

# Projet D'ingénierie : Etude de faisabilité

## **Hexanome 4111 :**

Quentin CALVEZ, Matthieu COQUET,  
Jan KEROMNES, Alexandre LEFOULON,  
Thaddée TYL, Xavier SAUVAGNAT,  
Tuuli TYRVÄINEN

Janvier 2012

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Analyse de l'existant</b>	<b>2</b>
2.1	Solution existante interne à COPEVUE . . . . .	2
2.2	Solution existante concurrente . . . . .	2
2.2.1	One Touch Automation . . . . .	2
2.2.2	MeerCam . . . . .	2
2.2.3	ELOcom . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Etude de faisabilité</b>	<b>2</b>
3.1	Système embarqué . . . . .	3
3.1.1	Matériel . . . . .	3
3.1.2	Système d'exploitation . . . . .	3
3.2	Production d'énergie . . . . .	3
3.2.1	Batteries longue durée . . . . .	3
3.2.2	Énergie solaire . . . . .	3
3.2.3	Énergie éolienne . . . . .	4
3.2.4	Pile à combustible . . . . .	4
3.3	Communication . . . . .	4
3.3.1	Communication entre la station et le site central . . . . .	4
3.3.2	Communication entre les capteurs et la station . . . . .	4
3.3.3	Communication entre les équipes d'entretien et les station . . . . .	5
3.4	Localisation . . . . .	5
3.5	Capteurs . . . . .	5
3.5.1	Capteurs de niveau pour liquides . . . . .	5
3.5.2	Capteurs de niveau pour solides . . . . .	6
3.5.3	Capteurs hybrides (liquides & solides) . . . . .	6
3.6	Problèmes spécifiques au climat et solutions . . . . .	6
3.6.1	Problèmes rencontrés à cause du froid . . . . .	6
3.6.2	Solutions envisagables . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>

# 1 Introduction

Ce dossier présente les différentes technologies et solutions techniques qui sont susceptible d'être utilisées dans notre solution. Nous expliquerons les problèmes généraux que l'on peut rencontrer en condition de site isolé, puis nous dresserons un état des solutions envisageables et tout en gardant à l'esprit les problématiques spécifiques qui nous concernent.

## 2 Analyse de l'existant

### 2.1 Solution existante interne à COPEVUE

Il n'existe actuellement aucun système de monitoring de site isolés en sein du COPEVUE. A ce jour, les sites isolés ne sont pas automatisés, et sont surveillés manuellement. Il n'existe aucune communication entre les sites et une quelconque contrale, ce qui nécessite des interventions régulières de relèvement et maintenance des installations, entrainant par là-même un coup important.

### 2.2 Solution existante concurrente

Il n'existe actuellement aucune entreprise proposant de solution clé-en-main permettant de répondre à l'ensemble des exigences de notre cahier des charges. Cependant, certaines solutions concurrentes peuvent se rapprocher de ce que l'on cherche à atteindre, voici une liste succincte de plus convaincantes que nous ayons trouvés :

#### 2.2.1 One Touch Automation

C'est l'entreprise proposant une solution qui se rapproche le plus de notre futur système. Elle propose un système de monitoring abouti et réputé pour à une très basse consommation des composants proposés. Ils surveillent des sites isolés grâce à des caméras de surveillance CCTV alimentées par un système hybride solaire/éolien. Le système est disponible en version portable, ou fixe.

#### 2.2.2 MeerCam

Système de surveillance automatisée de bâtiment grâce à des caméras basse consommation. Ces caméras sont équipés de trois batteries qui assurent une durée de vie de quatre ans sans changement de celles-ci.

#### 2.2.3 ELOcom

Les boîtier ELOcom équipent un réseau de camion. Ils permettent la localisation de ceux-ci et la télécommunication avec un serveur central (liaison CANbus entre l'antenne GSM et le GPS).

## 3 Etude de faisabilité

Les conditions climatiques extrêmes sont à prendre en compte dans cette étude. Bien que nous nous intéressions principalement aux pays nordiques, nous serons attentifs à l'évolutivité du système pour qu'il puisse être installé dans d'autres types de climats, comme ceux des pays méditerranéens. Dans les pays nordiques, on rencontre des problèmes de froid en hiver (avec pour conséquence des chutes de neige et la formation de glace), et de pollen au printemps. Le soleil est par ailleurs totalement absent durant certaine périodes de l'année. Les température oscillent entre -55 et 40°C, et dans le cas des pays méditerranéens, de -25 à 50°C.

Nous allons insister dans cette partie sur l'adaptabilité de nos solutions à ces différentes conditions.

## 3.1 Système embarqué

### 3.1.1 Matériel

De nombreux fournisseurs proposent des cartes de systèmes embarqués complets conçus autour de processeur ARM (plus économes en énergie que leurs homologues de chez Intel). Ces cartes présentent l'avantage d'être compactes, abordables (inférieurs à 300€), et de proposer de nombreuses interfaces, permettant leur utilisation en combinaison avec la plupart des périphériques informatiques existants.

### 3.1.2 Système d'exploitation

Nous avons constaté dans les différents systèmes embarqués de solutions similaires une utilisation indifférenciée de Linux, Solaris et Windows<sup>1</sup>. Le monitoring s'effectuant en deux étapes distinctes (la collecte de données auprès des capteurs, puis leur transmission périodique à la centrale), un système temps réel ne nous semble pas présenter d'avantages significatifs dans ce cadre d'utilisation. L'usage de Linux semble particulièrement probant, du fait de sa simplicité mais aussi de son utilisation abondante dans le domaine de l'embarqué.

## 3.2 Production d'énergie

La continuité de fonctionnement de capteurs autonomes sur des sites isolés est évidemment soumise à la condition de pouvoir les alimenter électriquement, et ce en permanence. Nous avons ici regroupé les différentes solutions envisageables qui s'offrent à nous pour assurer ce rôle dans le cadre de notre problématique :

### 3.2.1 Batteries longue durée

Les récentes avancées en matière de technologies de batterie permettent, sur des systèmes à très basses consommations comme les capteurs qui nous intéressent ici, d'obtenir de très grandes durées de fonctionnement en autonomie, pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines d'années.

Cette solution est très dépendante du type de capteur choisi (la consommation de ceux-ci pouvant grandement varier selon leur procédé de fonctionnement), mais permet dans certains cas d'assurer un fonctionnement autonome sans aucun entretien sur de très longues périodes.

### 3.2.2 Énergie solaire

Bien que théoriquement très adaptée à notre problème (de par sa capacité à fonctionner sur une gamme de températures très larges), les principaux inconvénients de l'utilisation de l'énergie solaire vont être : Une nécessité d'entretien régulier dans certaines conditions climatiques (e.g. neige ou pollen empêchant les rayons lumineux d'atteindre les panneaux). La contrainte du stockage de l'énergie puisque sa production n'est pas continue requiert l'utilisation d'accumulateurs pour permettre aux appareils de fonctionner en permanence (la nuit par exemple). Selon le type de batteries utilisées, cela peut poser des problèmes d'entretien (réhydratation des batteries) et de durée de vie (certaines batteries ne supportant qu'un certain nombre de cycles).

Un problème supplémentaire se pose dans le cas de notre site isolé type, puisque se situant dans un pays du cercle polaire, l'éclairement est très irrégulier sur l'année et peut même devenir à peu près nul pendant certaines périodes.

Une solution envisagée serait d'utiliser l'énergie solaire en combinaison avec une pile à combustible afin de stocker l'énergie produite sur de longue période. En combinaison avec une source d'eau, les panneaux solaires serviraient à produire de l'hydrogène qui pourrait alors être stocké indéfiniment avant de servir à alimenter les différents appareils (cf. le paragraphe "pile à combustible").

---

1. Entreprises étudiées : ENI, Asentria et GuardMagic.

### 3.2.3 Énergie éolienne

Très similaire à la solution précédente de par ses contraintes (principalement la nécessité d'accumulateurs), cette solution pourrait être utilisée sur les sites présentant des irrégularités d'éclairement trop importantes et une activité venteuse suffisante. De plus, les éoliennes demandent moins d'entretien que les panneaux solaires, et peuvent aussi fonctionner en conditions extrêmes (ce sont les basses températures qui nous intéressent principalement ici).

### 3.2.4 Pile à combustible

Une autre solution qu'il nous serait possible d'utiliser est la production d'électricité à partir d'un combustible, et plus précisément à partir d'hydrogène. Cette méthode présente l'avantage de fournir une puissance constante, de pouvoir fonctionner dans des conditions extrêmes et de demander très peu d'entretien. Il suffit de prévoir une quantité suffisante de combustible au départ pour que le système puisse fonctionner sur une période donnée, puis de venir réapprovisionner le site une fois celui-ci consommé. Il est intéressant de noter que comme nous sommes en présence d'appareils électriques à très basse consommation, il serait possible de laisser des sites en autonomie totale pendant plusieurs années (en effet, contrairement aux batteries, les réserves d'hydrogène ne se vident pas avec le temps si elles ne sont pas consommées).

Il est aussi envisageable d'utiliser cette technique en combinaison avec une autre source d'énergie qui elle servirait à produire le combustible (à partir d'eau dans le cas de l'hydrogène). Cela permettrait aux sites de rester autonomes encore plus longtemps. Il est dans ce cas important d'en évaluer le coût pour voir s'il est intéressant de mettre en place une solution de ce type plutôt que de simplement venir assurer l'entretien du site plus souvent.

Nous avons brièvement étudié la possibilité d'utiliser de l'énergie hydrolique, mais la faisabilité d'un tel système dépendant tellement des spécificités du site, nous avons préférés ne pas nous attarder sur cette solution, pas assez générique à notre goût.

## 3.3 Communication

### 3.3.1 Communication entre la station et le site central

Un aspect critique de notre système est sa capacité à communiquer les données relevées au centre de pilotage. Là encore plusieurs solutions s'offrent à nous :

**Réseau GSM/CDMA** Si le site concerné dispose d'une couverture de réseau téléphonique terrestre (antennes réseau à moins d'1km en moyenne), cette solution nous permet d'envoyer et de recevoir des données pour un prix très abordables et à des débits élevés (supérieurs à 128kbps).

**Réseau satellite** Dans le cas où la première solution n'est pas envisageable, il nous reste la possibilité de transmettre nos données par satellite sur un des deux réseaux internationaux que sont Iridium et GlobalStar. C'est évidemment à envisager en dernier recours car le coût des équipements et des communications sont beaucoup plus élevés. Bien que moins performants (débit réduit, latence élevés), ces réseaux seraient suffisants pour l'usage que nous voulons en faire.

Bien que d'autres technologies de communication longue portée existent (e.g le Wimax), leur faible niveau de déploiement à l'heure actuelle nous ont fait préférer des solutions peut-être moins performantes, mais universellement présentes.

### 3.3.2 Communication entre les capteurs et la station

**ZigBee** Une technologie sans fil sera préférée à la solution filaire, car les capteurs peuvent être éloignés de la station. Nous avons sélectionné la technologie ZigBee, qui a l'avantage d'avoir une consommation très faible.

Couplé à une batterie, l'autonomie est de minimum un an. La portée de ce système est de 100 metres, mais peut être augmenter jusqu'à 4km grâce à un amplificateur si nous sommes près à consommer plus. Le prix d'une puce ZigBee est très faible : environ 2 US \$. Les modules ZigBee seront ainsi peu cher. Il est possible de connecter plus de 65 000 appareil sur un même réseau.

Consommation du ZigBee :

	Modem simple	Modem + amplificateur
Mode somnolence	40 $\mu$ A	50 $\mu$ A
Mode émission	32 mA	92 mA
Mode réception	37 mA	50 mA

**Capteur avec communication intégrée** Dans le cas où les capteurs utilisés sont équipé en natif d'une technologie de communication sans-fil (radio fréquence ou autre), nous utiliserons cette technologie en priorité. Dans les autres cas, nous ajouterons un module ZigBee au capteur. Notre station devra s'adapter à ces capteurs pour recevoir les informations utiles.

### 3.3.3 Communication entre les équipes d'entretien et les station

Pour garantir la fiabilité de cette communication quelle que soit la situation, nous jugeons plus prudent de faire appel à une connexion câblée USB, permettant ainsi à un technicien d'avoir accès à l'ensemble des informations de la station, mais aussi de pouvoir la configurer (configuration initiale, ou simple maintenance) à partir de n'importe quel ordinateur.

Cette solution a, par ailleurs, l'avantage de ne présenter aucun surcoût, un port USB faisant partie des composants les plus courants présents sur les cartes de systèmes embarqués.

## 3.4 Localisation

La localisation des sites par puce GPS ne sera nécessaire que dans le cas où la station risquerait de ce déplacer (e.g. banquise). Dans la plupart des cas, les coordonnées GPS notées lors de l'installation du système seront utilisées pour guider les opérations de maintenance.

Les camions de maintenance n'ont pas de besoin particulier d'être connectés en permanence au serveur central.

## 3.5 Capteurs

Suivant qu'il s'agisse du niveau de remplissage d'un réservoir contenant un liquide (eau, hydrocarbure, etc.) ou d'un container contenant des déchets solides, un grand nombre de technologies différentes de capteurs existent, certaines étant soumises à des contraintes de conditions de fonctionnement pour pouvoir opérer correctement.

### 3.5.1 Capteurs de niveau pour liquides

**Le flotteur** Il se maintient à la surface du liquide, il est rendu solidaire d'un capteur de position qui délivre le signal électrique correspondant au niveau. La mesure s'apparente ensuite à la mesure d'un déplacement ou la détection d'une position. Cette technologie conviendrait dans notre cas, car les liquides contenus dans nos cuves (carburant, eau) se sont pas très visqueux donc cela ne risque pas de fausser les mesures. Et cela permet de connaître le niveau à tout instant. gamme de mesure : 10 mm à plusieurs mètres (30 m) précision : 0,5 à 5% de l'étendue de mesure

**Le plongeur** C'est un cylindre immergé dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Le plongeur est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force proportionnel à la hauteur de liquide. C'est une technologie équivalente au flotteur.

**Le capteur de pression** Un capteur mesure la pression dans la cuve et fait un différentiel par rapport à un référentiel (cuve vide) pour donner la hauteur de liquide. Les caractéristiques techniques convient aussi à notre problème.

### 3.5.2 Capteurs de niveau pour solides

**Détecteur à pales vibrantes** Lorsque le solide est en contact avec les pales, la fréquence de vibration est modifiée permettant de savoir ainsi le niveau des solides, mais cette solution ne convient que pour des solides de faible granulométrie, ce qui peut s'avérer problématique si les déchets sont assez hétérogènes et volumineux.

### 3.5.3 Capteurs hybrides (liquides & solides)

- Détecteur à rayons infrarouges
- Détecteur à ultrasons
- Détecteur à micro-onde

Ces trois technologies utilisent le même principe qui permet de mesurer le niveau en mesurant la distance par rapport au capteur grâce à la durée mise par l'onde réfléchi pour revenir au capteur. Ces méthodes de mesure sans contact conviennent pour notre problème.

Des données plus exhaustives sur les consommations électriques pour les mesures nous permettrait d'orienter notre choix, ainsi qu'un prix par capteur, voir si une solution générique (infrarouge ou ultrason) suffirait ou s'il peut être intéressant financièrement de bien différencier les solutions pour les liquides des solides.

## 3.6 Problèmes spécifiques au climat et solutions

### 3.6.1 Problèmes rencontrés à cause du froid

**Condensation & Gel** Par grands froids, les écrans peuvent devenir illisibles et les capteurs inutilisables. Dans notre cas, seul les capteurs posent réellement problème, les écrans n'étant utilisés que lors de la maintenance. Comme l'appareil est hermétiquement fermé, il est difficile de procéder à un nettoyage rapide. L'appareil peut devenir HS à cause de composant corrodé, de court-circuits. On doit réparer ou remplacer l'appareil

**Air froid** La plupart des batteries ne sont pas capables d'émettre autant d'énergie lorsque la température est décliné à certain niveau. La puissance de la batterie diminuent De plus, certaines ondes hertziennes traversent différemment l'air froid que l'air chaud<sup>2</sup>.

### 3.6.2 Solutions envisagables

**Radiateurs** Des radiateurs intégrés et internes, peuvent prévenir la condensation et le gel. Cependant, ceci consomme énormément et les radiateurs ne peuvent pas être envisagés ici. Encapsulation Grâce à un matériel durable, un équipement bien construis, composé d'un joint fort. On peut limiter la condensation, l'humidité et la saleté.

**Composants avec revêtement** Remplacer des composants internes est très cher. Il est possible d'utiliser des revêtements protecteur qui préviennent la condensation et les court-circuits. Les appareils ont une meilleur utilisation à long terme.

---

2. Source : Document de LXE sur l'informatique mobile et les basses températures - <http://j.mp/wRTA9x>

**Connecteurs** Les connecteurs (e.g. connexion de la base à sa source d'énergie) doivent avoir des contacts solides qui empêche l'humidité dans les prises.

**Ergonomie** La station doit pouvoir être utilisé avec des gants.

## 4 Conclusion

Ce dossier reprend les technologies envisageables pour notre système. Nous avons détaillé toutes les solutions et montrons les problèmes qu'il est possible de rencontré, en fonction des caractéristique du lieu. Certaines technologies montrent plus d'avantages que d'autre. Nous nous concentrerons sur celle-la.