

Alimentation autonome multi-sources et transmission radio pour une plate-forme de mesure à microcontrôleur

Travail de fin d'études présenté à la Haute École Rennequin Sualem en vue de l'obtention du grade d'Ingénieur industriel en électricité option électronique

Année académique 2003 – 2004

Michaël Freylinger

1 Contexte

Mécapuce est le nom d'un projet émanant du Centre spatial de Liège. Il consiste au départ en une plate-forme de mesure à microcontrôleur destinée à mesurer les vibrations mécaniques subies par l'élément sur lequel elle est fixée. Les applications sont multiples ; on peut citer par exemple la surveillance de haubans de ponts ou de structures de bâtiments.

Une autre application intéressante est la surveillance des lignes haute tension. Les contraintes aussi bien mécaniques que thermiques subies par les lignes haute tension sont assez mal connues et dépendent de l'endroit où elles sont installées. Une connaissance approfondie de ces contraintes permettrait une meilleure utilisation des lignes et de prévoir certaines pannes ou ruptures. Dans le cadre de cette surveillance, il est important de connaître plusieurs paramètres :

- la température ambiante ;
- la pression atmosphérique ;
- le taux d'humidité ;
- la vitesse et la direction du vent ;
- le rayonnement solaire ;
- la température du câble ;
- l'ampérage du câble ;
- les vibrations du câble.

Dans ce contexte, la plate-forme de mesure doit comporter plusieurs types de capteurs et doit être totalement autonome, aussi bien du point de vue des mesures que du point de vue de l'alimentation.

2 But du travail

L'objectif global du projet est de développer un premier prototype d'une plate-forme de mesure dans le contexte des lignes haute tension. La plate-forme est destinée à récolter et à sauvegarder des mesures provenant de divers capteurs. Elle sera munie d'un émetteur-récepteur radio permettant de transmettre périodiquement les données sauvegardées à une station de base, éventuellement mobile.

La partie alimentation et la couche physique de la transmission de données font l'objet de ce travail de fin d'études. L'autre partie concernant les capteurs, l'acquisition et le stockage des données fait l'objet d'un autre travail.

La majeure partie de ce travail traite de l'alimentation de la plate-forme. L'objectif est de créer des sources de tensions continues suffisamment stables pour alimenter le microcontrôleur, les capteurs, et l'émetteur-récepteur de la plate-forme. Comme le système doit être autonome, ces sources de tensions doivent être obtenues à partir d'autres sources d'énergie que l'on pourrait qualifier ici de « renouvelables ». Parmi ces énergies citons :

- l'énergie solaire ;
- l'énergie éolienne ;
- l'énergie transportée par les vibrations du câble ;
- l'énergie magnétique stockée dans l'espace entourant le câble.

Seules les conversions de l'énergie magnétique et de l'énergie solaire sont étudiées ici. Le système sera donc alimenté par des cellules photovoltaïques et par le câble haute tension via le champ magnétique généré par celui-ci. Il comportera aussi une batterie de secours rechargeable au cas où les autres sources feraient défaut. Cette batterie sera rechargée au besoin par ces mêmes sources si la puissance disponible est suffisante. La figure 1 montre une vue synoptique du projet.

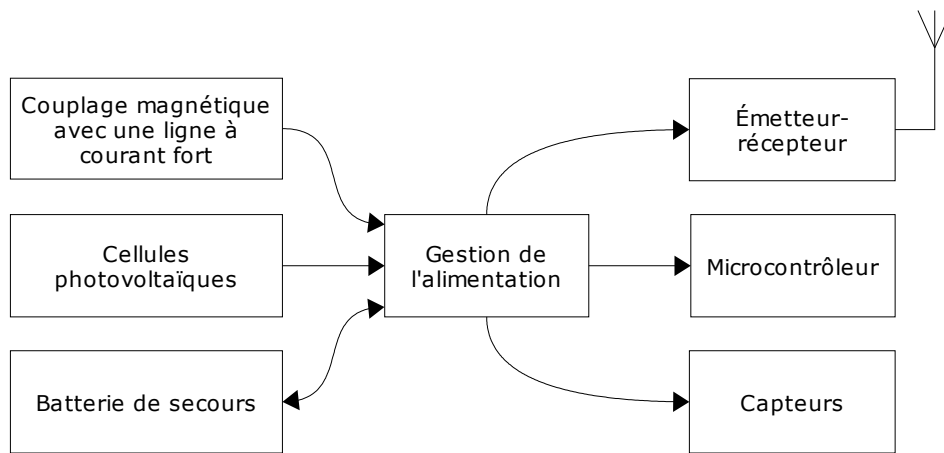


FIG. 1 – Vue synoptique de Mécapuce — les flèches indiquent le sens des flux d'énergie.

Le système devra si possible être conçu de façon à pouvoir facilement être adapté à d'autres situations, par exemple dans un endroit dépourvu de lumière ou de ligne. La consommation doit aussi être minimale et les composants seront choisis en conséquence.

3 Synthèse des actions entreprises

La première étape a été l'étude du couplage magnétique avec une ligne à courant fort. Les résultats théoriques ont été complétés par une série de simulations de champs magnétiques afin d'évaluer l'influence de certains paramètres tels la forme du noyau et les entrefers. Divers schémas électroniques destinés à produire une tension électrique adéquate à partir de ce couplage ont été étudiés.

Ensuite, une série d'informations concernant l'énergie solaire et les batteries rechargeables ont été rassemblées. La connaissance de l'énergie rayonnée sur le sol belge ainsi que l'influence de l'orientation des cellules photovoltaïques sont en effet indispensables pour

effectuer un bon dimensionnement des panneaux solaires. Une comparaison des différents types de batteries nous a permis de faire un choix en faisant divers compromis, par exemple entre la densité énergétique et la complexité de l'algorithme de charge.

Après l'étude des différentes sources d'énergie, il a fallu concevoir toute la gestion de l'alimentation. Elle devait permettre d'utiliser au mieux toute la puissance disponible en entrée afin de fournir en sortie une énergie électrique sous une tension régulée avec un rendement optimal. Le choix des composants a été crucial. Afin de minimiser les pertes, des transistors MOSFETs ainsi que des régulateurs à découpage ont dû être utilisés. Le délai de livraison des composants choisis étant assez long, de fines simulations ont été nécessaires afin de confirmer ces choix.

La transmission par ondes radios pourrait faire à elle seule l'objet d'un travail de fin d'études. Seule l'étude de la couche physique a été abordée : l'émetteur-récepteur, l'interface matérielle et l'antenne. Des tests ont permis de choisir l'émetteur-récepteur le plus adapté en fonction de sa portée et de sa consommation. Un algorithme permettant un fonctionnement continu en mode basse consommation a également été écrit.

Une brève étude des perturbations électromagnétiques et environnementales auxquelles seront soumises les plates-formes a été faite et tente d'y apporter un début de solution. Le problème complexe des blindages y est notamment abordé.

Après une longue étude qui restait somme toute assez théorique, un prototype de l'alimentation a été réalisé et testé en laboratoire.

4 Conclusions

Les tests du prototype en laboratoire ont fourni de très bons résultats. Les différentes sources peuvent fournir simultanément de l'énergie au système et le rendement global est excellent car sensiblement identique au rendement du convertisseur à découpage ; cela grâce à l'utilisation de transistors MOSFETs au lieu de diodes.

Lors de la conception, j'ai porté une attention toute particulière à la portabilité et à l'aspect modulaire de l'alimentation. Si d'autres sources d'énergie venaient à être exploitées, elles pourraient sans peine se rattacher à l'alimentation existante. Il en va de même de la batterie ; si l'alimentation devait être utilisée pour des applications dont le poids est un facteur déterminant, une batterie au lithium pourrait prendre la place de celle au plomb en ne modifiant qu'un nombre très limité de composants.

Pour finir, j'espère que les idées et résultats contenus dans ce travail auront intéressé le lecteur et seront utiles à l'avancement du projet.