

Missions nanosatellites : **Éléments de réflexions issus d'une phase 0 CNES**

André LAURENS, CNES DCT/DA/PA
10 décembre 2014

SOMMAIRE

- **Contexte de la réflexion**
- **Quels objets? quelles capacités?**
- **Développement : un « esprit nanosat »**
- **Utilisations, limites**
- **Les nanosats au CNES**

Motivations et objectifs de l'étude

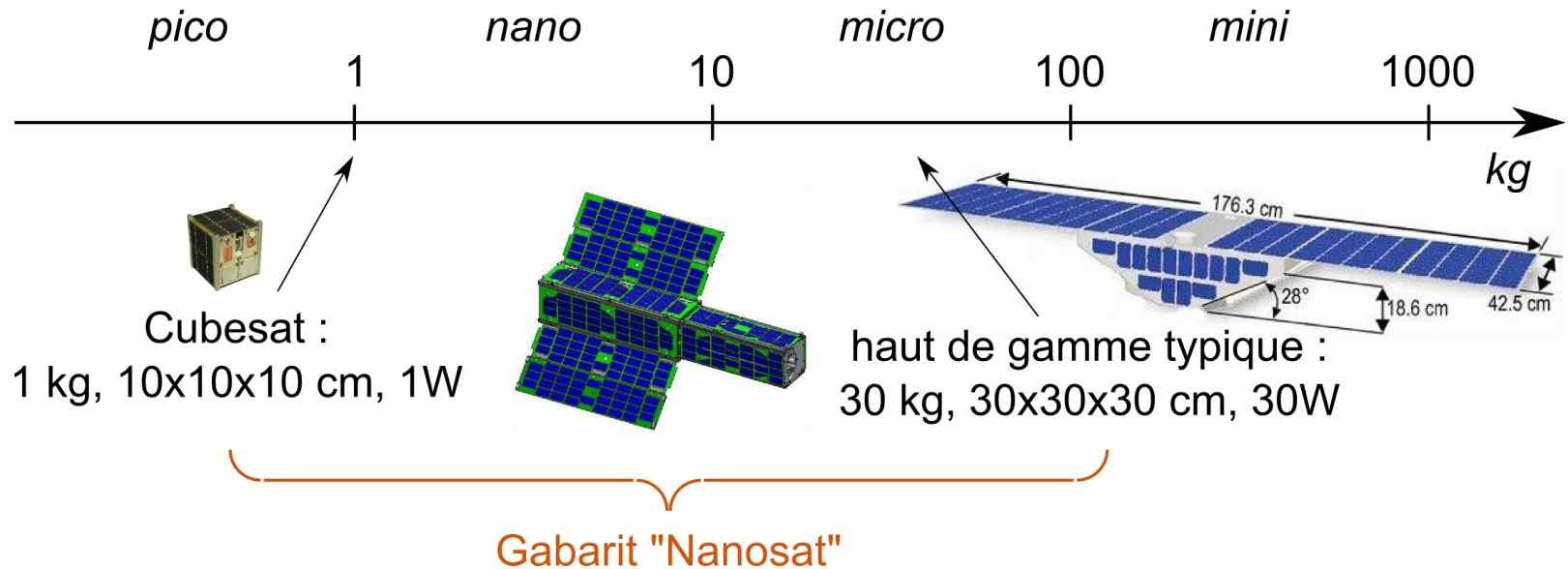
Contexte

- Les nanosatellites : un nouveau gabarit d'objet spatial
 - ◆ « quelques kilogrammes, quelques litres, quelques watts »
 - ◆ populaire dans le milieu universitaire comme objet pédagogique : simplicité et facilité de réalisation
 - ◆ depuis une dizaine d'années, des acteurs de plus en plus nombreux et variés se le sont approprié :
 - » capacité à mettre sur pied rapidement une mission, à un coût réduit
 - » diverses thématiques scientifiques, démonstrations technologiques, expérimentations en orbite

Objectifs & enjeux

- Apporter un éclairage
 - ◆ sur les types de missions que ce nouveau gabarit permettrait de réaliser,
 - ◆ sur les concepts nouveaux ou originaux qui pourraient en tirer parti,
 - ◆ sur les cadres organisationnels pertinents pour conduire des projets nanosatellites, sur l'adaptation des pratiques du CNES à cet effet
- Mettre en avant des concepts de mission et des scénarios système originaux
- Détourner des missions réalisables à moindre coût :
 - ◆ pour des démonstrations technologiques,
 - ◆ pour des applications récurrentes,
 - ◆ pour ouvrir la porte à des missions inaccessibles aujourd'hui en termes technico-économiques

Point de départ de la réflexion : un gabarit



→ Le gabarit considéré dans l'étude :

● Mais est-ce un critère suffisant?

Les nanosats : un nouveau gabarit, de nouvelles possibilités

« C'est petit, donc c'est pas cher... »

- Ce n'est pas parce que c'est petit que c'est forcément pas cher!



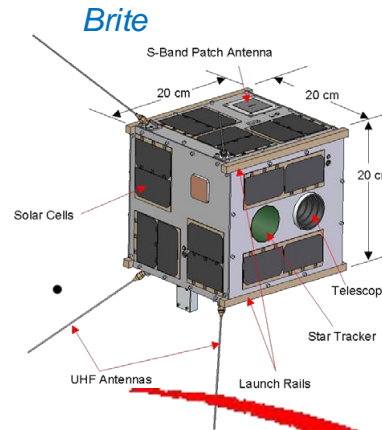
Deep Space 2



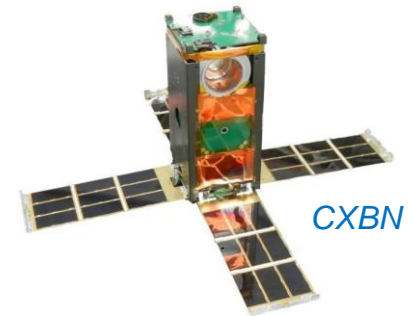
Mascot



CyGNSS



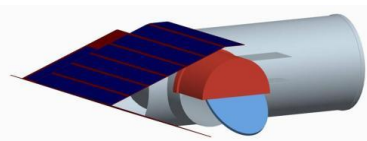
Brite



CXBN

Petit, oui mais

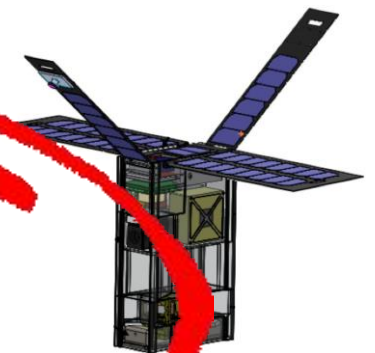
- Spécifique
- Enjeux forts
- Pas vraiment pas cher



NanoEye

Petit, et...

- Standard
- Rapide
- Vraiment moins cher

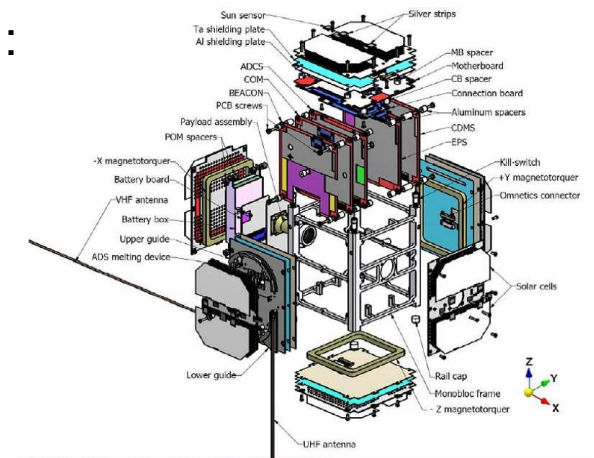


Interplanetary Cubesats

Les nanosats : un nouveau gabarit, des capacités différentes

« C'est petit, donc c'est pas cher... »

- Ce n'est pas uniquement parce que c'est plus petit que c'est moins cher
 - ◆ COTS, éléments non spatiaux, standard → intrinsèquement moins cher
 - ◆ Taille réduite → infrastructures de développement/fabrication plus légères, moins coûteuses
- C'est aussi parce que, les enjeux étant moindres :
 - ◆ La prise de risque est plus importante
 - ◆ Les exigences sont relâchées
 - ◆ Le contexte économique est différent
- Et ça ne fait pas la même chose



Les nanosats : un nouveau gabarit, des capacités différentes

Ce que ça fait / ce que ça ne fait pas

Les nanosats sont devenus de vrais satellites

- Mais comme ils sont très petits, ils ne peuvent pas tout faire comme les grands
 - ✦ Petite taille → faible puissance/énergie → *ex. télécoms : faible débit, fonctionnement intermittent*
 - ✦ Petite taille → petits instruments → *ex. imagerie : basse résolution*
- Ou pas aussi longtemps
 - ✦ Petite taille → pas (assez) de propulsion pour maintenir l'orbite → durée de vie réduite
 - ✦ COTS, pas de redondances → fiabilité réduite → durée de vie et opérationnalité réduites
- Sur certains points, ils font aussi bien, ou différemment
 - ✦ Composants innovants, miniaturisés, performants, peu consommateurs
 - » *ex. composants issus de la téléphonie mobile, de la photographie*
 - ✦ Importance du traitement logiciel embarqué

Les nanosats : un nouveau gabarit, des capacités différentes

Ce que ça fait / ce que ça ne fait pas

Ils peuvent peut-être faire différemment

- ➔ Systèmes spatiaux : de nouveaux paradigmes émergent, jusqu'alors inaccessibles, ne serait-ce qu'économiquement parlant

- Instrumentation fractionnée, répartie :
 - ◆ Réduire la complexité individuelle, mais en reportant d'autres contraintes au niveau système
 - ◆ Mesures multimodes, multipoints

- Constellations :
 - ◆ Echanger de la fiabilité/durée de vie individuelle contre de la robustesse au niveau système (résilience)
 - ◆ Echanger de la performance individuelle contre l'amélioration de paramètres système :
 - » Revisite / accessibilité (imagerie)
 - » Délai de rafraichissement / âge de l'information
 - » Densité du maillage de la mesure (ex. atmosphère)
 - » Evolution / reconstitution de la configuration

Développement : un « esprit » nanosat

Les caractéristiques, les modalités :

- Un haut niveau de prise de risques...
 - ◆ Relâcher les exigences sur la fiabilité individuelle des éléments, pas de redondances internes
 - » Permet l'utilisation d'éléments non spatiaux, innovants, miniaturisés, performants, standardisés, produits industriellement
 - ➔ COTS + standard → économies d'échelle : faible coût individuel, banalisation des interfaces, des outils de développement
 - ◆ Alléger la documentation, les revues, les contrôles, les niveaux de qualification
 - » un minimum de règles pour une fiabilité suffisante et conserver faible coût et réactivité
- ... permis par des enjeux réduits
 - ◆ sur la durée de vie de la mission
 - ◆ sur l'opérationnalité, la disponibilité

Développement : un « esprit » nanosat

Les caractéristiques, les modalités :

- Une démarche de développement non conventionnelle
 - ◆ Développement incrémental et « agile »
 - » Succession de maquettes, de réalisations plus ou moins complètes, de tests (souvent en vol) et de corrections ou d'améliorations
 - » *ex. : agrégation autour du cœur de l'expérience, contrainte par un gabarit (ex. cubesat)*
 - ◆ Conception par assemblage d'éléments existants
 - » Limiter les développements spécifiques
 - » Adapter – en plus ou en moins – le design global, les spécifications, les performances aux caractéristiques des COTS
 - ➔ COTS + standard → tolérance à / mise à profit de l'évolution de l'offre (*technology refresh rate*)
- Processus de validation : un équilibre à trouver
 - ◆ Un minimum de vérification/qualification → réduire le nombre d'échecs des débuts, ne pas « gâcher » des opportunités de lancement
 - ◆ Tout en restant sur des processus allégés → préserver l'attrait coût/réactivité

Développement : un « esprit » nanosat

Les caractéristiques, les modalités :

- Un contexte économique particulier
 - ◆ Universités / laboratoires → coûts de main d'œuvre non valorisés
 - ◆ Acteurs industriels variés, voir non conventionnels
 - » Industriels non spatiaux, équipementiers de l'aéronautique et du spatial
 - » PME, TPE, startups, créées spécifiquement sur ce créneau
 - » Volume d'affaires faible / spatial traditionnel
 - » Manque de recul sur la durabilité du business model
 - ◆ Coûts prépondérants : qualification/essais, lancement
 - » Coûts de production faibles
 - ◆ Prédominance des efforts d'ingénierie devant les coûts de fabrication
 - » Approvisionnement de COTS, procédés d'assemblage industriels
 - » Peu d'équipements spécifiques (hors CU)

Des utilisations accessibles, pertinentes

Les précurseurs de missions scientifiques

- Objectif : tester de nouvelles techniques de mesure, des concepts à l'échelle du système
 - ◆ Nanosat = démonstrateur à échelle réduite pour utilisation sur satellites conventionnels
 - » *Représentativité de la démonstration : se poser la question au cas par cas*
 - ◆ Nanosat = élément du système → densification (spatiale, temporelle) de la mesure

- Des signes d'intérêt dans la communauté scientifique française
 - ◆ Sciences de la Terre
 - » 2 propositions au Séminaire de Prospective Scientifique du CNES : IONOGLOW, GLISTERO
 - » *Pertinentes/ faisables en première analyse, mais non retenues par le CPS*
 - ◆ Sciences de l'Univers
 - » Des idées/propositions de missions soumises à des Idex, Labex (UnivEarths, ESEP), dans les thématiques SHM et Planéto
 - » *Quelles modalités d'accompagnement de la réflexion sur des missions nanosat pour faire de la « vraie science » ?*

Des utilisations accessibles, pertinentes

La démonstration technique/technologique

- Des idées collectées en interne CNES
 - ◆ Orientées Charge utile : *validation en vol d'éléments d'instrumentation en préparation à des missions futures* → « faire monter les TRL »
 - ◆ Orientées Satellite : *validation en vol de composants, d'équipements miniaturisés, d'architectures*
 - » pour les nanosats, pour les satellites conventionnels
 - ◆ Identification de ruptures technologiques potentielles
 - ◆ Des sujets à instruire plus avant :
 - » Études métier, R&T, phases 0 dédiées...
- Des idées proposées par la communauté scientifique
 - » Une douzaine de fiches présentée à l'AI R&T CNES pour le PRT2015
 - » Ressortissent aux mêmes catégories

L'usage pédagogique

- ◆ cf. Janus
- ◆ Des convergences possibles avec l'utilisation scientifique

Des limites, des questions ouvertes

Une limite aux capacités

- Une tentation : accroître les capacités → accroître la taille, mais jusqu'où?
- Un compromis à trouver avec le coût, la prise de risque, la « sensibilité » au lancement

Le lancement, son coût

- Lancement en passager : opportunités, orbites accessibles, délais!
- Lancement dédié : quel(s) lanceur(s)? à quel coût?

Le respect de la Loi sur les Opérations Spatiales

- Rentrée en 25 ans → orbites limitées en altitude
 - ◆ Ou orbites « autonettoyantes » → limitation de la durée de mission
- Si rentrée contrôlée → des moyens à développer
 - ◆ Dispositifs de freinage, propulsion → impacts budgets bord

Les risques de la prolifération

- Interférences avec des orbites « occupées », risque accru de collision

Des limites, des questions ouvertes

Constellations, grappes, essaims : de nouveaux paradigmes à évaluer

- Compenser la performance individuelle réduite par la mesure multipoint, la couverture spatiale et temporelle
 - ◆ Quelle performance individuelle minimale pour que la mesure garde un sens?
 - ◆ Quelles contraintes supplémentaires sur le système, sur les éléments?
 - ➔ Pas de réponse toute faite : à étudier en fonction de la mission

- Compenser la fiabilité individuelle réduite par la robustesse du système
 - ◆ Quel coût pour quelle durée de mission/service?
 - ◆ Quelle équation économique pour des satellites « jetables »?

- ➔ La réponse ne peut être donnée *in abstracto*
 - ◆ A instruire sur des idées de mission concrètes

Les nanosats au CNES aujourd'hui

Soutien à des projets de nanosatellites étudiants

- ◆ Le programme Janus

Positionnement actuel

● Missions / programmes :

- ◆ Motivées par un besoin externe exprimé et validé
 - » Communauté scientifique : à travers CPS et correspondants thématiques
 - » Autres acteurs, institutionnels ou non, selon demande

● Modes d'intervention :

- ◆ Recueil de la sollicitation externe → conduite de programmes
- ◆ Développement en maîtrise d'ouvrage / assistance à maîtrise d'ouvrage
 - » Quel(s) maître(s) d'œuvre ?

● Développement technologique et innovation

- ◆ Développement d'éléments/équipements au cas par cas, dans un cadre de développement projet ou R&T
- ◆ Accompagnement industriel : au cas par cas, cadre projet ou R&T

Les nanosats au CNES aujourd'hui

Ce positionnement peut être amené à évoluer

- En fonction de la demande de nos partenaires habituels
 - ◆ Idées de missions, demande d'accompagnement technique, ...
 - » Un rendez-vous : printemps 2015, atelier à organiser par le CNES en réponse à la demande du CPS

« Le CPS a noté l'intérêt exprimé par certaines communautés sur quelques objectifs scientifiques par le développement de nanosats. Celui-ci se fait à présent de manière dispersée, en France et à l'étranger, à partir d'initiatives individuelles, principalement au sein des Universités dans le cadre de la formation d'étudiants. Le CPS note que ces développements sont trop récents pour que des projets scientifiques ou technologiques aient pu remonter au niveau des groupes de travail ou constituer des projets bien définis, à l'exception d'un projet en SHM .

Face à la situation actuelle extrêmement éparpillée, et l'absence de recensement des sujets dans lesquels ces porteurs nouveaux pourraient ouvrir de nouvelles possibilités d'observations, le CPS recommande au CNES de diffuser l'information par l'organisation d'un atelier, en particulier pour présenter les résultats de la phase 0 en cours au CNES sur ce type de plateforme, et de demander aux groupes thématiques de faire remonter les questions scientifiques qui pourraient utilement les exploiter. »

- Du fait de l'émergence de nouveaux usages, de nouveaux utilisateurs
 - ◆ Nouveaux acteurs, nouveaux services, un nouvel « éco-système »

A satellite with solar panels and antennas is shown in space. The Earth's blue horizon is visible at the bottom, and a comet with a greenish tail is seen in the dark background of space. The text "Merci de votre attention !" is overlaid in orange.

Merci de votre attention !