

GéoCubes :

des réseaux de capteurs géolocalisés

olivier.martin@ign.fr

Projet Colibri

- Concours drone (DGA/ONERA) 2003-2006
- Participation de l'ESIEE
- Participation de l'IGN (2005/2006)

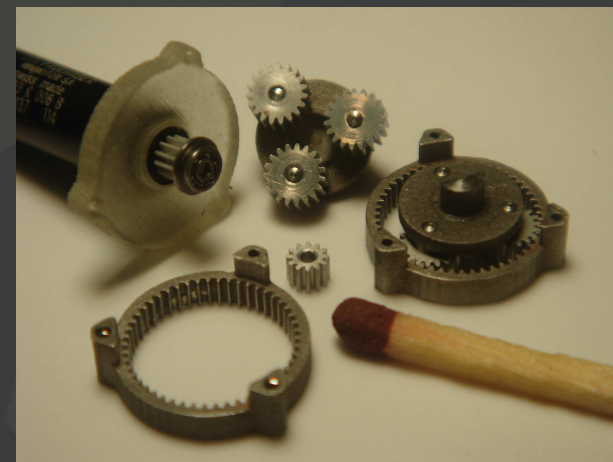
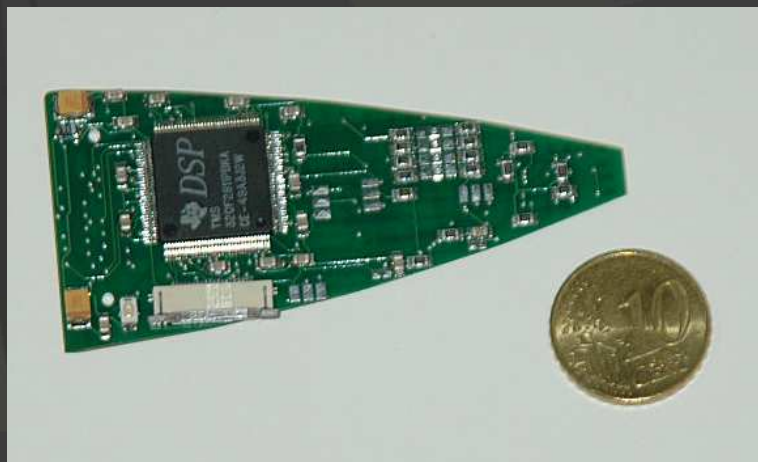
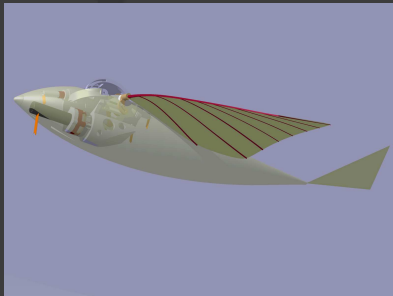
Objectif :

Faire voler un drone à ailes battantes de 30 cm d'envergure



Projet colibri

- Carte « cerveau » du colibri et son moteur-réducteur de puissance



Projet Colibri

Et ...

...la prévision d'embarquer

des accéléromètres MEMS
et un GPS miniature

Un petit GPS u-Blox LEA-4T

- Dimensions : 17 x 22 x 3 mm
- 35mA sous 3,3V (120mW)
- Une bonne sensibilité : -158 dBm



Particularités :

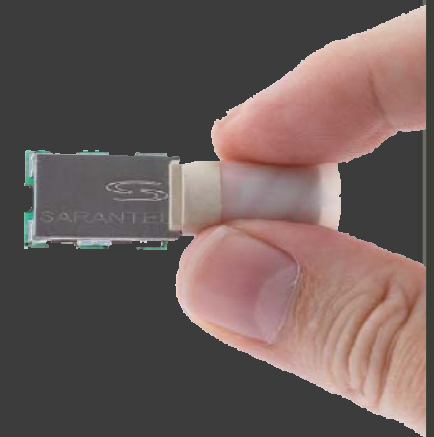
- LEA-4T : Conçu pour une application de datation précise (15ns)
- Données brutes > fichier RINEX
époque / phase / pseudo distance / doppler

Une antenne : GeoHelix

- active
- 15mA sous 3,3V (50mW)
- gain : 24 dBic

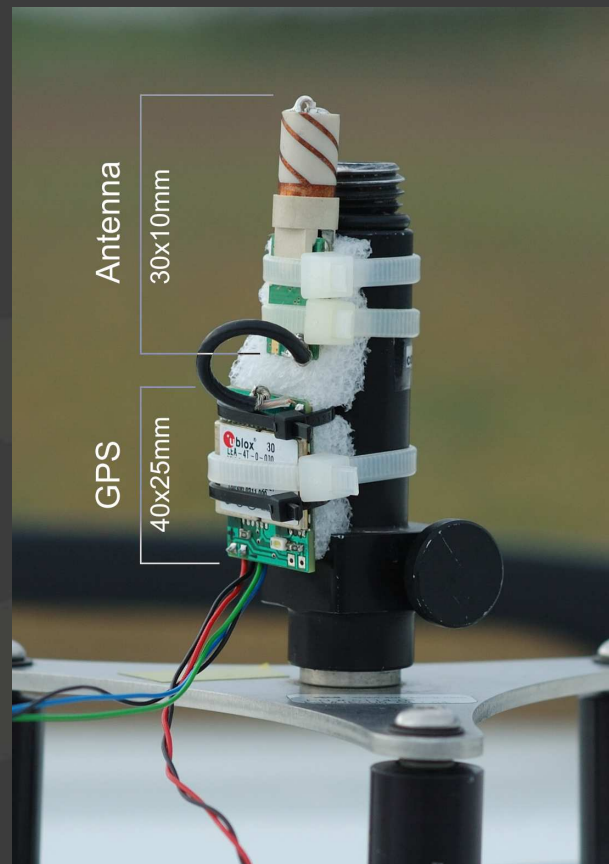
Particularités :

- Hélice quatre fils
- Dimensions : 13 x 15 x 40 mm



Un petit GPS u-Blox LEA-4T

- Première petite carte de test :



Des résultats surprenants

- Plusieurs séquences de mesures de 1h
- Données brutes toutes les 30s
- Différentiel avec stations du RGP
- Post traitement effectué par Alain Harmel
 - > coordonnées du point + facteur de qualité



Précision :

- > inférieure au centimètre en planimétrie
- > inférieure à 2 cm en z

Projet européen SANY

- **SANY : Sensor ANYwhere**
- Lancé le 01 / 09 / 2006
- Durée : 3 ans
- Financement commission européenne : 7M€
- Budget : 11,2M€
- **Thème : analyse et gestion des risques pour l'environnement et la sécurité**

"SANY is an Integrated Project (contract number 0033564) co-funded by the Information Society and Media DG of the European Commission within the RTD activities of the Thematic Priority Information Society Technologies."

Projet européen SANY

- Objectifs de SANY :
 - Spécifier une architecture standard d'échange pour :
 - Capteurs fixes ou en mouvement, virtuels ou réels
 - Réseaux de capteurs
 - Développer et valider des outils de fusion de données
 - Développer une interface d'accès aux données

"SANY is an Integrated Project (contract number 0033564) co-funded by the Information Society and Media DG of the European Commission within the RTD activities of the Thematic Priority Information Society Technologies."

Projet européen SANY

- 3 groupes pour la mise en application directe des développements SANY :
 - Pollution de l'air
 - Risques maritimes
 - Risques liés au sol

- L'IGN > groupe risques liés au sol
 - Pilote : Soldata
 - Objectif : développer un système de détection de mouvements de terrain

Les risques liés au sol

- Glissements de terrain
 - Diminution de la résistance des sols
 - Augmentation des charges en amont
 - Diminution des appuis en pied de pente



Les risques liés au sol

- Glissements de terrain
 - Diminution de la résistance des sols
 - Augmentation des charges en amont
 - Diminution des appuis en pied de pente
- Effondrements et affaissements
 - Ruptures de cavités souterraines naturelles ou creusées par l'homme



Accident Une enquête doit déterminer les raisons de cet affaissement de terrain, qui n'a fait aucune victime

Une cour d'école s'effondre dans le 13^e

Certains ont cru à un tremblement de terre. D'autres, à une explosion.

Quelques habitants du 13^e arrondissement ont même pensé à un attentat lorsque vers 1 h, samedi matin, la cour du groupe scolaire Auguste-Perret s'est effondrée dans un grand fracas, dévoilant un trou béant d'environ 400 m².

La fosse, de 15 mètres de profondeur, communique avec le chantier de prolongement de la ligne Météor, très probablement à l'origine de l'accident. Les raisons précises de cet affaissement de terrain sont inexpliquées. « On ne comprend pas du tout ce qui s'est passé. Les derniers relevés topographiques effectués vendredi n'ont signalé aucune anomalie », indique un responsable de la RATP.

Une enquête a été ouverte dès samedi matin. Les ré-



Les débris de la cour de l'école Auguste-Perret, hier.

sultats des analyses devraient être connus « avant la fin de la semaine », selon la régie. L'école maternelle et primaire, qui accueille 900 élèves, restera fermée « pendant plusieurs mois » (lire ci-dessous). Les spécialistes ont assuré

qu'il n'y avait pas de danger pour les riverains, excluant « tout autre mouvement de terrain ». La préfecture de police a d'ailleurs estimé qu'il « n'y avait pas nécessité d'évacuer des immeubles limitrophes de l'école ».

Un périmètre de sécurité a toutefois été mis en place autour du groupe scolaire. Des mesures de soutènements devraient être prises dans la zone élargie du tunnel de Météor et une partie de l'avenue de Choisy a été fermée à la circulation.

les chiffres

400 m² C'est la surface qui s'est effondrée, dans la nuit de vendredi à samedi, au cœur de la cour de récréation de l'école Auguste-Perret.

15 mètres C'est la profondeur du trou créé par cet éboulement.

900 enfants de maternelle et de primaire sont accueillis dans ce groupe scolaire du 13^e arrondissement.

ligne 14 Le chantier du prolongement de Météor, la ligne 14 du métro, passe juste en dessous de l'école. Il sera à l'origine de l'effondrement.

Les risques liés au sol

- Glissements de terrain
 - Diminution de la résistance des sols
 - Augmentation des charges en amont
 - Diminution des appuis en pied de pente
- Effondrements et affaissements
 - Ruptures de cavités souterraines naturelles ou creusées par l'homme
- Dans la majorité des cas :
 - >des mouvements précurseurs

Les solutions de surveillance

- Relevés topographiques
 - Stations totales
 - GPS



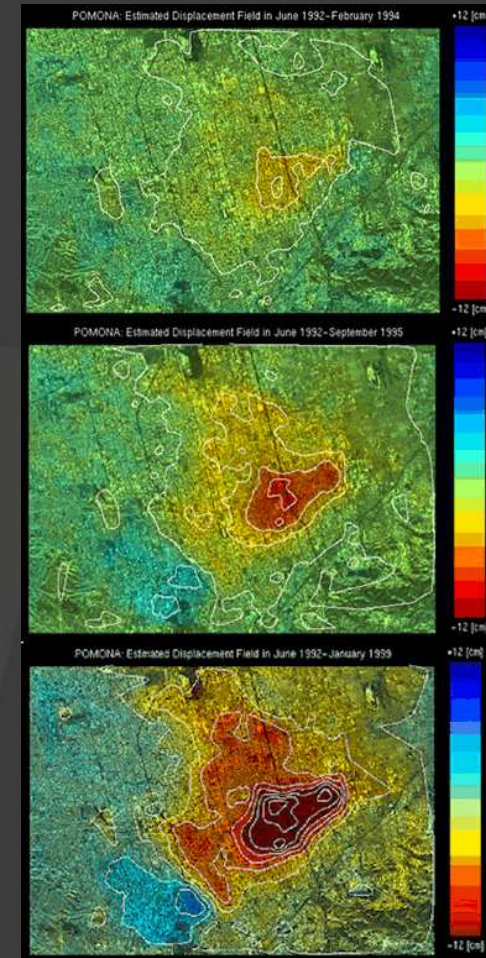
Les solutions de surveillance

- Relevés topographiques
 - Stations totales
 - GPS
- Mesures ponctuelles de déformation
 - Extensiomètres
 - Inclinomètres/accéléromètres
 - Jauges de contraintes



Les solutions de surveillance

- Relevés topographiques
 - Stations totales
 - GPS
- Mesures ponctuelles de déformation
 - Extensiomètres
 - Inclinomètres/accéléromètres
 - Jauges de contraintes
- Interférométrie radar
 - ▶ Des méthodes lourdes à mettre en oeuvre
 - ▶ Onéreuses
 - ▶ Inadaptées à la surveillance permanente



Lancement du projet GeoCube

- Il faut donc :
 - Capteurs permettant de détecter des mouvements hautes et basses fréquences
 - Système géoréférencé
 - Taille réduite, installation facile et rapide
 - Autonome
 - Communication sans fil
 - Coût réduit

Besoins + Mini GPS + SANY = Geocube

Les capteurs

- Mini GPS u-Blox
- Accéléromètre 3 axes
 - +/- 2 g - résolution : 0.75mg
 - 400µA
 - MEMS 7x7x1.8 mm
 - Émission d'un pulse si mouvement > seuil
- Capteur de pression absolue / température
 - 300hPa-1200hPa
 - 10µA
 - MEMS Diamètre 6.1 x 1.7mm



Communication sans fil : ZigBee

- ZigBee : protocole jeune
 - spécifications v1.0 ratifiées et publiées en juin 2005

- Points forts :
 - Faible consommation
 - Faible coût
 - Nombre de nœuds élevé : 65 000

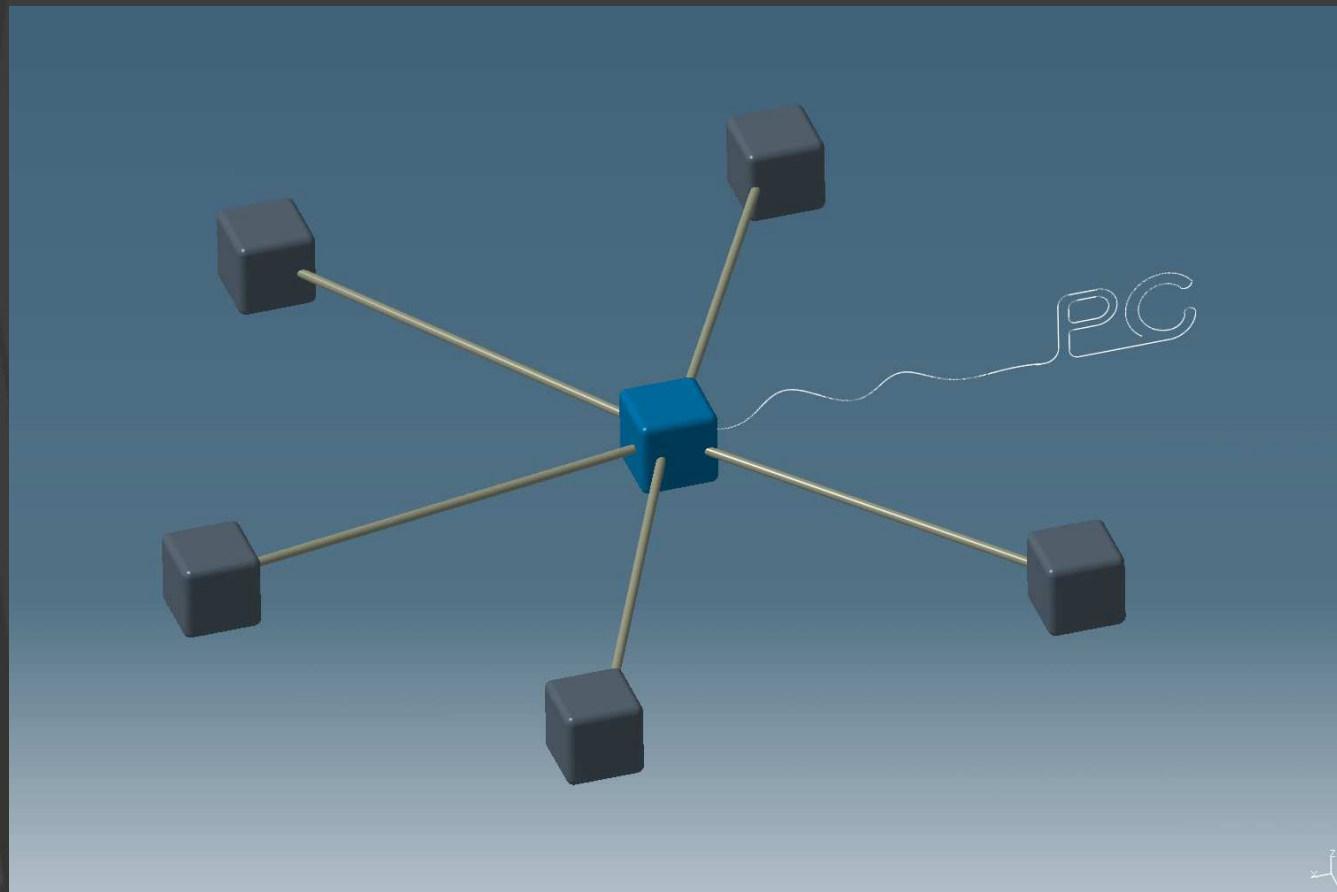
- Inconvénients :
 - Faible rayon d'action : 100m
 - Lent : 250kb/s (31ko/s)

Communication sans fil : ZigBee

	 ZigBee™	 Bluetooth™		 Wi-Fi
standard	802.15.4	802.15.1	GSM/GPRS	802.11b (g)
application	Interrupteur sans fil et surveillance	Substitution des câbles périphériques PC	Voix et données	Ethernet sans fil
Ressources système	4KB-32KB	250KB	16MB	1MB
Taux de transfert	250Kbs	720Kbs	400Kbs (3G) 1.4Mbs (3G+)	6.5Mbs (25Mbs)
Nombre de noeuds	65000	7	1	32
Transmission range	300m(868-915MHz) 100m (2.4GHz)	10m	1km	100m (75m)
Type réseau	WPAN	WPAN	WWAN	WLAN
fréquences	EU: 868 MHz US: 915 MHz ALL: 2.4 GHz	2.4 GHz	850-900 / 1800-1900 MHz (dualband)	2.4 GHz
consommation (repos)	3 µA	200 µA	20mA	20mA
consommation (émission)	35 mA	40 mA	300mA	400 mA

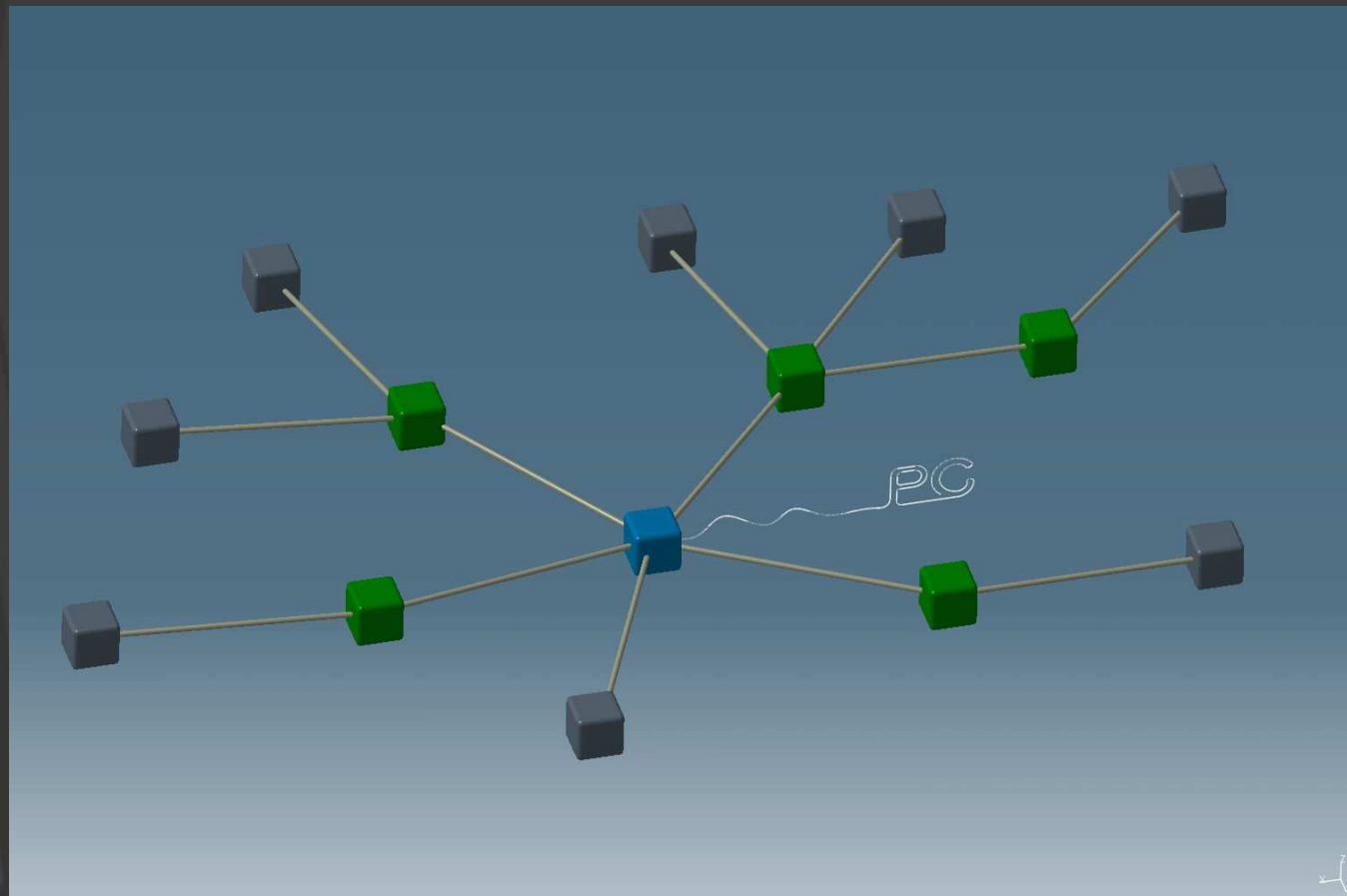
Différentes configurations

- Topologie **étoile** / arbre / maille



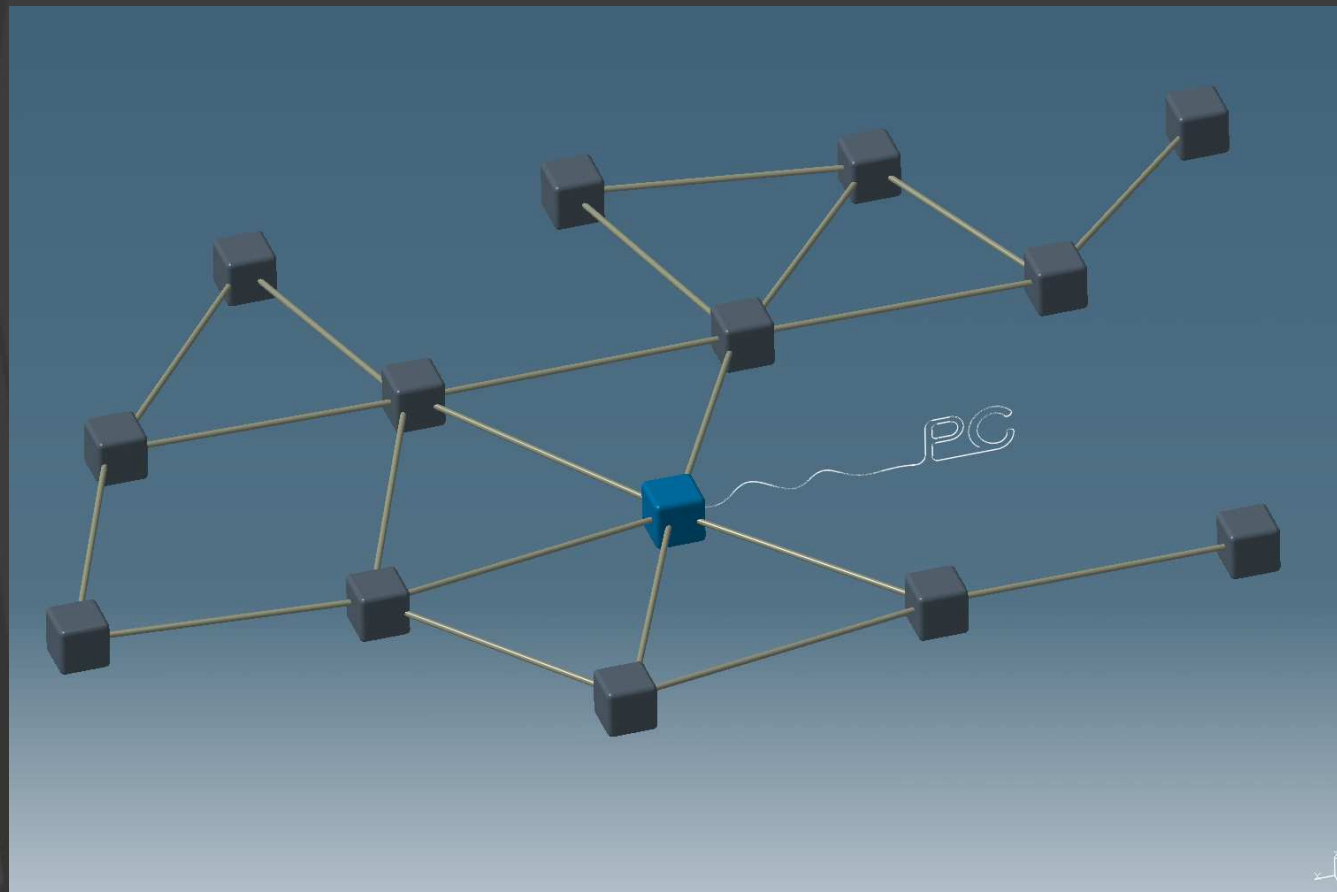
Différentes configurations

- Topologie étoile / **arbre** / maille



Différentes configurations

- Topologie étoile / arbre / **maille**



Gestion de l'énergie

- Batteries Li-Po
 - Dimensions : 6x3,5x0,4 cm
 - 3,7 V / 880 mAh
 - 4 batteries par géocube > 3520mAh

- Contrôleur de niveau de charge/décharge des batteries

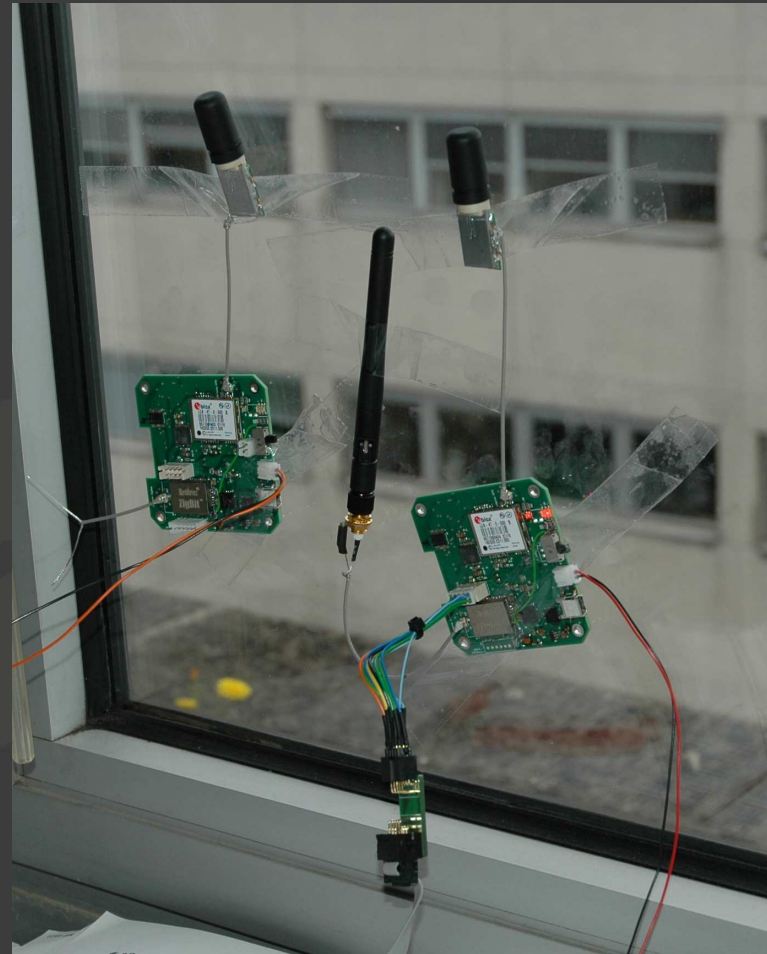
- Cellules photovoltaïques monocristallin
 - ~4 W maximum
 - 300 cm²

Gestion de l'énergie

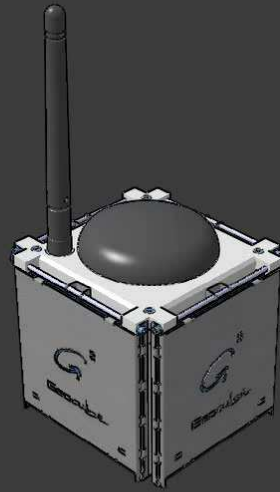
- Mode de fonctionnement :
 - 2 heures de mesures GPS / jour
 - Mesures accéléromètre : 24h/24
 - > réveil du GPS en cas de mouvement haute fréquence
 - Durant les deux heures de mesures GPS :
 - Le GPS fournit des mesures toutes les 30s
 - Le module ZigBee est endormi entre chaque émission
- > autonomie de 2 semaines sans soleil
- > autonomie illimitée si 1 jour de soleil / 2 semaines

Les cartes électroniques

- Une carte principale 7x7 cm :
 - ZigBee
 - GPS
 - Accéléromètre
 - USB
 - Alimentation
 - chargeur batteries



Boîtier / mécanique

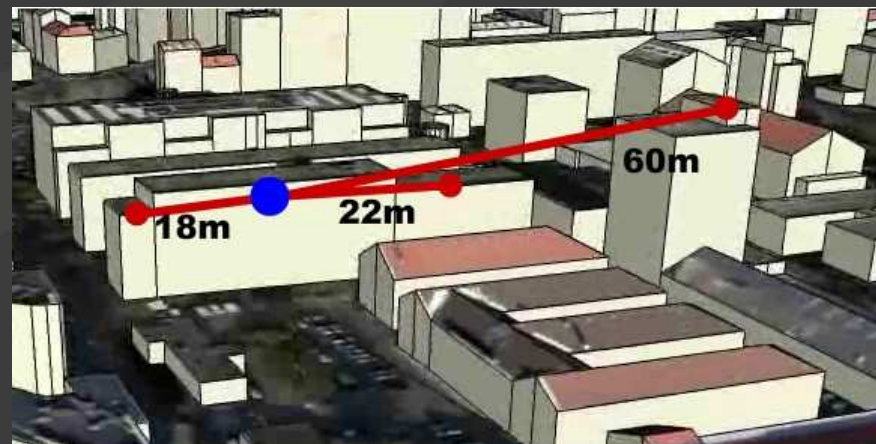


- Boîtier cubique 9cm
- Ailettes inox/plexiglas
- Masse : ~ 500g



Résultats

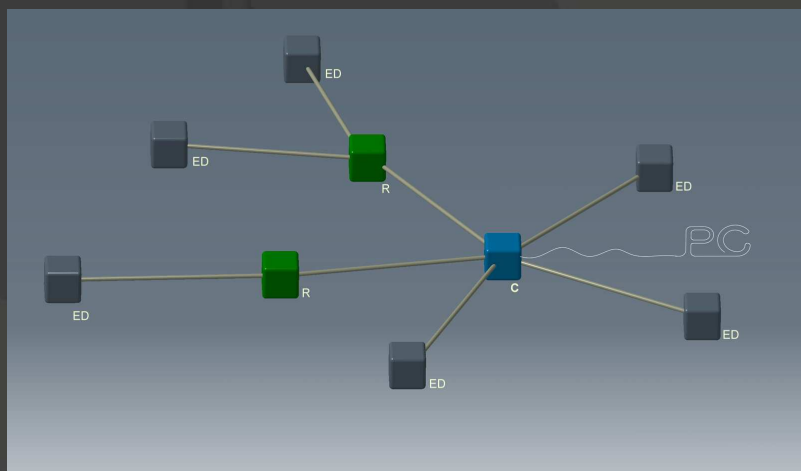
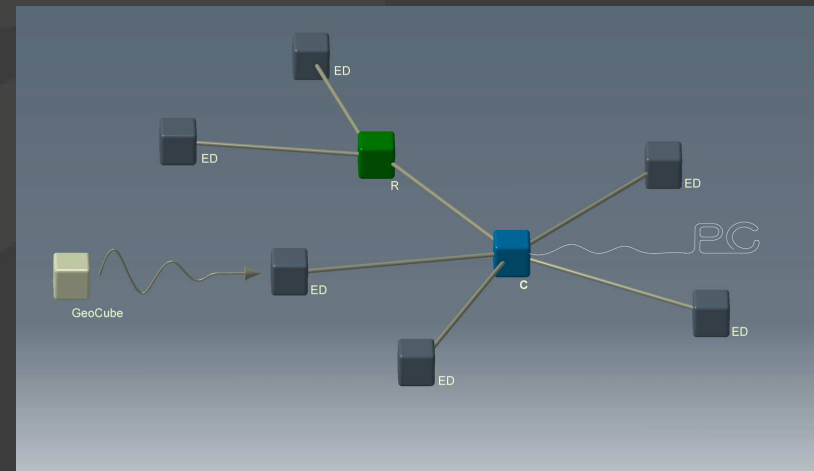
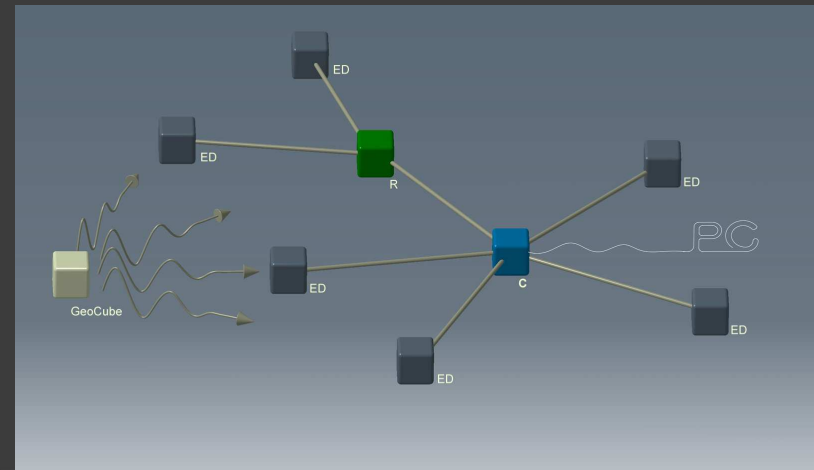
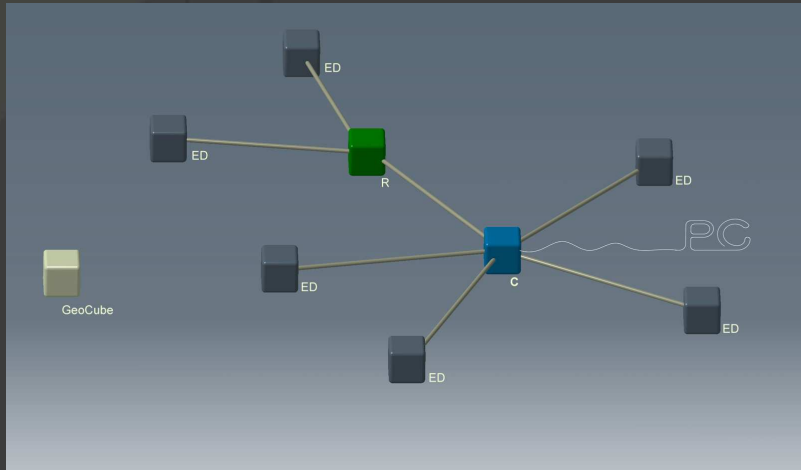
- 4 cartes Géocube opérationnelles
- Tests effectués sur le site de Saint Mandé
 - 2 points GPS sur terrasses
 - 1 point pilier sur la tour
 - Le coordinateur à la fenêtre
- Problèmes rencontrés :
 - Fiabilité des transmissions
 - Portée trop restreinte



Une version 2

- Début : mi-mars 2008
- Développement d'un logiciel de post-traitement GPS différentiel
- En vue d'une potentielle industrialisation :
 - Fiabilité des transmissions radio
 - Portée de l'ordre du kilomètre
 - Données chiffrées
 - Réseau auto configurable avec routeurs

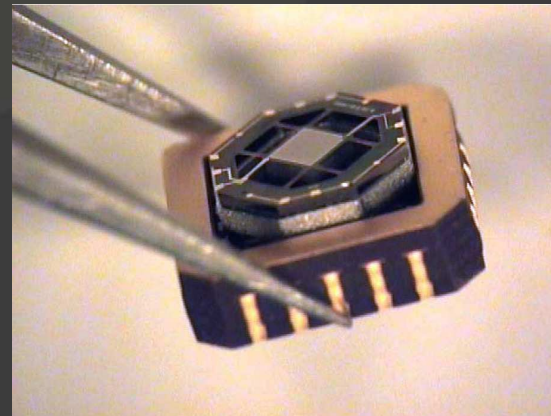
Une version 2



Autres améliorations

- Un nouveau GPS
 - Sortie U-blox v5 > compatibilité avec Galiléo
 - utiliser une autre horloge ? Atomique MEMS

- Modularité
 - Un bloc central de communication+cerveau+GPS
 - Un bloc capteurs MEMS (accéléromètres, geophone...)
 - Un bloc alimentation
 - D'autres blocs :
 - Capteurs de haute précision
 - Caméra pour panoramas



Ouverture vers d'autres applications...

- Prospection pétrolière
 - Grace au temps GPS précis
 - Capteur spécifique : geophone MEMS

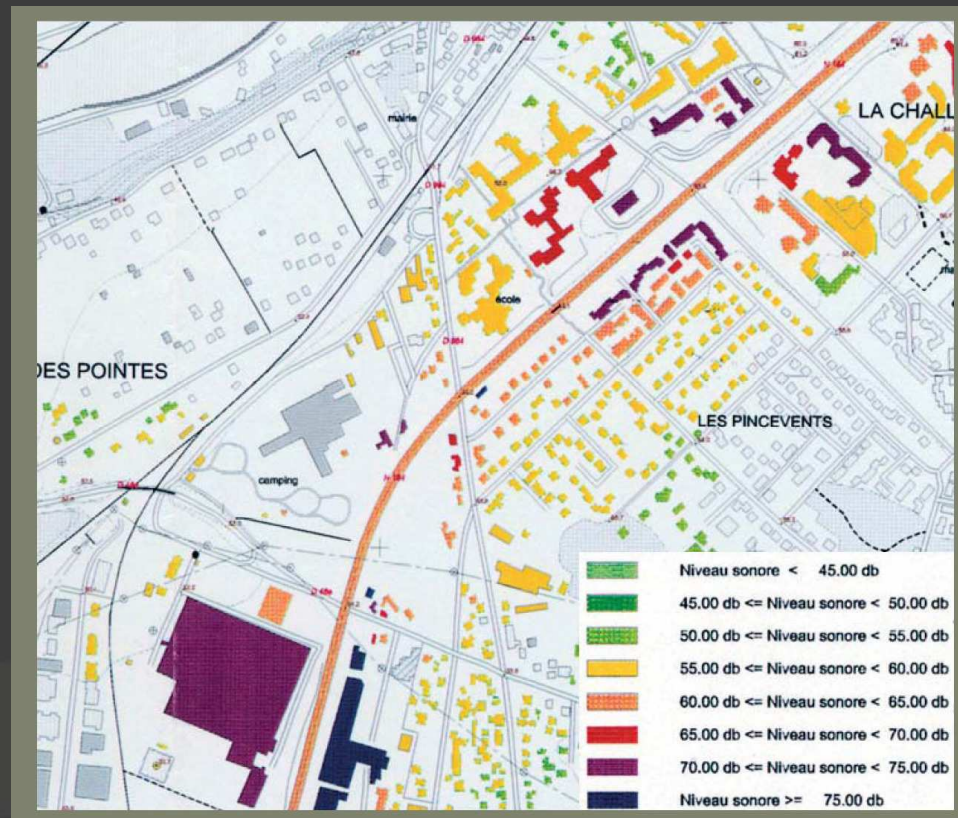


Ouverture vers d'autres applications...

- Capteurs météo
 - Vitesse du vent / pression / température / durée d'ensoleillement
 - Pour choisir l'implantation optimale des éoliennes
 - Utilisation du GPS pour la connaissance des quantités de vapeur d'eau
 - >tomographie

Ouverture vers d'autres applications...

- Pour une carte des niveaux sonores



Ouverture vers d'autres applications...

- Courants marins
- En remplacement de GPS coûteux pour certaines applications
- ...

GéoCubes = CIIG

Capteurs d'Informations Géographiques