

Institut français
des sciences et technologies
des transports, de l'aménagement
et des réseaux



Internet des Objets (IOT) et le Contrôle de Santé des Structures

Contexte, Projets et Perspectives

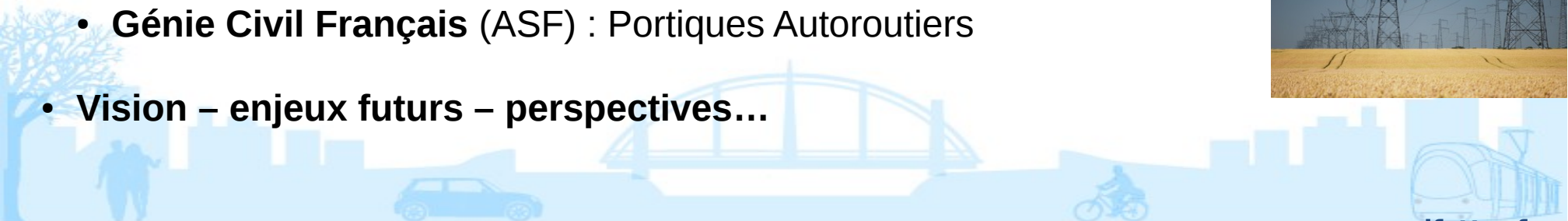
Vincent Le Cam
IFSTTAR / COSYS
Dirlab « SII : Structure & Instrumentation Intégrée »



IFSTTAR

Sommaire:

- IFSTTAR / COSYS / SII
- Introduction et enjeux de l'IOT
- Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE
- Trois projets d'envergure et concrets
 - SNCF : Projet *Demeter*
 - EDF / VINCI : Projet *Electracking*
 - Génie Civil Français (ASF) : Portiques Autoroutiers
- Vision – enjeux futurs – perspectives...



1) IFSTTAR



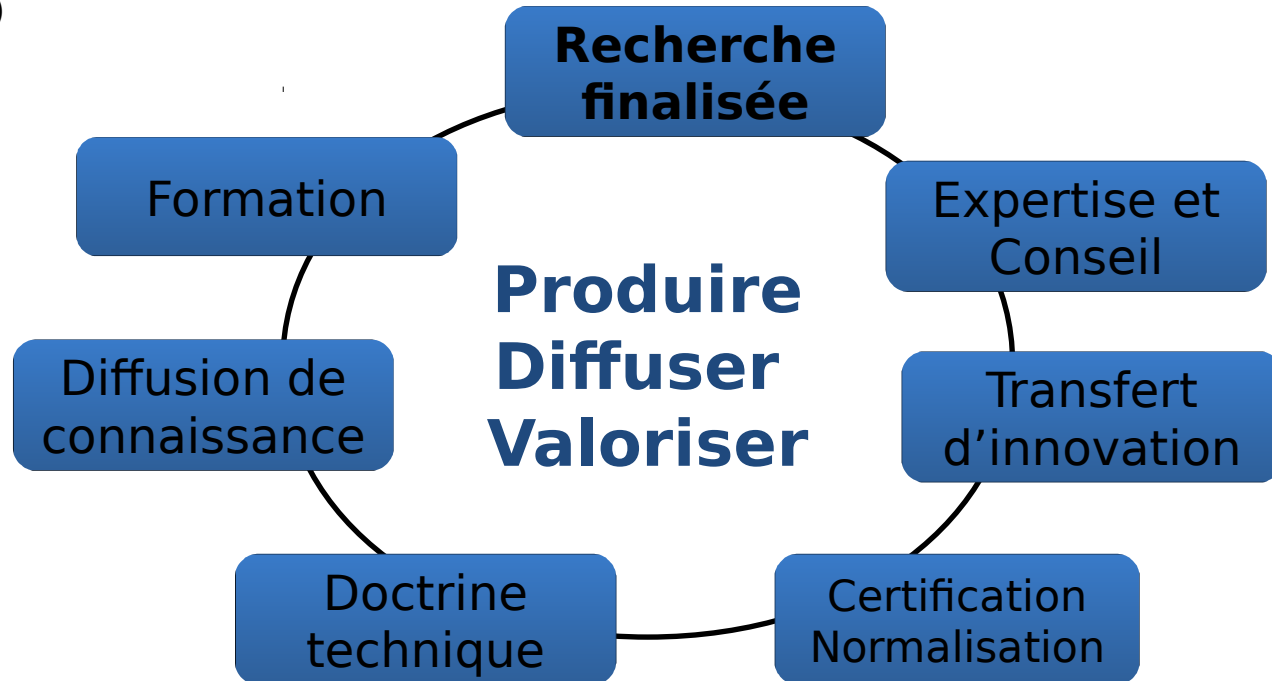
IFSTTAR - identité :

- Institut Français des **Sciences et Technologies des Transports de l'Aménagement et des Réseaux**
- **Laboratoire public de Recherche (EPST)**
- 1000 agents (CR, IR, T, Doc, ...)



Issu de la fusion :

- Au 1er janv 2011
- du LCPC
- et de l'INRETS



1) IFSTTAR

IFSTTAR - domaines d'excellence :

- Le **génie urbain** : habitat, aménagement, pollution...
- Le **génie civil** et les **matériaux** de construction
- Les **risques naturels** et la **sécurité routière**
- La **mobilité** des personnes et des biens, les modes et les **usages**
- Les **systèmes**, les moyens de transports et leur **fiabilité**
- La **transition énergétique** !

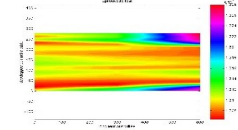
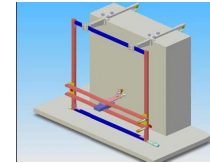
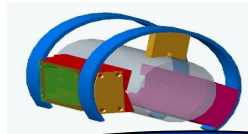


3. Wireless sensors are used to measure long-term stress and strain in civil engineering structures like buildings and bridges. (Courtesy: Microtrain Inc.)



1) IFSTTAR / COSYS / Labo SII

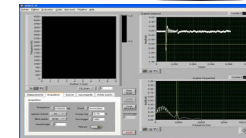
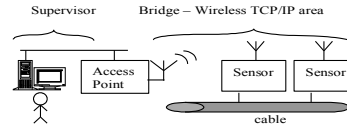
SII : Structures et Instrumentation Intégrée (20 ETP)



Imagerie & traitement de signal

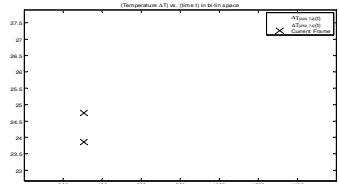
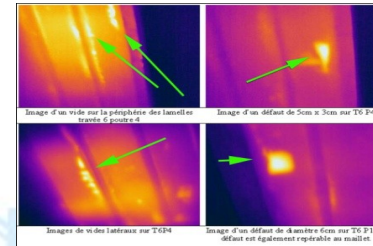
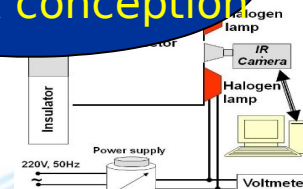
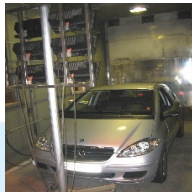
Instrumentation GEII

Méthodes thermiques & optiques pour l'auscultation et le contrôle



Essais Vibratoires & thermiques

Mécanique Etudes & conception



2) Introduction et enjeux de l'IOT



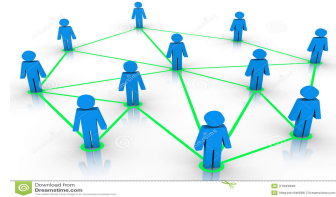
- De quoi parle -t- on ?
- Est ce si nouveau ?
- Pourquoi maintenant ?
- Quels ouvertures et quels enjeux ?

2) Introduction et enjeux de l'IOT



- **De quoi parle -t- on ?**

- La connexion des « choses », des objets y compris des humains
- Plus concrètement : des capteurs, des actionneurs...
- Suite logique et technologique de l'Internet



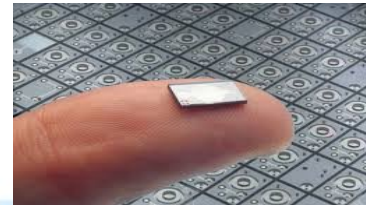
- **Est ce si nouveau ?**

- Historiquement l'homme est *objet* communicant
- ...comme les objets qu'il crée
- Une généralisation du « M2M : Machine To Machine »
- Plus d'humain, plus de centralisation (cloud)



- **Pourquoi maintenant ?**

- Business : les acteurs télécoms (opérateurs, électroniciens...) touchent une limite : 80 % des terriens téléphonent ; besoin de nouveaux marchés
- La **technologie** électronique a fait de gros progrès :
 - Consommation des systèmes : réduction / récupération
 - Micro (MEMS) et Nano capteurs
 - Standardisation et portée des protocoles wireless
 - Capacité des réseaux IP (IPV6) et du stockage (Big Data)



2) Introduction et enjeux de l'IOT



- Quels ouvertures et quels enjeux ?
 - Bataille de chiffres « **80 milliards d'objets connectés dans le monde d'ici 2020** »
 - **Avoir une vision sectorielle de l'IOT :**
 - Domotique : low cost, fiabilité faible, moins d'enjeux...
 - Industriel, Automobile, Santé, militaire ...
 -
 - **Surveillance des Structures à Enjeux : le SHM** (une Mission d'IFSTTAR)
 - « Pas de problème » de coût
 - Amortissement a priori immédiat si
 - Contribution de l'IOT à la **Maintenance Temps Réel**
 - Contribution de l'IOT à la **Maintenance Préventive**
 - Contribution à une **meilleure connaissance des structures** pour
 - Nourrir le REX
 - Affiner et valider les modèles scientifiques
 - Mots clés associés à l'IOT :
 - **Big data** ; data mining ; Wireless Sensor Network ; homme/usine connectée/du futur...
 - pour **Ifsttar** : Structural Health Monitoring (SHM), CND, ...



2) Introduction et enjeux de l'IOT



IOT et structures "à enjeux" : lesquelles ?



Civil engineering



Aerospace & Aeronautic



Energy



Transport

2) Introduction et enjeux de l'IOT



IOT et structures "à enjeux" : pourquoi ?



2) Introduction et enjeux de l'IOT



IOT et structures "à enjeux" : pourquoi ?



2) Introduction et enjeux de l'IOT



IOT et structures “à enjeux” : pourquoi ?

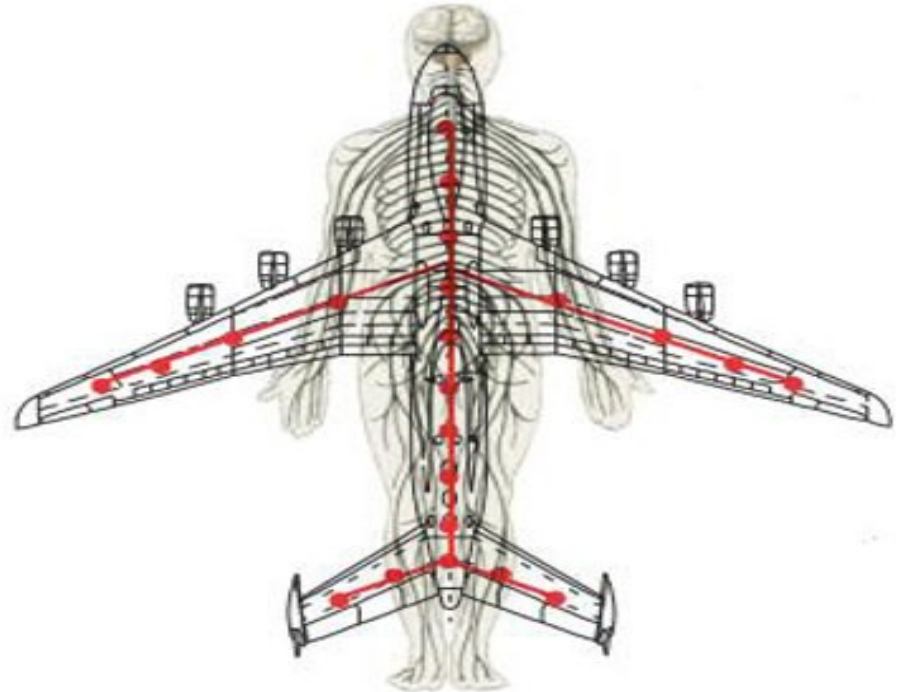


3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

Positionnement Ifsttar : IOT des structures

Analogie entre:

- **Le corps**
 - système nerveux et cerveau
- **La structure**
 - Un réseau de **capteurs** et un **ordinateur**

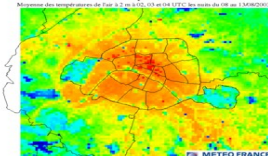


3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

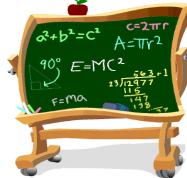
Positionnement Ifsttar : IOT des structures

Le Contrôle de Santé des Structures dans l'équipe :

Modélisation
(prédire)



Analyse statistique
ou autre
(vérifier)



Instrumentation et
capteur
(implémenter)



+

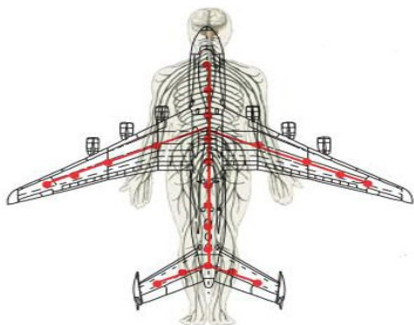
+

=



3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

Positionnement Ifsttar : IOT des structures



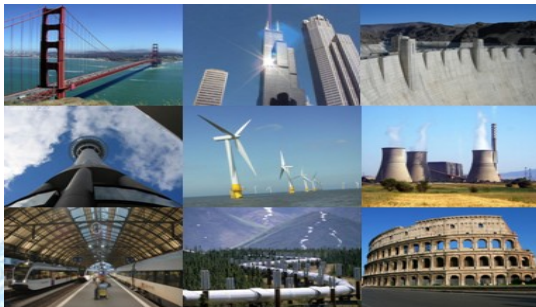
Une structure n'est pas une **vie humaine** mais beaucoup en dépendent...

Une **analogie qui a ses limites**... l'être humain finit par se sentir malade...et ira chez le médecin...pas le pont !

Tout l'enjeu (définition ?) du SHM : rendre les structures plus **intelligentes** :

→ capables de fournir un diagnostic sur leur état de santé

→ **aller plus loin que la "simple mesure" d'un signal. Un signal + un algorithme = donner un sens qualitatif voire quantitatif de la santé de l'ouvrage**



3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

Positionnement Ifsttar : IOT des structures

- être un apport utile (qui a du sens) pour le gestionnaire de la structure
- améliorer le dialogue **Ingénieur** / opérateur & **gestionnaire**

La fissure s'est agrandie de 3 μm



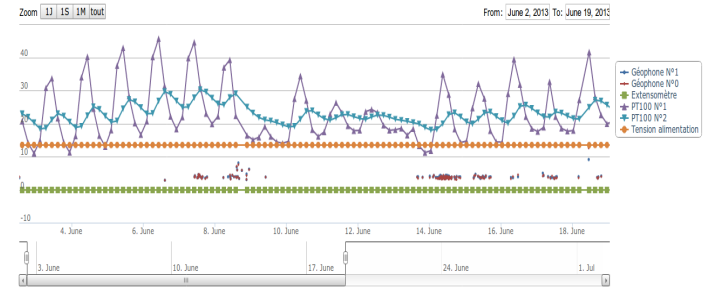
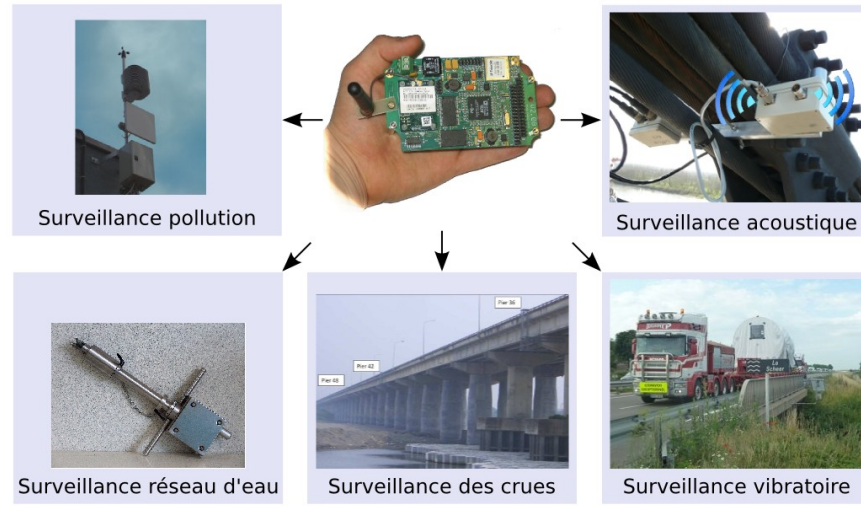
Ah !?! Faites détruire l'ouvrage



3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées

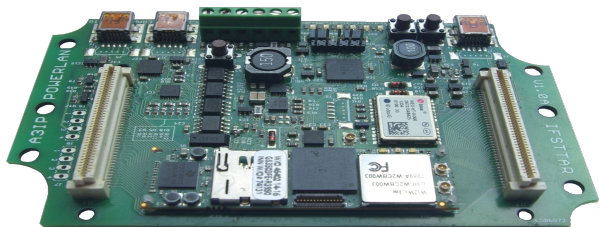
PEGASE - **Contrôle Non Destructif**



3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme Experte **Générique** pour Applications Sans-fil Embarquées

- V1 (2009...) vendues / installées en qqs milliers d'ex.
- V2 (2016 ...) en cours de valorisation Ifsttar ; nombreux cas d'utilisation



Coeur : Gumstix OVERO – Linux Embarqué

Processeur DSP : traitement de signal
Port carte μ SD stockage jusque 32 Go
WiFi / Bluetooth

Récepteur GPS NEO6T

Récepteur avancées
NMEA + Données brutes : localisation précise
Principe **synchronisation temporelle absolue**

MEMS Invensense MPU9150 : mouvement

3 accelero
3 gyro
3 magneto
1 Temperature

Gestion native de l'énergie

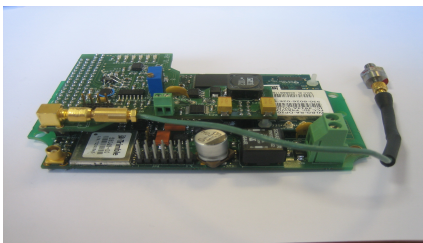
1 entrée/sortie batterie Lithium
1 entrée Panneau solaire / DC
Gestion embarquée sur PIC : MPPT et SOC

3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées

Généricité Matérielle : carte fille / carte mère

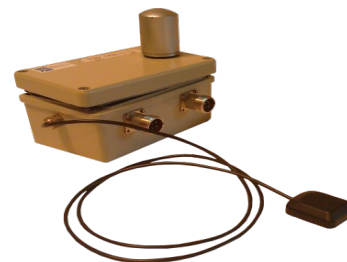
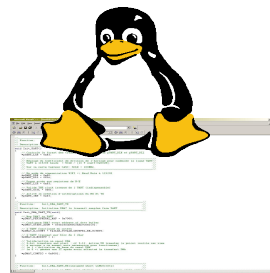
Généricité Logicielle : Linux embarqué / prg simple en C/C++ standard



+



+



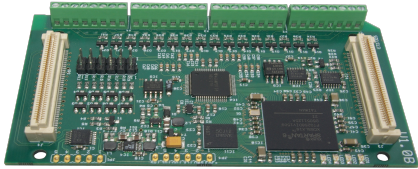
Pour une **application donnée** une **carte fille spécifique** est développée :

- 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
- Sondes de Température
- etc.

3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

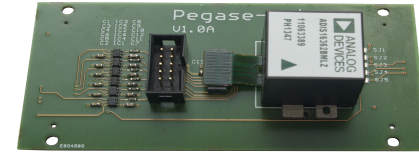
PEGASE : Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées



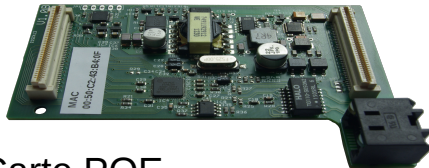
Carte 8 voies



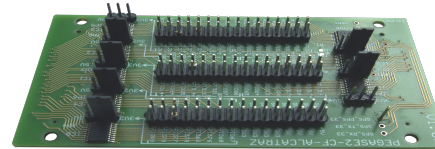
Carte 3G



Carte ADIS inertielle



Carte POE

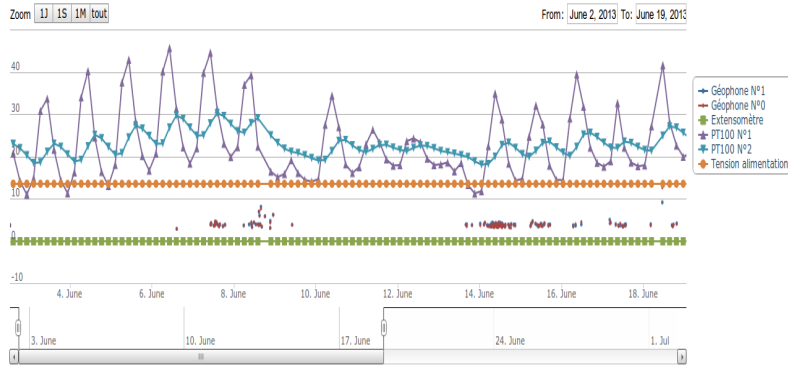


Carte Debug

...

3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées



Superviseur Générique de l'IFSTTAR

- Pourquoi ?
- Monitoring de l'instrumentation de terrain
- Une base de capteurs extensible !
- Une solution **cloud / Big Data**
- Professionnelle et commercialisée (suite appel à licence Ifsttar) par

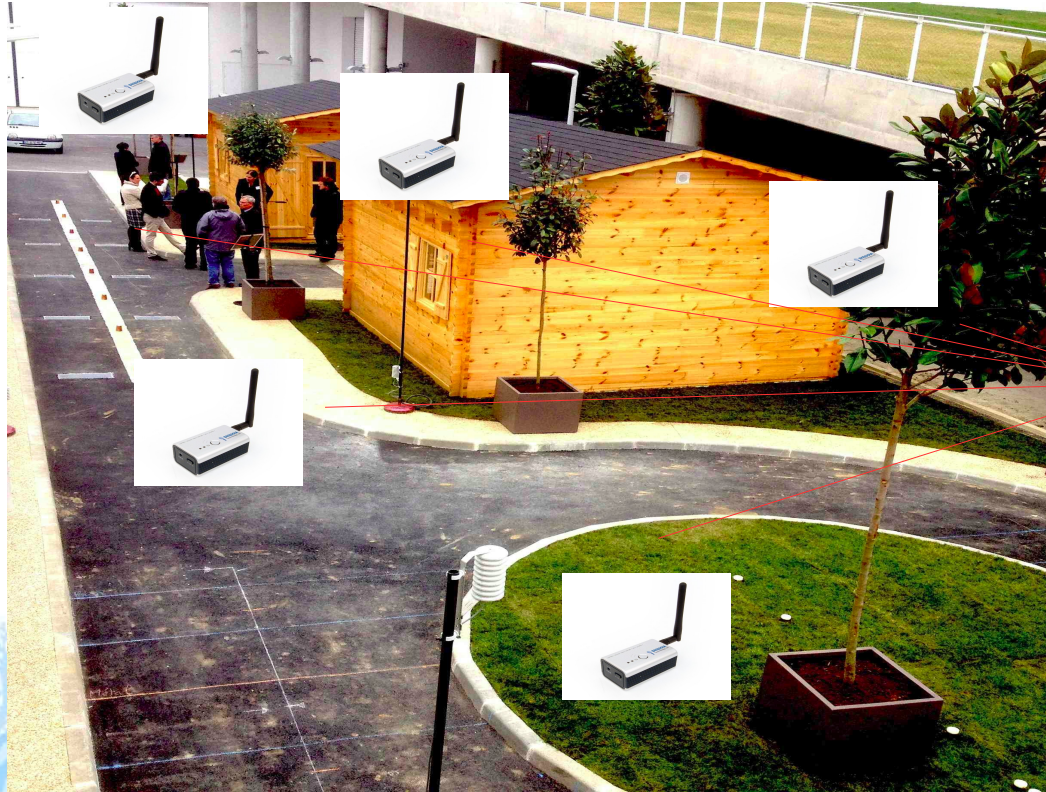


POWERLAN

stimio

3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées

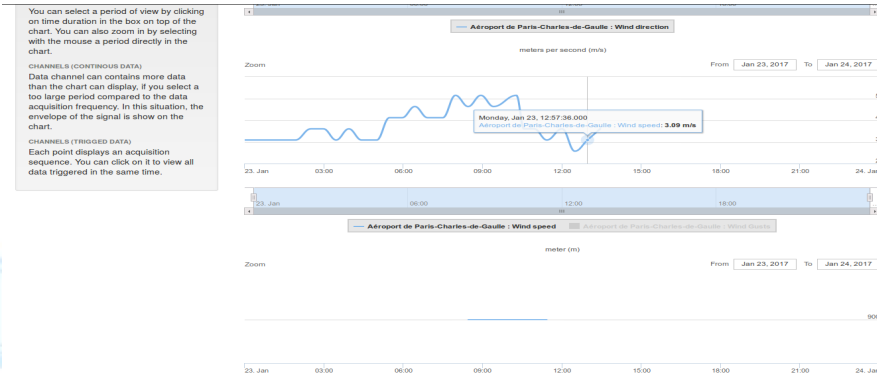


Visualisation Temps réel des données issues des capteurs

Quelques soient les capteurs... PEGASE ou non : base ouverte

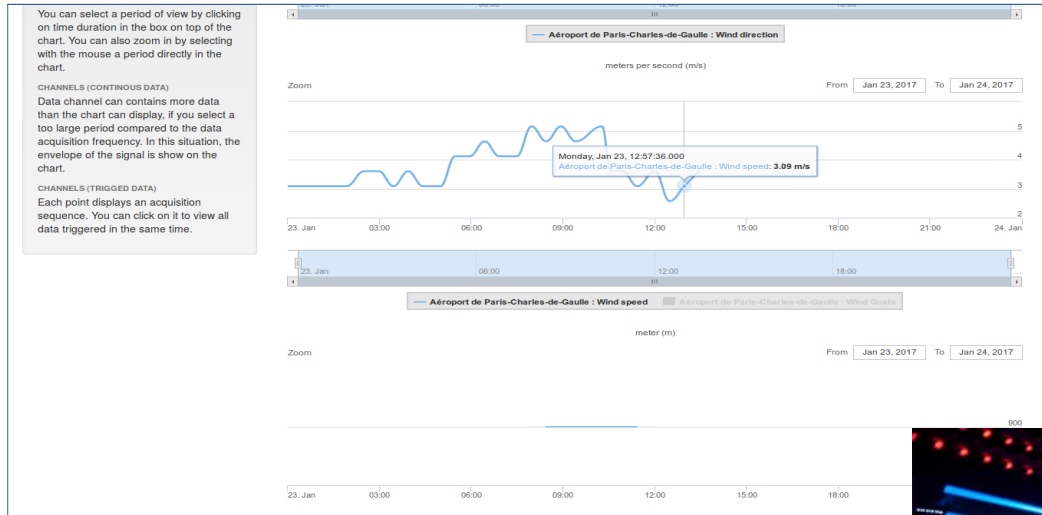
Envoi d'alarmes SMS / EMAIL...

Configuration des capteurs



3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme **Experte Générique** pour Applications Sans-fil Embarquées



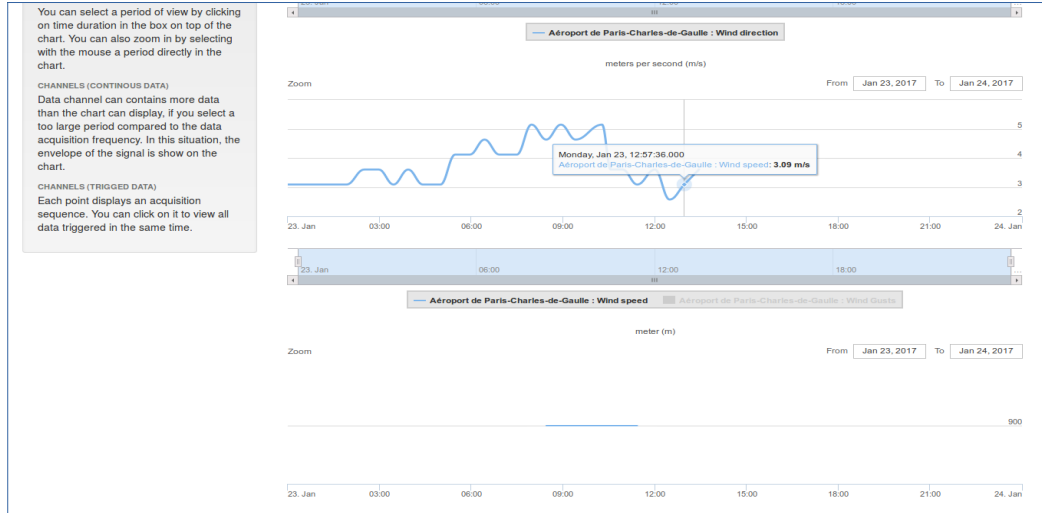
Stockage en Big Data

- Hébergement en data-center (ex OVH) ou en local : SI du client, sur la structure...
- Stockage & sauvegarde sécurisés



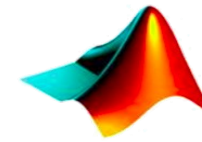
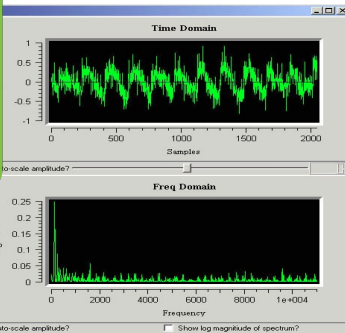
3) Quelques solutions IFSTTAR : concept PEGASE

PEGASE : Plateforme Experte Générique pour Applications Sans-fil Embarquées



Exploitation et interfaçage

- Via une « API »
- Connexion à des applis tierces (temps réel, **automatique** ou manuel...)
- **Vers des algorithmes métiers....**



MATLAB®

4) Trois projets d'envergure et concrets

MIX IOT & Structural Health Monitoring





4) Trois projets d'envergure et concrets



DEMETER



4) Trois projets d'envergure et concrets

DEMETER : LES ENJEUX

- « Accompagner SNCF dans l'IOT : Internet Of Things »
- Évaluer l'apport des solutions Wireless and Smart Sensors de l'IOT (comme PEGASE) pour les applications de suivi de santé des infrastructures ferroviaires (Stratégie G. Pepy)
- Valider une (ou des familles de) solutions matérielles et logicielles pour que SNCF envisage des déploiements industriels
- IFSTTAR met son savoir faire PEGASE à l'épreuve d'applications de monitoring de terrain.
- Rendre **communicants** et un peu plus **intelligents** des items ferroviaires constitue **une rupture pour Sncf** pour
 - La maintenance prédictive
 - La maintenance temps-réel
 - Et donc **la sécurité intrinsèque du ferroviaire**



4) Trois projets d'envergure et concrets



50 000 Moteurs PN



27 000 ouvrages d'art



Réseau ferré national :
30000 kms de rail



2300 aiguillages



1000 Compteurs
essieux

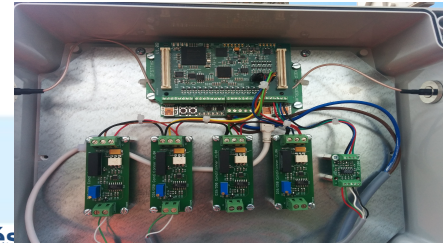
4) Trois projets d'envergure et concrets



Monitoring des Compteurs Essieux :

« *Problématique de la défaillance des CE : mettre en cause le CE, le train ? Coupure du trafic* »...

- Présence/absence des porteuses 39 / 50 kHz en sortie des Compteurs Essieux
- Comptage des essieux en 2 points par site instrumenté, détection de défaut
- Travail de R&D amont puis
- Instrumentation 2 PEGASE CE sur site de Chevilly



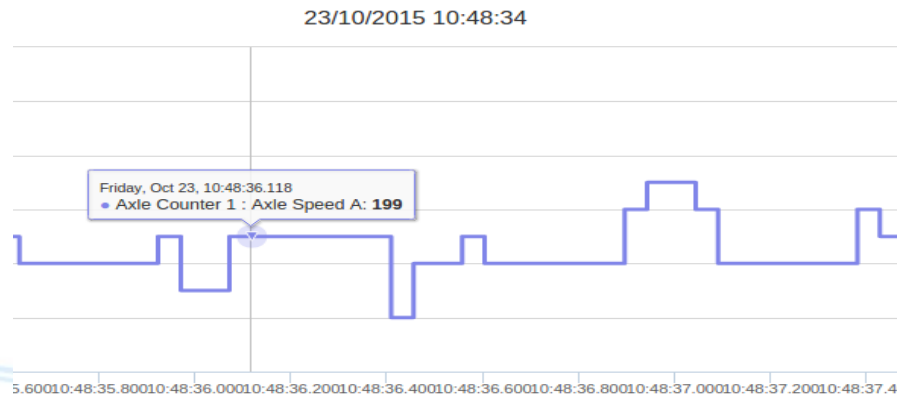
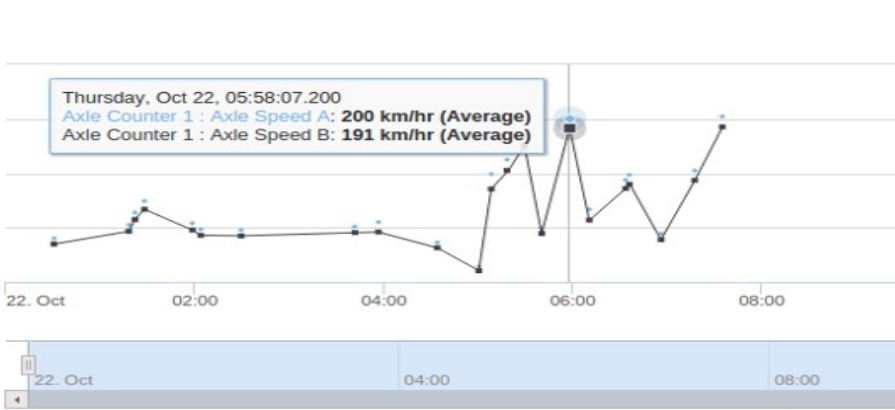
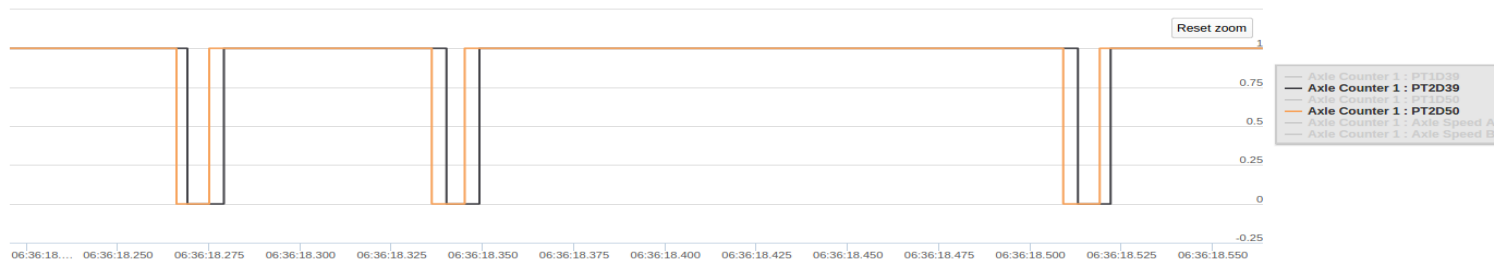
4) Trois projets d'envergure et concrets

<https://sncf.pegase-instrumentation.com>



4) Trois projets d'envergure et concrets

<https://snCF.pegase-instrumentation.com>



Phénomène de battement de caisse

4) Trois projets d'envergure et concrets

Connexion

Serveur : sncf.pegase-instrumentation.com

Login : api@example.com

Password : [masked]

Connected

Projet(s) : Chevilly

Liste des Projets

Liste des Trains

Liste de trains :

mar. 10 novembre	01:25:55
mar. 10 novembre	02:01:57
mar. 10 novembre	03:14:27
mar. 10 novembre	03:18:24
mar. 10 novembre	03:39:52
mar. 10 novembre	03:58:48
mar. 10 novembre	04:17:08
mar. 10 novembre	04:32:33
mar. 10 novembre	04:46:05
mar. 10 novembre	06:31:40
mar. 10 novembre	07:11:06
mar. 10 novembre	07:19:08
mar. 10 novembre	07:27:47
mar. 10 novembre	07:57:01
mar. 10 novembre	08:11:24
mar. 10 novembre	08:29:19
mar. 10 novembre	08:40:42
mar. 10 novembre	09:18:24
mar. 10 novembre	09:28:51
mar. 10 novembre	09:44:55
mar. 10 novembre	10:18:06
mar. 10 novembre	10:33:23
mar. 10 novembre	11:27:07
mar. 10 novembre	12:16:23
mar. 10 novembre	13:19:28
mar. 10 novembre	13:39:53
mar. 10 novembre	14:08:49
mar. 10 novembre	14:17:18
mar. 10 novembre	14:27:22
mar. 10 novembre	14:41:26
mar. 10 novembre	14:45:11
mar. 10 novembre	14:50:50

Analyse d'un Train

Date : mar. 10 novembre 07:19:08


Essieux : 40

Speed : 144

BB 16000 error = 7 %
BB 25100-25200 error = 7 %
BB 9200-9300 error = 7 %
BB 66000 error = 17 %
BB 63000-64700 error = 18 %

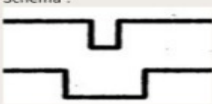
Model :

Type de train :



Explication du défaut :

Schéma :



Détection de défaut

Manuel Automatique

Date début : 10.11.2015

Date fin : 11.11.2015 Search

Mode de recherche

Manuel

Automatisé

Manuel Automatique

Date début : 10.11.2015

Date fin : 11.11.2015 Search

novembre, 2015

	lun.	mar.	mer.	jeu.	ven.	sam.	dim.
44	26	27	28	29	30	31	1
45	2	3	4	5	6	7	8
46	9	10	11	12	13	14	15
47	16	17	18	19	20	21	22
48	23	24	25	26	27	28	29
49	30	1	2	3	4	5	6

Manuel Automatique

Periode d'analyse en minute :

Nombre de train à afficher :

Allerte

Mail : jean-jacques.mogoro@sncf.fr

SMS : 0645826595



4) Trois projets d'envergure et concrets

Où l'on va plus loin que prévu :

- Chaque type de train (loco) modélisée par le nombre et l'espacement de ses essieux
- → reconnaissance automatique du Type de Trains
- → détection de défaut sur les essieux (et quel numéro d'essieux) en temps réel
- → envoi alarme /SMS en temps réel....

The screenshot displays a software interface with three main panels:

- Connexion:** A login form with fields for 'Nom d'utilisateur' (username) and 'Mot de passe' (password), a 'Connecter' button, and a 'Projets' dropdown menu currently set to 'Chevilly'.
- Liste des Trains:** A table listing train arrivals and departures. The 'Mode de recherche' is set to 'Automatique'. The table includes columns for date, time, and train type. A 'Manuel' search option is also available.
- Analyse d'un Train:** A detailed view for a specific train on 'mar. 10 novembre 07:19:08'. It shows 'Essieux' (axles) with error percentages: BB 16000 error = 7%, BB 21000-23200 error = 7%, BB 9200-9300 error = 7%, BB 56000 error = 17%, and BB 63000-64700 error = 18%. It also displays the 'Type de train' with an image and a 'Schéma' (diagram) of the train's axle layout.

Additional elements include a 'Manuel' search panel at the bottom left showing a calendar for November 2015, and a 'Manuel' search panel at the bottom center with a 'Période d'analyse en minute' field and 'Alerte' options (Mail and SMS).

4) Trois projets d'envergure et concrets



PEDALE – LORA :

- Développement d'un boîtier communiquant en **LORA et Sigfox**
 - Longue Portée (~15 km)
- Mesure des temps de montée/descente des bras de la pédale selon simple modèle en $f(t)$ et seuils Sncf
- **Prédiction d'un comportement anormal !**
- Détection de perte d'alimentation électrique / Autonomie du système
- Envoie données + alerte (SMS/email) via le Superviseur Ifsttar en cloud



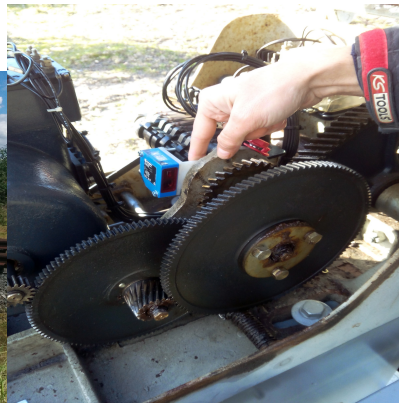
4) Trois projets d'envergure et concrets

SNCF + IFSTTAR : obtention du prix ERCI 2016



4) Trois projets d'envergure et concrets

Autres instrumentations DEMETER - SNCF





4) Trois projets d'envergure et concrets



ELECTRACKING



IFSTTAR

[Lien vers projet ELECTRACKING](#)

Rte

Réseau de transport





130

RAPPEL

LIMONE TRAP

4) Trois projets d'envergure et concrets

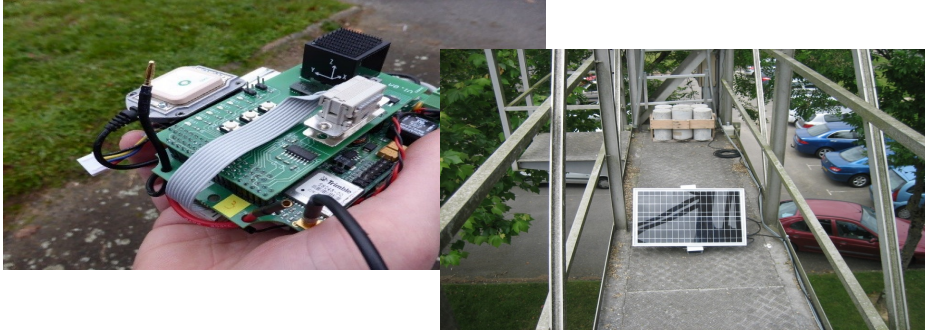


Monitoring des portiques / enjeux

- Des milliers de portiques opérés sur réseaux public et privés
- Essentiel livré avant EUROCODE dédié
- Accidents rares mais graves
- Intervention / Maintenance compliquée...**voire pas de maintenance**
- Structures souples par nature
- ...



4) Trois projets d'envergure et concrets



Objectif : Détecter les endommagements des portiques de façon précoce



IFSTAR

Inria



Description :

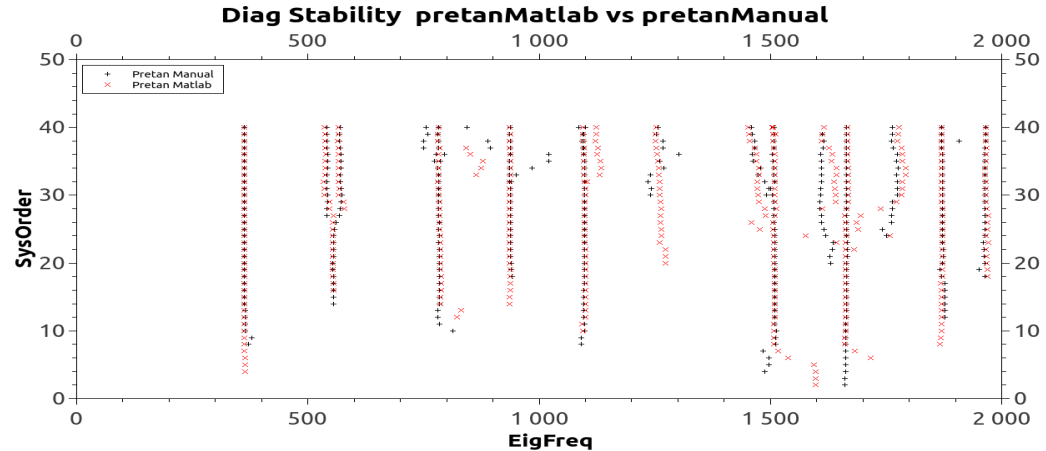
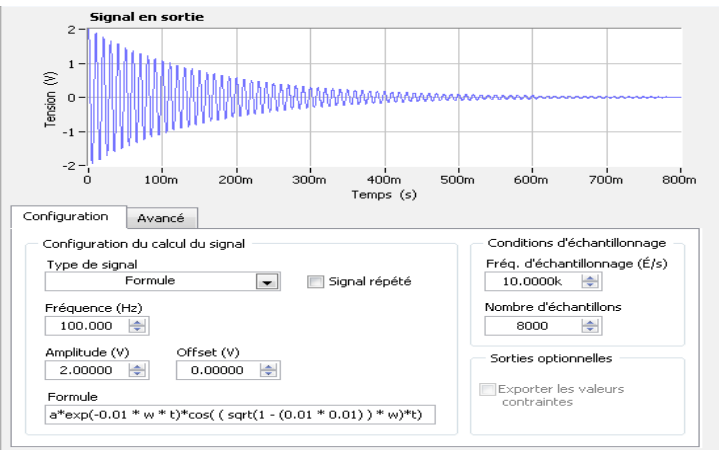
- Fruit du travail de l'équipe commune **I4S**
- Détection de défaut par **analyse vibratoire**
- Suivi de l'évolution des modes du portique
- But : proposer un outil de monitoring clé en main, autonome (énergie) et communicant (3G, SMS)...



4) Trois projets d'envergure et concrets



- Evaluation et transfert en cours...
- Valorisation
- **Extension aux structures « souples » :** tabliers, câbles,...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

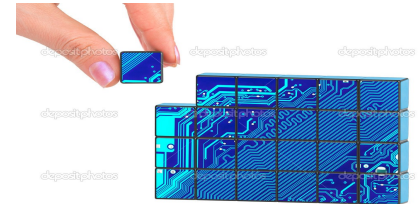
Deux constats forts :

Les technologies IOT semblent proposer des coût négligeables au regard des coûts classiques de maintenance et exploitation des structures à enjeux.

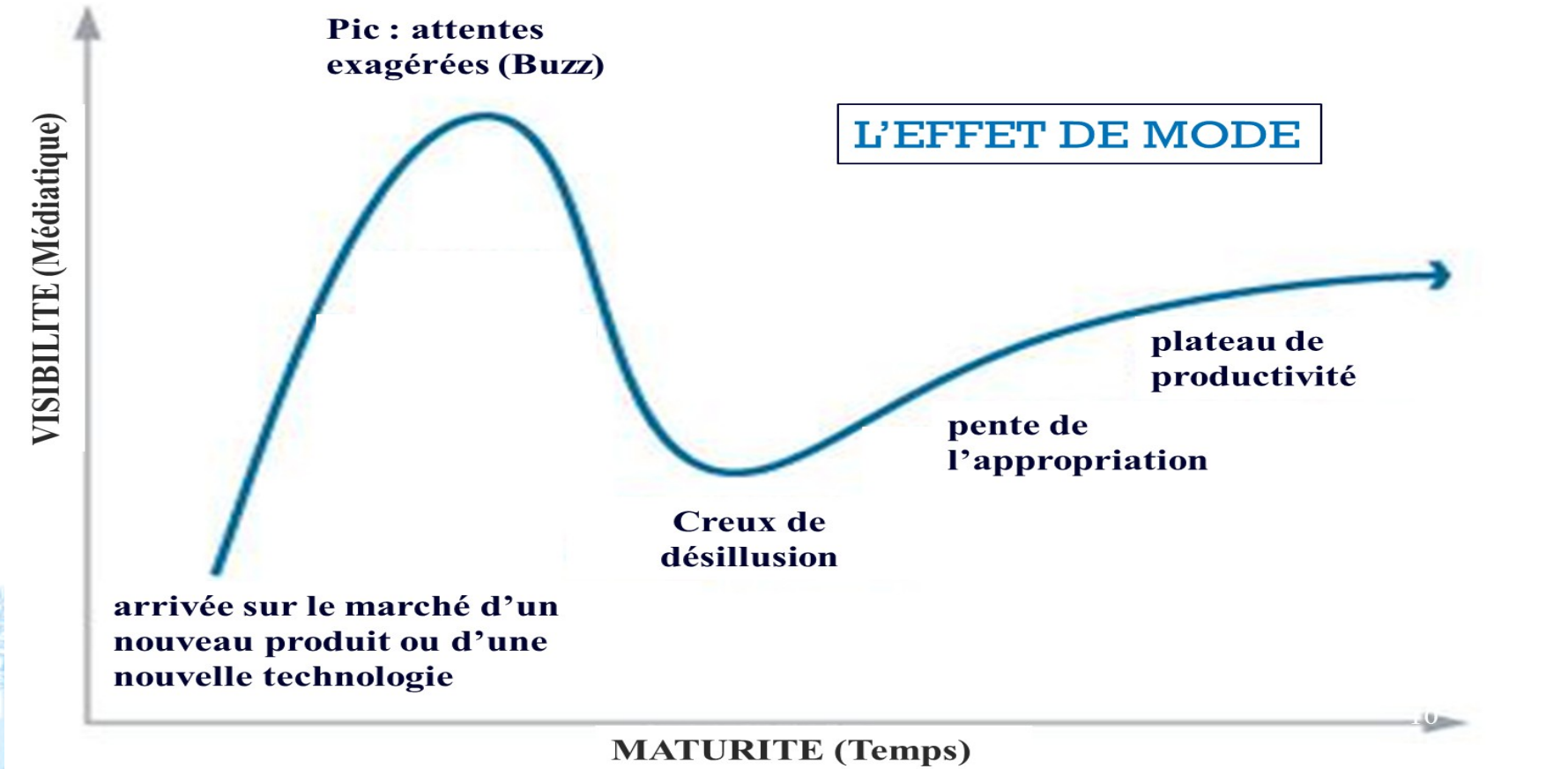
Or le business-model de l'IOT reste à être posé (de façon sectorielle)

De nombreuses briques technologiques (RPI, LORA, BLE, BigData...) inondent l'actualité. Induisent une vision « technologique » des problèmes, donnent le sentiment erroné que le « puzzle est prêt et qu'il reste simplement à assembler les pièces ». C'est le syndrome de la « pensée magique ».

Or les millions de capteurs IOT « tout le monde en parle, personne n'en déploie » (en SHM), il faut comprendre pourquoi

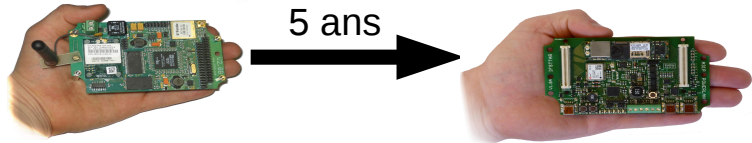


5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Enjeux du coûts et de l'obsolescence :



De PEGASE 1...

... à PEGASE 2



2000 ans







5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



Enjeu de la génération des Datas:

11 sur 19 10 GROUP 98,53%

BIG DATA at Airbus Group
We are sitting on a huge amount of data we do not fully leverage
Example: Aircraft Operation Data

		Stored & limited use			Not stored & not used		
		Flight Test	A/C In-Service Data		Take-Off / Year	Total Fleet / year	
			Std ACMS	Potentially Recordable		Std ACMS	Potentially Recordable
 A350	#Parameters	670 000	4000	400 000	N/A	N/A	N/A
	Data Recorded/flight	500 GB <small>450 TB produced for the certification process in 2014</small>	450 MB	300 GB	N/A	N/A	N/A
 A380	#Parameters	320 000	4 000	400 000	5.800	2,6 TB	1,1 PB
	Data Recorded/flight	250 GB	450 MB	200 GB	5.800	2,6 TB	1,1 PB
 Long Range	#Parameters	14 000	1 500	40 000	84.000	17 TB	2,5 PB
	Data Recorded/flight	10 GB	200 MB	30 GB	84.000	17 TB	2,5 PB
 Single Aisle	#Parameters	12 000	1 500	13 000	744.000	37 TB	9 PB
	Data Recorded/flight	10 GB	50 MB	12 GB	744.000	37 TB	9 PB

↑ x 50 in ~30 years (Flight tests)

AIRBUS GROUP

11

BIG DATA at Airbus Group

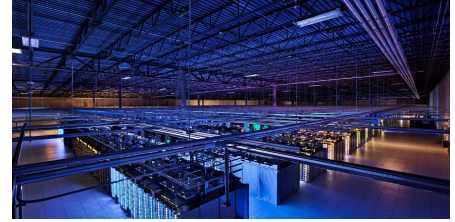
BIG DATA Understanding and Maturity within Airbus Group

5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Enjeu du stockage des Datas:

Le « vrai coût » du big data est encore masqué par les opérateurs (concurrence) et les GAFAs (piratage industriel)

- Coût du stockage des données : *fermes* de serveur
- Coût de l'électricité nécessaire
- Coût induit par le maintien des « données accessibles à tout moment »
- ...



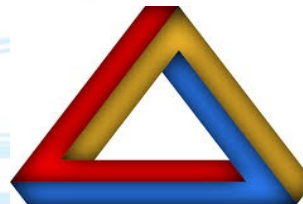
5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Enjeux technologiques :

- **Autonomie énergétique des capteurs** : remplacement de pile / process ; vieillissement batterie ? quid de capteurs enfouis ? récupération d'énergie à poursuivre...
- **Fiabilité dont la Sécurité Cyber -Sécurité**
problème de hacking, usurpation, intrusion, masquage...
→ Capteurs : grave → Actionneurs : critique
- **La sûreté de fonctionnement** : confiance en des objets « zéro défaut »
cf le Véhicule contrôlé à distance
- **Qualité métrologique et fiabilité des données mesurées** après 1 mois, 1 an, 50 ans...



Fiabilité



Utilité

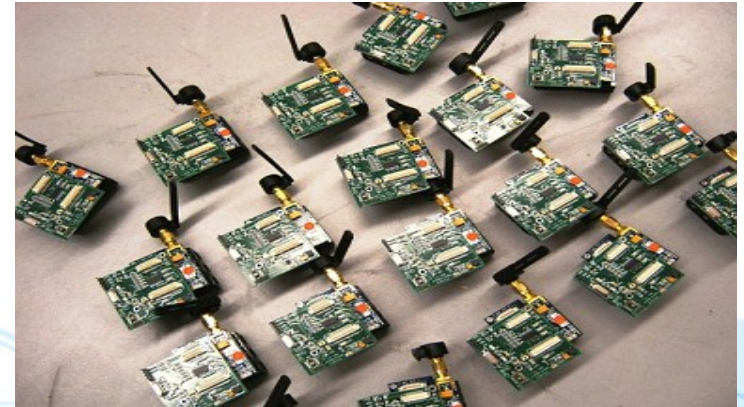
Confiance

5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Nos 2 prochaines thèses :

- Récupération de **l'énergie du souffle de l'air**
 - En complément
 - Tunnels SNCF
 - Ouvrages d'art
 - ...

- **Pour des capteurs « hyper » intelligents :**
 - Synchrones avec déterminisme
 - Indicateur fiabilité des mesures ds le temps
 - Au-adaptation à l'énergie disponible
 - Évalue le réseau wireless disponible
 - ...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Enjeux des protocoles wireless :

Dans la jungle des protocoles sans-fil....

Dans la guerre du LAN (réseau local) contre le WAN (réseau global / internet)



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Deux nouveaux **standards français** bouleversent le marché WIRELESS international :

- Des réseaux d'opérateurs de capteurs sans fils => notion de service
- Faible conso (qqs 10 mW)
- Faible coût
- Faible débit (qqs kilo octets / jour)
-faible QoS !



(A. Lauvergeon)
USA, Europe...



Bouygues, Orange...
Bidirectionnel

5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Enjeux de l'acceptabilité :

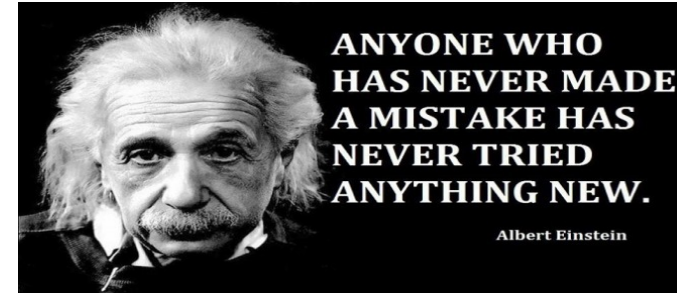
- Avec toute la **chaîne IOT** (capteurs, opérateur LoRa/Sigfox, hébergement cloud, ...)
 - Qui est responsable ?
 - Qui est propriétaire ?
 - Combien de temps ?
 - ...
- **Nouvelles technologies :**
 - nouveaux métiers / formation...
 - Conduite du changement...
 - Plus de capteurs => moins de maintenance humaine
 - => perte d'expertise métier ?



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Le Big Data : un plaidoyer pour plus de science

- **Le Big Data** n'est pas ce qu'attend le end-user
 - Un médecin doit vous indiquer votre santé
 - Et pas vous fournir 200 kilo octets de données
- **Le Big Data** est un *demi-ami* :
 - Qu'il faut digérer pour une **info utile**
 - Qui permet d'identifier de **nouveaux modèles**
 - A minima de traiter les « objets » plus globalement
 - Statistiquement
 - Analytiquement
 - Auto apprentissage, deep learning
 - ...

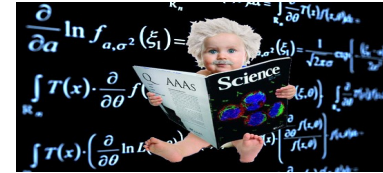


Ce qui est vrai sur 1
moteur ; peut être projeté
sur N moteurs ?



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

Le Big Data : un plaidoyer pour plus de science



- **Protocoles bas débits +**
 - **Faible QoS +**
 - **Coûts et Volumes de stockage + ...**
- DES CAPTEURS PLUS INTELLIGENTS ! → plus de modèles !**

5) Vision – enjeux futurs – perspectives...

La technologie a rattrapé la science, c'est l'heure des choix !

- se poser les bonnes questions, anticiper la Révolution Digitale
- faire des choix ne pas laisser venir...
- Échecs connus de mauvais choix ou d'absence de choix...



NOKIA



ALCATEL



Kodak



Microsoft ?

5) Quelques mots de conclusion

- Comme tout secteur, la **révolution digitale impactera le CND** traditionnel
- La possibilité (inouïe) de **mixer en temps réel science et technologie** constitue une **opportunité** :
 - Réseaux et opérateurs *wireless IOT* ; stockage et big data ; énergie...
 - Modèles clés en main mûres (plus) faciles à implémenter / architectures dispos
- **Faire des choix technos** et pousser (croire en) ses solutions en tenant compte:
 - Des divers **niveaux TRL des technos** : QoS du wireless (débit, cyber,), Energie (recup/stockage),...
 - Des standards émergent mais **ne pas attendre une techno tout générique**
 - Le GAFA de l'IOT n'existe pas (encore) ; l'IOT étant trop sectorisé
- Pour le SHM, les solutions IOT doivent intégrer :
 - Le **modèle scientifique de la structure (capteur intelligent)**
 - Une notion de SdF, de QoS météorologique au fil des ans (capteurs très intelligents)
 - → plus de science !
 - « **Le futur n'attend pas** »

5) Projets notables en cours / à venir



Vue du futur équipement

IOT pour la Ville Numérique et Sensible : SENSECITY

5) Projets notables en cours / à venir

Institut de Recherche
& Développement pour la
Transition Énergétique
de la Ville



Efficacity : des gares RATP «vertes»

IOT pour : Énergie de freinage, Modulation Éclairage, Escalator, particules en suspension...

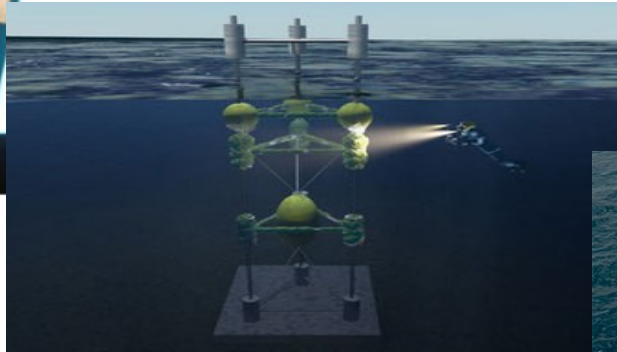
5) Projets notables en cours / à venir



R5G: Route de 5ieme Génération...

Route communicante, voiture comme capteur, géolocalisation...

5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



5) Vision – enjeux futurs – perspectives...



15 mars 2018 – Paris : 1ère Journée SHM-FRANCE

- ❑ Panorama des recherches actuelles
- ❑ Pause déj. avec exposition et posters doctorants
- ❑ Interventions d'industriels
 - ferroviaire, énergie, EMR, génie civil, aéronautique, infrastructures
- ❑ Table ronde : quelle structuration pour la filière

❑ Avec :



IFSTAR



INSA



ÉCOLE
CENTRALE LYON



Confédération Française pour les Essais Non Destructifs



MERCI !

