

Le complexe de Toco

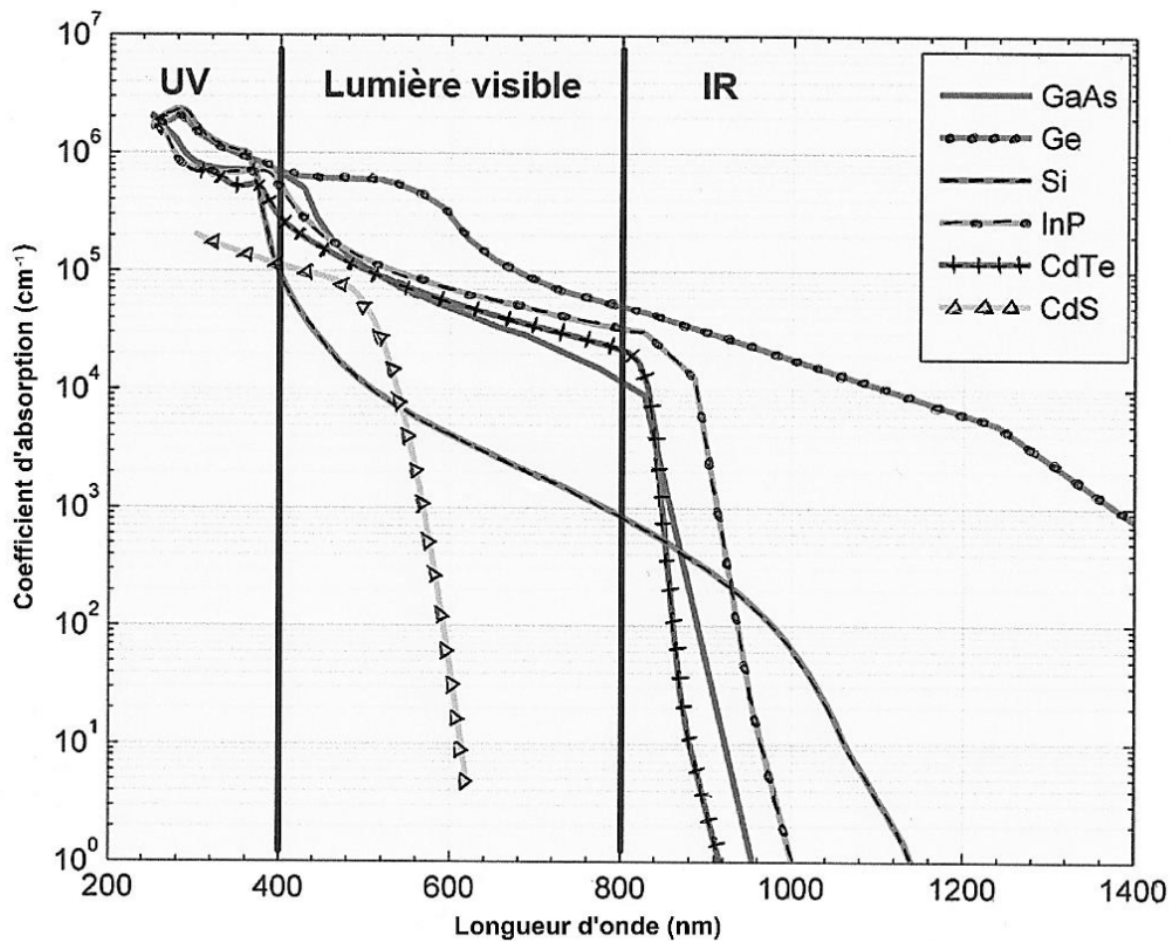
Enseignement scientifique Terminale

Durée 1h – 10 points – Thème « Le futur des énergies »

Le complexe de stockage Toco, situé en Guyane, est le plus grand complexe de stockage par batteries lithium-ion en France. Il rassemble la centrale solaire de Savane des Pères couplée à une installation de stockage par batterie ainsi que l'installation de stockage par batterie de Mana. On recherche une alternative à l'utilisation de batteries.



Document 1 : Coefficient d'absorption des matériaux semi-conducteurs en fonction de la longueur d'onde de la lumière



GaAs : arséniure de gallium ; Si : silicium ; InP : phosphure d'indium ; CdTe : tellure de cadmium ; CdS : sulfure de Cadmium.

D'après : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01529748/document>

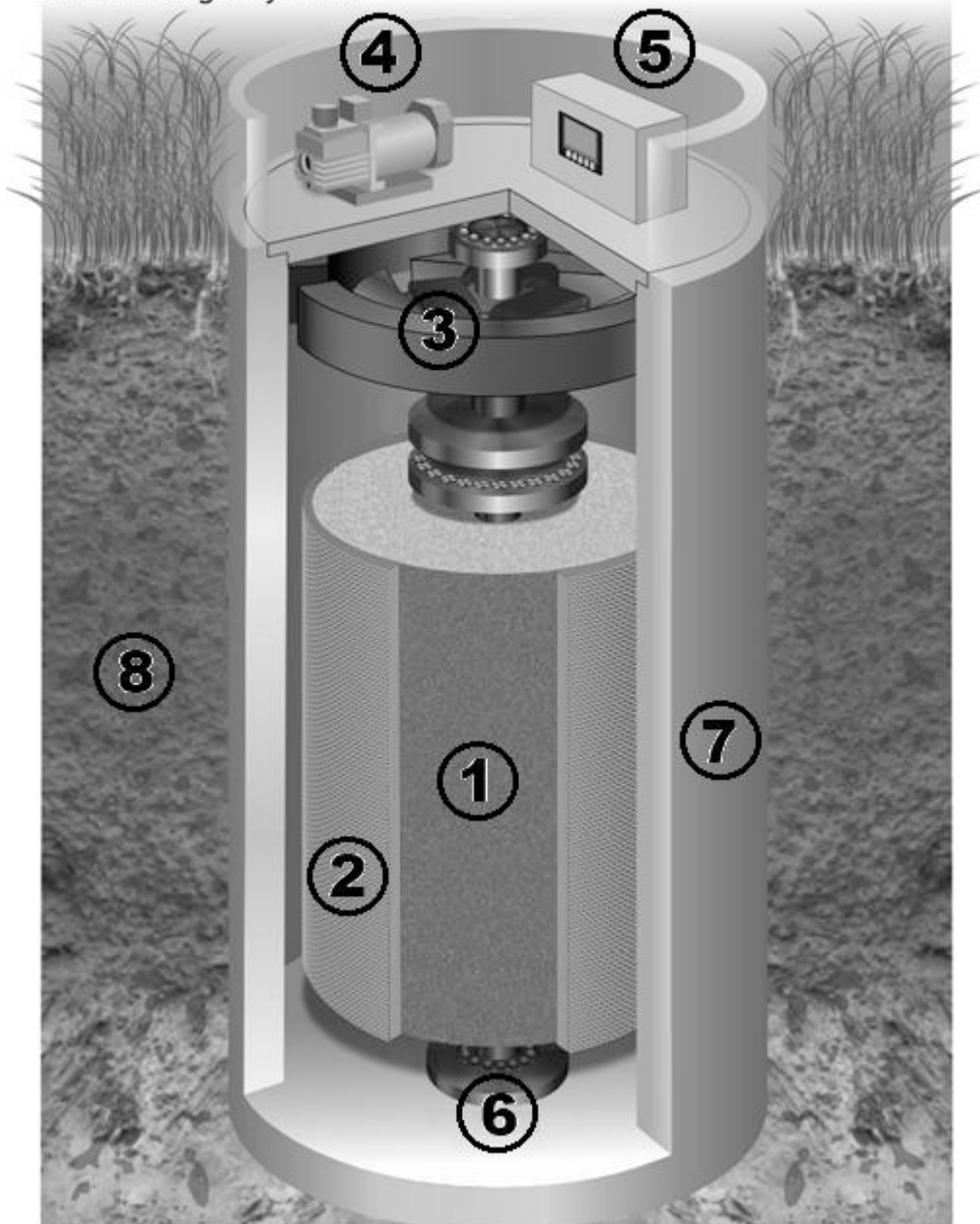
Document 2 : Le volant de stockage solaire

Une solution innovante est expérimentée au sein du complexe de Toco, il s'agit d'un Volant de Stockage Solaire (VOSS) : "Pour une masse de 4-5 tonnes incluant l'équipement autour, le volant aura une capacité de stockage énergétique de 10 kWh, et l'ensemble moteur/alternateur une puissance nominale de 10 kW. Ainsi, le système disposera d'une autonomie d'une heure en utilisation maximum".

Un VOSS est constitué d'une masse en béton (mélange de sable et de ciment) précontraint entraînée par un moteur électrique. L'apport d'énergie électrique permet de faire tourner la masse à des vitesses très élevées et une fois lancée, elle continue à tourner, même si plus aucun courant ne l'alimente. L'énergie électrique est alors stockée dans le volant sous forme d'énergie cinétique, elle pourra ensuite être restituée instantanément en utilisant l'alternateur, entraînant la baisse de la vitesse de rotation de la masse.

VOSS

Volant de Stockage Solaire
Solar Storage Flywheel



① Volant d'inertie en béton précontraint

② Frettage en fibre de verre sous tension autour du volant

③ Moteur / Alternateur

④ Pompe à vide

⑤ Onduleur

⑥ Roulement à billes

⑦ Enceinte en béton sous vide

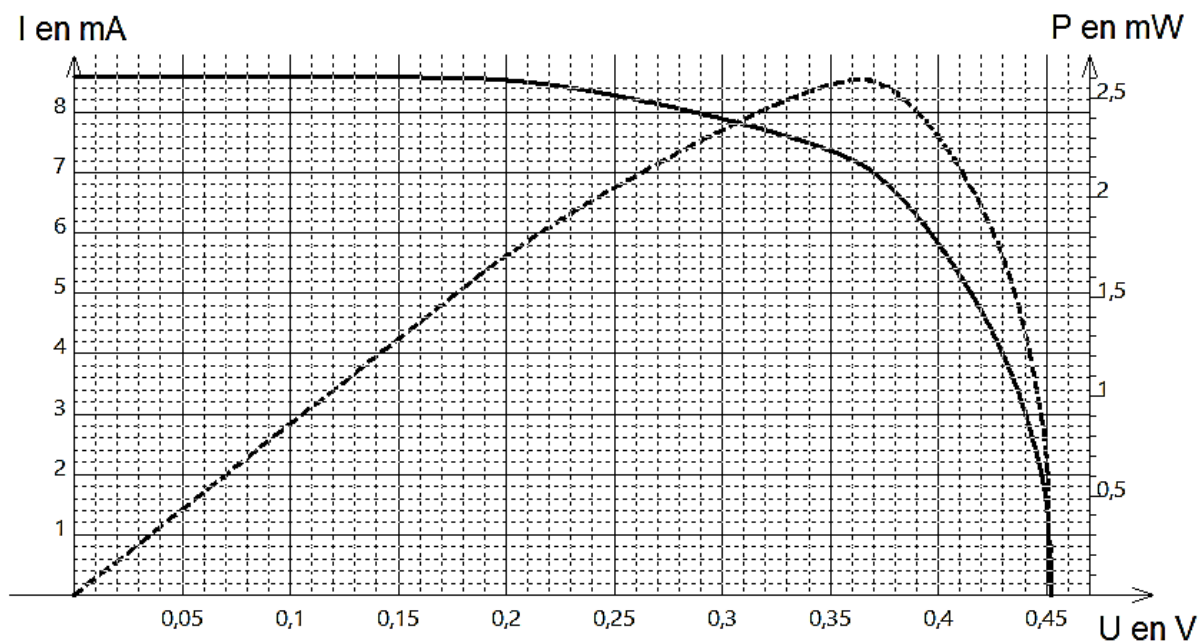
⑧ Le volant est enterré mais une partie est accessible pour la maintenance

1 kWh est l'énergie associée à une puissance de 1 kW transférée ou stockée pendant une heure.

D'après : <http://www.energiestro.fr>

À partir des connaissances et des informations fournies, répondre aux questions suivantes.

1 – À la suite de mesures, on trace à l'aide d'un tableur la courbe montrant les variations de l'intensité du courant électrique produit par une cellule photovoltaïque en fonction de la tension à ses bornes ($I = f(U)$ en trait plein) et la courbe montrant les variations de la puissance électrique délivrée en fonction de cette même tension ($P = f(U)$ en pointillés).



Noter sur votre copie le numéro de la série de propositions (I, II...) et la lettre correspondant à proposition exacte :

I. Une cellule photovoltaïque convertit :

- a. l'énergie électrique qu'elle reçoit en énergie radiative ;
- b. l'énergie radiative qu'elle reçoit en énergie thermique ;
- c. l'énergie radiative qu'elle reçoit en énergie électrique ;
- d. l'énergie thermique qu'elle reçoit en énergie électrique.

c. l'énergie radiative qu'elle reçoit en énergie électrique ;

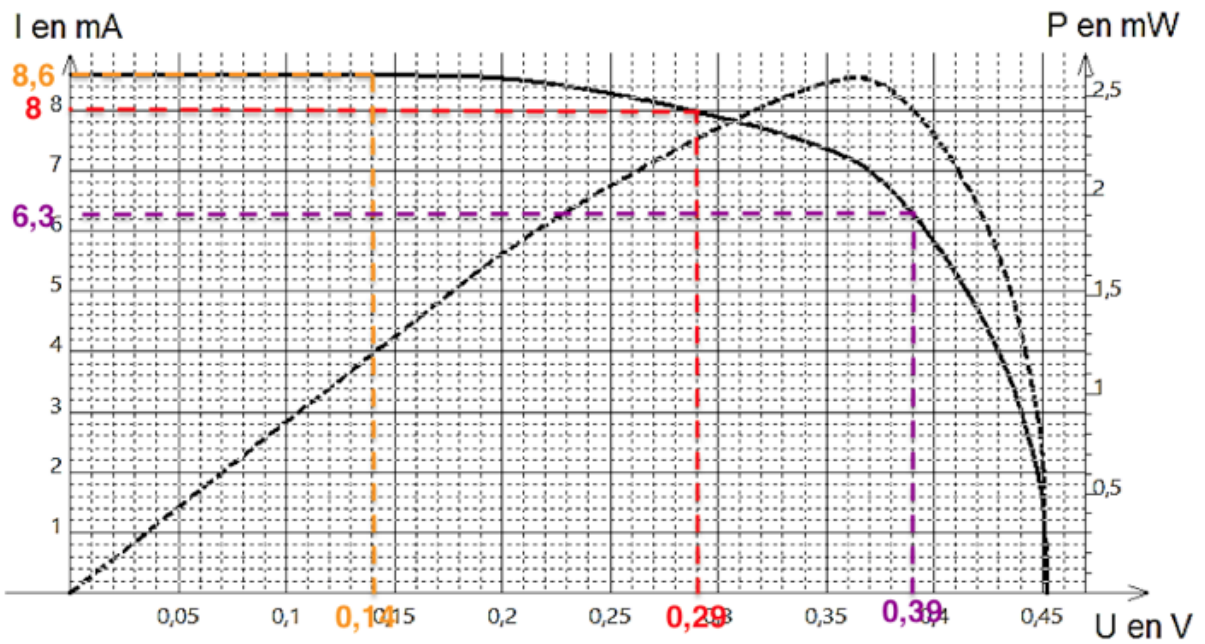
II. La puissance délivrée par une cellule photovoltaïque peut se calculer à l'aide de la relation :

- a. $P = U \times I$;
- b. $P = R \times I^2$;
- c. $P = U \times I^2$;
- d. $P = R \times I$.

a. $P = U \times I$;

III. La cellule photovoltaïque étudiée est parcourue par :

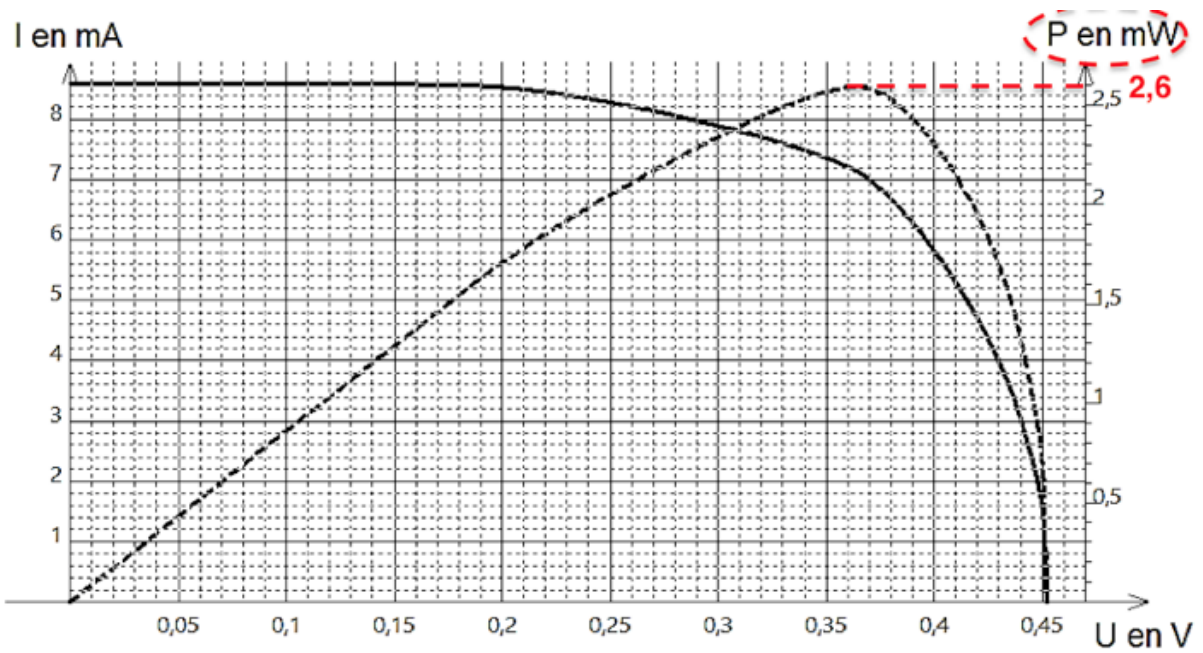
- a. un courant d'intensité 80 mA lorsque la tension à ses bornes vaut 0,29 V ;
- b. un courant d'intensité 4 mA lorsque la tension à ses bornes vaut 0,14 V ;
- c. un courant d'intensité 8 mA lorsque la tension à ses bornes vaut 0,29 V ;
- d. un courant d'intensité 7 mA lorsque la tension à ses bornes vaut 0,39 V.



c. un courant d'intensité 8 mA lorsque la tension à ses bornes vaut 0,29 V ;

IV. La puissance électrique maximale produite par la cellule vaut :

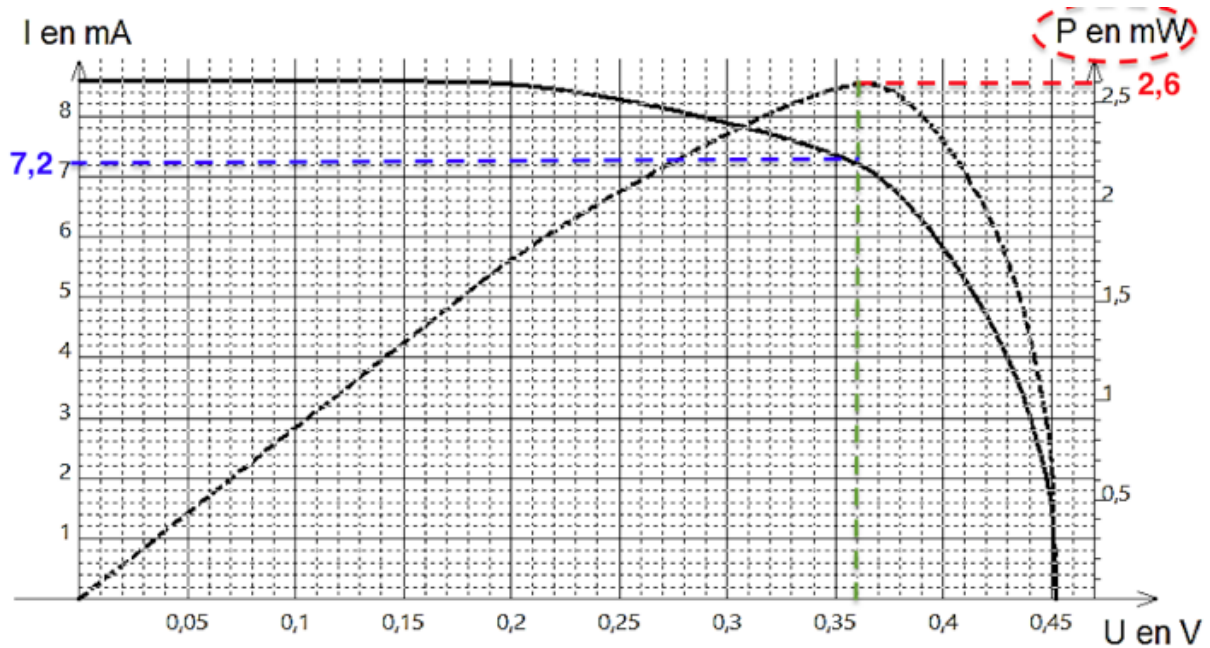
- a. 8,6 mW ;
- b. 2,6 W ;
- c. 2,6 mW ;
- d. 2,5 kW.



c. 2,6 mW ;

V. La résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée par la cellule est d'environ :

- a. 0,051 Ω ;
- b. 51 Ω ;
- c. 19 Ω ;
- d. 0,019 Ω .



Puissance dissipée par effet Joule :

$$P = R \times I^2$$

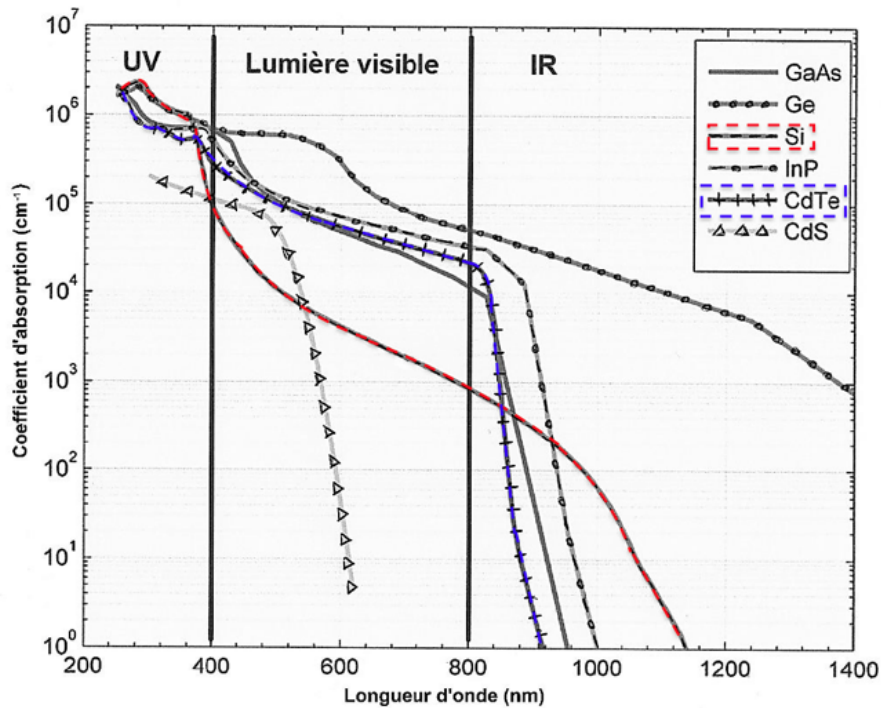
$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$R = \frac{2,6 \cdot 10^{-3}}{(7,2 \cdot 10^{-3})^2} = 50,2 \Omega$$

b. 51 Ω ;

La centrale solaire de Savane des Pères est constituée d'une surface de 22 200 m² de modules photovoltaïques au tellure de cadmium (Cd/Te) qui reçoivent annuellement une énergie solaire de 1,875 MWh/m² pour une production électrique de 5 400 MWh.

2 – À partir du document 1, indiquer pourquoi il est possible d'utiliser le matériau semi-conducteur tellure de cadmium (Cd/Te) en remplacement du silicium (Si) que l'on trouve communément dans les modules photovoltaïques.



GaAs : arséniure de gallium ; Si : silicium ; InP : phosphore d'indium ; CdTe : tellure de cadmium ; CdS : sulfure de Cadmium.

D'après le document 1 : le semi-conducteur tellure de cadmium (Cd/Te) a un coefficient d'absorption plus élevé que le silicium (Si). Il est donc plus performant.

C'est pourquoi il est possible d'utiliser le matériau semi-conducteur tellure de cadmium (Cd/Te) en remplacement du silicium (Si) que l'on trouve communément dans les modules photovoltaïques.

3 – Calculer le rendement énergétique de la centrale solaire. Toute démarche entreprise pour répondre à la question sera valorisée.

Calculons l'énergie solaire reçue annuellement :

1,875 MWh	1 m ²
E_{Solaire}	22 200 m ²

$$E_{\text{Solaire}} = \frac{222001,875}{1}$$

$$E_{\text{Solaire}} = 41625 \text{ MWh}$$

Calculons le rendement énergétique de la centrale solaire :

$$\eta = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{mécanique}}}$$

$$\eta = \frac{5400}{41625} = 0,130 = 13,0\%$$

Le rendement énergétique de la centrale solaire a pour valeur 13%.

4 – Les batteries couplées à la centrale solaire de Savane des Pères ont une capacité de stockage de 2,9 MWh et une puissance de 2,6 MW. Calculer la durée d'autonomie électrique de ces batteries.

$$E = P \times \Delta t$$

$$P \times \Delta t = E$$

$$\Delta t = E / P$$

$$\Delta t = 2,9 / 2,6$$

$$\Delta t = 1,1 \text{ h}$$

$$\Delta t = 1,1 \times 60 = 66 \text{ min}$$

Ces batteries ont une durée d'autonomie électrique de 66 min.

5 – Recopier et compléter le schéma de la chaîne de transformation énergétique d'un Voss lorsqu'il est en phase de restitution de l'énergie stockée.

Un Voss lorsqu'il est en phase de restitution de l'énergie stockée, transforme l'énergie cinétique en énergie électrique.

6 – Donner le nom du phénomène physique exploité par un alternateur et le décrire brièvement.

Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique.

L'énergie mécanique est à l'origine de la mise en rotation de l'aimant ou de l'électroaimant ; cette partie en rotation est nommée rotor.

Ces sources de champ magnétique sont alors en mouvement à l'intérieur d'un ou plusieurs circuits électriques fixes (le stator) de l'alternateur.

Ces circuits électriques sont alors le siège d'un phénomène d'induction, et peuvent être parcourus par un courant électrique lorsqu'ils sont reliés à une charge électrique. L'énergie électrique correspondante est la grandeur de sortie du convertisseur.