

Les nanosatellites : pourquoi, quand, quoi, qui et où?

Alfred Ng

Agence spatiale canadienne

Aperçu

- Qu'est-ce qu'un nanosatellite?
- Pourquoi utiliser des nanosatellites?
- Quand cela a-t-il commencé?
- Quelles sont les missions de nanosatellites?
- Qui les finance?
- Qui en utilise, au Canada et ailleurs?
- Où sont-ils construits et lancés?
- Conclusions

Classification des satellites

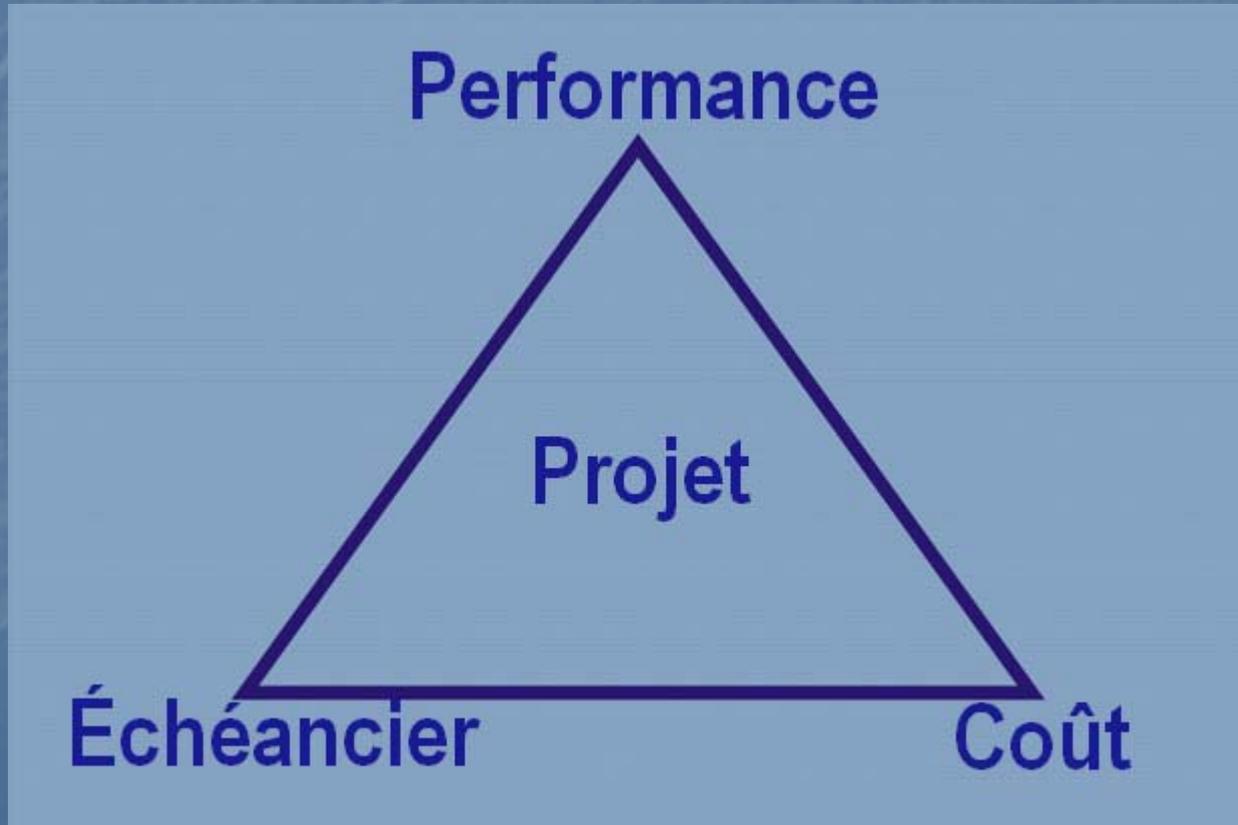
- De façon très générale, on classe les satellites dans cinq grandes catégories : grands, petits, micro, nano et picosatellites.
- Dans la plupart des cas, c'est la masse du satellite qui détermine sa catégorie.

	Classification de SSTL*	Satellite canadien
Grand	> 400 kg	RADARSAT-2 (2 300 kg)
Petit	100 – 400 kg	SciSat-1 (150 kg)
Micro	10 – 100 kg	MOST (53 kg)
Nano	1 – 10 kg	CanX-2 (3,5 kg)
Pico	0,1 – 1 kg	CanX-1 (< 1 kg)

*SSTL : Surrey Satellite Technology Ltd.

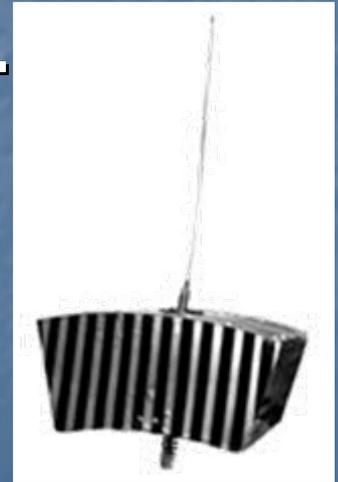
Caractéristiques des missions spatiales

- La performance, le coût ou l'échéancier peuvent aussi déterminer la catégorie.
 - Une différence dans la méthode de mise en œuvre, p. ex. les pièces, la documentation, l'organisation, etc.



Le premier nanosatellite

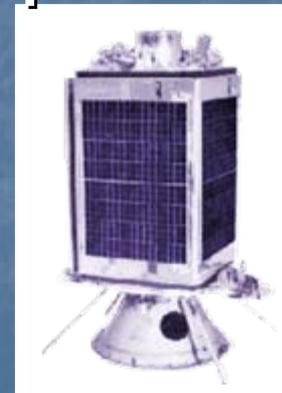
- Le 1^{er} satellite OSCAR (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio) a été lancé le 12 décembre 1961 : il pesait 5 kg et il a fonctionné pendant 50 jours.
- Radio Amateur Satellite Corp. (AMSAT) est une organisation de radioamateurs qui fait la promotion « de la construction, du lancement et de l'utilisation de satellites RA non commerciaux pour faciliter les communications entre les radioamateurs ».
- OSCAR-5 est devenu le premier satellite universitaire en 1970 (Université de Melbourne)



OSCAR-1

Microsatellites des années 1990

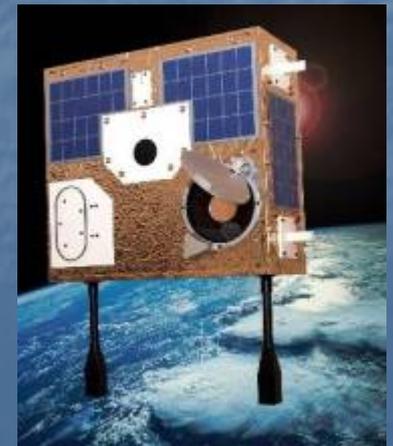
- L'Université de Surrey a lancé UoSAT-1 (50 kg) en 1981, en se fondant sur l'approche d'AMSAT. Elle a lancé plus de 25 satellites depuis ses débuts.
- Ce sont surtout des « microsatellites ».
- Dans les années 1990, un certain nombre d'universités importantes ont lancé des projets de microsatellites pour ses étudiants :
 - l'Université d'état à Weber
 - l'Université Stanford
 - l'Université du Colorado
 - l'Université de l'Arizona



UoSAT-1

Les années 1990

- Les microsatellites étaient surtout utilisés à des fins éducatives, par les radioamateurs ou pour faire des démonstrations technologiques.
- En 1998, le projet MOST de l'ASC était parmi les premiers à transformer radicalement l'utilisation des microsatellites. MOST était un des premiers microsatellites à pouvoir mener une mission scientifique.
 - Il est toujours opérationnel après 6 ans en orbite!

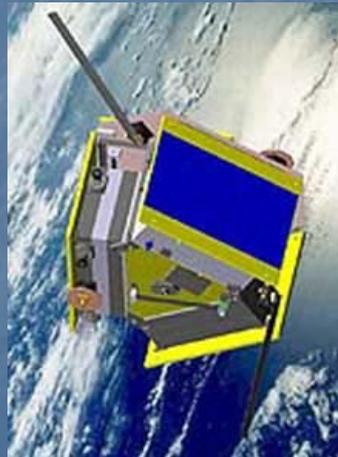


La renaissance des nanosatellites

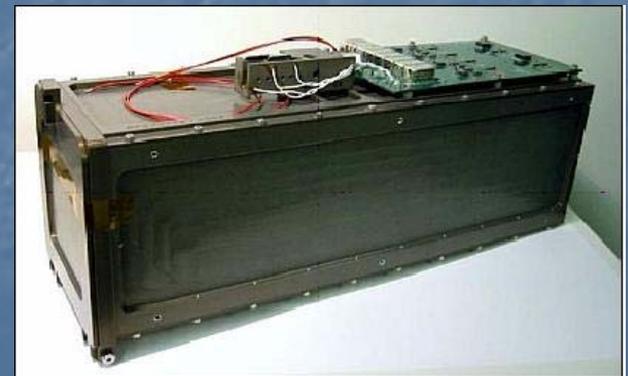
- En 2000, Stanford a lancé OPAL qui transportait cinq picosatellites.
- La même année, Surrey a lancé le nanosatellite SNAP-1 (6,5 kg) pour une démonstration technologique.
- Le prof. Bob Twiggs (Stanford) a présenté le « CubeSat ».
- CalPoly a créé le tube de lancement « P-POD », qui permet un accouplement direct avec le lanceur, et elle a établi les normes relatives aux CubeSats.



OPAL de Stanford



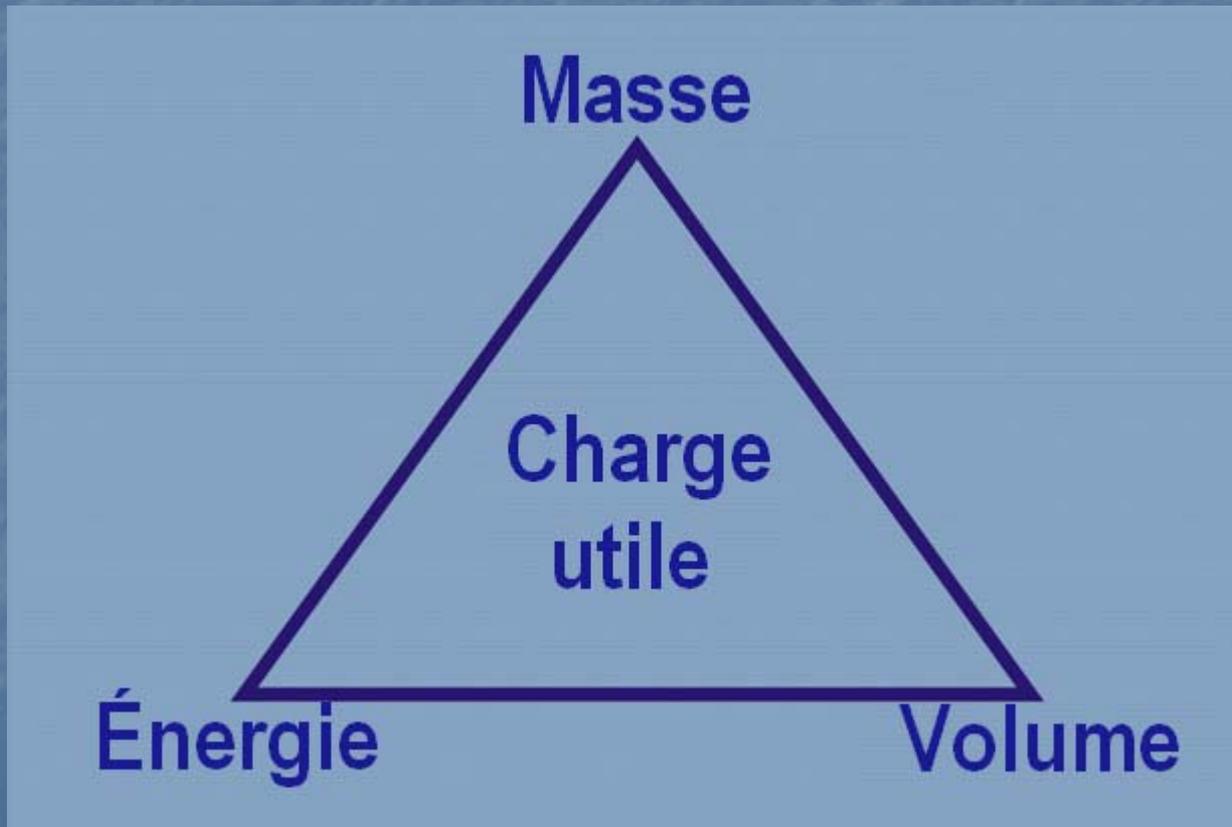
SNAP-1 de Surrey



P-POD pour des CubeSats

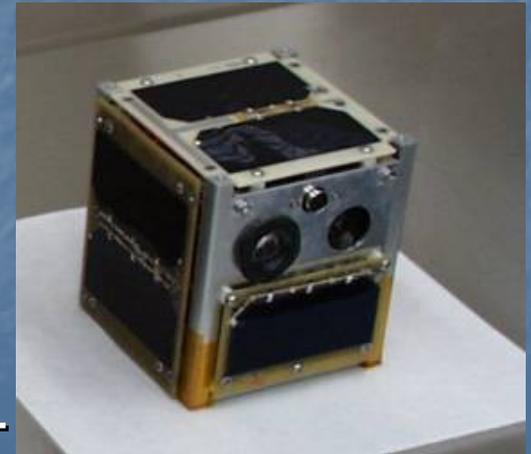
Caractéristiques clés des nanosatellites

- Faible masse, faible consommation d'énergie, petit volume
- La révolution en microélectronique est le principal facteur dans la popularité des nanosatellites.



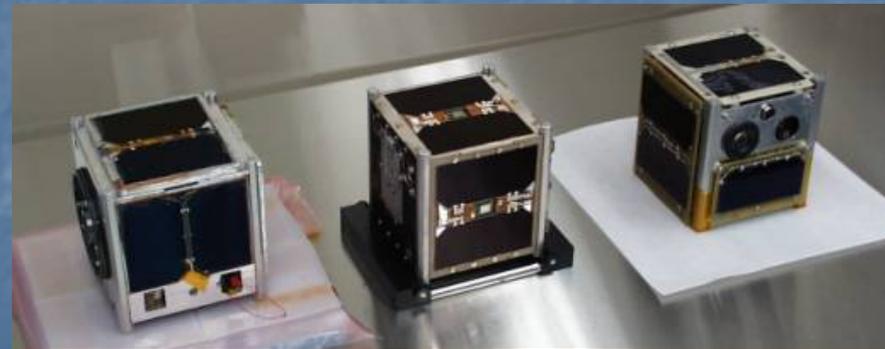
CubeSat

- On définit les CubeSats en trois tailles différentes : 1U (cube de 10 cm), 2U et 3U. Le tube P-POD peut contenir jusqu'à trois satellites 1U.
- Des universités à travers le monde ont été encouragées à créer des nanosatellites à des fins éducatives en suivant la norme de CalPoly, et elles partagent des lancements à l'aide de tubes P-POD.
- En 2001, le laboratoire du vol spatial de l'UTIAS a mis sur pied le programme canadien d'expériences nanospaciales avancées (CanX), et il a entrepris les travaux sur le picosatellite [CanX-1](#) – avec un budget de 150 K\$, y compris les coûts du lancement.



Premier lancement d'un CubeSat (2003)

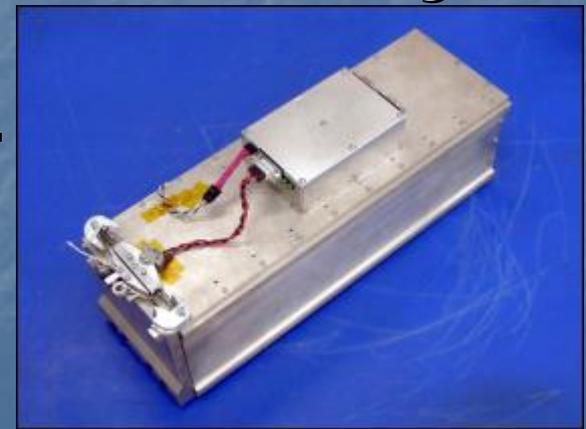
- Le lancement du satellite MOST était une occasion à saisir pour les intervenants dans le domaine des nanosatellites.
- Le SFL a permis le lancement des premiers CubeSats : QuakeSat (É.-U.), DTUSat-1, AAUSat-1 (Danemark) et CanX-1
 - Deux tubes P-POD ont été lancés depuis la Russie : on a pu établir la liaison avec QuakeSat; mais, malheureusement, pas avec DTUSat-1, AAUSat-1 et CanX-1. L'expérience acquise et les leçons retenues ont ouvert la voie pour d'autres missions.
- Deux CubeSats japonais, XI-IV et CUTE-1, ont été lancés avec succès avec un système de séparation distinct, le T-POD.



AAUSat-1, DTUSat-1 et CanX-1 au SFL

CanX2 et XPOD

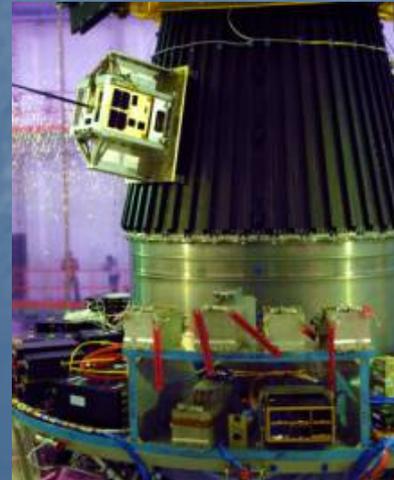
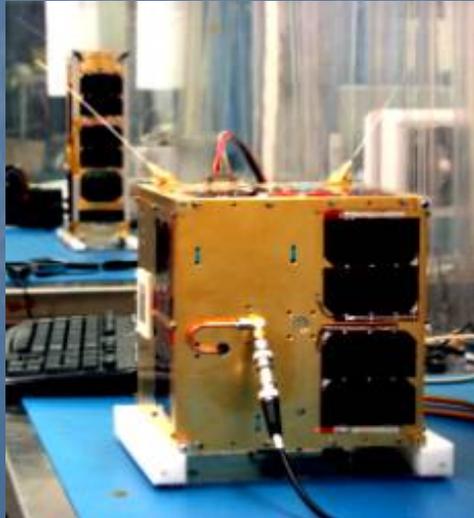
- En 2004, on a proposé le CanX-2, un CubeSat 3U servant à faire des démonstrations technologiques et à mener des expériences scientifiques sur l'atmosphère : il contenait des expériences de trois universités : Calgary, York et Toronto.
- On a créé le « XPOD Single » – un XPOD distinct serait construit pour chaque satellite.
- En 2005, le SFL a fourni trois prototypes de « XPOD Single » pour la mission SSETI Express (ESA), permettant d'éjecter trois CubeSats d'un même engin spatial : XI-V (Japon), UWE-1 (Allemagne) et NCUBE-2 (Norvège).
- Le « XPOD Triple » a été créé – un équivalent entièrement canadien du P-POD qui offre des mises sur orbite en douceur.



Le tube de lancement canadien
XPOD Triple

2007 – 2008

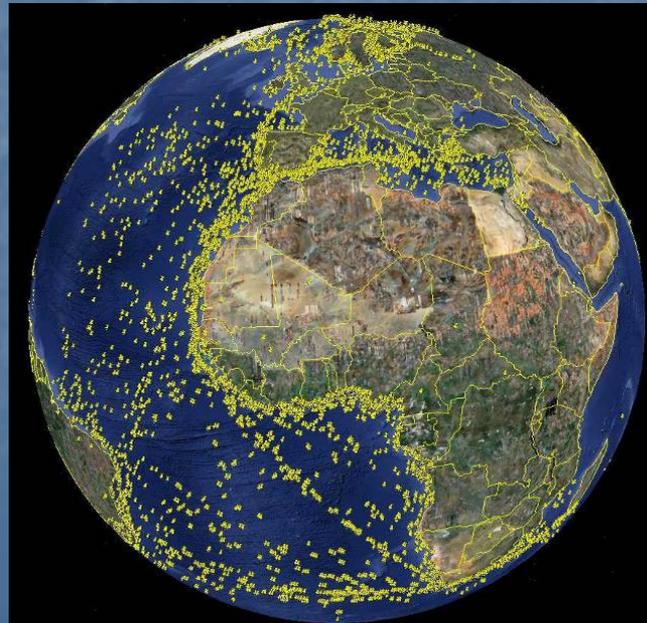
- En octobre 2007, on a commencé le développement du satellite NTS (Nanosatellite Tracking of Ships), ou « CanX-6 » – un nanosatellite de 6,5 kg utilisé pour la détection et la surveillance des navires et doté d'un récepteur SIA COM DEV.
- Le SFL a organisé le lancement des satellites NTS et CanX-2, ainsi que ceux des satellites COMPASS-1 (Allemagne), AAUSat-2 (Danemark), SEEDS (Japon), CUTE1.7+APDII (Japon) et Delfi-C3 (Pays-Bas).
- Ils ont été lancés à bord de PSLV-C9 en avril 2008. Tous les XPOD ont connu un déploiement sans faille. La communication a pu être établie avec tous les satellites et ces derniers sont en bon état de marche.
- CanX-2 est devenu le plus petit satellite opérationnel du Canada.



Étage supérieur du lanceur
PSLV-C9 avec grappes
NLS-4 et NLS-5

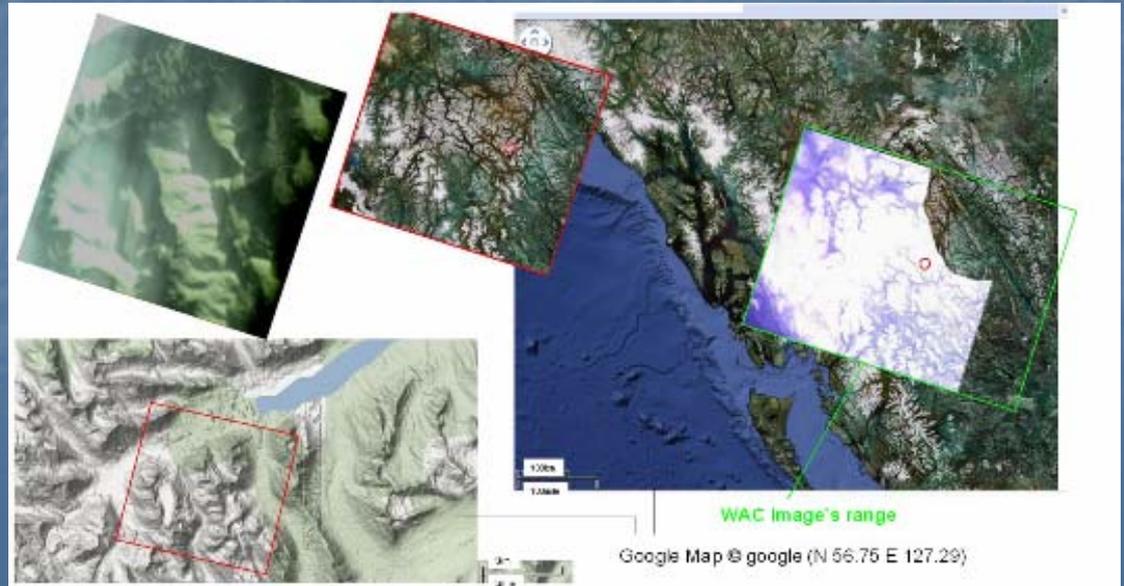
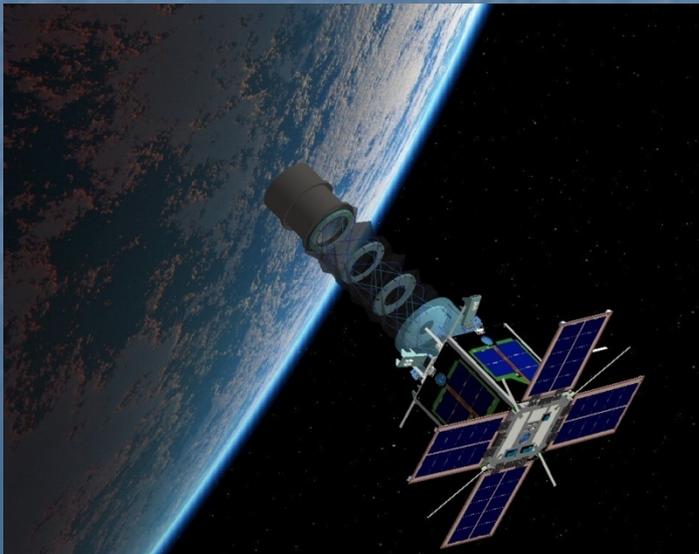
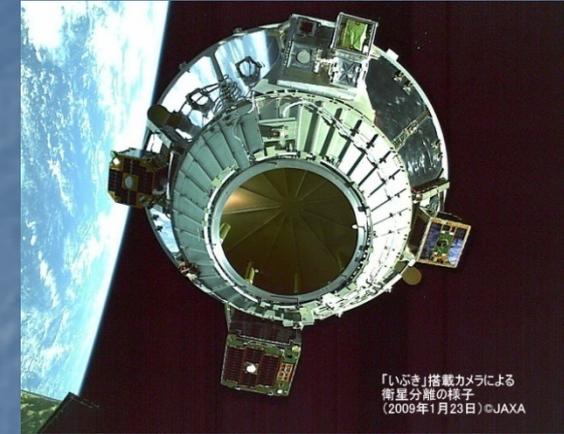
Missions nanospatiales pour des démonstrations technologiques

- Le faible coût et le temps de développement court rendent les nanosatellites particulièrement utiles comme plateforme de démonstration technologique et pour atténuer les risques en vue de missions futures.
 - CanX2 fait la démonstration d'un nanosystème de propulsion et d'une roue de réaction miniature → CanX4, mission X5
 - NTS fait la démonstration d'une charge utile SIA → M3MSat



University of Tokyo – PRISM

- Un des nanosatellites lancés par GoSat
- Taille : 16 cm × 16 cm × 16 cm
- Masse : 5 kg
- Faire la démonstration de deux caméras d'imagerie : faible angle et grand angle
- Obtenir des images avec une résolution de ~ 10 m



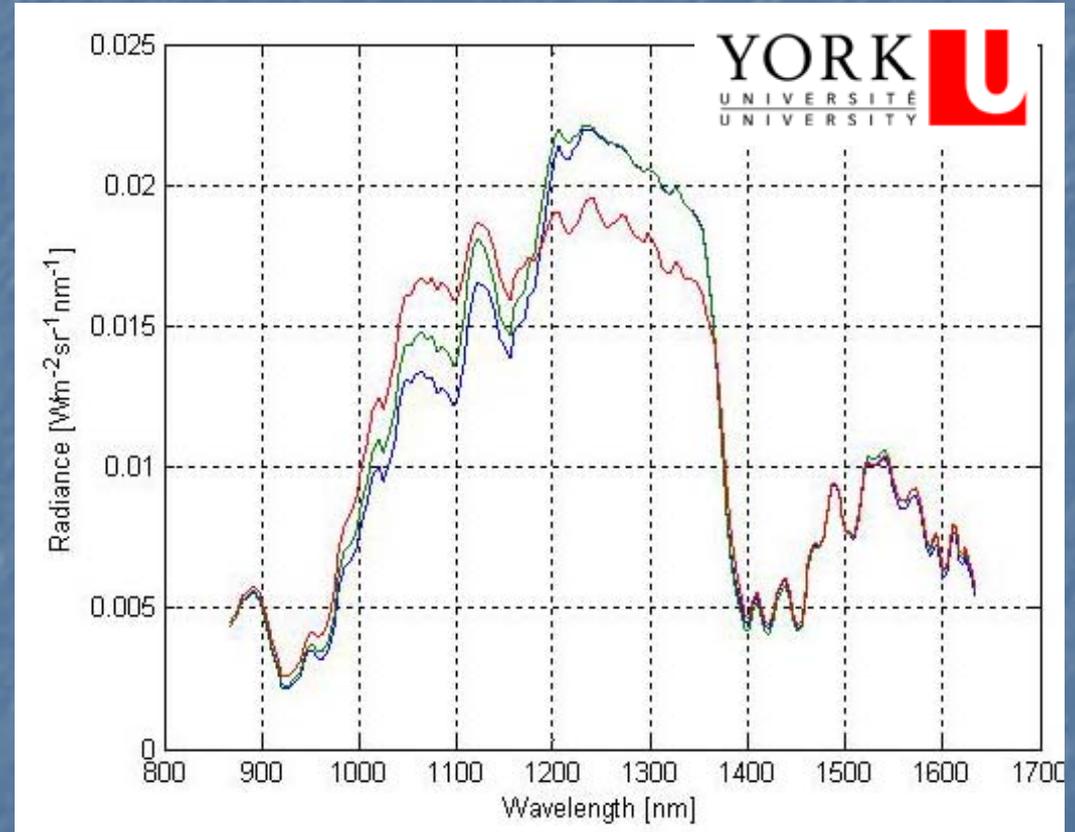
Charges utiles scientifiques du CanX2



Spectromètre Argus 1000
fourni par l'Université
York, Toronto



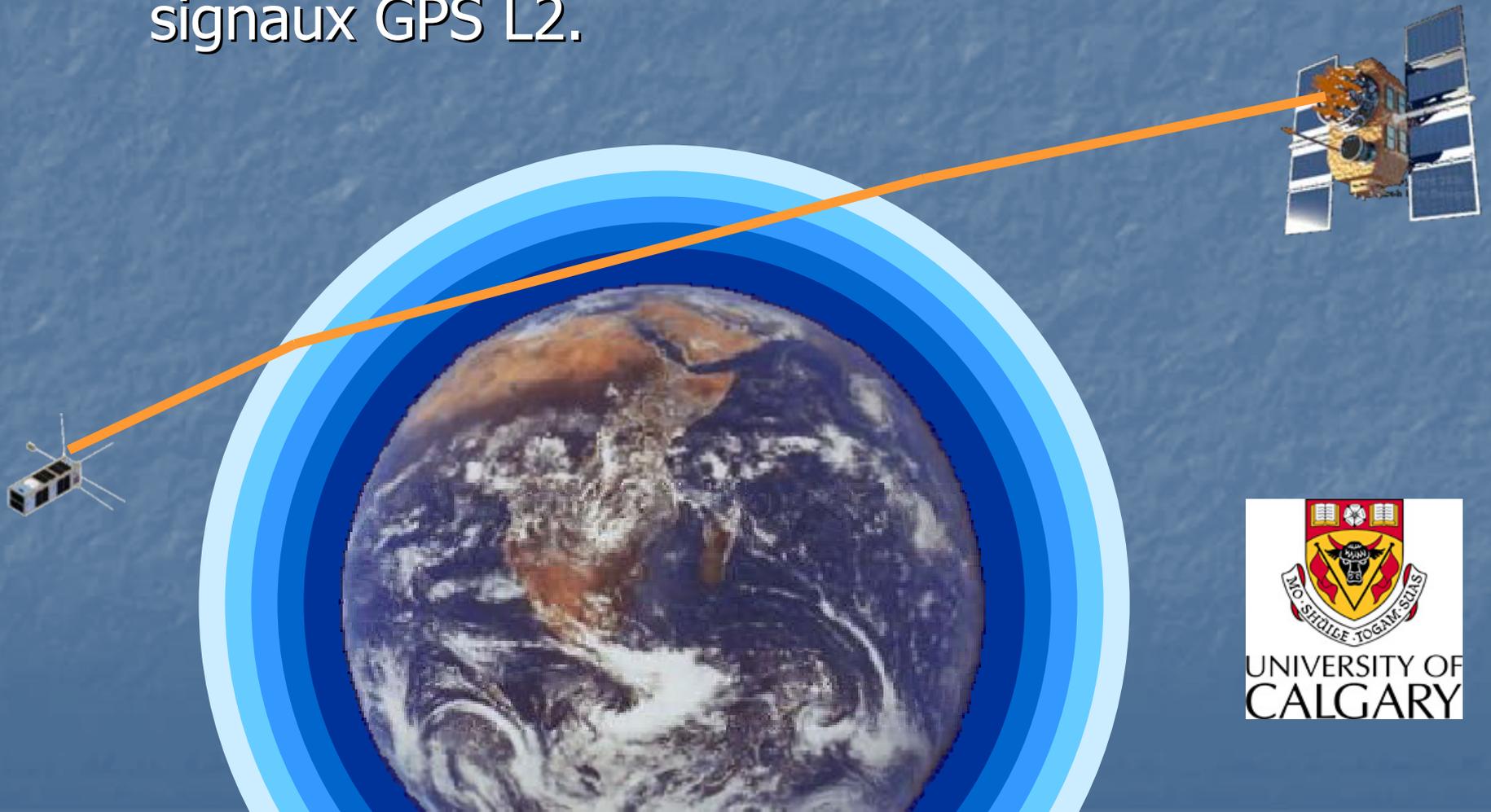
Animation STK d'une
observation par le spectromètre
du satellite CanX-2



Spectres de gaz à effet de serre pris au-dessus de
l'Ontario (Canada) par le spectromètre
Argus 1000 du satellite CanX-2

Occultation de signaux GPS

- On peut générer des cartes de la vapeur d'eau (troposphère) et de la densité d'électrons (ionosphère) en mesurant l'occultation de signaux GPS L2.



GeneSat-1

- Le centre Ames de la NASA a lancé un CubeSat 3U transportant une charge utile biologique pour l'étude des changements génétiques du bacille E. coli.
- On cherche à mieux comprendre les effets biologiques du vol spatial, particulièrement ceux du rayonnement spatial et de la gravité réduite, ce qui est essentiel pour assurer la sécurité des missions spatiales habitées de longue durée et du tourisme spatial.



CubeSat – Firefly

- En 2008, la NSF a mis sur pied un programme de financement de CubeSats pour étudier la météorologie spatiale.
- Firefly est un CubeSat dont la mission est dirigée par le GSFC de la NASA et deux universités.
- On cherche à déterminer si la foudre est à l'origine du rayonnement gamma terrestre.



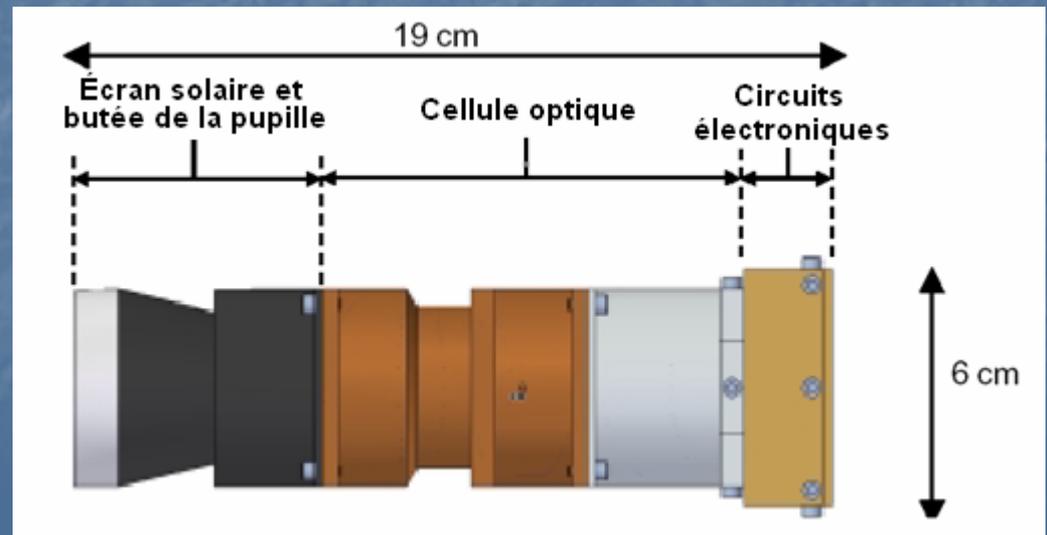
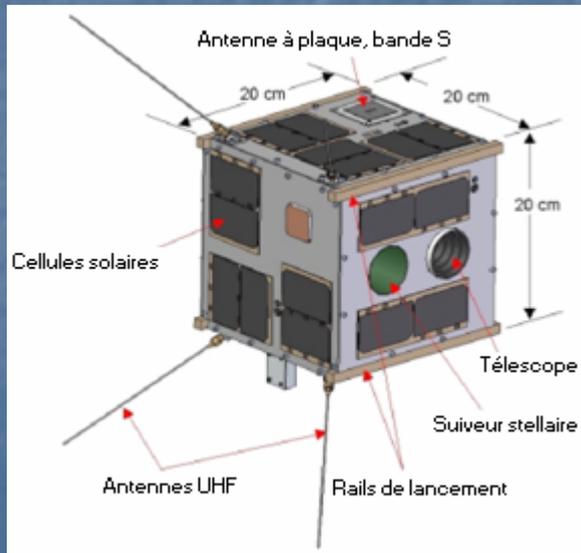
Bright Target Explorer (BRITE)

- MOST est le premier satellite utilisé pour mesurer les oscillations des étoiles (astroséismologie).
- La constellation BRITE poursuit cette étude à l'aide de nanosatellites.
- Il a besoin d'au moins deux paires de filtres.
- L'Autriche en a commandé une paire et ils sont presque terminés au SFL.
- Le financement de la paire canadienne est imminent.
- Récemment, la Pologne s'est dite intéressée à participer à la constellation – cela signifie qu'il y aurait une constellation de 6 nanosatellites!
 - Première constellation internationale de nanosatellites
 - Première collaboration internationale dans le domaine de l'astronomie par satellite



Plateforme du satellite BRITE

- Taille : 20 cm × 20 cm × 20 cm
- Masse : 6 kg
- Détermination d'orientation : < 10 secondes d'arc
- Contrôle d'orientation : < 1 minute d'arc
- Technologie habilitante : nanosuveur stellaire et roues de réaction miniatures
- Lancement de la première paire (Autriche) en 2011



Réponses aux 5 questions de base

- Quand?
 - Début dans les années 1960, renaissance dans les années 2000
- Pourquoi?
 - Les principales raisons sont le coût et l'échéancier
 - Progrès dans le domaine de la microélectronique
- Qui?
 - Des universités, des industries et des agences spatiales gouvernementales
 - Les É.-U., le Canada, le Japon, les Pays-Bas, l'Allemagne, la Suisse, la Norvège, le Danemark et beaucoup d'autres

Réponses aux 5 questions de base

- Où?
 - Grande capacité canadienne établie au SFL
 - Mise sur orbite à l'aide de lanceurs Rockot, Dnepr, Falcon, Minotaur, μ -V, PSLV et H2A
- Quoi?
 - Éducation et formation
 - Science : biologie, astronomie, OT, météorologie spatiale, atmosphère, etc.
 - Démonstrations techniques : imagerie, SIA, etc.

Conclusions

- La popularité des nanosatellites s'accroît sans cesse, surtout dans le milieu universitaire.
- Le Canada dispose d'un programme couronné de succès qui peut aider à lancer des CubeSats.
- Il existe d'importantes occasions à saisir pour l'éducation, le développement technologique et la recherche scientifique, qui permettraient d'accroître la capacité du Canada en matière de construction et de lancement de nanosatellites.
- Le faible coût, l'imagination et l'acceptation du risque font progresser la capacité et les performances des nanosatellites.

Statistiques et ressources

- Pour obtenir plus d'information sur les CubeSats : www.cubesat.org (on y trouve les spécifications sur les CubeSats)
- La trousse de CubeSat Pumpkin est offerte pour de nouveaux programmes universitaires à l'adresse www.cubesatkit.com
- La trousse EyasSat est aussi un outil utile pour l'enseignement en classe (www.eyassat.com)
- Le développeur de nanosatellite canadien le plus expérimenté est le SFL de l'UTIAS. Il offre des missions, des technologies et des lancements (www.utias-sfl.net).

Questions et commentaires

