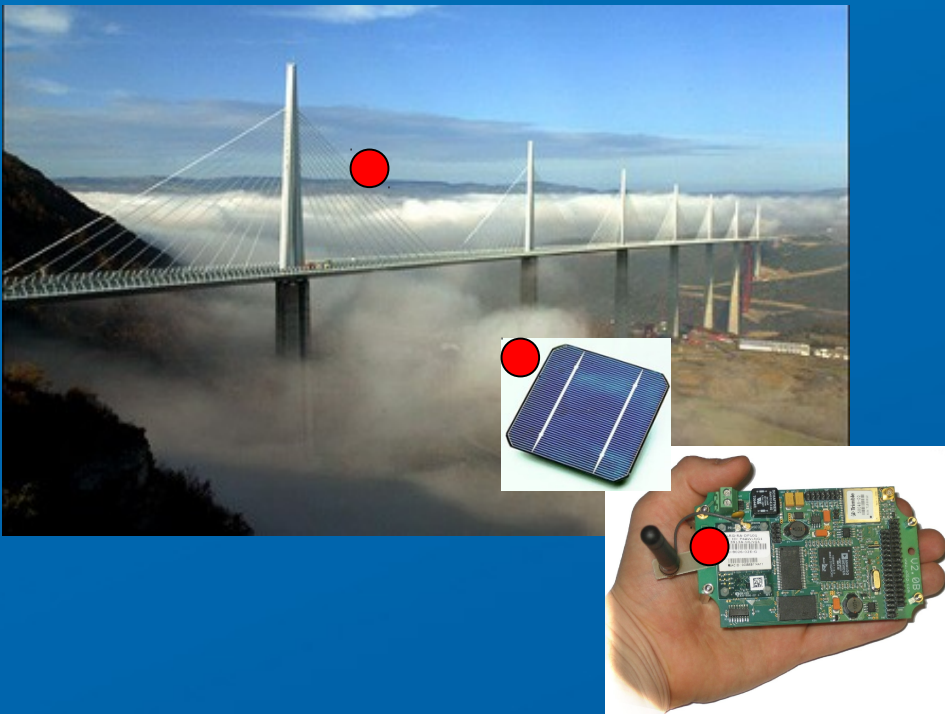


Systeme d'instrumentation **PEGASE** (Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées)

Capteurs communicants pour les infrastructures de transport



Auteur: Vincent Le Cam
IFSTTAR \ dep COSYS
Co-resp. Labo SII

Contributeurs:

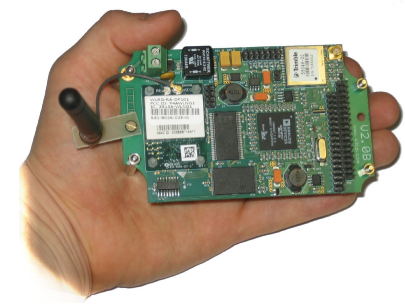
Marianne Lossec (ENS-Cachan)
Laurent Lemarchand (IFSTTAR)
William Martin (IFSTTAR)
Mathieu Le Pen (IFSTTAR)
Laurent Mével (INRIA)

....



IFSTTAR

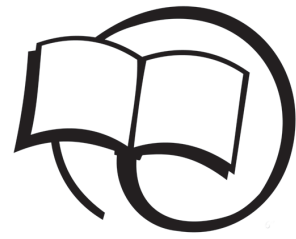
Sommaire



- Contexte de R&D : *pourquoi du wireless aux Ponts & Chaussées ?*
- Bibliographie / positionnement
- Présentation détaillée de PEGASE
 - Caractéristiques techniques... **la gé-né-ri-ci-té !**
 - Point de vue utilisateur : exploitation, maintenance, réutilisation...
 - Modèle de diffusion commerciale / Formation
- Exemples applicatifs de PEGASE : monitoring opérationnel d'infra de transport
 - Réseau d'eau - Surveillance de fissures
 - Surveillance des câbles - ...
- Conclusion / perspectives

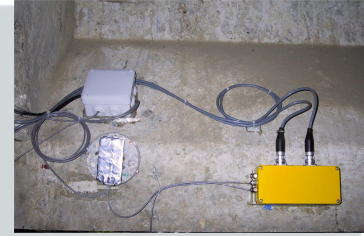


1- Contexte



Contexte de R&D : tendre vers une instrumentation sans-fil pour vaincre les limitations des systèmes filaires traditionnels :

- Coût important du câblage / surtout en GC (14 à 16% du budget)
- Coût d'installation et de maintenance
- Fatigue, usure, corrosion, connectique, étanchéité des câbles
- Limitation du nombre de capteurs
- Faible mobilité / à façon => systèmes peu nomades => peu réutilisés/ables
- ...



Utiliser les émergences technologiques :

- moindre consommation des composants
- standardisation des protocoles wireless (WiFi, Zigbee, 6LowPan, BlueTooth...)
- forte évolution des batteries : NiMh, LiPo, Li-ion (w.h / dm³). super capa
- récupération d'énergie de +en+ viable : solaire, Peltier, vibration,...





1- Bibliographie

La R&D en systèmes wireless -dont capteurs- est très active. Exponentielle depuis 10 ans
Mot clé WSN = Wireless Sensor Network

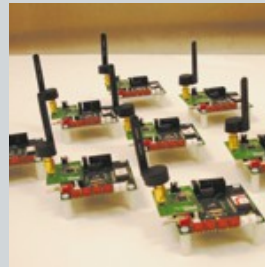
Exemples :



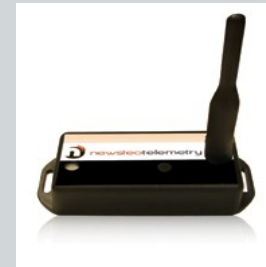
Beanair



Microstrain



Narada



Newsteo

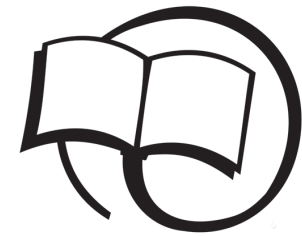


National
Instrument

Constat :

- de nombreux systèmes +ou- existants ou annoncés. Plutôt « fermés »
- **très peu sont matures** pour l'instrumentation de terrain ou GC (fortes contraintes)
- Nécessité de définir **les critères d'un système wireless pour le GC**
- Le positionnement de PEGASE tient compte des systèmes existants et des critères

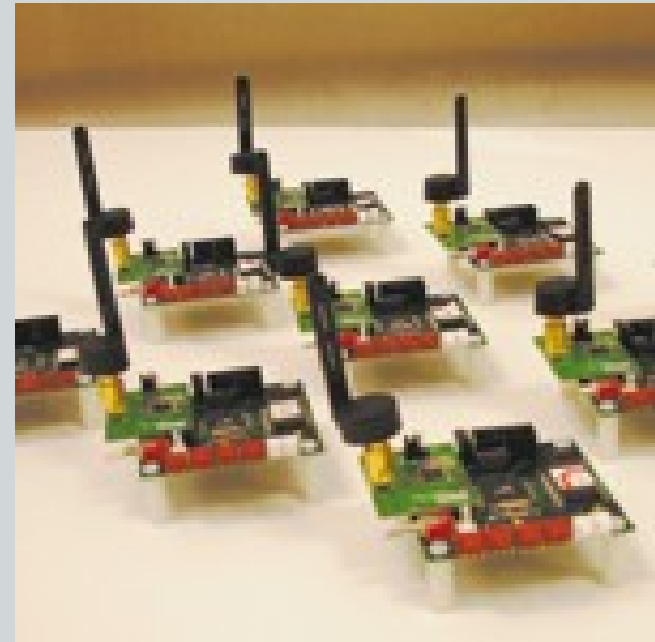




1- Bibliographie

Identification des critères d'un WSN :

- Coût
- Autonomie, durée (énergie, sources, process de maintenance induits)
- Portée wireless (10 cm, 10 m, 1 km ?)
- **Débit** (100 octets/s, 10 Mo/s ?) => **dynamique**
- Capacité de calcul (et acquisition)
- Ouverture, programmation, reconfiguration
- Nb d'entrée/sorties : (1 voies, 8 voies ?)
 - T°C,
 - Vibration / accélération
 - Jauges, relais,...
- Niveau de standardisation
- Complexité de mise en oeuvre
- Fiabilité/robustesse/étanchéité
- Topologies de déploiement (réseau) permises
- **Synchronisation**, datation des données (S, mS, µS...)
- Dimensions et intégration, système enfouissable ?
- Autres critères ???



Pas de solution unique

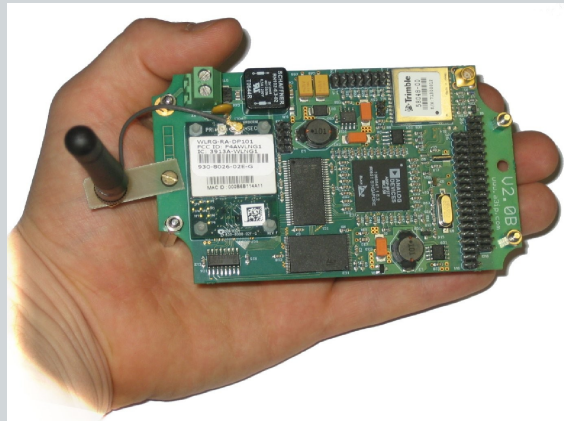


2- PEGASE



Cahier des charges :

- Pour tenir compte d'un maximum de critères => système **GENÉRIQUE**
- **Générique** = capable de répondre à un vaste panel de cas de monitoring wireless et intelligent (i.e. calcul-mesure)
- **PEGASE** = **Plateforme Experte Générique** pour **Application Sans-fil Embarquées**



Positionnement :

- une solution clé en main répondant à des cas de Surveillance Structurelle (SHM)
- une solution de prototypage rapide. Pegase = carte de développement
- (Pour IFSTTAR) une plateforme de capitalisation de savoir-faire en WSN



2- PEGASE



Ecosystème de la R&D autour de PEGASE:

Equipes communes:

I4S :



CARMIN :



Autres instituts:

**ENS-Cachan, ESEO, Univ
Nantes/Lorient/Brest, ENST,...**

Projet inter/nationaux:

**ANR: DIVAS
FUI: SWN, MICADEAU, SIPRIS
FP7: ISTIMES**

...



2- PEGASE



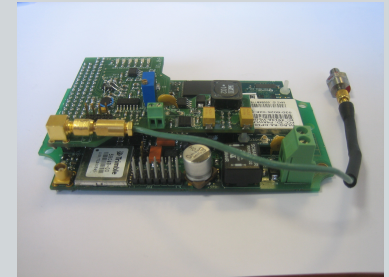
GENERICITE:

Comment faire une plateforme « Capteur sans-fil Générique » ?

Répartition en 2 grands principes :

1) Généricité matérielle

- PEGASE = une carte dite *mère* comprenant les fonctions redondantes de l'instrumentation sans-fil et intelligente
- Par un jeu de cartes dites *filles*, les capteurs choisis sont interfacés: jauges, accéléromètres, inclinomètres, PT100...

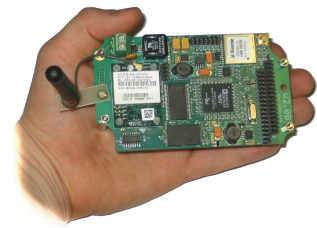


2) Généricité logicielle

- Operating System (OS) embarqué : **Linux**
- Programmation en langages haut niveau **C ou C++ standard** (comme sur un PC)

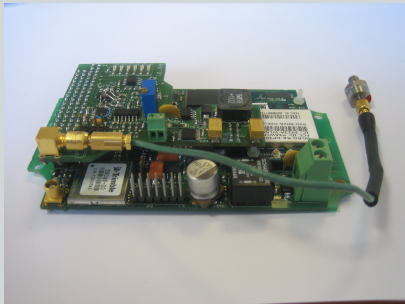


2- PEGASE



Généricité Matérielle : carte fille / carte mère

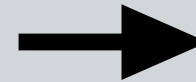
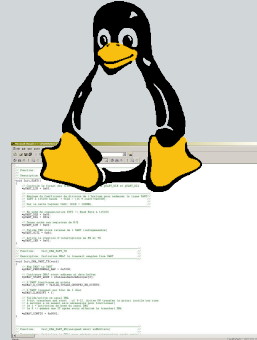
Généricité Logicielle : Linux embarqué / prg simple en C standard



+



+



Pour une **application donnée** une **carte fille spécifique** est développée :

- utilisant les **entrées/sorties nécessaires** de la carte mère
- un **convertisseur analogique numérique** (CAN ou DAC), le conditionnement et les capteurs nécessaires :

- Accéléromètres . Inclinomètres . Gyro
- Jauges . PT100 (t°C) . etc.



2- PEGASE



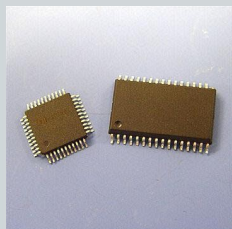
Principales **caractéristiques matérielles** de PEGASE:



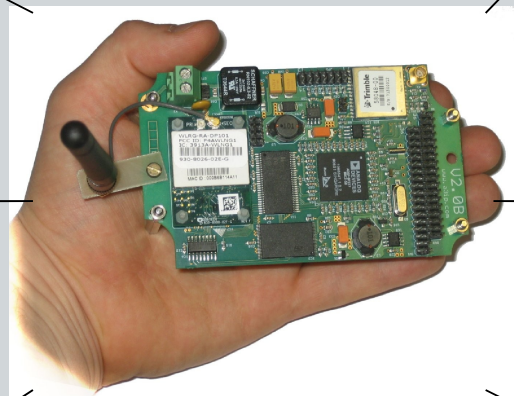
Blackfin / DSP : Forte capacité de calcul, orienté traitement de signal (FFT, filtrage...). Basse conso.



WiFi: communication TCP/IP sans fil. Standard mondial



Mémoire:
32 Mo Flash
64 Mo RAM



Énergie:
~ basse conso
8/24 V -
de 0 à 300 mW

E/S

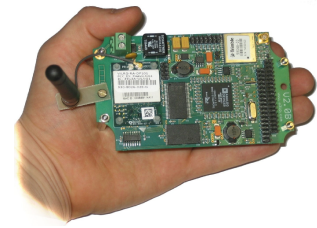
E/S: nombreuses entrées /sorties pour connectivité vers capteurs



GPS: localisation ET synchronisation (μ S)



2- PEGASE



Protocole retenu : le TCP/IP / WiFi (802.11g) Pourquoi ?

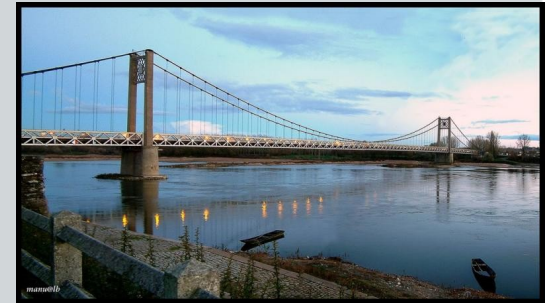


Au niveau logique (IP) :

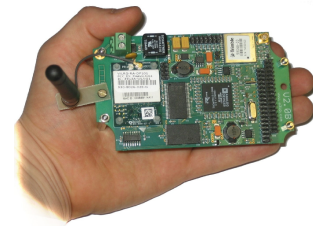
- Pile TCP/IP est native à tout PC (Superviseur), simple à utiliser
- Robuste (pas de perte de datas ni d'intégrité), non propriétaire, pérenne (45 ans), mondial
- Protocole ouvert (≠ de Zigbee): pile IP est modifiable, adaptable, customisable, hyper scalable, sécurisable

Au niveau physique (WiFi) :

- Déploiement simple: 1 zone WiFi avec un ou qqs Access Points
- Haut débit (> kO/s) !!!
- Rayon type de 400m => Adapté aux besoins du GC, facilement extensible (roaming)
- Matériel standard du commerce, peu onéreux, étanche, qualifié...



2- PEGASE



Guerre des protocoles wireless... WiFi vs Zigbee ?

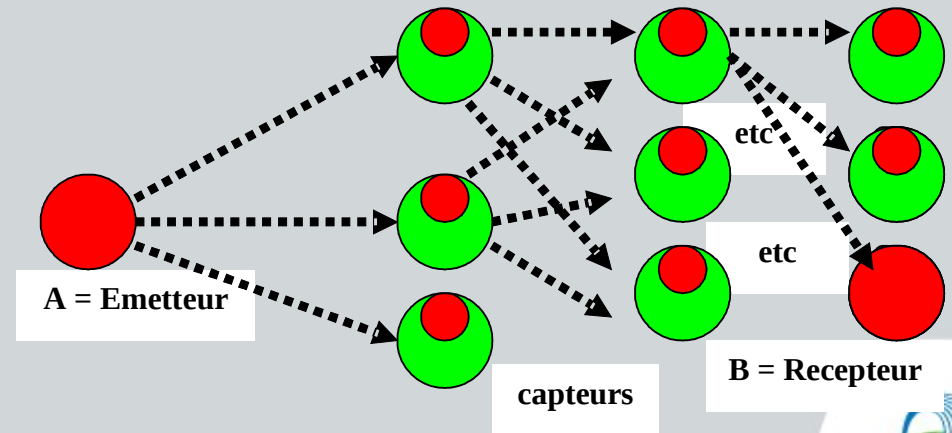
Non, mais une complémentarité selon l'application !



WiFi : topologie *infrastructure* => un capteur n'est pas dépendant de ses voisins, grand débit possible, ... ok pour des structures grandes, longilignes et/ou besoin de débit

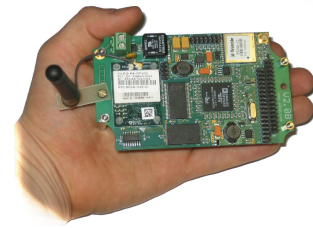
Zigbee : topologie mesh / ad'hoc => la com' d'un capteur est tributaire de ses voisins, chemins critiques.

Pour du haut débit ou des longues distances, la force de 802.15.4 devient une faiblesse : portée et débit trop faibles, chemins critiques...



Le WiFi consomme ? Pas lorsque le module WiFi est éteint !

2- PEGASE



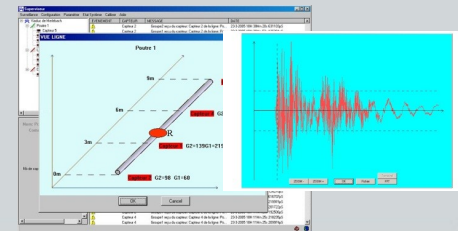
Zoom sur le récepteur GPS de PEGASE :

- Obtenir une localisation du système (applications mobiles...)
- Obtenir une **synchronisation très précise** des données et des process

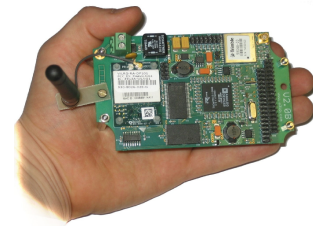


Problématique :

- Synchronisation en wireless : souvent oubliée or déterminant !
- Comment reproduire en wireless les modeshapes d'un ouvrage sans une bonne synchro des WSN ? Besoin = la mS
- Comment localiser le départ d'une propagation d'onde sans une bonne synchro des WSN ? Besoin = la μ S



2- PEGASE

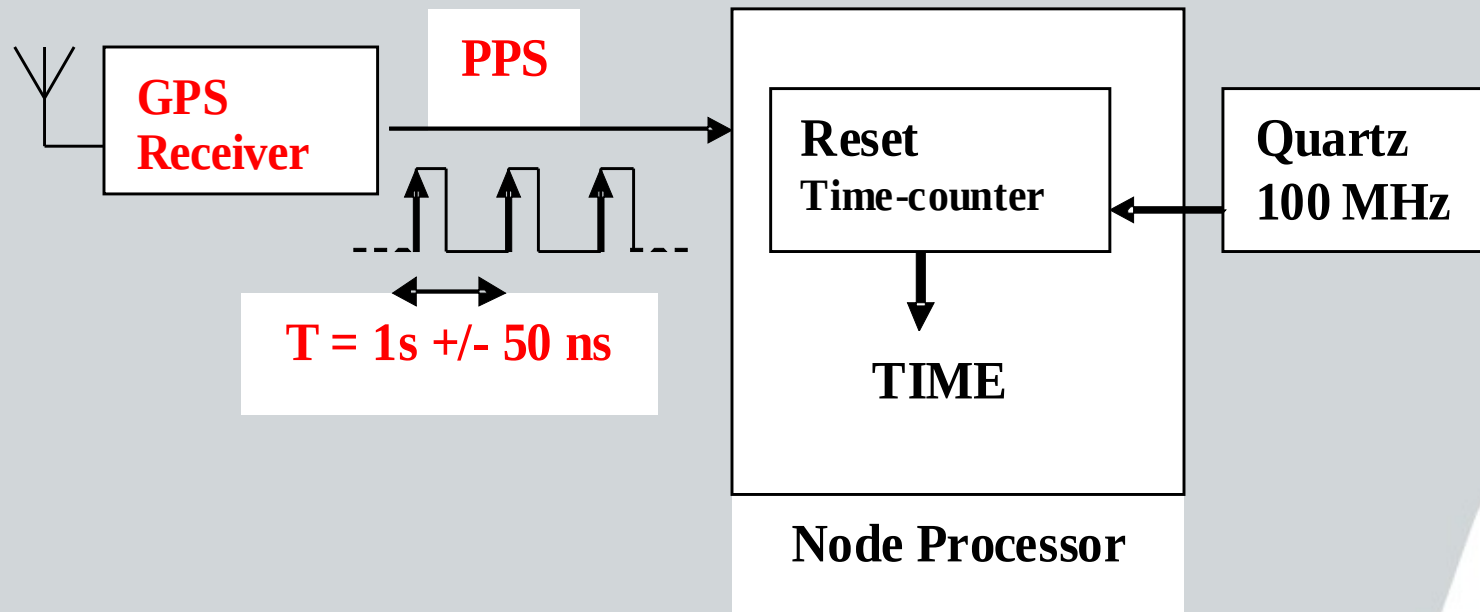


Zoom sur le récepteur GPS de PEGASE :

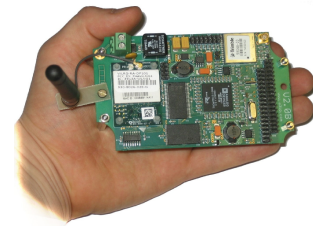
Principe : chaque Sec, tout récepteur GPS délivre deux signaux:

- une trame série RS232 contenant heure GMT, longitude, latitude, constellation,...
- un signal carré **PPS** synchrone à **20/50 nS** entre tous les récepteurs GPS.

Sur chaque front du signal PPS, le capteur « reset » sa base de temps.

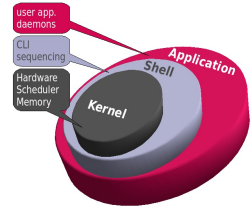


2- PEGASE



Zoom sur le récepteur GPS de PEGASE :

Les algos développés par IFSTTAR vont plus loin...



Pour améliorer le principe, IFSTTAR a développé *son propre driver* sous uClinux pour gérer les interruptions du Timer calé sur PPS

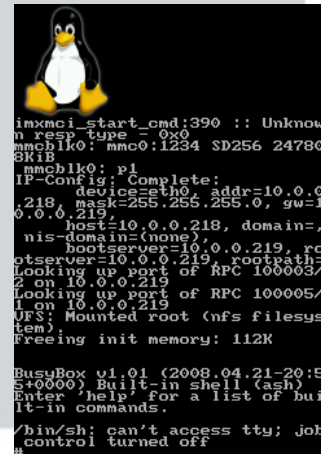
Sous IT le **driver évalue l'erreur (native + T°c) « K » du quartz** employé sur PEGASE. Chaque événement à dater est corrigé en tenant compte de « K ». En outre l'évaluation de K est dynamique: prise en compte de la T°c.

Ainsi $\|Ti' - Tj'\| \leq 4 \mu S \forall t !!!$ avec $Ti' = Ti * 1000000 / (1000000 - K)$

Et le principe va encore plus loin :

- l'erreur du quartz étant quasi constante sur de courtes périodes
 - le GPS peut être éteint plusieurs minutes sans désynchroniser le capteur
- => gain d'énergie conséquent

=> **les cartes PEGASE sont synchrones UTC à +/- 4 µS !**



2- PEGASE

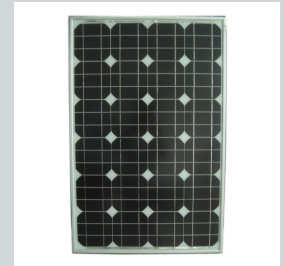


PEGASE et l'énergie

Parti pris : Pegase n'est pas ultra basse conso, si nécessaire : récup d'énergie !
«Pegase = générique => pas de profil de consommation unique mais... un savoir faire acquis est déployé au cas par cas pour l'autonomie sur batterie + panneau solaire

1) Technologies de Panneaux Solaires

- Amorphes
- Polycristallin
- Monocristallin



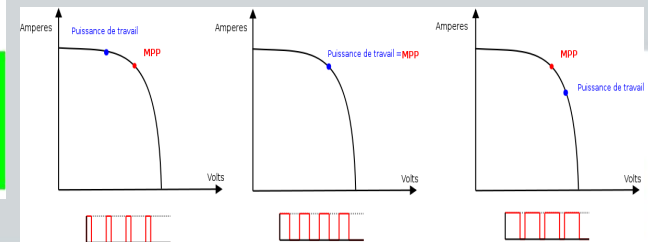
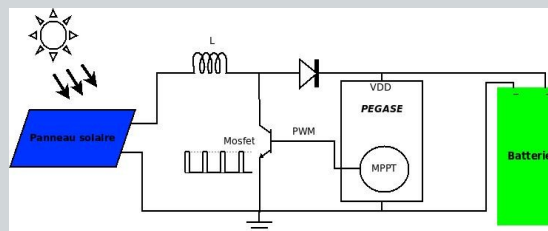
2) Technologies de batteries

- NiMH
- LiPo / Li-Ion

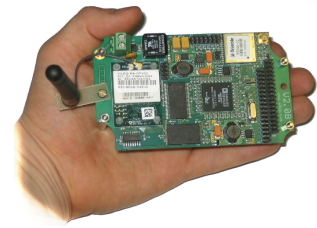


3) Méthodes d'optimisations

- Boost
- Buck Boost
- Algo MPPT
- ...



2- PEGASE

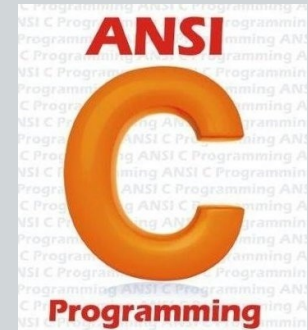


GENERICITE logicielle :

- Intégration d'un OS Linux embarqué : **ucLinux** dans la mémoire de PEGASE



- **Programmation -sur PC** (cross-compilation) en **langages C ou C++ standard**. Système PEGASE totalement reconfigurable



- IFSTTAR met à disposition **un SDK Pegase** = un ensemble de classes (et d'exemples associés) permettant de développer très vite sa propre appli... **Open Source** !

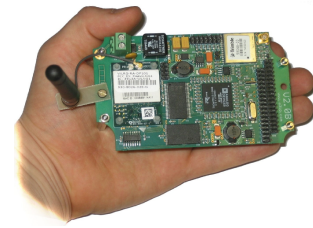


- Dont une “Lib DSP” => modèle, calcul/mesure dans le capteur

- Possibilité de **capitalisation** et de **portabilité**



2- PEGASE



GENERICITE logicielle :

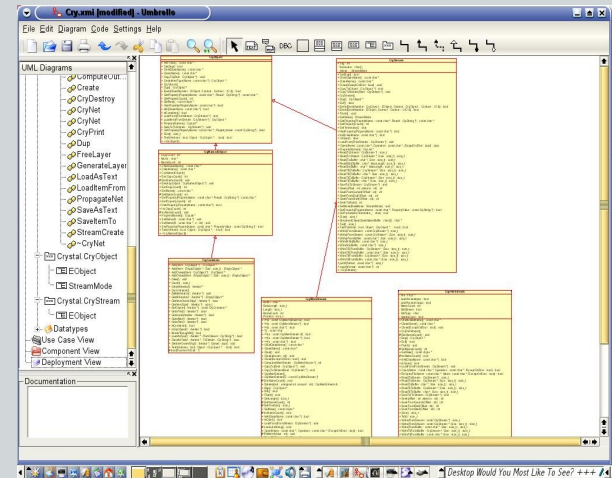
Le SDK PEGASE :

= un ensemble de classes permettant de gérer un port physique ou logique :

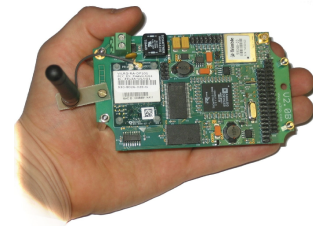
- CPortSPI
- CSignalProcessing
- CPortRS232
- CTimer
- CTcpIpClient
- CNetworkManager
- CTcpIpServer
- CLeds
- CPortFlag
- ...
- CGPS
- CAbsoluteTime

- Développement et apprentissage rapide
nombreux exemples

- Mécanisme de Callback => programmation événementielle

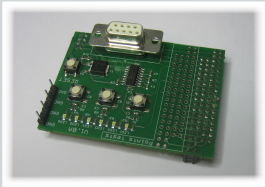


2- PEGASE

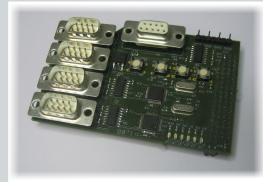


Avant de (faire) développer sa propre carte fille...

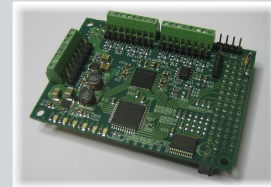
Une panoplie de cartes filles déjà disponibles *sur étagère* :



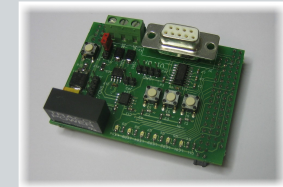
Debug



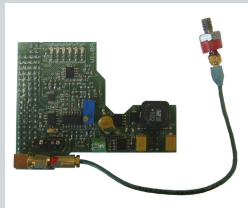
*5 UART /
RS232*



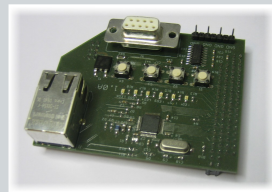
*Analogique générique :
8 voies / 16 bits / 50 kHz*



BusCAN



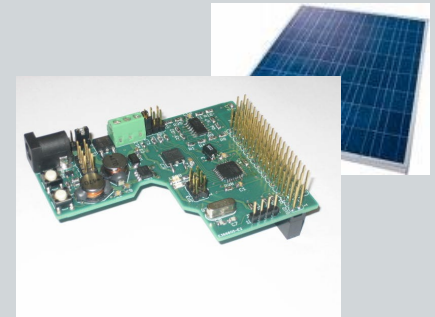
Acoustique 250 kHz



Ethernet



Accéléro 3D +
température PT100

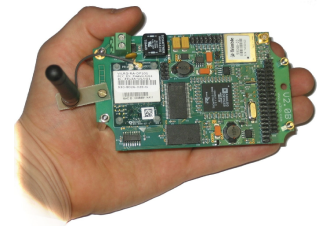


Récup énergie PS
Gestion batterie

etc...



2- PEGASE



Aspects fonctionnels pour l'utilisateur final :

- 1) Un système **générique, ouvert** réutilisable, reprogrammable facilement en environnement C/C++/ Linux
- 2) Une solution de monitoring « **clé en main** » ou de **prototypage rapide** (quitte à oublier Pegase ensuite)
- 3) **IMPORTANT** : le Linux offre un niveau d'abstraction permettant la **reconfiguration / mise à jour / correction soft SANS démontage des capteurs** ! Les gestionnaires peuvent y être sensibles (pont, aéroports, zones atex, nucléaires...)
- 4) Possibilité forte pour les utilisateurs de **capitaliser, de porter** leur développements embarqués
- 5) Capteur intelligent (DSP) => possibilité de **calcul mesure complexe dans le capteur** / au + près de la mesure



2- PEGASE

Licence de diffusion confiée par IFSTTAR à la société A3IP (janv 2009 / 5 ans)

Contact : www.a3IP.com M. Mathonnet (02 40 94 78 41)

Route de Vannes 44880 Sautron (44)



Prix unitaire PEGASE, SDK, support, doc : 1100 Euros HT
Dégressif avec quantité, cartes filles, l'application...



Support et fourniture d'un kit complet

- Carte fille de debug
- Guide utilisateur (fr)
- Codes Sources et exemples...
- Prestation pour CAO carte fille et programmation = produit



2- PEGASE

Un module **formation professionnelle complet au produit PEGASE** :

- Durée: 3 jours (à IFSTTAR Nantes)
- Contenu : formation théorique (langage C,...) ET surtout **pratique** : mise en oeuvre de PEGASE, dvp applications embarquées, support...
- 7 Sessions passées : RST, Advitam, EFS, Eurovia...

Module de **formation académique** (cours et TP) :

- ESEO, Polytech,
- Université de Nantes, Lorient...



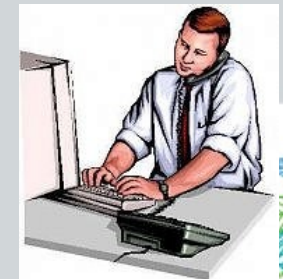
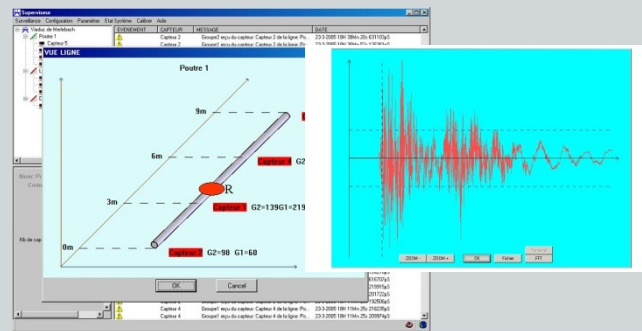
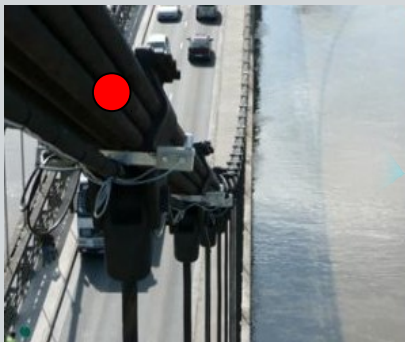
3 – Déclinaisons applicatives

PEGASE - Contrôle Non Destructif



3 – Déclinaisons applicatives

- **Application : Acoustique des câbles (CASC)**
- **Objectif :** Capteur acoustique pour la **détection et la localisation de ruptures** de fils dans les câbles de ponts
- **Description :**
 - PEGASE + carte fille acoustique dédiée
 - Acquisition / analyse permanente des ondes acoustiques des câbles
 - Datation des « évènements » acoustiques à qqs μS
 - Transmission sans fil à un Superviseur
 - Localisation de la « rupture », envoi d'alarme (SMS)



3 – Déclinaisons applicatives

Application : Acoustique des câbles (CASC)

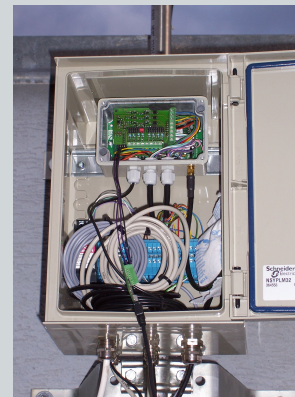
Résultats :

- Expérience d'Ancenis 20 capteurs durant 3 ans
- Système opérationnel et proposé à la vente



3 – Déclinaisons applicatives

- **Application** : **Surveillance Ilot de chaleur Urbain**
- **Objectif** : Système autonome permettant de cartographier et caractériser les ICU et la **pollution des villes**
- **Description** :
 - PEGASE + système dédié complet
 - Acquisition / analyse de grandeurs physiques variées :
 - Température
 - Anémomètre
 - Hygrométrie
 - Sonomètre
 - CO2
 - Ensoleillement
 - Transmission sans fil **WiFi ou 3G** à un Superviseur distant



3 – Déclinaisons applicatives

Application : **Surveillance Ilot de chaleur Urbain**

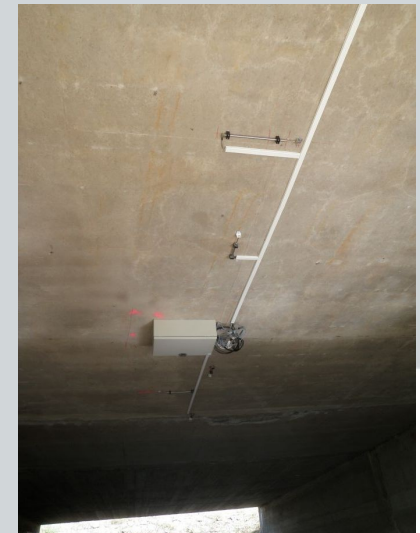
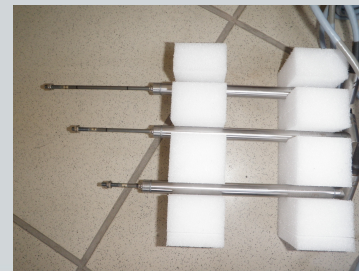
- **Résultat :**

- Un système prototype installé, opérationnel
- Exploité par la CU de Nancy
- 9 systèmes déployés
- Généralisation /extension en cours
- Envoi des datas **directement en TCP/IP dans BDD / SI** de l'exploitant
- Autonomie totale sur panneau solaire
- Autres commandes en cours...



3 – Déclinaisons applicatives

- **Application** : **Extensométrie autonome sur ouvrages d'art**
- **Objectif** : Mesures multivoies de déformations d'un ouvrage
- **Partenaires** : CG67 et *GE Energy product france*
- **Description** :
 - PEGASE + système dédié complet
 - Transmission sans fil en 3G/GSM à un Superviseur (très) distant
 - Acquisition / analyse :
 - 5 capteurs déplacement inductif
 - 1 mesure de température
 - **Autonomie totale sur panneau solaire** + batterie
24h/24h et 365 j/an



3 – Déclinaisons applicatives

Application : **Extensométrie autonome sur ouvrages d'art**

- **Résultats :**
 - Système opérationnel. Autonomie ok...depuis 2 ans ½
 - Envoi des datas **directement en TCP/IP dans BDD / SI** de l'exploitant
 - Solution extensible (plus de voies) et **très généralisable!**
 - Solution disponible 'clé en main' chez A3IP



3 – Déclinaisons applicatives

- **Application** : **Surveillance des réseaux d'eau potable**
- **Objectif** : surveiller réseaux d'eau potable selon nombreuses grandeurs physiques
- **Contexte** : **projet national FUI Smart Water Network**
Pôles : Advancity, Axelera, PGCO
- **Partenaires** : Suez Environnement, Ifsttar, EFS, Advitam, A3IP, ESIEE
- **Description « WP Sonde (Pegase) »**:
 - PEGASE + prg + conception d'une carte fille TRES complexe dédiée
 - Acquisition / analyse de grandeurs physico-chimiques variées :



- | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|
| • PH | . Pression | . Chlore libre |
| • Température | . Débit / vitesse eau | . Chlore total |
| • Acoustique (fuite) | . Turbidité | |
| • Redox | . Conductivité | |

- Transmission sans fil GSM/GPRS à un Superviseur distant.
Logiciel du syst d'exploitation SUEZ environnement



3 – Déclinaisons applicatives



Modélisation inverse appliquée à la reconstruction

- des profils de vitesse et de pression
- des profils de concentration en chlore

Possibilité de reconstruire en temps réel (~S)

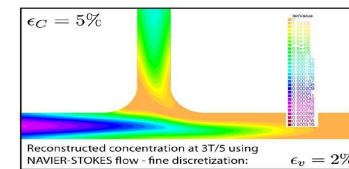
- le champ de vitesse avec une erreur <1%
- le champ de concentration avec une erreur <5%

Applications

- Détection des “anomalies hydrauliques”:
 - Zones fuyardes : débit consommé anormal
 - Ecoulement ou pression anormale, par exemple: vanne fermée, zone entartrée, casse, ...
- Détection des « anomalies chlore »: Suivi de la progression / Localisation de la source
- Cartographie des défauts recalée

Démonstration de la méthode de reconstruction de la concentration en chlore

■ Champ de concentration en chlore reconstruit



G. Hovhannesian (Advitam) Présentation du projet Smart Water Network August 3, 2012 10 / 14

Illustration sur le réseau Tête de Lyon (Cannes)

Objectif
Reconstruire l'écoulement dans le réseau de la Tête de Lyon à un instant donné

- * 1.2 km of water pipes
- * 8 independant boundary velocities
- * 8 velocity sensors (data sensor simulated numerically)

G. Hovhannesian (Advitam) Présentation du projet Smart Water Network August 3, 2012 11 / 14

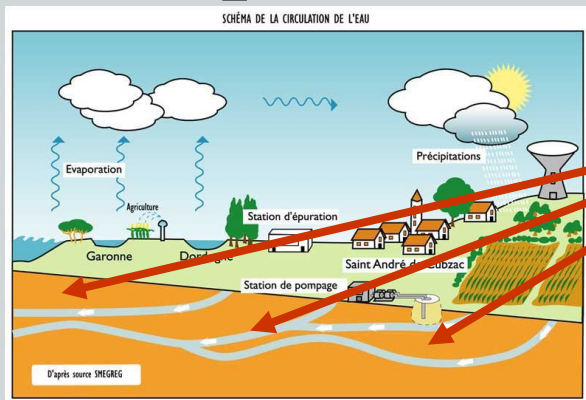


3 – Déclinaisons applicatives

Application : **Surveillance des réseaux d'eau potable**

- **Résultats:**

- nouveau produit clé en main (conso < 10 mW)
- Intégrable directement dans les canalisations sous pression
- Validation in situ en cours / transfert industriel 2013
- Intelligence de PEGASE importante (pilotage CF, traitement des données, signal, prise de ctrl à distance/web...)



=> **MICADEAU** : projet FUI, sonde de chlore microfluidique



3 – Déclinaisons applicatives

- **Application** : **Surveillance des crues sur un OA à Taïwan**
- **Objectif** : surveiller la montée rapide des eaux sur OA, observer des désordres structurels de l'ouvrage
- **Partenaires** : Ifsttar, Taïwan university, Advitam
- **Description / résultats** :
 - PEGASE + prg + conception d'une carte fille dédiée
 - Acquisition / analyse de grandeurs physiques :
 - Accélération 3D (an. modale)
 - Inclinaison des piles
 - Hauteur d'eau
 - Importance du calcul/mesure embarqué
 - Transmission sans fil **WiFi/GPRS**
à un Superviseur distant (en France !)
 - Envoi d'alarmes sur seuil
 - Produit en cours généralisation



3 – Déclinaisons applicatives

- **Application** : **Instrumentation de la Station de Chute de bloc**
- **Objectif** : enregistrer les ondes (fréquences, amplitudes) lors des chocs
- **Contexte** : projet de R&D / projet Européen ISTIMES



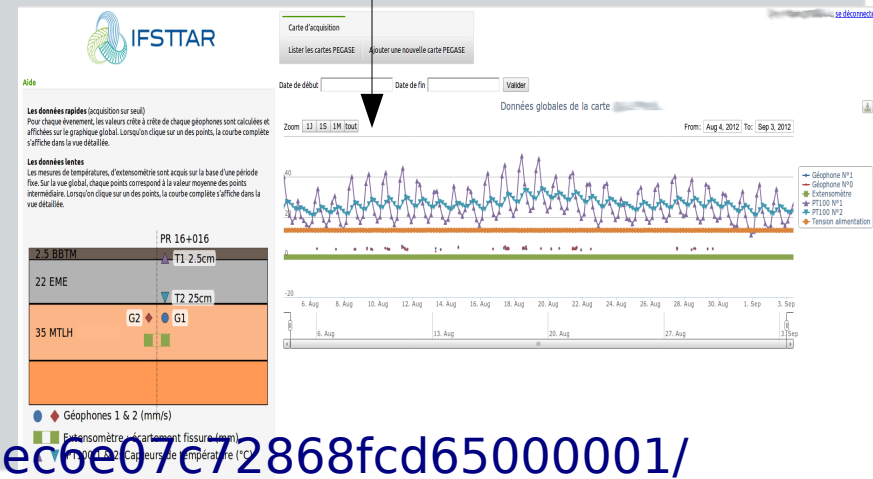
3 – Déclinaisons applicatives

- **Application** : **Surveillance Autoroute A10**
- **Objectif** : suivre les battements de dalles de chaussées – influence climatique et usage
- **Contexte** : projet de R&D IFSTTAR / Cofiroute



Résultats :

- du temps-réel pour les Autoroutiers !
- - système partagé / cloud / user-secure



<http://a10.power-lan.com/measurements/4ec6e07c72868fcd65000001/>

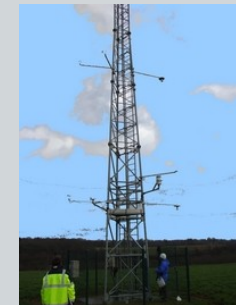
3 – Déclinaisons applicatives

- **Autres Applications (en bref) :**

Instrumentation du **drone** pour la surveillance des ouvrages ou télé-prélèvement sur plans d'eau.

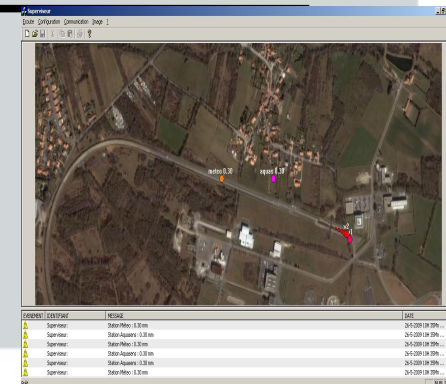


Monitoring météo wireless:
anémométrie sans -fil synchrone



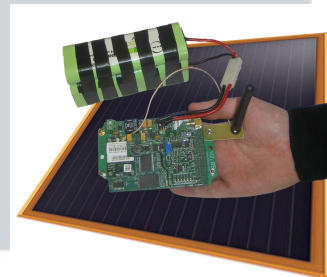
Station	Paramètre	Valeur	Unité
1	Température	15.2	°C
1	Humidité	65	%
1	Vitesse du vent	12	km/h
1	Direction du vent	135	°
1	Pression	1013	hPa
1	Pluie	0	mm
1	Rayonnement	1000	W/m²
1	Albédo	0.2	
1	Température du sol	18	°C
1	Température de l'air	15	°C
1	Température de l'eau	12	°C
1	Température de la neige	-5	°C
1	Température de la glace	-10	°C
1	Température de la roche	20	°C
1	Température de la végétation	18	°C
1	Température de la surface	15	°C
1	Température de l'ombre	12	°C
1	Température de la nuit	8	°C
1	Température de la journée	18	°C
1	Température de la saison	12	°C
1	Température de l'année	10	°C
1	Température de la décennie	10	°C
1	Température de la centaine	10	°C
1	Température de la millénaire	10	°C

Sécurité routière
Projet ANR DIVAS : véhicules instrumentés
Transmission tps-réel des mesures géoloc.
Com V2V temps-réel / vitesse recommandée



4- Conclusions / Perspectives

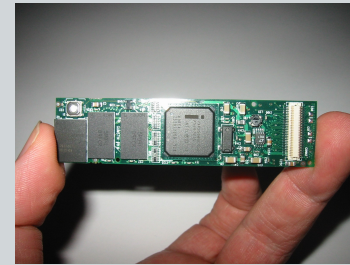
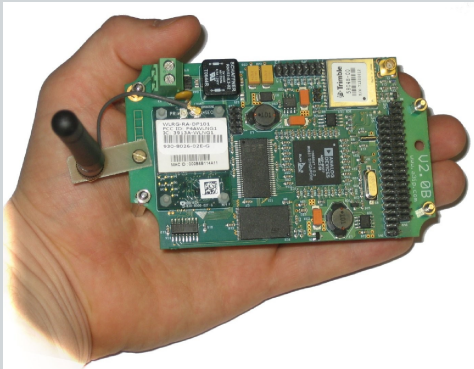
- **PEGASE = plateforme opérationnelle, commercialisée**, vitrine et capitalisation de savoir-faire pour IFSTTAR. Contribue à transposer les **objets du GC dans l'Internet des Objets**
- Objet de **nombreuses diffusions et formes de valorisation** auprès de labo, écoles et entreprises
- **Chiffres :**
 - Plus de 300 cartes vendues – X centaines de ke de CA
 - 7 sessions de formations professionnelles
 - 50h/an de formation académique
- La confrontation de PEGASE à des situations de monitoring réels en GC crédibilise le système
- ...et permet **d'affiner les choix technologiques et fonctionnels** souvent oubliés dans l'électronique généraliste (ie l'aspect métier est fort)
 - Protocoles de communication : pertinence de l'IP
 - Problème de la synchronisation : importance d'une bonne synchro
 - La récupération et la gestion de l'énergie
 - L'intelligence locale : administration à distance, calcul mesure



4- Conclusions / Perspectives

Vers « PEGASE 2.0 »

Prototypage en cours... sortie prévue en 2013/2014...



Une carte :

- a) ~ 6 fois plus petite
- b) ~ 3 à 4 fois moins chère
- c) plus performante : MMU, nombreuses E/S : USB, carte μ SD, mémoire 10 Go
- d) 3 fois moins consommatrice. Gestion d'énergie native.

Plus qu'une carte :

- a) Un **pré-ensemble d'applications** mieux déterminées
- b) Un système d'information complet : Superviseur local ou via **Internet** (BDD)



4- Perspectives

Développer la communication infrastructure / Véhicules :

- . Envisager la comm Capteurs - Véhicules (V = particulier ou gestionnaire)
- . Utiliser les mécanismes de RDV, de géolocalisation,
- . Utiliser les capteurs intelligents comme source ou lieu de dépôt d'info dynamique pour le trafic...



3. Wireless sensors are used to measure long-term stress and strain in civil engineering structures like buildings and bridges. (Courtesy: Microstrain Inc.)

Récupération d'énergie :

- Une infra de transport reçoit et disperse bcp d'énergie,
- Poursuivre travaux de récupération d'énergie multisource (t°C, vibration)...



Sureté de fonctionnement de l'instrumentation

- . Un capteur qui ne dit rien... n'a rien à dire ou ne fonctionne plus ?

Du standard, du standard, du standard... représentation, transport et stockage des données:

- . En aéronautique : OK
- . En domotique : BOF
- . SmartGrid et Gestion Bâtiment : ~OK (OBIX, M2M, ETSI...)

. Génie Civil : KO, du cas par cas ! **L'Eurocode de l'instrumentation est une feuille blanche !**



Constat

- En 2050, les villes accueilleront 75% de la population mondiale
- Quotidien difficile d'une population urbaine croissante
 - Image dégradée associée à la ville (pollution, mobilité, ...)

Vers une ville intelligente

Outils d'aide à la décision s'appuyant sur des capteurs innovants, des modèles physiques et la représentation des informations

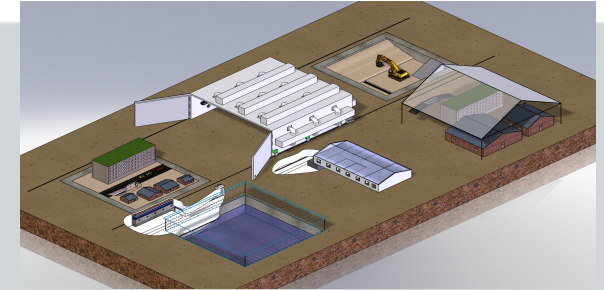
Domaines d'intérêt

- Performances énergétiques (bâtiments, quartiers)
- Durabilité des infrastructures et des réseaux
- Qualité de l'air, de l'eau et des sols
- Suivi sanitaire du bâti

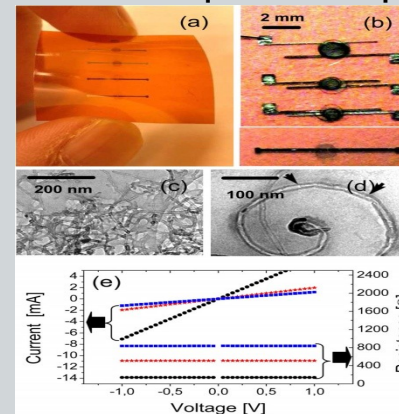
Programme

- Développement de réseaux de micro et nano capteurs autonomes, communicants, bas coût
- Ex: **micro-chromatographe** en nanotubes
- Etalonnage, démonstration et validation en conditions réalistes
- Outils d'aide à la décision par modélisation et représentation géographique des phénomènes

Plate-forme publique-privée : ouvertes aux industriels: Recherche - Innovation - Développement



Mini-ville (400m²) sous conditions climatiques (disponible fin 2014)



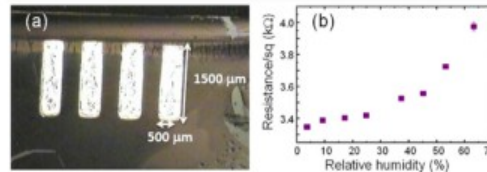
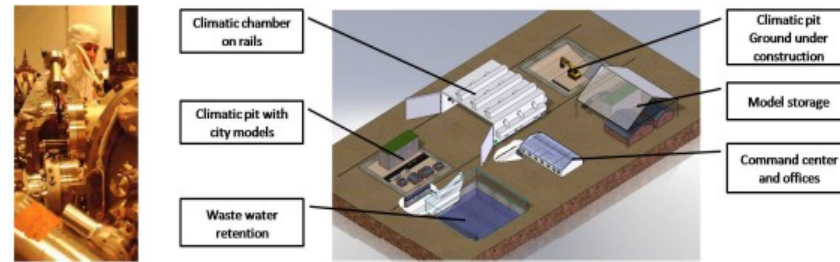
Grand Equipement
Sorption d'eau



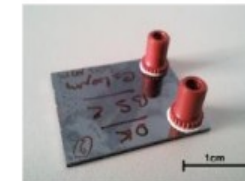
Prototyping and validation of nano-sensors for urban areas

A platform shared with ESIEE, LPICM and CSTB

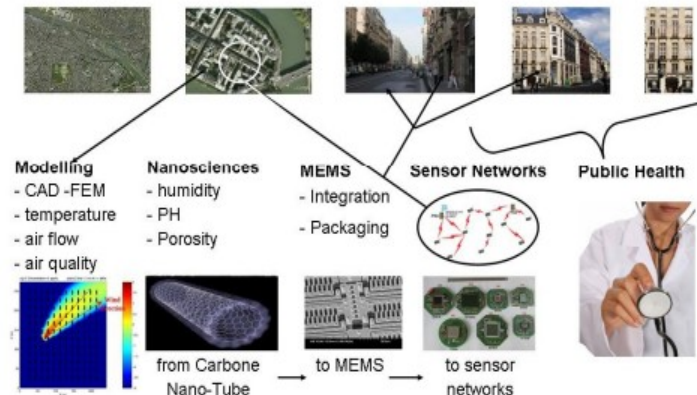
- Air Quality
- Health
- Energy efficiency
- GHG emissions
- Soils pollution
- Water quality
- Durability



graphene over glass as a humidity sensor



micro-gas-chromatograph



NANTES | FRANCE

7th European Workshop Structural Health Monitoring *8 to 11 july 2014*



Nantes International Convention Centre
FRANCE

Phone : 02 51 88 20 56 - Fax : 02 51 88 20 20 - Email : commercial@congres-nantes.fr

