutte à goutte nécessite une pression de 2,4 bars. En déduire le débit de la pompe en L · min⁻¹ et en m³ · h⁻¹.
6. Déterminer la durée de fonctionnement de la pompe pour un arrosage complet du champ.



7. Quelle est la puissance électrique consommée par le groupe motopompe ?
8. En déduire le transfert électrique d'énergie nécessaire au groupe motopompe pour l'irrigation du champ.

Partie 3. Choix de la batterie

On souhaite que le parc de batteries utilisées permette d'arroser le champ avec une autonomie de trois jours en cas de manque d'ensoleillement.

9. En déduire l'énergie requise du parc de batteries en supposant que seulement 80 % de l'énergie stockée dans les batteries sera disponible.

DOCUMENT 3 : Caractéristiques des batteries

Les batteries permettent de **stocker l'électricité produite** par les panneaux, ce qui permet d'avoir de l'énergie électrique à tout moment.

Choix d'une batterie

La capacité d'une batterie, mesurée en **ampères-heures (Ah)**, est la principale caractéristique de la **quantité d'électricité Q** qu'elle peut stocker. Pour obtenir la quantité d'énergie « stockable » W_e (peut-être écrire E_s au lieu de W_e pour être conforme à la synthèse) en watt-heures (Wh) il faut multiplier la **quantité d'électricité Q** par la **tension nominale** de la batterie (de 2 à 24 V).

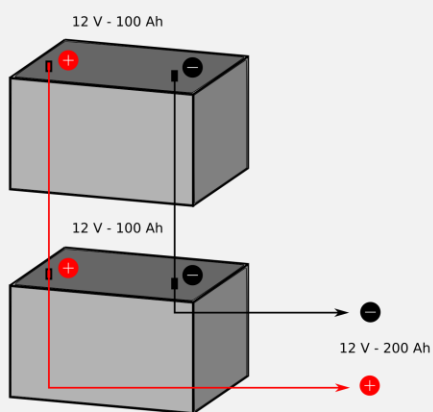
Enfin, un régulateur permet d'éviter de décharger complètement les batteries ; celles-ci devant conserver au minimum 20 % de leur charge totale.

Pour dimensionner le parc de batteries nécessaire, il faut donc tenir compte de la charge des batteries réellement disponible sans oublier le nombre de jours d'autonomie souhaité.

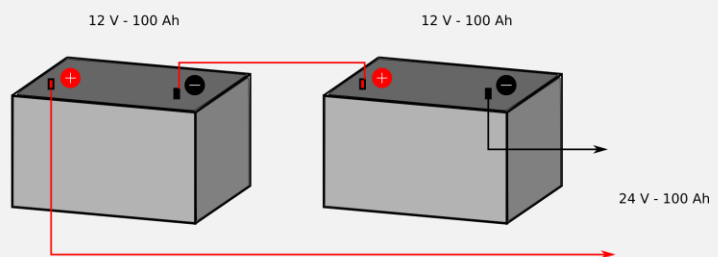
Les différentes associations de batteries

Les batteries peuvent être associées de différentes manières, en série et/ou en parallèle. En série, les tensions s'additionnent alors qu'en parallèle, les courants s'additionnent.

Pour n'importe quel type d'association, les batteries doivent être **identiques** et les longueurs de câble doivent être identiques.



Batteries associées en parallèle



Batteries associée en série

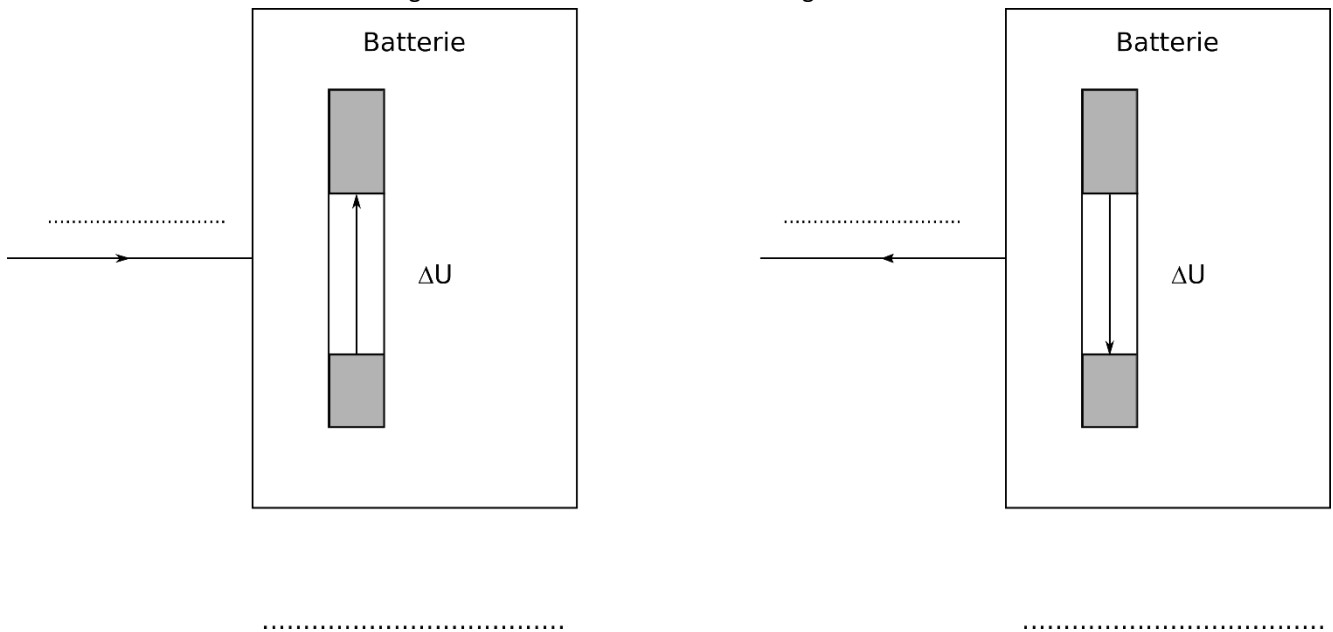


DOCUMENT 4 : Caractéristiques de la batterie

	Batterie 1	Batterie 2	Batterie 3
Tension nominale	24 V	12 V	12 V
Capacité nominale	50 Ah	70 Ah	30 Ah

La capacité nominale correspond à la quantité d'électricité de la batterie.

- 10. À l'aide du **DOCUMENT 3**, déduire de la question 9 la quantité d'électricité nécessaire au fonctionnement de l'installation du groupe motopompe fonctionnant en 24 V.
- 11. À l'aide du **DOCUMENT 4**, proposer un choix de batteries et expliquer les différentes possibilités de les associer.
- 12. Compléter les deux diagrammes énergétiques suivants en précisant s'il s'agit de la phase de charge ou de décharge de la batterie et en faisant figurer la nature des transferts d'énergie.





ACTIVITÉ 2 : Dimensionnement de l'installation de panneaux photovoltaïques

Partie 1. Énergie solaire disponible

Un simulateur permet d'estimer la quantité d'énergie solaire reçue au niveau du sol en $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ en fonction de la période de l'année et du lieu d'implantation des panneaux.

Document 1 : Simulateur de gisement solaire

http://ines.solaire.free.fr/gisesol_1.php

1. Ouvrir le simulateur du **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et choisir la ville la plus proche de votre lycée.
2. Pour la période du mois de juillet déterminer la quantité d'énergie rayonnée reçue en une journée en $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ (notée **IGP** dans le simulateur) pour une inclinaison des panneaux variant de 0° à 90° . Les panneaux sont orientés plein sud. Noter vos différents résultats dans un tableau et tracer la courbe représentative de la quantité d'énergie reçue en fonction de l'angle d'inclinaison des panneaux.
3. Déterminer l'inclinaison des panneaux orientés plein sud la plus favorable permettant de capter une quantité d'énergie rayonnée maximale.
4. Expliquer pourquoi cet angle d'inclinaison est le plus favorable ?

Partie 2. Étude expérimentale d'une cellule de panneau photovoltaïque

Pour recharger les batteries du système d'irrigation, on utilise un ou des panneaux solaires photovoltaïques.

Un panneau PV est en fait une association de cellules photovoltaïques. Chaque cellule, lorsqu'elle est éclairée par de la lumière, génère une tension et un courant électriques continus.

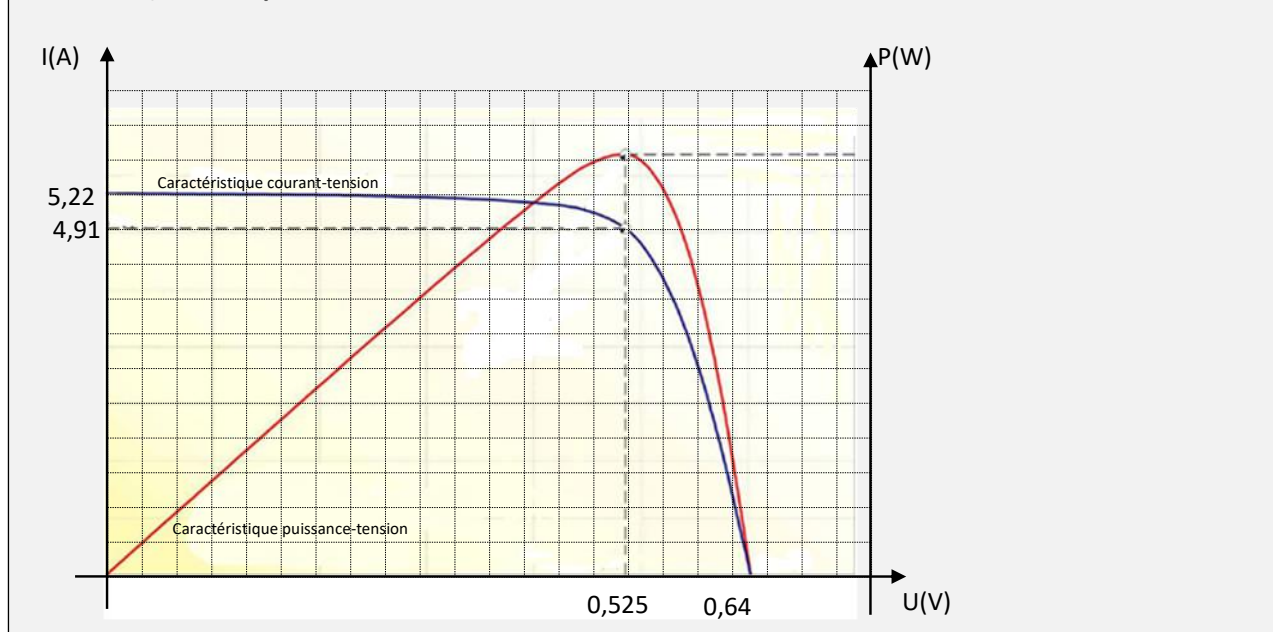
On se propose, dans cette partie, d'étudier les caractéristiques d'un tel générateur et de déterminer le rendement d'un tel panneau ?

Caractéristiques de la cellule de panneau photovoltaïque

Un générateur électrique est caractérisé par sa courbe intensité-tension (courbe représentative de l'intensité du courant débité en fonction de la tension à ses bornes).

Les caractéristiques d'une cellule de panneau photovoltaïque du commerce sont données dans le **Document** .

Document 2 : Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque (conditions du test : irradiation $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, $T = 25^\circ\text{C}$)





5. À l'aide des informations fournies dans le **Document 2** **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, déterminer de quels paramètres et grandeurs la puissance débitée par la cellule photovoltaïque dépend-elle ?
6. Quelle est la puissance débitée par la cellule lorsque :
 - la tension à ses bornes est nulle ;
 - l'intensité débitée est nulle.
7. Expliquer d'après le Document 2 pourquoi il est nécessaire d'ajuster la tension électrique aux bornes de la cellule pour récupérer le maximum de puissance. Quelle est la valeur de cette tension ? Justifier.

Détermination expérimentale des caractéristiques de la cellule de panneau photovoltaïque

Vous disposez du matériel suivant :

- panneau photovoltaïque ;
- 2 multimètres ;
- lampe halogène + alimentation ;
- solarimètre ;
- résistance variable ;
- fils de connexion.

8. Prévoir le montage permettant de faire les mesures visant à tracer la caractéristique $I(U)$ de la cellule du panneau photovoltaïque.
9. Réaliser le montage validé par le professeur.
10. Placer la lampe halogène à environ 50 cm de la cellule photovoltaïque. Éclairer la cellule de manière la plus homogène possible sous un éclairage perpendiculaire.

NE PLUS TOUCHER AU REGLAGE PENDANT LES MESURES.

11. Relever au niveau de la cellule la valeur de l'irradiance $E_{\text{sol}}^{\text{aire}}$ avec le solarimètre (éclairage énergétique en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$).
12. Réaliser les mesures (10 points environ) et tracer la courbe $I(U)$ obtenue pour cette irradiance.
13. À votre avis, sans calcul, dans quelle zone de la courbe $I(U)$ la puissance électrique délivrée P sera-t-elle maximale ?
14. Faire les calculs nécessaires et tracer la caractéristique $P(U)$ puis indiquer la puissance électrique maximale que peut délivrer votre panneau.
15. Faire les mesures et calculs nécessaires pour déterminer le rendement maximal du panneau solaire photovoltaïque. Commenter.

Partie 3. Dimensionnement de l'installation de panneaux photovoltaïques

16. Pour déterminer la quantité d'énergie électrique récupérable à la sortie du panneau, il est nécessaire de connaître son rendement énergétique. Définir le rendement énergétique d'un convertisseur d'énergie.
17. Le rendement de panneaux photovoltaïques est mesuré dans les laboratoires agréés selon les conditions de test décrites dans le **Document 2**. Déterminer le rendement des 3 panneaux photovoltaïques de ce document.

DOCUMENT 3 : caractéristiques de panneaux photovoltaïques selon les conditions normalisées

	Panneau 1	Panneau 2	Panneau 3
Puissance électrique maximale (W)	40	55	90
Dimensions	425mm×668mm	668mm×545mm	780mm×668mm

Les conditions d'essai normalisées sont les suivantes :

- puissance du flux lumineux : $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- température : 25°C ;
- spectre de la source de lumière équivalent à celui du soleil après la traversée de 1,5 fois l'épaisseur de l'atmosphère.



- 18.** Sachant que le parc de batteries doit stocker une quantité d'énergie minimale $E_{\text{disponible}} = 1500 \text{ Wh}$, choisir à l'aide du **DOCUMENT 3DOCUMENT** et des résultats de la question 5, l'association de panneaux qui permettent la charge complète du parc de batteries. Dans un souci de développement durable, le panneau ne sera pas surdimensionné et devra répondre aux besoins justes nécessaires.



2. Compléter le schéma de la figure 1 pour indiquer le sens de circulation du fluide.
3. On rappelle que le rendement d'un convertisseur est défini par :

$$\eta = \left| \frac{\text{transfert utile}}{\text{transfert total reçu}} \right|$$

À l'aide du document 1, proposer une stratégie visant à déterminer le rendement :

- du moteur électrique ;
- de la pompe hydraulique ;
- de l'ensemble moto-pompe.

On supposera qu'il n'y a pas de pertes énergétiques au niveau de la liaison entre le moteur et la pompe.

4. Réaliser les mesures nécessaires ou utiliser le tableau de valeurs disponible pour déterminer le rendement du moteur électrique, de la pompe et de l'ensemble moto-pompe en fonction du débit. La notice du dispositif expérimental est disponible pour sa mise en œuvre. En particulier la vanne VR1 permet de modifier le débit.

DOCUMENT 1 : mesure des puissances électrique et mécaniques du dispositif

Un wattmètre permet de mesurer la puissance électrique P_a absorbée par le moteur.

La puissance mécanique P_m transmise par le moteur dépend du couple mécanique C ($N \cdot m$) et de la vitesse de rotation N ($\text{tr} \cdot \text{s}^{-1}$) mesurés. Son expression est :

$$P_m = 2 \times \pi \times C \times N$$

La puissance mécanique transmise au fluide P_f , dépend de la pression à l'aspiration de la pompe p_{amont} (bar), de la pression au refoulement p_{aval} et du débit volumique Q_V ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Son expression est :

$$P_f = 10,194 \times Q_V \times (p_{\text{amont}} - p_{\text{aval}})$$

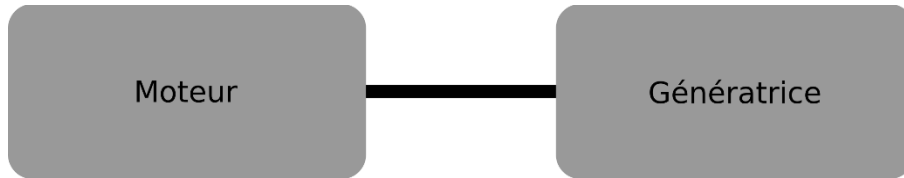


ACTIVITÉ 4 : Rendement d'un moteur électrique

On cherche à estimer le rendement du moteur électrique d'un groupe moto-pompe.

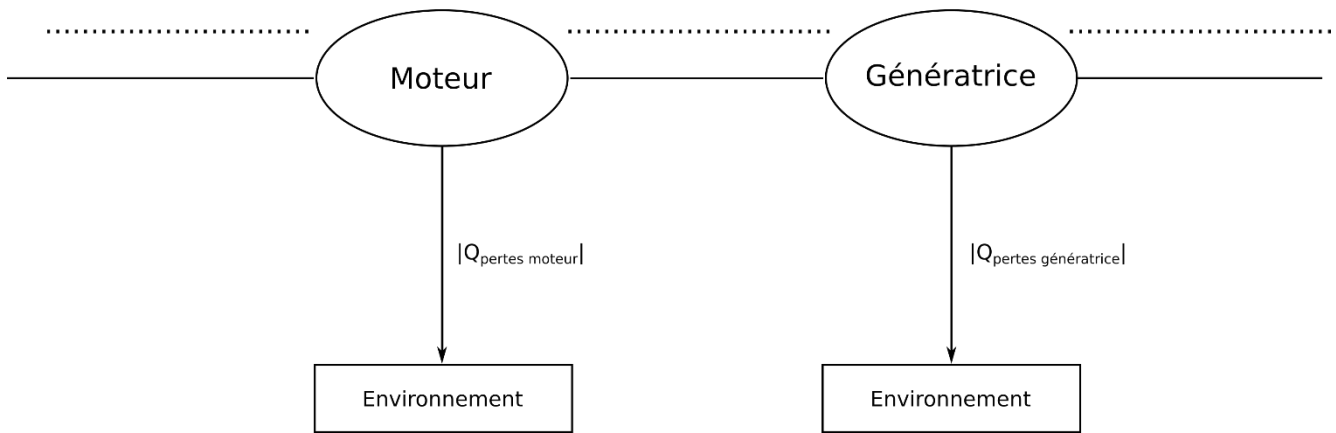
Le système utilisé, une association moteur-génératrice, ne permet pas de mesurer la puissance mécanique du moteur. En revanche, la génératrice couplée au moteur, est identique au moteur et son rendement énergétique sera supposé le même que celui du moteur.

Le couplage est réalisé à l'aide d'un manchon mécanique et on supposera que cette liaison ne dissipe pas d'énergie.



Association d'un moteur électrique et d'une génératrice

1. Sur le schéma ci-dessous, flécher les transferts d'énergie et compléter les textes à trous afin d'indiquer la nature des transferts d'énergie.



Chaîne énergétique de l'association moteur/génératrice

Deux multimètres permettent de mesurer la tension aux bornes du moteur et l'intensité du courant absorbé.

Deux autres multimètres permettent de mesurer la tension aux bornes de la génératrice et l'intensité du courant débité par la génératrice dans une charge (association de conducteurs ohmiques).

On rappelle que le rendement d'un convertisseur est défini par :

$$\eta = \left| \frac{\text{transfert utile}}{\text{transfert total reçu}} \right|$$

2. Donner l'expression du rendement du moteur électrique en fonction de la puissance absorbée P_a et de la puissance mécanique P_m .
3. Donner l'expression du rendement de la génératrice en fonction de la puissance électrique débitée P_{elec} et de la puissance mécanique P_m .
4. En supposant que les rendements du moteur et de la génératrice sont identiques, déduire des deux questions précédentes une expression du rendement du moteur en fonction P_a et P_{elec} .
5. Proposer un protocole expérimental pour déterminer les puissances électriques absorbée par le moteur P_a et fournie par la génératrice P_{elec} .
6. Réaliser les mesures nécessaires permettant d'estimer le rendement du moteur électrique ou utiliser le tableau de valeurs disponible.