

I- Introduction : production d'énergie dans la sonde spatiale New Horizons

L'introduction du module Peltier se fait à partir de l'étude d'un dispositif technique permettant de convertir un transfert thermique en travail électrique. Des thermo-générateurs sont utilisés dans les sondes spatiales pour assurer l'alimentation électrique des appareils électroniques embarqués.



Figure 1 : Sonde spatiale New Horizons : test au centre spatial Kennedy en 2005.



Figure 2 : Pluton photographié par la sonde spatiale New Horizons le 14 juillet 2015.

L'utilisation de générateur thermoélectrique est rendue nécessaire du fait de la distance au Soleil. En effet de nos jours, pour générer 10 kW à l'aide du rayonnement solaire, il faut une surface de modules photovoltaïques approchant les 40 m² pour un satellite situé à proximité de la Terre. Un rapide calcul permet de comprendre que pour avoir la même puissance, il faudrait des modules d'une surface approchant 9 hm².

Figure 3 - La puissance obéit à la loi des carrés inverses. Une même puissance électrique est obtenue en augmentant l'aire de la surface éclairée du module photovoltaïque.

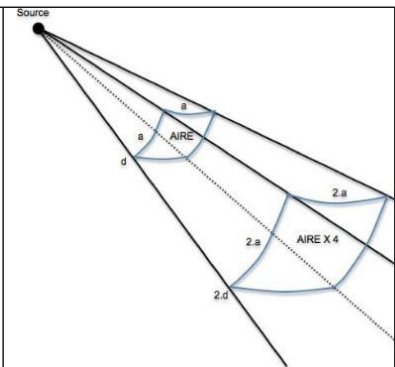


Figure 4 - Pastille d'oxyde de plutonium 238 incandescente. « Le pouvoir thermique d'un échantillon de plutonium 238 pur est environ de 0,54 kilowatts / kilogramme. Ce pouvoir thermique décroît lentement, de moitié en quatre-vingt-sept ans. Une petite quantité d'oxyde de plutonium 238 est chaude au toucher et peut suffire à faire bouillir de l'eau. Dans certaines configurations, la température de surface d'un échantillon de plutonium 238 peut atteindre 1000 °C.

Le thermogénérateur est constitué d'un cylindre dans lequel se trouve du plutonium 238 radioactif qui en se désintégrant cède de la chaleur à une face des modules Peltier. L'autre face du module est refroidie par un radiateur dont la surface est noire.

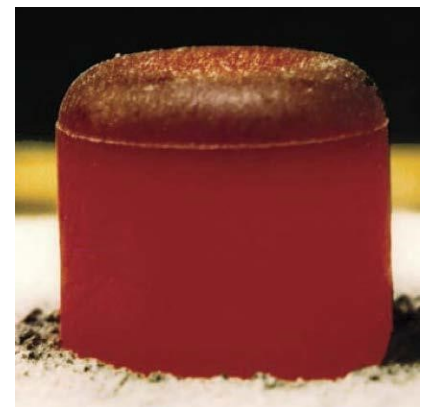
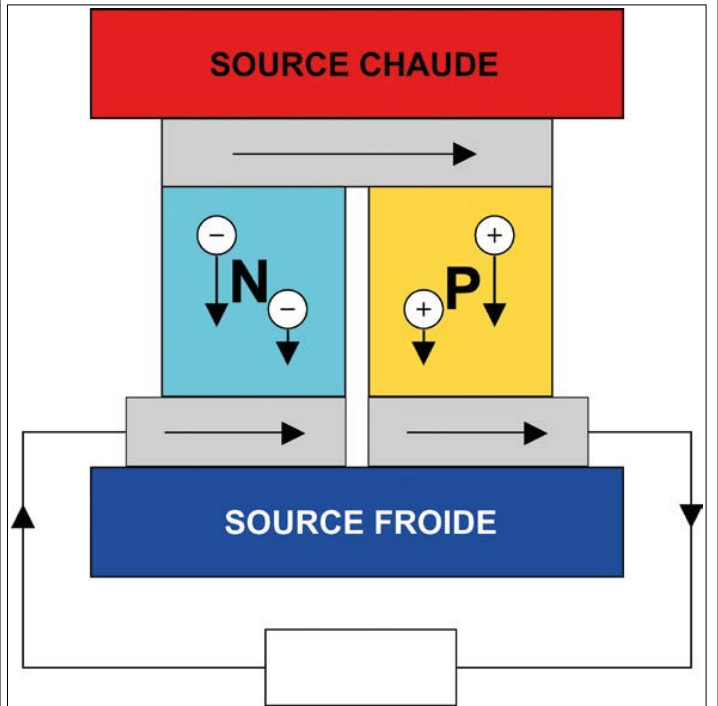
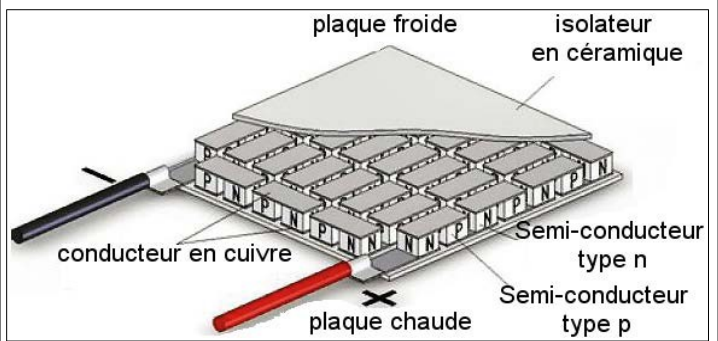


Figure 5

Un module Peltier est l'assemblage de deux semi-conducteurs, l'un dopé n et l'autre dopé p , reliés par une partie métallique généralement du cuivre. Les semi-conducteurs ne sont donc pas directement en contact comme c'est le cas par exemple dans une jonction $p-n$ (diodes, transistors). Concrètement, dans un module Peltier, les jonctions sont protégées par une céramique qui permet une isolation électrique avec l'extérieur, une protection contre l'oxydation. Cette plaque céramique qui doit assurer l'échange thermique entre les jonctions et l'objet à refroidir ou chauffer doit donc avoir une bonne conductivité thermique. C'est pourquoi l'alumine Al_2O_3 est utilisée. Le schéma de principe d'un élément de module Peltier est présenté ci-contre ainsi que l'association des éléments dans le module.

L'effet Peltier consiste en l'apparition d'une variation de température à la jonction de deux conducteurs parcourus par un courant d'intensité I . En fonction de la nature des matériaux et du sens du courant, cette variation de température peut soit être négative ou positive.

Le fonctionnement du module Peltier est réversible, c'est-à-dire qu'en imposant une différence de température entre les deux plaques, un courant se crée dans le circuit. Le sens du courant sera inversé en inversant les sources de chaleur sur les plaques.



Analyse des documents : sur la base des documents précédents, d'un travail de recherche documentaire et de vos connaissances, répondre aux questions suivantes .

1/ Qu'appelle-t-on transfert thermique (unité?) ? Quelle différence entre conduction et convection thermique ? Quelle est la grandeur physique (unité?) à l'origine de la conduction thermique ?

2/ Qu'appelle-t-on travail électrique (unité?) ? Quelle grandeur physique (unité?) peut générer un travail électrique ?

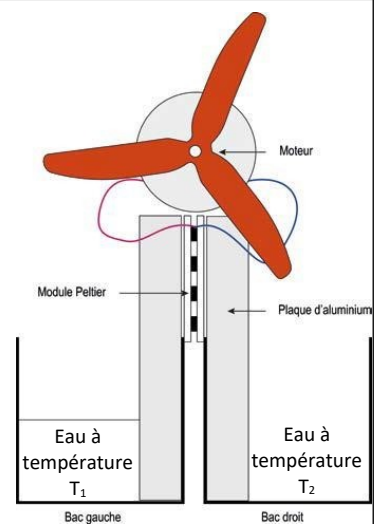
3/ Quelle est l'énergie captée par les cellules photovoltaïques ? Pourquoi la surface nécessaires des modules augmente-t-elle avec la distance au Soleil ?

4/ Résumer en quelques mots comment la sonde spatiale New Horizons produit elle son énergie nécessaire.

Schématiser la chaîne d'énergie correspondante.

II- Dispositif technique : montage du module Peltier dans un thermogénérateur

Afin de découvrir le principe de fonctionnement du thermogénérateur, nous nous proposons de réaliser des expériences, pour se familiariser avec l'objet technique et garantir ainsi un noyau de modèle permettant d'expliquer le fonctionnement du thermogénérateur.



Effectuer l'ensemble des expériences synthétisée dans le tableau ci-après. Conclure qualitativement un premier intérêt des modules Peltier.

Actions	1. On met de l'eau chaude dans le bac de gauche. et de droite	1. On met de l'eau froide dans le bac de gauche. et de droite	5. On met de l'eau froide dans le bac de gauche et de l'eau chaude dans l'autre bac.	5. On met de l'eau chaude dans le bac de gauche et de l'eau froide dans l'autre bac.
Observations				

III- La recherche en thermoélectricité

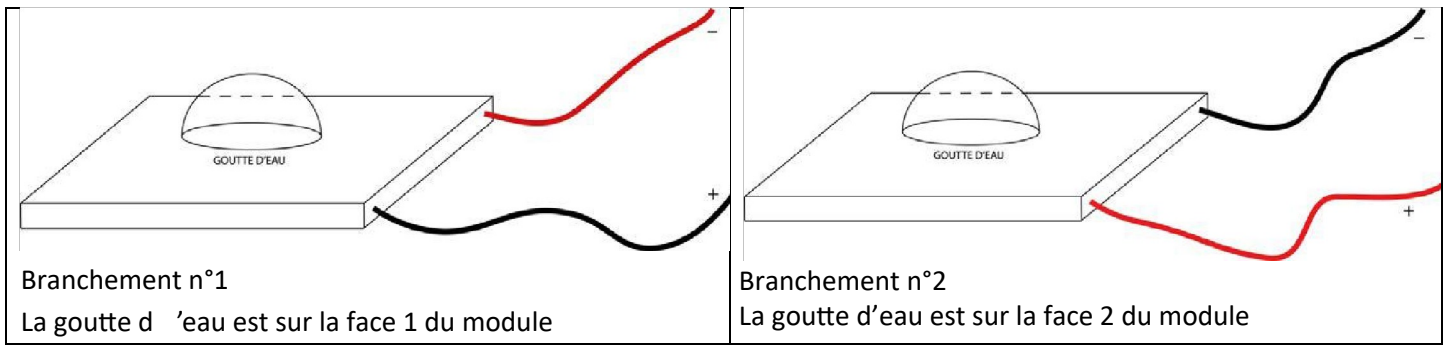
Formuler des hypothèses et effectuer des mesures permettant de répondre aux questions suivantes :

- Quel(s) paramètres modifier pour que le moteur tourne le plus vite possible ?
- Quel(s) paramètres modifier pour que le moteur tourne le plus longtemps possible ?

IV- Prolongement de la séance : utilisation du module Peltier comme une « pompe à chaleur ».

On alimente le module avec un générateur réglable suffisamment puissant : $U = 6 \text{ V}$; $I = 1,5 \text{ A}$.

- **Prévisions :** si on branche le module de Peltier aux bornes d'un générateur, qu'allons-nous observer au bout de quatre minutes ? Comment les températures des deux plaques du module vont-elles évoluer ? Expliquez et réalisez un schéma représentant le dispositif et rendant compte des observations.



- *Procéder à la manipulation (professeur car les modules sont fragiles!). Attention pendant une durée inférieure à une minute pour ne pas détériorer le module !*
- *Quelles sont les observations ? Confirment-elles les hypothèses ? Sinon proposer une interprétation.*
- *Imaginer un dispositif expérimental utilisant le module Peltier qui permet de refroidir 5 mL d'eau le plus rapidement possible dans une éprouvette en cuivre.*

V- Conclusion

Faire un bilan de l'ensemble de la séance :

- *Proposer la problématique que vous développez dans le compte rendu. Préciser les modèles physiques mis en jeu ainsi que les grandeurs physiques à étudier.*
 - *Scématiser les montages, commenter vos observations et vos résultats.*
 - *En conclusion, citer des avantages et des inconvénients de ces modules ?*
- Présenter quelques applications possibles de ces modules Peltier.*

		M	NM	
S'approprier le Problème	Définir une problématique.			/ 3
	Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.			
	Relier le problème à une ou des notions modèles connues.			
Établir une stratégie de résolution	Formuler des hypothèses			/ 4
	Etablir un protocole pour vérifier les hypothèses.			
Réaliser	Suivre un protocole.			/ 6
	Effectuer des mesures, des observations.			
	Présenter les mesures dans un tableau.			
	Faire un schéma.			
	Savoir préciser les unités.			
	Savoir identifier tous les paramètres mis en jeu.			
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus	S'assurer que l'on a répondu à la question posée.			/ 3
	Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus.			
	Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique, ...)			
Communiquer	Présenter la solution, ou la rédiger, en en expliquant le raisonnement et les résultats.			/ 4
	Savoir respecter les consignes de rédaction ou de schématisation			
	S'exprimer dans un langage correct, clair et concis.			
	Savoir mettre en évidence l'intérêt du dispositif, quelques applications.			

		M	NM	
S'approprier le Problème	Définir une problématique.			/ 3
	Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.			
	Relier le problème à une ou des notions modèles connues.			
Établir une stratégie de résolution	Formuler des hypothèses			/ 4
	Etablir un protocole pour vérifier les hypothèses.			
Réaliser	Suivre un protocole.			/ 6
	Effectuer des mesures, des observations.			
	Présenter les mesures dans un tableau.			
	Faire un schéma.			
	Savoir préciser les unités.			
	Savoir identifier tous les paramètres mis en jeu.			
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus	S'assurer que l'on a répondu à la question posée.			/ 3
	Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus.			
	Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique ...)			
Communiquer	Présenter la solution, ou la rédiger, en en expliquant le raisonnement et les résultats.			/ 4
	Savoir respecter les consignes de rédaction ou de schématisation			
	S'exprimer dans un langage correct, clair et concis.			
	Savoir mettre en évidence l'intérêt du dispositif, quelques applications.			

