

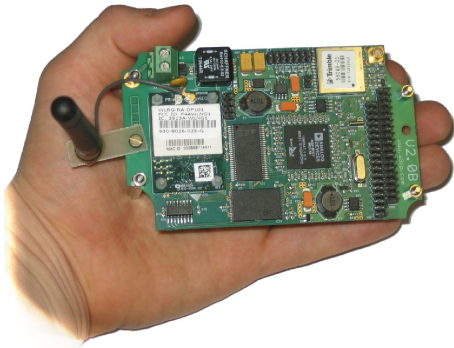
LES PLÉNIÈRES 2009 DU LCPC

ET DU Sétra

Sciences et techniques
du **Génie Civil**

JOURNÉES OUVRAGES D'ART

SAINT BRIEUC - 10 ET 11 JUIN 2009



Presentation de **PEGASE** : Plateforme Experte **G**enerique pour **A**pplications **S**ans-fil **E**mbarquees.

V. Le Cam – LCPC

L. Lemarchand – LCPC

W. Martin – LCPC

Division Metrologie & Instrumentation

Sommaire:

- 1- **Contexte** et origine du concept
- 2 - Présentation et **points forts** de PEGASE
- 3- **Déclinaisons** applicatives en cours
 - Surveillance acoustique
 - Suivi de flèche, de verinage
 - Instrumentation de drone
 - Anémométrie sans fil
- 4 – PEGASE = **produit** LCPC (licence)
- 5 – **Conclusion** – travaux en cours/à venir



1 - CONTEXTE

• Constat

Structures vulnérables, complexes, longues, difficiles d'accès...



pour lesquelles on « sent » que des réseaux de capteurs sans fil seraient adaptés

par opposition à des instrumentations filaires classiques.

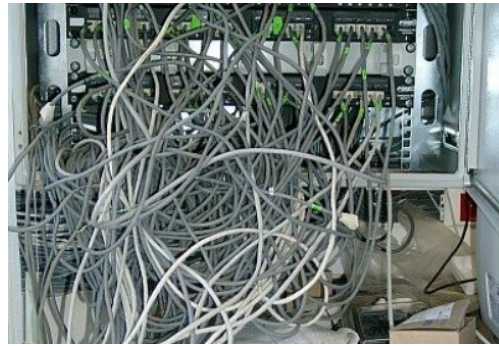
1 - CONTEXTE

• Constat

Capteurs filaires = nombre de capteurs, débits et distances limités. **Beaucoup de contraintes !**



Mesure de déplacement de haubans sur Saint Nazaire (LCPC)



Système d'acquisition massive d'une société d'instrumentation



Rack PXI d'acquisition chez National Instrument (Labview)

Les fils électriques reliant les capteurs filaires :

- Pb de connectiques, étanchéité, . Pertes en ligne (alimentation)
- Vandalisme, vol, foudre, CEM . Coût : installation + maintenance

1 - CONTEXTE

• Constat

Des instrumentations « à façon » :

- développements coûteux (intra ou hors RST), maintenance difficile,...
- des concepts parfois ingénieux mais rarement réutilisables
- Systèmes peu (voire pas) mobiles



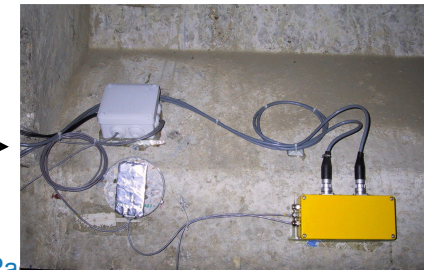
Surveillance
acoustique
«Quasar »



Mesure des
rotations
d'ancrage



Suivi des
déformations par
jauges

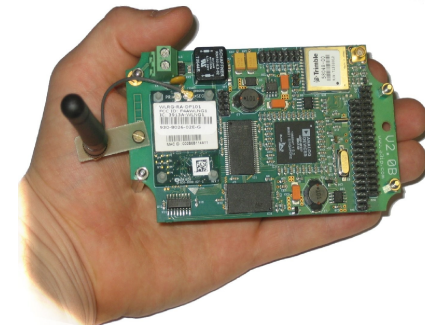
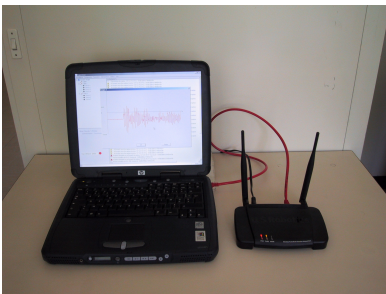


2 - Présentation de PEGASE

• Objectif de PEGASE

« **Capitaliser des besoins d'instrumentation dans une plateforme sans-fil, logicielle et matérielle déclinable au besoin (générique) »** »

- D'une application à l'autre : redévelopper le moins de briques (soft + hard)
- Généricité. Simple de mise en oeuvre
- Pouvoir capitaliser le savoir faire
- Etre approuvé par tout développeur en informatique industrielle, métrologue



2 - Présentation de PEGASE

2.1 Un système « carte mère / carte fille »

PEGASE = une carte électronique « mère » qui intègre de nombreuses fonctions pour l'instrumentation

- un processeur orienté traitement de signal (DSP)
- grande capacité de traitements (signal..)
- recherche de la basse consommation
- communication sans-fil native en TCP-I / WiFi
- un module GPS (autolocalisation, autosynchro)
- grande capacité de stockage (32 Mo RAM)
- un OS Linux embarqué : abstraction
- une vaste étendue de ports d'entrées/sorties (SPI, GPIO, PWM, RS232, CAN, RS485...) pour y connecter une carte fille...



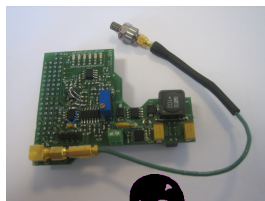
2 - Présentation de PEGASE

2.1 Un système « carte mère / carte fille »

PEGASE = pour une application spécifique on conçoit une « carte fille » la « carte mère » reste identique. Travail : + simple + rapide - cher



+



=



- Accéléromètre,
- Thermocouple,
- Anémomètre,
- Gyro,
- Jauges,
- etc.

Carte mère

Carte fille + code C
sous Linux

Application spécifique

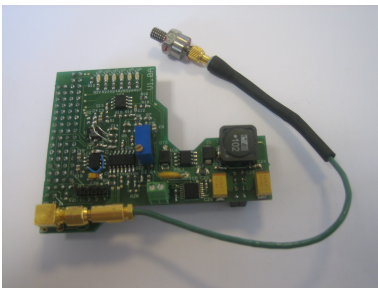
2 - Présentation de PEGASE

2.1 Un système « carte mère / carte fille »

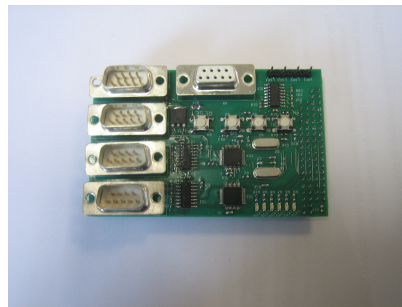
On réalise des « cartes filles » à façon selon le projet :

La carte fille intègre 1 à N éléments sensibles (Thermocouples, accéléromètres, jauges...) en utilisant les ports d'entrées/sorties nécessaires de la carte mère.

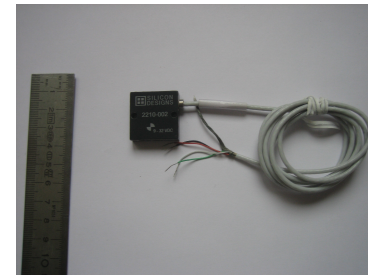
Carte fille du CASC
nouvelle génération. 1
entrée accéléromètre à
250 kHz



Carte fille multiport
RS232 pour 4 voies
anémomètres



Carte fille 4 voies
accéléromètres à 500 Hz



En cours...

2 - Présentation de PEGASE

2.1 Un OS Linux embarqué

La programmation et l'exploitation d'une application sur PEGASE se fait sur un OS Linux embarqué.

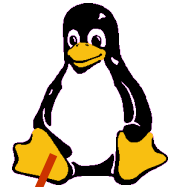
Quels avantages ?

1° **Pour le développeur** (LCPC,LRPC, société sous-traitante): pas nécessité d'apprendre le processeur (Analog Device) et ses subtilités. La couche Linux encapsule la couche basse électronique.

PEGASE se programme en langage C standard !

2° **Pour l'exploitant** (LRPC, société instrumentation): via le Linux et le WiFi, on peut se « logger » à distance sur PEGASE. La reprogrammer, modifier totalement son comportement sans la démonter.

PEGASE est reconfigurable à distance sans démontage !



2 - Présentation de PEGASE

2.1 Un OS Linux embarqué



La programmation et l'exploitation d'une application sur PEGASE se fait sur un OS Linux embarqué.

Access Point Wifi



```

root@pegase:~# cat /etc/passwd
root:x:0:0:root:/root:/bin/bash
bin:x:1:1:bin:/bin:/usr/sbin/nologin
daemon:x:2:2:daemon:/usr/sbin:/usr/sbin/nologin
sys:x:3:3:sys:/dev:/usr/sbin/nologin
www-data:x:33:33:www-data:/var/www:/usr/sbin/nologin
root@pegase:~# ifconfig eth0
eth0: Link encap:Ethernet HWaddr 00:90:02:00:58:10
        inet addr:192.121.66.16 Bcast:192.121.255.255 Mask:255.255.0.0
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
        RX packets:5492 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:293 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        Interrupt:0
root@pegase:~# ifconfig wlan0
wlan0: Link encap:IEEE 802.11b (M) Mode:Master
        inet addr:192.121.66.16 Bcast:192.121.255.255 Mask:255.255.0.0
        UP LOOPBACK RUNNING MTU:16436 Metric:1
        RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:0
    
```



Telnet = session
à distance sur
PEGASE



2 - Présentation de PEGASE

2.2 Une synchronisation G.M.T. à qqs μS !

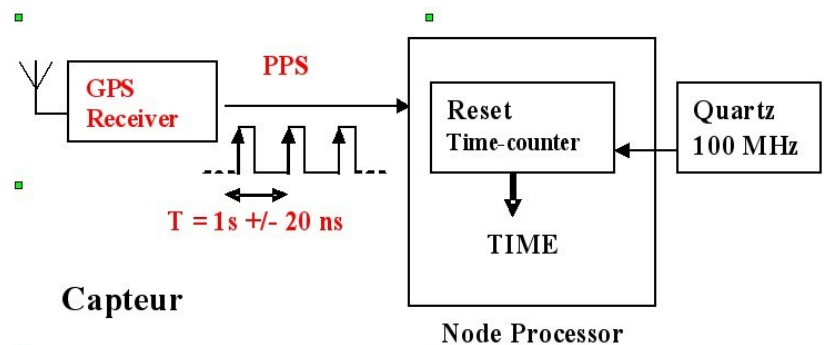


Chaque carte PEGASE intègre un micro-récepteur GPS.

PEGASE utilise la propriété de tout récepteur GPS de délivrer un signal carré PPS **synchrone à 20 ns**. Sur chaque front du signal PPS, le capteur « reset » sa base de temps. Avec le GPS, chaque couple de capteurs $\{S_i, S_j\}$ aura une base de temps telle que : $\|T_i - T_j\| \leq 10 \mu\text{S} \forall t$.



Les cartes PEGASE sont synchrones à qqs μS à tout instant. Quelque soit la distance qui les sépare !



Applications : propagation d'onde, analyse modale, etc

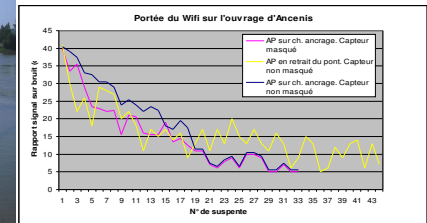
2 - Présentation de PEGASE

2.3 Communication en TCP/IP – WiFi



Le protocole retenu = TCP/IP

- Protocole mondial, fiable, pérenne (40 ans), robuste (pas de pertes de données)
- Pas un protocole propriétaire ! mais ouvert et simple à mettre en oeuvre côté PEGASE comme côté PC (Visual Basic, C++, QT...)
- Simple et rapide à déployer (produit du commerce)
- Adapté aux besoins du génie civil, qualifié sur Ouvrage d'art (cf. Pont d'Ancenis) pour des distances de qqs centaines de mètre au kilomètre



Installation = 1 heure

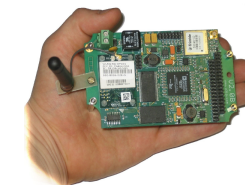
Coût = 800 Euros

Couverture ~400m

Extensible en ajoutant
des points d'accès WiFi

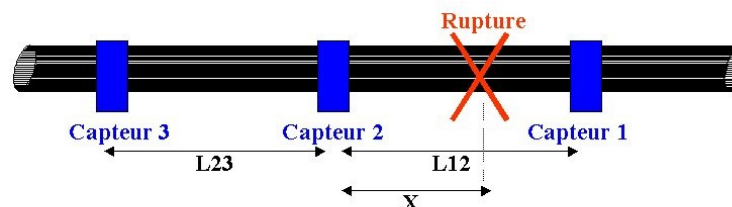
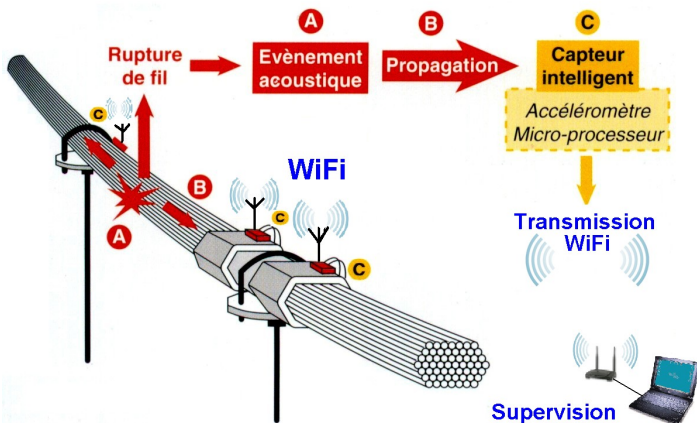
3 - Déclinaisons applicatives en cours

3.1 Nouveau CASC : surveillance acoustique des câbles



Objectif : détecter et localiser des ruptures de fils dans les câbles de ponts

Contraintes : enregistrer et dater (à qqs μ S) les ondes transitoires dues à une ruptures. Transmettre à un Superviseur qui effectue les calculs de localisation et d'alarme.

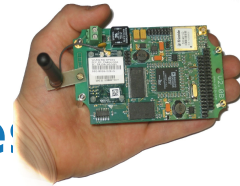


$$x = \frac{1}{2} * (L12 - v * \Delta t12) \text{ avec } v = L23/\Delta t23.$$

Avec $V \sim 5000 \text{ m/s}$

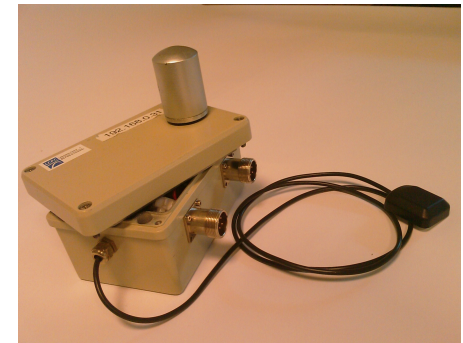
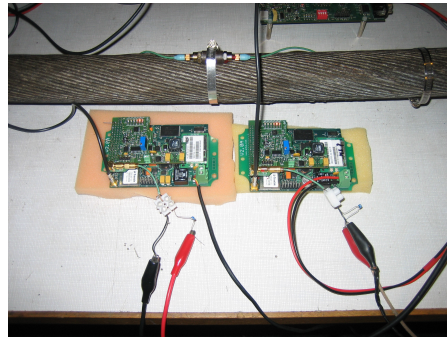
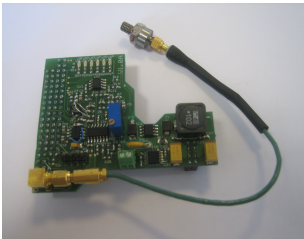
3 - Déclinaisons applicatives en cours

3.1 Nouveau CASC : surveillance acoustique des câbles



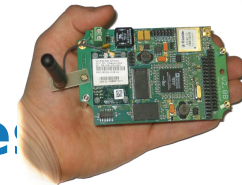
Travail réalisé :

- développement d'une carte fille autour d'un accéléromètre,
- Acquisition en continu, détection de dépassement de seuil,
- Transmission de signaux acoustiques à un Superviseur. Tests !



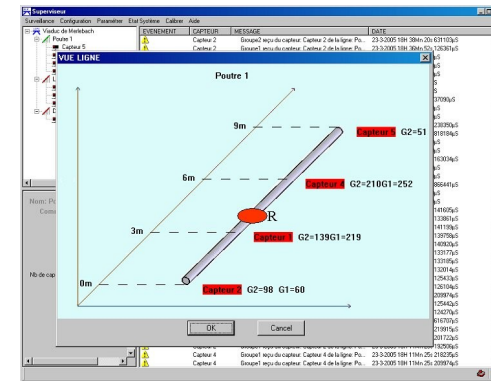
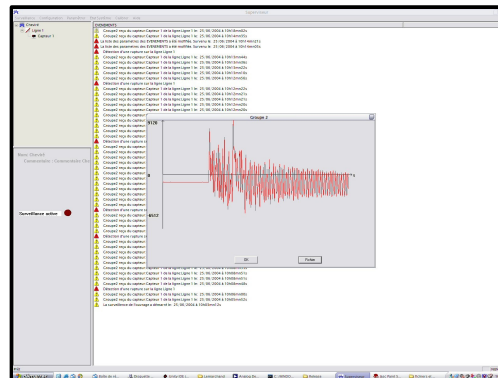
3 - Déclinaisons applicatives en cours

3.1 Nouveau CASC : surveillance acoustique des câbles



Travail réalisé :

- développement d'un simple logiciel Superviseur (C++) sur PC
- Mise en validation sur ouvrage
- Envoi d'alarme (GSM / SMS) automatique



3 - Déclinaisons applicatives en cours

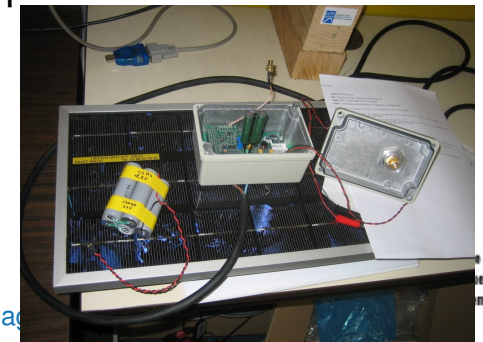
3.1 Nouveau CASC : surveillance acoustique des câbles

Travail réalisé : installation sur ouvrage en « concurrence » de la version précédente développée par « Quasar Concept »



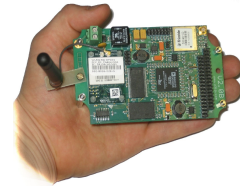
Ancien et nouveau système nécessite encore un fil mais uniquement pour l'alimentation (durée 3 ans) !
Coût de câblage déjà réduit par 4 !

Travail en cours :
batterie + panneau solaire



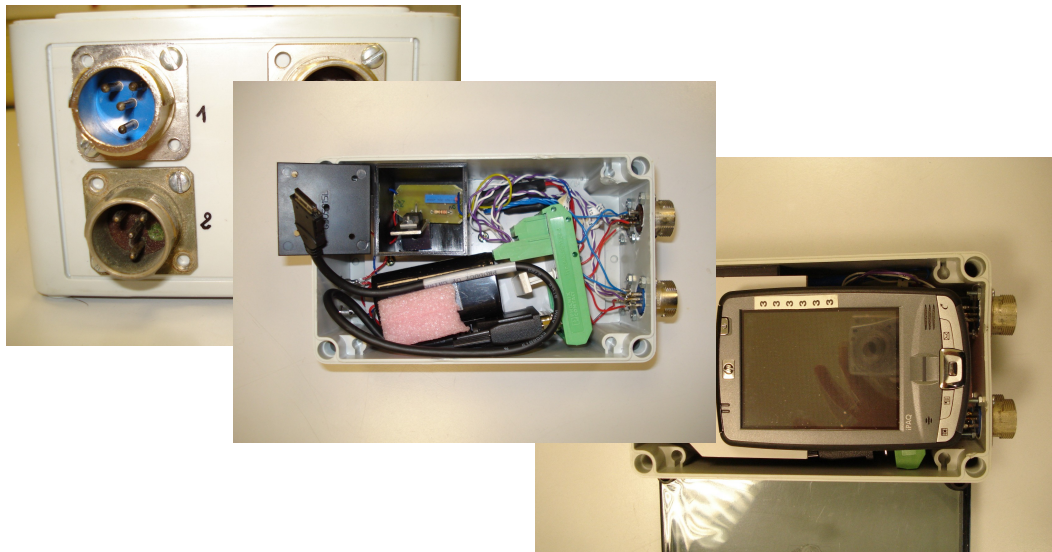
3 - Déclinaisons applicatives en cours

3.2 OCTOPUS (CETE Aix)



Objectif triple : 1/ Suivi de verinage
2/ Mesure de flèche
3/ Suivi d'ouverture de fissures

Contraintes : enregistrer et suivre en temps réel (100 Hz). Remplacement efficace d'un matériel devenu obsolète.

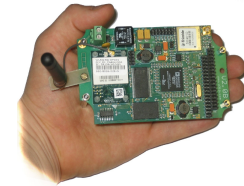


Phase 1: Prototype réalisé par le CETE Aix (PocketPC Wifi Packagé)

Phase 2: Migration sur concept PEGASE. Conception d'une « carte-fille OCTOPUS »

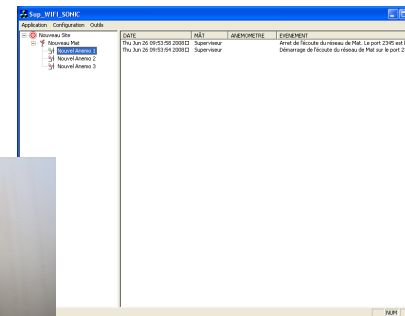
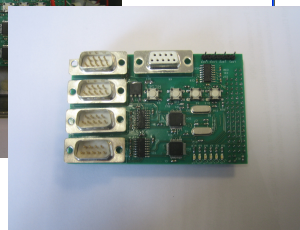
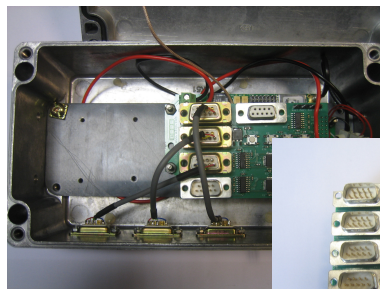
3 - Déclinaisons applicatives en cours

3.4 Anémométrie sans-fil



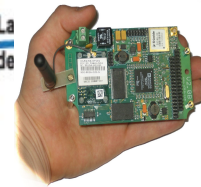
Objectif : Passer « sans-fil » la mesure simultanée et déportée de 4 anémomètres SONIC

Contraintes : enregistrer en continu un grand flot de données, la dater à qqms et transmettre le tout à un Superviseur de traitement



Réalisation d'un carte fille multi voies RS232 (5 canaux simultanés)

En cours : réalisation d'une pré-série de 4 boîtiers pour manip *in-situ*.



4 - PEGASE produit LCPC

Depuis janvier 2009 : PEGASE est un produit LCPC commercialisé par le biais d'une [licence confiée à la société A3IP](http://www.a3ip.com) (Sautron 44 - www.a3ip.com)

Diffusée sous forme d'un « Kit PEGASE » comprenant :

- la carte mère,
- une carte fille de debug pour se faire la main,
- une documentation (très) détaillée
- des exemples

Le support technique d'A3IP et du LCPC \ M.I.



Laboratoire Central
des Ponts et Chaussées



Contrat de licence = assure une certaine pérennité du produit
Plusieurs ventes et diffusion en cours.

5 – Conclusion – Travaux en cours/à venir



- La synchronisation à la μS , ses grandes capacités de traitement, le haut niveau d'abstraction, le multivoies,...sont **des points forts**
- La **confrontation à des ouvrages réels** donne du retour d'expérience et qualifie le concept,
- PEGASE est un concept à **fort potentiel** et fait l'objet de diffusion
- PEGASE -pour le LCPC- est aussi une **plateforme de capitalisation** : des traitements (bibliothèques de traitements en « C »), des applications, du savoir faire

Travaux à venir :

- Chantier 1 : **Autonomie totale** sur panneau solaire + batterie (objectif 2009). Va dans le sens du grenelle (moins de câblerie)
- Chantier 2 : Compléter la « **suite PEGASE** » en proposant un **Superviseur** PEGASE générique ouvert
- Ajouter des **traitements et des modèles embarqués**
- Poursuivre les développements d'applications -pour le RST- là où le concept PEGASE est pertinent. Nous sommes preneurs ; contactez-nous !