



HAL
open science

Dimensionnement d'un générateur photovoltaïque pour un système communicant autonome

Jean-François Llibre, Philippe Pinel, Eric Campo

► **To cite this version:**

Jean-François Llibre, Philippe Pinel, Eric Campo. Dimensionnement d'un générateur photovoltaïque pour un système communicant autonome. CNR IUT, 2006, pp.EB2_05. hal-00326621

HAL Id: hal-00326621

<https://hal.science/hal-00326621>

Submitted on 3 Oct 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Dimensionnement d'un générateur photo voltaïque pour un système communicant autonome

Jean-François LLIBRE, Philippe PINEL, Eric CAMPO

IUT de Blagnac

Laboratoire ICARE (EA3050)

1 Place Georges Brassens – BP 60073, 31703 Blagnac Cedex

llibre@iut-blagnac.fr ; ppinel@gmail.com ; campo@iut-blagnac.fr

Section de rattachement : 63

Secteur : Secondaire

***Résumé.** Pour rendre autonome un système communicant utilisant la technologie bluetooth, nous avons choisi de l'équiper d'un générateur photovoltaïque. Pour dimensionner ce générateur, il faut tenir compte de la consommation énergétique journalière, des caractéristiques de l'accumulateur à charger, de l'encombrement disponible et des caractéristiques d'ensoleillement. Nous donnons ainsi dans cet article un exemple de dimensionnement pour un système situé en extérieur dans le sud de la France.*

***Mots-Clés.** accumulateur, apport d'énergie, bluetooth, photovoltaïque.*

1. Introduction

La présente étude porte sur la faisabilité de rendre autonome du point de vue énergétique un système communicant radiofréquence utilisant la technologie Bluetooth. Ce système de faible dimension (de la taille d'un PDA) est situé dans un environnement extérieur et communique des informations météorologiques (issues de capteurs de pression, de température et d'humidité) à un ordinateur distant de quelques dizaines de mètres.

Pour rendre le système indépendant vis-à-vis du réseau EDF, il est équipé d'un accumulateur et d'un système de rechargement utilisant des énergies dites « gratuites » et renouvelables. Nous nous intéressons ici à l'énergie solaire qui présente l'avantage d'être suffisamment énergétique pour espérer rendre le système entièrement autonome. Nous donnons ainsi dans cet article un exemple de dimensionnement de l'accumulateur, du générateur photovoltaïque qui répondent aux besoins énergétiques journaliers de notre application.

2. Besoins énergétiques du système communicant station météorologique

2.1. Consommation énergétique du système radiofréquence

2.1.1. Introduction sur Bluetooth

Bluetooth est une technologie de communication sans fil basée sur la transmission de données par liaison radio courte portée et moyen débit. Le but principal de Bluetooth est de remplacer les liaisons filaires servant à relier des équipements électroniques fixes ou mobiles. Les caractéristiques principales de Bluetooth sont la robustesse, une faible puissance et un faible coût (~10€).

Le cœur du système comprend un émetteur-récepteur RF, travaillant dans la bande de fréquence 2,4 GHz. Cette bande qui s'étend de 2,402 GHz à 2,480 GHz, est divisée en 80 canaux de 1 MHz. Le signal émis par le périphérique subit une modulation GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*). Pour lutter contre les interférences et le fading dus aux nombreux utilisateurs sur cette bande, le système emploie une couche radio basée sur l'étalement de spectre par sauts de fréquence FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) illustré en figure 1.

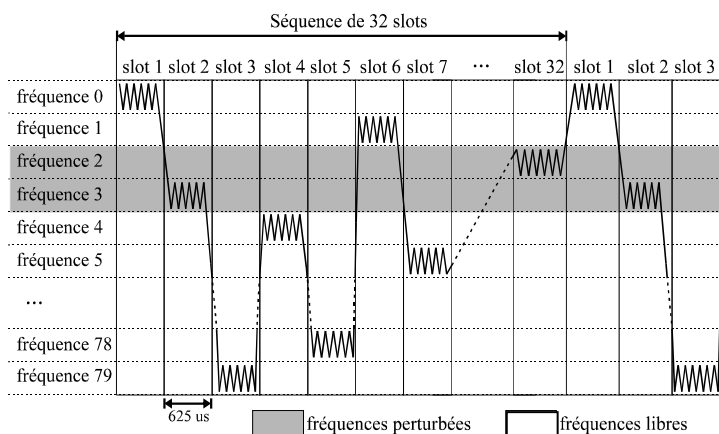


Figure 1. Saut de fréquences Bluetooth.

Lors d'une connexion, les deux composants Bluetooth se synchronisent sur l'horloge de l'initiateur de la communication qui en devient alors le maître. L'initiateur de la communication utilise le premier intervalle de temps ou "slot" d'une durée de 625 μ s pour parler vers son interlocuteur, qui lui répond le "slot" suivant (réf. web 1). Les deux correspondants changent alors régulièrement de fréquence porteuse au rythme de 1600 sauts/s. Ainsi, si plusieurs connexions sont établies dans une même zone, les perturbations mutuelles sont limitées par la faible probabilité de retrouver des plages de

fréquences communes. Dans le cas de collisions, il reste plus efficace de retransmettre les données sur un autre canal après un saut de fréquence (Val *et al.*, 2002).

Un des moyens très utilisé de communiquer entre deux modules est d'établir un lien SPP (*Serial Port Profile*). Il s'agit d'une liaison série virtuelle entre le maître et l'esclave, identique à une liaison filaire RS232 classique.

2.1.2. Les mesures de consommation

Les modules Bluetooth utilisés sont des modules LMX9820 de National Semiconductor montés sur des cartes ARF32 (cf. figure 2). Chaque carte est elle-même montée sur un circuit imprimé, développé au laboratoire, permettant l'alimentation et la paramétrage du module Bluetooth via la liaison série.

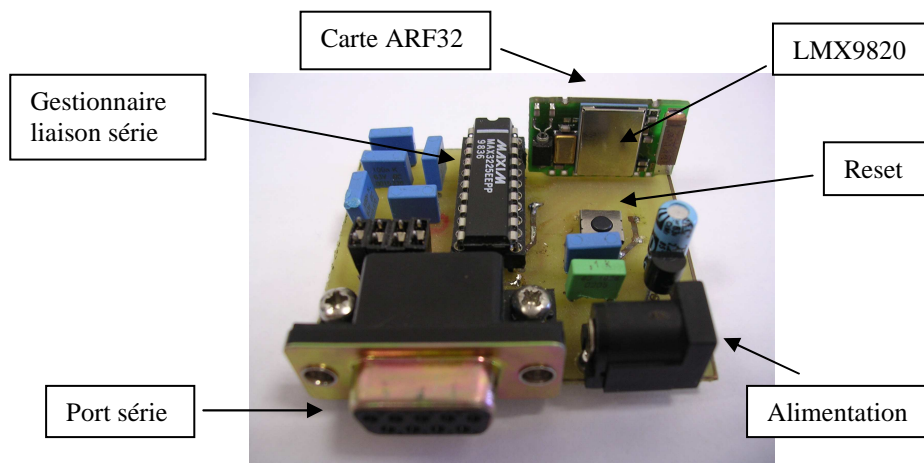


Figure 2. Carte ARF32 montée sur CI.

La figure 3 représente le montage expérimental de mesure de consommation.

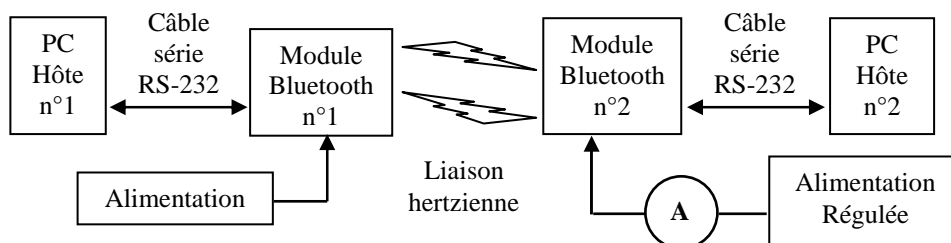


Figure 3. Montage expérimental de mesure de consommation.

Le module n°2 dont on mesure la consommation peut être alternativement maître ou esclave. Il est alimenté par une alimentation régulée équipée d'un voltmètre et le courant est mesuré par un milliampèremètre. Les PC permettent de configurer les modules Bluetooth : choix du protocole de communication, vitesse de transfert...

Nous avons testé le mode de fonctionnement « classique » correspondant à une communication Maître-Esclave. Pour la configuration des modules nous avons utilisé une interface logicielle : *Simply Blue Commander*. La liaison est configurée à 9600 bauds et la tension d'alimentation est $V_{cc} = 3,3$ V. Le tableau 1 récapitule toutes les mesures de consommation effectuées dans ce mode.

Etat		Maître	Esclave
Démarrage		Pointe à 231 mW	
Lien mort – non connecté (veille)		33 mW	
Connecté	Lien SPP : transmission	72,6 mW	102,3 mW
	Attente	43 mW	80 mW

Tableau 1. Consommation en mode maître esclave du LMX9820.

On constate que le module consomme moins lorsqu'il est initiateur de la communication, c'est-à-dire en configuration maître. Nous avons aussi effectué des essais à 115 kbauds ; la consommation des modules est restée identique.

2.2. Consommation énergétique des capteurs météorologiques

Le système communicant « station météo » est équipé des éléments suivants :

- 3 micro capteurs de température, hygrométrie et pression
- 1 microcontrôleur
- 1 émetteur récepteur RF

Le temps nécessaire pour acquérir l'information est inférieur à la seconde pour les deux capteurs. La consommation énergétique du microcontrôleur est négligeable devant celle des capteurs qui est donnée dans le tableau 2.

Fonction	Nom du produit	Consommation
Capteurs de température et d'hygrométrie	Humirel HTM1735	5 V / 4 mA soit 20 mW
Capteur de pression	Honeywell HSD015A	5 V / 6 mA soit 30 mW

Tableau 2. Consommation énergétique des capteurs.

2.3. Besoins énergétiques pour l'application météo

Pour l'application météo, nous supposons que le système communique pendant 15 secondes, six fois par heure, et ce 24 heures par jour. Le module communicant bluetooth est configuré en esclave et donne les informations issues des capteurs (de température, de pression et d'humidité) à un ordinateur distant équipé également d'un module bluetooth. Nous donnons ci-dessous les besoins journaliers en énergie pour le module bluetooth :

$$- E_{\text{démarrage}} = (231 \times 6 \times 1 \times 24) / 3600 = 9,2 \text{ mWh/j}$$

$$- E_{\text{acquisition}} = (102 \times 6 \times 15 \times 24) / 3600 = 61,2 \text{ mWh/j}$$

$$- E_{\text{veille}} = [33 \times (3600 - 36 \times 6) \times 24] / 3600 = 744,5 \text{ mWh/j}$$

$$- E_{\text{attente}} = (6 \times 80 \times 20 \times 24) / 3600 = 64 \text{ mWh/j}$$

La consommation énergétique journalière du module Bluetooth est donc :

$$E_{\text{RFtotale}} = 879 \text{ mWh/j}$$

En supposant que la prise de température, d'humidité et de pression est effectuée en moyennant les valeurs obtenues sur 10 secondes, les capteurs consomment :

$$E_{\text{capteurs totale}} = (50 \times 6 \times 10 \times 24) / 3600 = 20 \text{ mWh/j}$$

On se rend compte ainsi que le module radiofréquence est l'organe qui consomme le plus dans le système (environ 98%). De plus, la consommation du module en mode veille est prépondérante. Les modules Bluetooth n'ont pas la possibilité de s'éteindre et de se rallumer de manière automatique contrairement aux modules Zigbee.

La consommation journalière totale du module Bluetooth et des capteurs est :

$$E_{\text{totale}} = 900 \text{ mWh/j}$$

Si par un moyen externe au module, on peut l'éteindre et le rallumer, alors :

$$E_{\text{RFtotale}} = 9,2 + 61,2 = 70,4 \text{ mWh/j} \text{ soit } E_{\text{totale}} = 90 \text{ mWh/j}$$

3. Dimensionnement

3.1. Choix de l'accumulateur

Le choix des accumulateurs va dépendre de la tension nécessaire pour alimenter les capteurs mais surtout des possibilités de recharge. L'énergie photovoltaïque n'apportant pas un courant important, le choix de la technologie NiMH semble le plus approprié. En effet, la recharge à C/10 (au dixième de la capacité) est permise sans contrainte particulière par comparaison avec la technologie Li-ion où la recharge doit se faire à C avec une surveillance de la tension (réf. web 2).

Le système nécessitant une tension de 5 V pour l'alimentation des capteurs, il faut donc prévoir 5 accus de 1,2 V en série et une électronique de commande pour alimenter

les capteurs à 5 V et le module RF à 3,3 V. Notre choix se porte sur des accumulateurs VH600F6M de Varta qui sont des modèles de type prismatique (montage en pack facilité) (réf. web 3). Les caractéristiques sont :

- tension : 1,2 V
- capacité nominale : 600 mAh
- courant max : 1,65 A
- courant de charge et décharge : 55mA, 14-16h
- dimensions en mm : 34x16x6,6

L'énergie théorique que peuvent fournir les accumulateurs est :

$$E_{\text{accus}} = 5 \times 1,2 \times 600 = 3600 \text{ mWh.}$$

En prenant un rendement de l'électronique de commande de 80% et en autorisant une profondeur de décharge (PD) de 30%, l'énergie disponible pour le système est :

$$E_{\text{disponible}} = 0,3 \times 0,8 \times 3600 = 864 \text{ mWh.}$$

L'autonomie du système est donc : $\tau = 864/900 = 0,96j = 23$ heures.

Si on peut éteindre et rallumer le module radio, l'autonomie est alors portée à :

$$\tau = 864/91 = 9,49j = 227 \text{ heures.}$$

3.2. Dimensionnement du générateur photovoltaïque

La figure 4 représente le système équipé d'un générateur photovoltaïque.

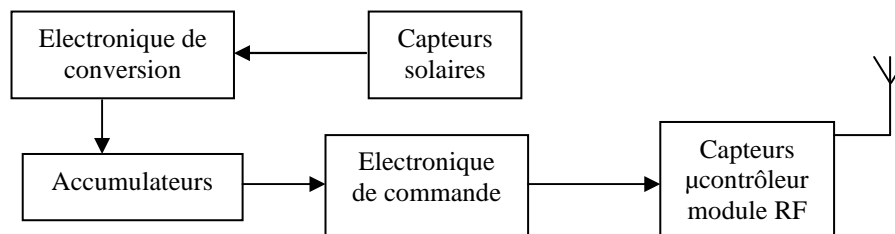


Figure 4. Système autonome.

Pour choisir le générateur photovoltaïque (PV), il faut tenir compte de l'ensoleillement disponible sur site, des besoins journaliers énergétiques, des caractéristiques de l'accumulateur à charger et de l'encombrement.

L'irradiation moyenne journalière est fonction de l'inclinaison des cellules PV et du mois de l'année. Le site internet du JRC (Joint Research Centre) de l'Union Européenne montre des cartes détaillées de l'ensoleillement, de la température ambiante et de l'énergie solaire disponible partout en Europe (réf. web 4). En région Toulousaine, pour une orientation au Sud, on a avec une inclinaison de 35° :

- au mois de décembre, une irradiation moyenne de 2,1 kWh/m²/jour,
- au mois de juillet, une irradiation moyenne de 5,9 kWh/m²/jour.

La figure 5 représente les courbes de l'irradiation moyenne journalière pour différentes inclinaisons en fonction du mois de l'année (réf. web 4).

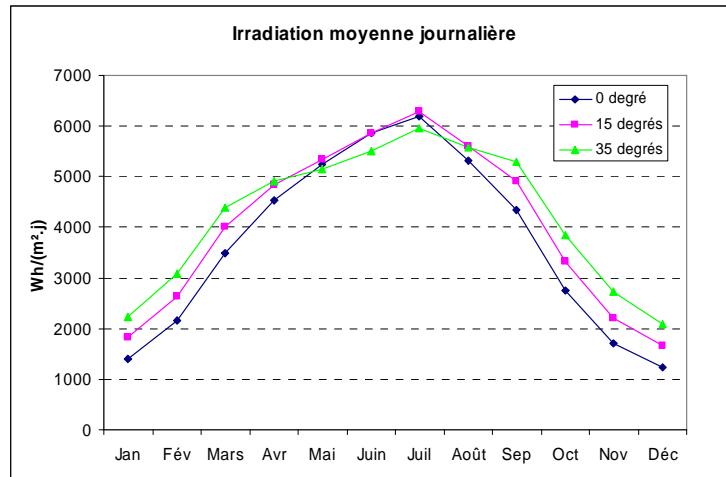


Figure 5. Irradiation moyenne journalière.

L'inclinaison optimale, qui conduit à une irradiation moyenne journalière maximale sur l'année entière, est obtenue pour 35°. La valeur moyenne sur l'année de l'irradiation est alors égale à 4,2 kWh/m²/j.

Pour dimensionner le générateur PV, on utilise l'expression suivante : $P_c = k \cdot E_{Bj}$. Avec :

- P_c : la puissance crête du générateur PV générée dans les conditions standard
- E_{Bj} : la consommation énergétique journalière
- k : coefficient de dimensionnement qui tient compte de la localisation géographique (Protin *et al.*). La ville de Toulouse étant située en zone 5, ce coefficient est égal à 0,75. Cela signifie que pour obtenir 1Wh par jour il faut installer un générateur PV de 0,75 W crête.

On en déduit que : $P_c = 0,75 \times 0,9 = 0,675$ W crête

Il faut choisir un générateur PV de puissance crête supérieure à celle calculée ci-dessus, d'encombrement réduit et adapté aux accumulateurs choisis (tension 6V et courant de charge de 55 mA). Il faut vérifier que la tension à la puissance crête est supérieure à la tension maximale des accumulateurs majorée des chutes de tension dus aux diodes, aux câbles et à l'échauffement des cellules PV.

Le photogénérateur de référence 14/150/150 TD de chez Solems (réf. web 5) à base de silicium amorphe semble adapter pour notre application :

- tension batterie de 6 V
- dimensions : 150mm de long et 150mm de large
- pour un éclairement de 200 W/m² : 18 mA de courant débité pour 6,6 V

- pour un éclairage de 1000 W/m^2 : 92 mA de courant débité pour 7,5 V
- puissance crête 0,69 W

En effet, il permet de fournir un courant de charge supérieur à C/10 aux accumulateurs dans des conditions optimales d'éclairage et assure un courant équivalent à C/30 (charge de maintien) dans des conditions faibles d'éclairage.

Pour vérifier l'adéquation de ce photogénérateur avec les besoins journaliers énergétiques, calculons dans les conditions les plus défavorables la production énergétique journalière. L'irradiation moyenne journalière en décembre (orientation au Sud et inclinaison de 35°) est : $2,1 \text{ kWh/m}^2/\text{j}$. On peut assimiler cette journée à un rayonnement de 1000 W/m^2 pendant 2,1 heures. En multipliant la puissance crête du générateur PV par ce nombre d'heures équivalent, on obtient la production électrique pendant cette journée, soit : $E_{\text{produite décembre}} = 0,69 \text{ W} \times 2,1 \text{ h/j} = 1449 \text{ mWh/j}$.

Cette production est supérieure à la consommation énergétique journalière qui est de 900 mWh/j .

4. Conclusion et perspectives

Nous avons montré ici un exemple de dimensionnement d'un générateur photovoltaïque qui permet de rendre autonome un système communicant radiofréquence utilisant la technologie Bluetooth. Cette technologie qui offre des avantages certains en terme de prix (grande diffusion), de facilité de mise en œuvre, de portabilité, a le désavantage de sa consommation énergétique. En effet, lorsque le module est en veille sa consommation reste importante si on la compare à la consommation en phase d'activité. La norme Bluetooth n'a pas prévu la gestion des modes de consommation contrairement à la technologie Zigbee ; ces deux technologies relèvent des réseaux personnels sans fil WPAN. Cette dernière, malgré des débits offerts plus faibles, offre la possibilité de pouvoir mettre en sommeil les modules avec des consommations énergétiques quasi nulles.

Bibliographie

Protin L., Astier S., « Convertisseurs photovoltaïques », *Techniques de l'ingénieur*, D3-360

Val T., Campo E., « Une plate-forme matérielle et logicielle de prototypage et de tests de réseau WPAN Bluetooth », EJNDP/RERIR (Electronic Journal on Networks and Distributed Processing / Revue Electronique sur les Réseaux et l'Informatique Répartie), ISSN 1262-3261, mai 2002

<http://www.bluetooth.com>

<http://www.ni-cd.net/accusphp/index.php>

<http://www.allbatteries.com/catalogue/o27.pdf>

<http://re.jrc.cec.eu.int/pvgis/pv/index.htm>

<http://www.solems.com>