

# Capteurs communicants à faible consommation d'énergie pour la reconstruction 3D

Alpha Yaya BALDE<sup>1</sup>, Emmanuel BERGERET<sup>1</sup>, Denis CAJAL<sup>1</sup>, Jean-Pierre TOUMAZET<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>UCA/CNRS/LPC/F-63000 Clermont-Ferrand/France

<sup>2</sup>UCA/CNRS/GEOLAB/F-63000 Clermont-Ferrand/France

<sup>3</sup>ULTSER, Zone Atelier Loire

[alpha\\_yaya.balde@doctorant.uca.fr](mailto:alpha_yaya.balde@doctorant.uca.fr)

**RESUME :** Ce papier décrit un projet de déploiement de capteurs d'images communicants. Ceux-ci doivent à terme permettre la surveillance à distance d'une rivière avec une reconstruction 3D par photogrammétrie. Il existe actuellement de nombreuses solutions pour la captation d'image dans ce type de reconstruction (drone, appareil photographique), cependant si toutes permettent de multiplier les prises de vues pour arriver à cette reconfiguration, le temps et l'implication humaine est également multiplié. L'approche que nous proposons, basée sur un microcontrôleur faible consommation (ESP32) communicant rend le système autonome tout en permettant la transmission des images à distance. De plus, la mise en œuvre de capteurs complémentaires (température, vibration, humidité, ...), pour assurer le déclenchement de la prise des photos permet de limiter les acquisitions aux phases les plus pertinentes (crues).

**Mots clés :** objets connectés, faible consommation, photogrammétrie, SFM, suivi environnemental

## 1 INTRODUCTION

Face aux différentes menaces (réchauffement climatique, ...), auxquelles l'environnement est confronté, il est primordial d'améliorer nos connaissances sur les processus à l'œuvre afin de pouvoir les modéliser et minimiser leurs effets. L'objectif de cette étude est la conception d'un dispositif de suivi 4D (modélisation 3D + suivi temporel) des différents constituants d'une rivière (les bancs de sables et la végétation associés, qui bénéficie de ce substrat pour se fixer tout en contribuant à le stabiliser) afin de mieux comprendre leurs interactions mutuelles. Plusieurs études ont été menées sur cette problématique [1],[2], dans lesquelles le suivi 3D était réalisé par la technique SFM (Structure From Motion) exploitant des images aériennes réalisées de façon ponctuelles. Cette technique d'analyse est performante mais elle ne permet d'avoir qu'une vision a posteriori des conséquences d'un événement climatique (crue ou sécheresse intense), car les survols sont coûteux et donc forcément limités en nombre, et ils doivent être planifiés en amont, rendant complexe une bonne réactivité.

L'approche que nous proposons permet de répondre à ces verrous : pour ce faire des capteurs d'images seront installés in situ puis associés à d'autres capteurs (humidité, vibration, température), paramétrés pour déclencher les différentes captations et aussi fournir les données qui permettent de mieux caractériser les événements majeurs (crue, sécheresse, ...).

Après avoir présenté le type de capteur choisi, nous décrirons la méthode utilisée pour le déploiement de ces dispositifs ainsi que les mesures et analyses réalisées afin de chiffrer la consommation en énergie d'un déploiement sur le terrain.

## 2 MÉTHODE ET MATÉRIELS UTILISÉS :

L'étude se base sur le microcontrôleur ESP32 produit *Expressif*. Disposant du wifi intégré et de plusieurs modes de veille à très faible consommation, il est disponible sous forme de carte de développement (Esp32-cam), intégrant une caméra à faible coût (ov2640), permettant un déploiement en nombre.

La technique de photogrammétrie mise en place dans notre étude ne nécessite pas de connaître la localisation exacte des capteurs d'images. Par contre, pour qu'un point soit pris en compte au moment de la reconstruction, il doit se trouver sur au moins 3 images. La figure 1 illustre cette problématique : le sommet des triangles représente la position des capteurs, la base des triangles matérialise le champ de vision à une distance donnée  $d$ , en fonction de l'angle d'ouverture  $\theta$ .

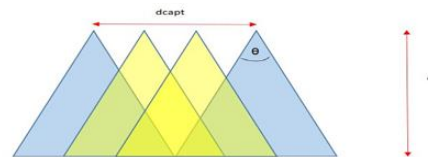


Figure 1 : Déploiement des capteurs d'images

À partir des contraintes de terrain (distance à l'élément d'intérêt, taille de la zone à couvrir), il nous est alors possible de dimensionner le nombre de capteurs à déployer pour chaque application.

## 3 SCÉNARIO ET BILAN ÉNERGÉTIQUE

Nous utilisons un Raspberry comme point d'accès Wifi, et de serveur PHP. Les Esp32-cam se connectent

au wifi du Raspberry puis utilisent la requête HTTP pour envoyer les images sur le serveur. Le scénario de déploiement est représenté ci-dessous.

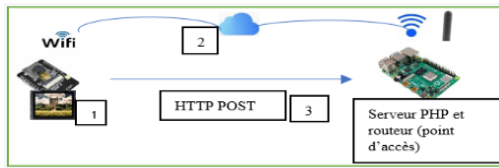


Figure 2 Scénario de fonctionnement du réseau de capteur

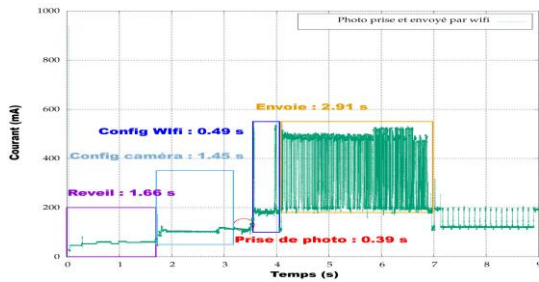


Figure 3 consommation du dispositif lors d'un cycle complet de fonctionnement

Le processus de prise et de transmission d'image peut être découpé en 6 phases principales : le réveil de l'Esp32-cam après une mise en veille, la configuration de la caméra, la prise de photo, la connexion au réseau Wifi puis l'envoi de la photo, et enfin le retour au mode veille. Le tableau 1 indique le courant moyen consommé par chacune des différentes phases.

Réveil	Caméra	Photo	Wifi	Envoie
56 mA	105 mA	116 mA	201 mA	376 mA

Tableau 1 Moyenne de courant consommé par phase

La figure 3 permet d'analyser la consommation d'énergie lors d'un cycle complet de fonctionnement pour lequel on retrouve les 5 blocs distincts correspondant aux différentes phases de notre algorithme. On constate que la prise de photo elle-même n'est pas la plus coûteuse en énergie : Celle-ci correspond à 149 mJ avec une tension d'alimentation de 3.3 V dans l'exemple de la figure 3, mais peut varier significativement en fonction de la définition de l'image (21% de différence entre les formats SVGA et UXGA). Après avoir réalisé plusieurs tests sur l'influence que pouvait avoir la définition de l'image sur la qualité du modèle 3D obtenu, nous avons choisi d'utiliser le format UXGA (1600x1200), car il permet une meilleure résolution du modèle 3D. La phase de consommation la plus importante reste cependant de très loin l'envoi de l'image par Wifi. Dans notre configuration, pour envoyer une photo d'une taille d'environ 220ko,

l'Esp32-cam consomme en moyenne 3600 mJ sous une tension de 3.3 V.

#### 4 CONCLUSION

Les tests de reconstruction 3D par photogrammétrie ont permis de valider le choix du capteur (OV2640) car il offre un compromis intéressant entre les critères de qualité, de taille d'image et de coût. Nous avons pu observer que beaucoup de paramètres ajustables (définition de l'image, fréquence de traitement, nombre de frame ...), pouvaient avoir leur influence sur la consommation en courant au moment de la prise de photo comme l'illustre en détail l'étude menée dans [3]. Cependant le but est de trouver le meilleur compromis entre la consommation énergétique et la qualité des images, dans ce cas le choix du format UXGA s'est imposé. Les différentes phases de consommation de l'Esp32-cam, ont pu être identifiées grâce à l'algorithme implémenté, et les consommations énergétiques de chaque phase ont été isolées, ce qui nous permet désormais de simuler différents scénario de pilotage de l'ensemble du dispositif.

Le système est alimenté par batterie. Pour garantir son autonomie énergétique à long terme, nous avons pensé à le mettre en veille (DeepSleep), durant les phases d'inactivités. Nous envisageons également d'associer à ce système des panneaux solaires.

Le protocole Wifi a permis une transmission des informations récoltées sans pertes.

Prochainement nous allons étudier la consommation du protocole LoRaWAN avec les mêmes bases pour établir une comparaison sur la fiabilité et la consommation des deux protocoles.

#### Bibliographie

- [1] B. Hortobágyi *et al.*, « A multi-scale approach of fluvial biogeomorphic dynamics using photogrammetry », *Journal of Environmental Management*, vol. 202, p. 348-362, nov. 2017, doi: 10.1016/j.jenvman.2016.08.069.
- [2] F. Vautier, D. Corenblit, B. Hortobágyi, L. Fafournoux, et J. Steiger, « Monitoring and reconstructing past biogeomorphic succession within fluvial corridors using stereophotogrammetry: Stereophotogrammetry: Monitoring Past Fluvial Biogeomorphic Succession », *Earth Surf. Process. Landforms*, vol. 41, n° 10, 2016, doi: 10.1002/esp.3962.
- [3] R. LiKamWa, B. Priyantha, M. Philipose, « Energy characterization and optimization of image sensing toward continuous mobile vision », in *Proceeding of the 11th annual international conference Taipei, Taiwan, 2013*, p. 69. doi: 10.1145/2462456.2464448.