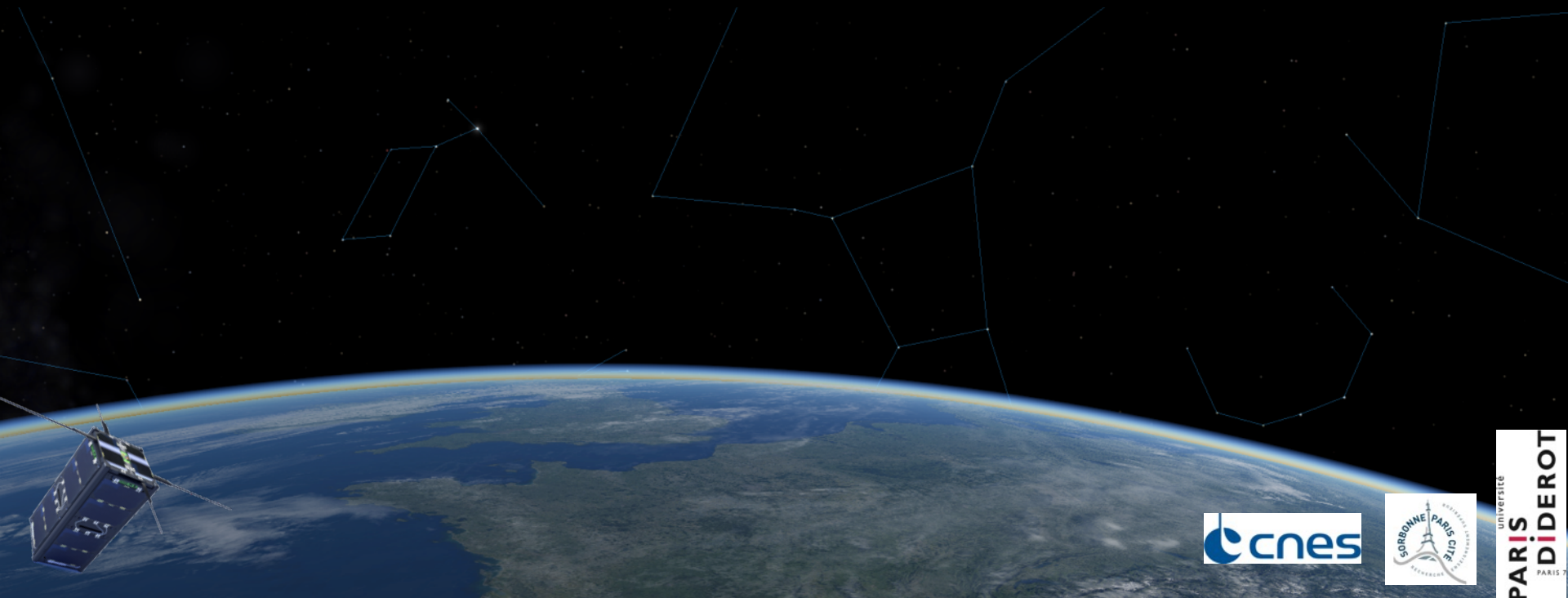
Mission ⟺ Instrumentation



Normalement …

Objectifs Scientifiques

↓

Spécifications mission

↓ ↓

Spécifications techniques de besoin

En pratique …

Objectifs Scientifiques

Spécifications mission

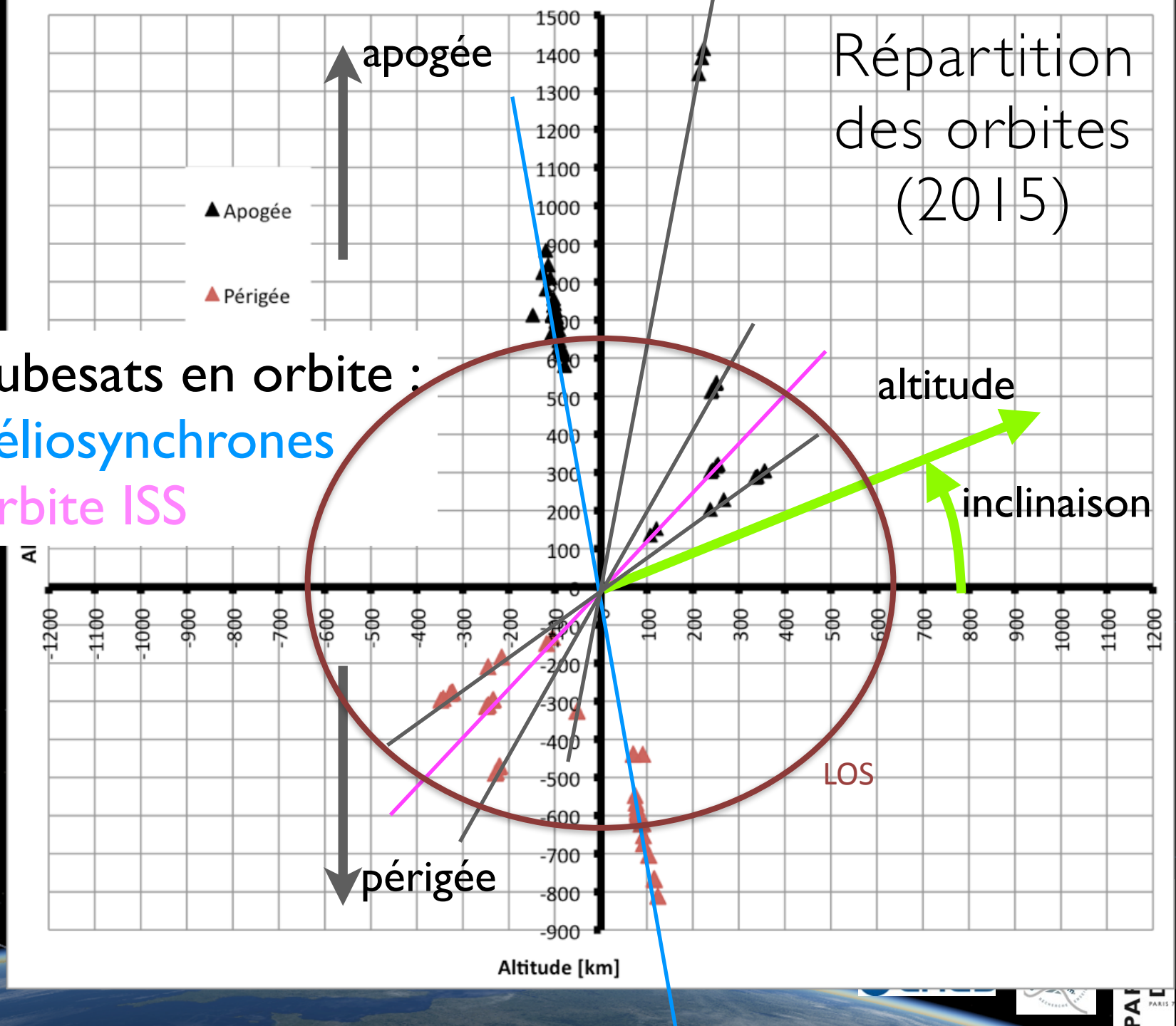
Spécifications techniques de besoin

Contraintes CubeSat Etudiant :

- Taille : 1, 2, 3 U
- Masse
- Puissance électrique
- Planning

- LOS
- Orbites accessibles
- Contrôle d'attitude (et d'orbite ?)
- Budget
- Etudiants …

Répartition des orbites (2015)



101 Cubesats en orbite :

+ 64 héliosynchrones

+ 20 orbite ISS

Compromis fiabilité / performance

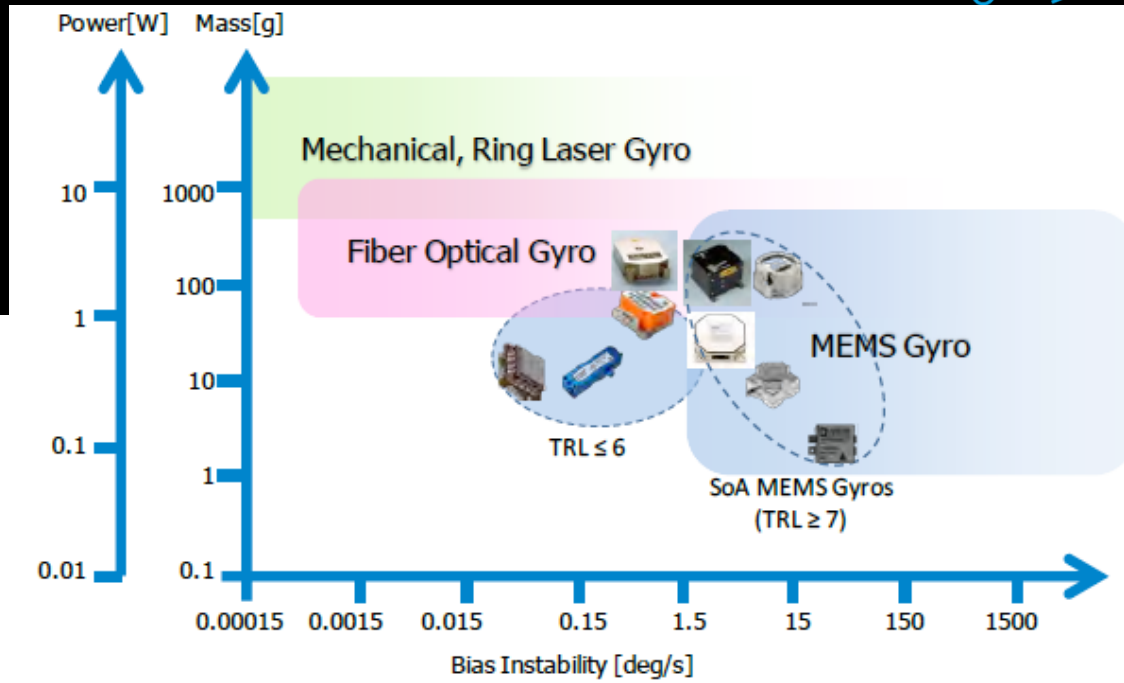


Figure 26: SoA of gyroscopic technology for small spacecraft. System resource requirements are mapped against precision.

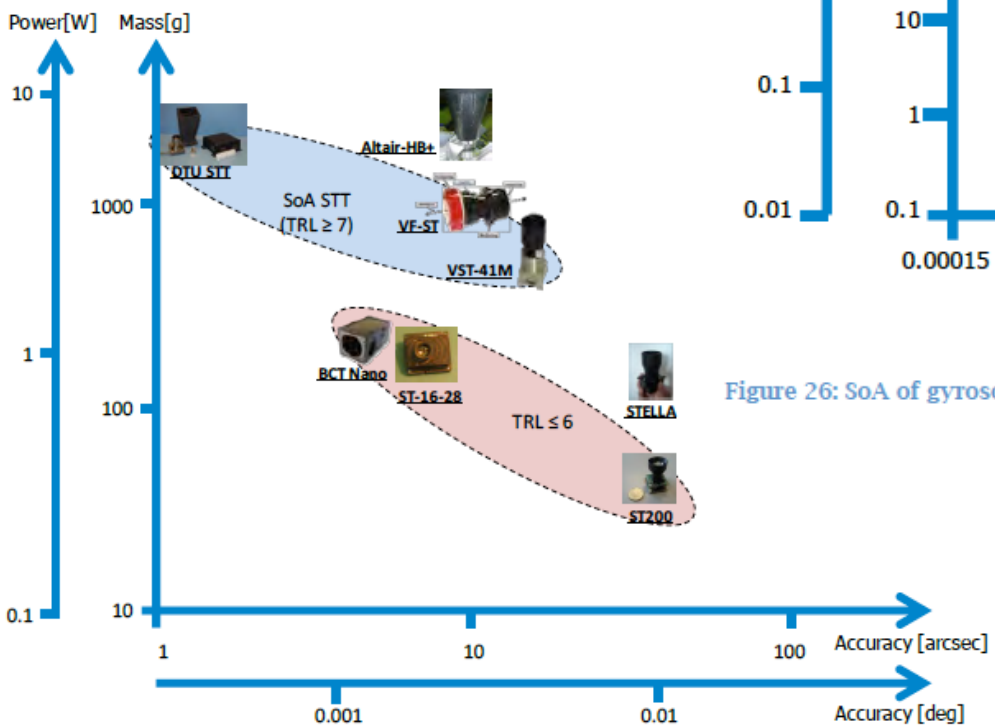


Figure 24: SoA of small spacecraft star trackers. The performance of eight star trackers, expressed through the accuracy achievable, is plotted against mass and power requirements. The blue surface highlights the SoA technology at TRL higher than 7, and the red surface highlights technology at TRL lower or equal to 6. A subset of the data used to draw the graph is given in Table 13.

Small Spacecraft Technology - State of the Art, *NASA/TP–2014–216648/REV1*, juillet 2014, http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Small_Spacecraft_Technology_State_of_the_Art_2014.pdf

Précision de pointage

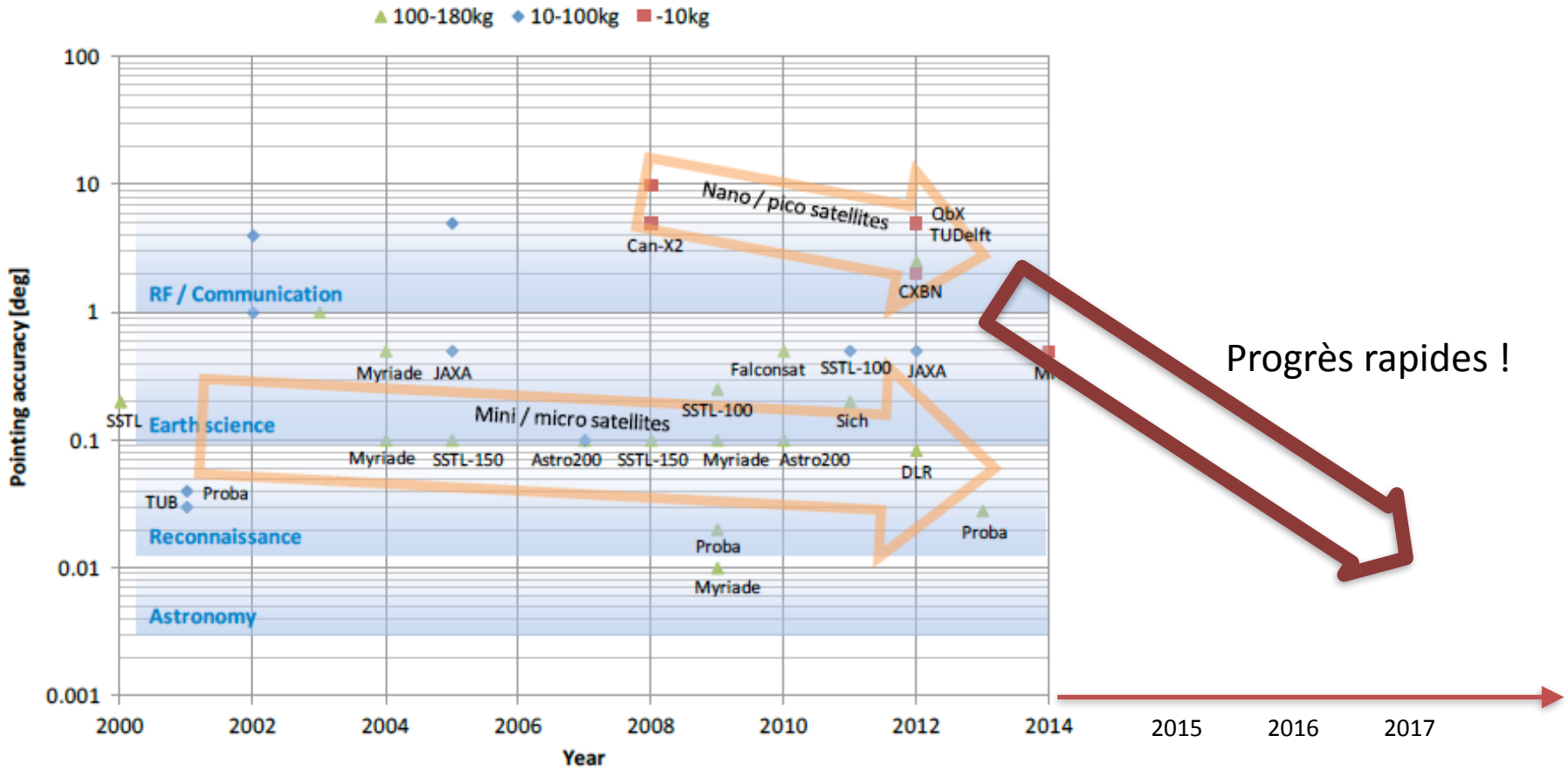


Figure 27: Pointing accuracy of spacecraft below 180 kg as a function of time. The two arrows depict the trend through the last decade for mini/microsatellites and nano/picosatellites. The SoA is 0.1° for mini/micro and 2° for nano/pico, respectively. The requirement for typical small spacecraft EO missions is on the order of 0.1°. Higher accuracy below 0.1° can be achieved using a mission related sensor (i.e., a payload instrument) in the attitude control loop. CubeSats are part of the nano- and picosat category. Their pointing accuracy has improved rapidly thanks to miniaturized ADCS components. The data used to plot the graph is shown in Table 26.

De l'idée à la faisabilité …

- Profiter de l'expérience acquise !
  - bibliographie, autres projets CubeSats, experts (labos & CNES !)
- Think different !
  - CubeSat = Better, *smarter*, cheaper ?
  - Ne pas vouloir refaire la science d'un 'gros' satellite
  - Exploiter les spécifiés des CubeSats (trouver une niche …)
- Prise de risque (faible TRL) :
  - MEMs, composants miniaturisés, faible consommation, non qualifiés, …
- KISS and Clean !
- Découper en work packages faisables par des étudiants (autant que possible …)
  - Compromis Buy / Make

Analyse Mission !

- Budgets techniques et analyse mission le + tôt possible
- Quelques outils ‘simples’ de dimensionnement
  - Masse, consommations, etc : IDM-CIC
  - Bilan de puissance, visibilité station, orbitographie, etc : Scilab / Celestlab
  - Bilan de liaison : AMSAT & CNES
  - LOS : STELA
  - ….

Applications *Scientifiques / Pédagogiques*

parmi toutes les applications scientifiques présentées à l'atelier, il est apparu nécessaire de distinguer celles à finalité scientifique (avec ou sans étudiants) et celles à vocation première pédagogique.

=> une classification de ces projets sera proposée suite à l'atelier.

- Météorologie de l'Espace (Obs.Terre, LEO)
  - Mesure bruit thermique
  - Mesure radar sur ionosphere
  - Activité solaire (EMC / Solar Flares)
  - Budget de radiations Terre
- Atmosphère terrestre / LEO
  - Aérosols
  - Photométrie bande O2 (64nm/CMOS, 760nm)
  - Tropospheric CO2 total column
  - Échappement atmo. (planéto. Comparée)
- Plasma Terre (LEO/MEO)
  - Ionosph., e-, γ / SAA & Cornets (MEO)
  - Thermosphère Terre (LEO)
  - Comptage e-, H+ relativistes (LEO)
  - Caractérisa° radio régions aurorales (LEO)
  - Anomalie Magnétique (LEO)
- Autres applications en observation de laTerre
  - Gravimétrie Terre
  - Météorologie (épisodes cévenols via navires)
- Hors observation de la Terre, depuis LEO :
  - Planétologie radio (depuis Terre, LEO)
  - Exoplanétologie (par constella° ou interféro.)
  - Photo-Polarimétrie zodiacale
  - Cosmologie par radio < 10MHz
  - Soleil en IR lointain & interféro
  - Irradiance solaire
- Sciences au-delà de la LEO :
  - Magnétométrie (Lune)
  - Structure interne Lune
  - Planétologie in situ :
    - premiers concepts / explora° planétaire : surface & regolith petits corps (imagerie UV/IR), impacteurs
    - Plasma & Hautes énergies : SEP / GCR hors influence Terre

Applications *Technologiques / Pédagogiques*

parmi toutes les applications technologiques présentées à l'atelier, il est apparu nécessaire de distinguer celles à finalité technologique (avec ou sans étudiants) et celles à vocation première pédagogique.

=> une classification de ces projets sera proposée suite à l'atelier.

De plus, les applications ci-dessous sont de deux types :
- "pour Nanosats" : sous-systèmes développés afin de faciliter les projets CubeSats / Nanosats
- "orientées TRL" : démonstration de technologies nouvelles (non spécifiques aux nanosats)

Applications "*pour Nanosats*"

- Instrumentation répartie, essaims / formations
  - Éléments COTS spatialisés
  - Télécomm. & GNSS inter-CubSats
  - Plateformes 3U, 6U, 12U...
- Contexte de missions interplanétaires :
  - Télécomm. directe (jusqu'à 1.5MKm)
  - Navigation (positionnement & correction)
  - Propulsion électrique, voile solaire
  - Antennes Grand Gain (deployable)
- Modularisation des sous-systèmes CubeSats
  - µ-Processeur
  - Contrôle d'attitude, Avionique "plug & play"
  - Contrôle d'orbite (désorb., réhausse, correc°)
  - Contrôle du potentiel électrique
- Systèmes support
  - Stations sol
  - Méthodes de tests "cubesat" (plug & test)

Applications "*orientées TRL*"

- Capteurs / Composants:
  - Exposi° aux radiations (environn. spatial)
  - Composants en hyperfréquence optique
  - Capteurs bolométriques
  - Micro-mécanismes
- Systèmes:
  - Rentrée atmosphérique, ét. limites atmo
  - Spectro.de masse par laser dans un gaz
  - Radio-réception numérique
  - Ion-Neutral Mass Spectrometer
  - Ionisation de particules
  - Corner Cube Retro-reflectors miniatures
  - Interférométrie multipupilles (HRA)
  - Hypertélescope
  - Navigation autonome
  - Pre-processing (analyse à bord, data volume)