



Électronique pour la conception des systèmes embarqués  
SE208

---

Récupération d'énergie

## Énoncé des exercices

*ING – Filière SE — Juin 2024*

Germain PHAM – Reda MOHELLEBI

Formation Initiale  
Département Communications et Électronique  
Télécom Paris

# 1 Autonomie et temps de charge

## 1.1 Capsule cardiaque

Une capsule cardiaque est alimentée avec une tension de  $V_{DD} = 1.2\text{ V}$  et consomme  $P = 12\text{ }\mu\text{W}$ . On intègre une batterie rechargeable de capacité  $C = 1.25\text{ mA}\cdot\text{h}$ . Pour des raisons de sécurité, on considère que la recharge est nécessaire quand on atteint 20% de la capacité de la batterie.

**Question 1.1** *A partir d'une charge complète, combien de temps la capsule peut-elle fonctionner avant qu'une recharge ne soit nécessaire ?*

## 1.2 Imageur

On considère un capteur d'image dont la consommation de puissance en fonctionnement est  $P_{\text{conso}} = 175\text{ }\mu\text{W}$ . Ce capteur est prévu pour fonctionner pendant  $T_f = 8\text{ h}$  et s'éteindre pendant le reste du temps et est alimenté sous une tension  $V_A = 3\text{ V}$ .

**Question 1.2** *Quelle est la charge consommée (en coulomb) pendant 1 h de fonctionnement et pendant le fonctionnement total nominal ?*

Cet imageur est intégré à un système plus complexe et est couplé en premier lieu à un circuit de récupération d'énergie qui peut délivrer un courant constant de  $I_C = 2.1 \times 10^{-5}\text{ A}$ .

**Question 1.3** *L'imageur peut-il fonctionner en s'alimentant uniquement sur le système de récupération d'énergie ?*

Pour résoudre le problème précédent on complète le système d'une batterie pour stocker l'énergie électrique.

**Question 1.4** *Quel type de batterie privilégieriez-vous et pourquoi ?*

**Question 1.5** *Quelle est la capacité suffisante pour faire fonctionner le système pendant les 8 h prévues ? (en C et puis en  $\mu\text{A}\cdot\text{h}$ )*

**Question 1.6** *Quel temps faut-il pour charger cette batterie avec le système de récupération d'énergie ? Est-ce que le système peut être utilisé tous les jours à heures fixes ?*

## 2 Récupération d'énergie

### 2.1 Cellules photovoltaïques : caractéristiques et rendement

Un module photovoltaïque comprend un grand nombre de cellules qui convertissent une partie de l'énergie rayonnante du Soleil qu'elles reçoivent, en énergie électrique.

On relève expérimentalement les grandeurs de courant en court-circuit et les tensions à vide, sous différents niveaux d'éclairement (indiqué sous forme de puissance lumineuse surfacique) d'un module photovoltaïque. Ces résultats sont représentés à la Fig. 1.

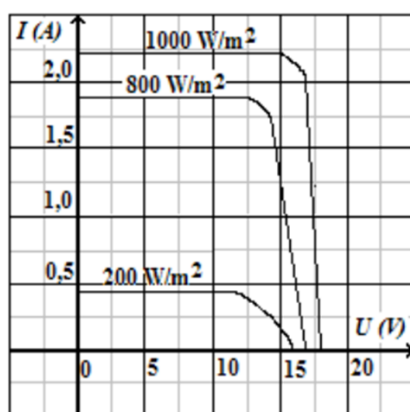


FIGURE 1 – Caractéristiques mesurées du module photovoltaïque

Les caractéristiques électriques correspondant à un niveau d'éclairement de  $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  sont indiquées dans le tableau 1.

Température du module ( $^{\circ}\text{C}$ )	50
Puissance électrique maximale (W)	32.8
Tension aux bornes du module à puissance maximale (V)	14.9
Intensité I (A) pour une tension $U = 15 \text{ V}$	2.2
Tension en circuit ouvert (V)	18.4
Intensité de court-circuit (A)	2.2

TABLE 1 – Caractéristiques électriques pour un éclairement de  $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

**Question 2.1** Sur le graphique de la Fig. 1, placer pour une puissance rayonnante reçue de  $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  :

- le point de fonctionnement A correspondant à la puissance électrique maximale disponible ;
- le point de fonctionnement B correspondant à l'intensité de court-circuit ;
- le point de fonctionnement C correspondant à un circuit ouvert.

Ce module reçoit, à  $50^{\circ}\text{C}$ , une puissance rayonnante de  $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  et l'on suppose que le système fonctionne tel que la tension à ses bornes est égale à  $10 \text{ V}$ .

**Question 2.2** D'après le graphique, quelle est la valeur de l'intensité du courant débité ?

**Question 2.3** Quelle est la puissance électrique délivrée ?

**Question 2.4** La surface du module est égale à  $0.185 \text{ m}^2$ . Calculer le rendement énergétique du module.

**Question 2.5** Calculer la résistance optimale à brancher aux bornes du panneau solaire recevant  $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  pour qu'il fournisse une puissance maximale ?

## 2.2 Capsule cardiaque (Suite et fin)

**Rappel :** La capsule cardiaque est alimentée avec une tension de  $V_{DD} = 1.2 \text{ V}$  et consomme  $P = 12 \mu\text{W}$ . On intègre une batterie rechargeable de  $C = 1.25 \text{ mA} \cdot \text{h}$ . Pour des raisons de sécurité, on considère que la recharge est nécessaire quand on atteint 20% de la capacité de la batterie.

Pour charger cette batterie, on utilise le système de récupération d'énergie de la Fig. 2. Le système est composé d'une partie intégrée dans la capsule contenant une antenne boucle

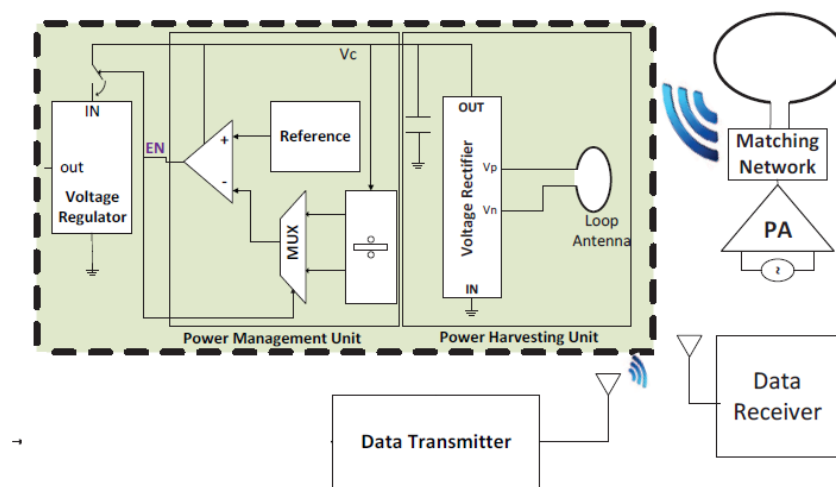


FIGURE 2 – Système de recharge de la batterie de la capsule cardiaque

et l'électronique pour convertir l'énergie récupérée à une source de recharge continue à  $1.2 \text{ V}$  régulée. L'autre partie contient un émetteur-récepteur connecté à une antenne boucle. Cette dernière partie est placée sur le torse du patient pour la recharge. Le gain des deux antennes boucle est  $3.05 \text{ dB}$ . Le rendement de l'électronique de conversion de l'énergie est  $50\%$ . La distance entre la capsule et le système de recharge externe est de  $8 \text{ cm}$ . On utilise un émetteur Wi-Fi d'une puissance de  $100 \text{ mW}$ . Pour rappel, le Wi-Fi utilise principalement une bande de fréquence dite "Industrielle, Scientifique et Médicale", ISM, proche de  $2.4 \text{ GHz}$ .

**Question 2.6** Quelle est le temps nécessaire pour réaliser une recharge complète de la batterie ?