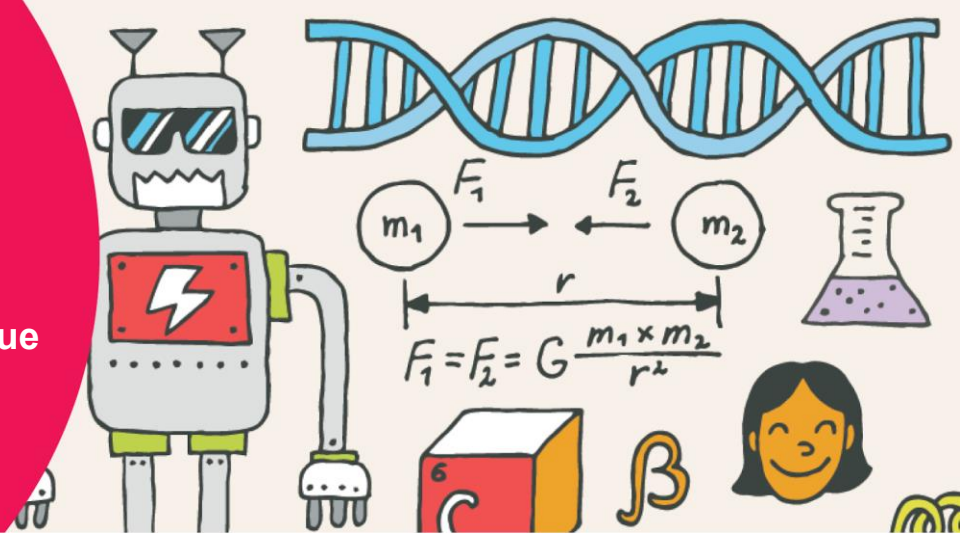


Objectif Terre

Trousse d'apprentissage numérique
Réalisez votre propre CubeSat



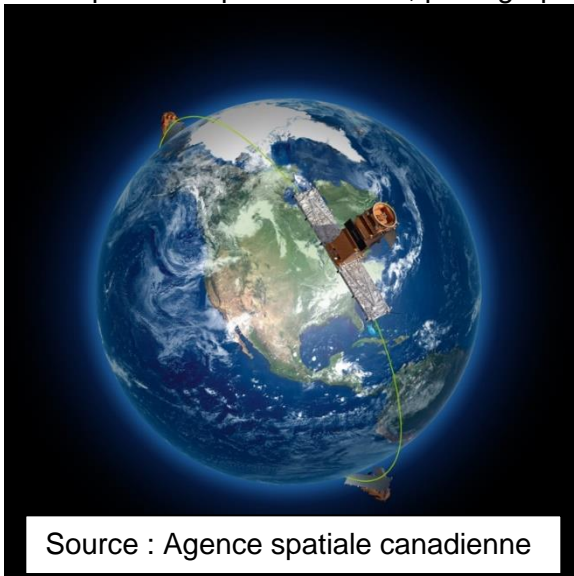
RÉALISEZ VOTRE PROPRE CUBESAT

Contexte

Observation de la Terre

Voilà de nombreuses années que l'on observe la Terre depuis l'espace. Les technologies ont changé et se sont améliorées. La toute première photo de la Terre prise depuis l'espace a été prise le 24 octobre 1946 à partir d'une fusée se trouvant à 105 km au-dessus du sol. La tête explosive d'une fusée de la Deuxième Guerre mondiale a été remplacée par un ensemble d'instruments scientifiques, dont une caméra cinématographique 35 mm, réglée pour prendre des photos toutes les 90 secondes. Les images sont ensuite larguées sur Terre dans un robuste contenant de métal.

Nos technologies et nos capacités ont certainement changé depuis cette première photo. L'icône « The Blue Marble » (bille bleue) prise par les astronautes à bord d'Apollo 17 en 1972 était la première vue complète de la Terre et a été captée pendant que l'engin spatial se dirigeait vers la Lune. Plus récemment, des satellites un peu plus près de la Terre, à environ 824 km au-dessus de nous, prennent des images composites de la Terre qui offrent plus de détails, photographiant la Terre pendant qu'ils orbitent notre planète à intervalles répétés. Depuis le premier satellite lancé en 1957, beaucoup d'autres ont été envoyés dans l'espace pour recueillir des données sur la Terre. Nous sommes passés de la simple prise de photos de la Terre à la collecte d'informations complexes, comme la température, les concentrations de gaz atmosphériques, les élévations exactes de terrain et des niveaux de la mer, et plus encore.



Source : Agence spatiale canadienne

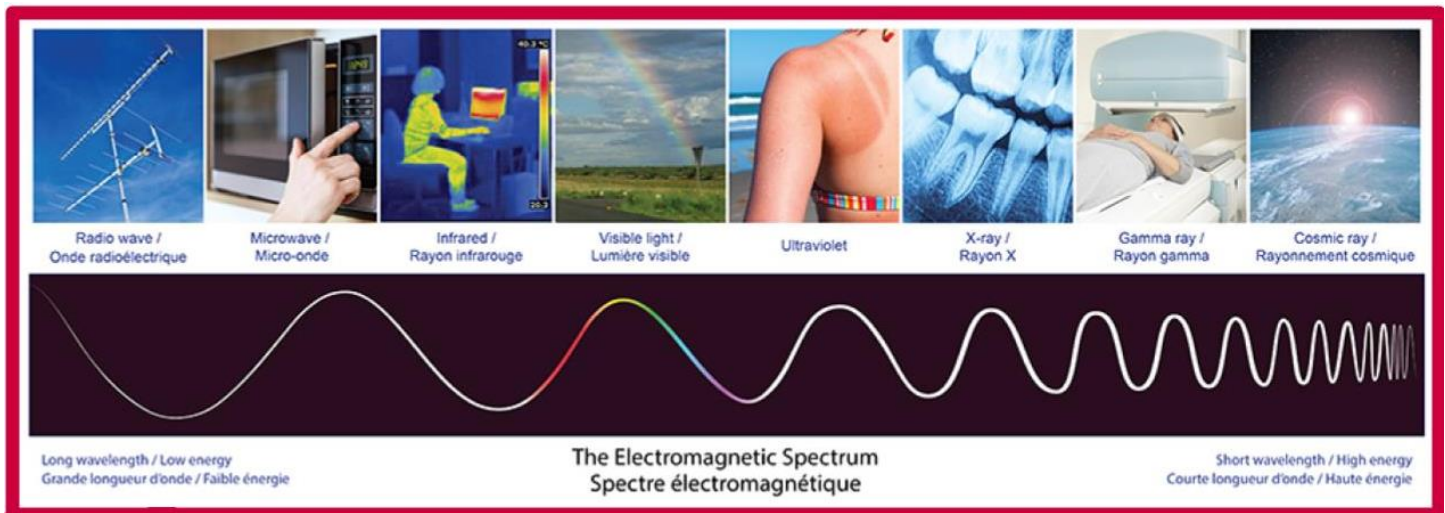
La télédétection fait référence à la collecte de données à distance. De nombreux types de capteurs, sur divers types de plateformes, peuvent être utilisés pour observer la Terre de là-haut. Voici certains des types de plateformes utilisées pour observer la Terre : drones, avions, ballons stratosphériques et satellites. Le terme « télédétection » est plus souvent utilisé lorsqu'on parle d'observation de la Terre à partir d'un satellite.

Le premier satellite d'observation de la Terre était un satellite météorologique nommé TIROS 1 (satellite d'observation par télévision sensible à l'infrarouge). Il a été lancé par la NASA en 1960 et était équipé de caméras pour capter des images de l'atmosphère de la Terre. Cela a conduit au développement de la vidéosurveillance en temps réel pour d'autres fins, comme la géographie et l'action militaire. Ensuite, le premier satellite destiné à la surveillance du terrain, le Landsat 1, a été lancé par la NASA en 1972.

Le terme observation de la Terre (ou OT) est attribué à la collecte d'information sur nos systèmes terrestres à l'aide de technologies de télédétection. L'OT peut compter des données spatiales, terrestres ou aériennes.

Le Canada a lancé son propre satellite d'observation de la Terre (OT), le RADARSAT-1, en 1995, suivi ensuite par son successeur, le RADARSAT-2, en 2007. En 2019, on a lancé la mission de la Constellation RADARSAT (MCR). Elle comprend trois satellites identiques qui travaillent ensemble pour observer la Terre comme jamais auparavant. La MCR est conçue pour offrir des solutions efficaces dans trois principaux domaines : la surveillance maritime (glace, vent de surface, pollution par hydrocarbures et surveillance des navires), la gestion des catastrophes (atténuation, alertes, interventions et rétablissement) et la surveillance des écosystèmes (agriculture, milieux humides, foresterie et surveillance des changements côtiers).

Depuis des années, les chercheurs se posent des questions sur les systèmes terrestres et recueillent des données à partir de satellite dans l'espace pour étudier l'environnement changeant de la Terre. Des ingénieurs aident ensuite à concevoir des instruments visant à obtenir les mesures nécessaires pour répondre à ces questions. Divers instruments sont utilisés pour avoir une vue d'ensemble de nos systèmes terrestres.



Source : Commission canadienne de sûreté nucléaire

Comme il a été mentionné précédemment, différents capteurs sont utilisés pour observer la Terre. Les satellites orbitant la Terre transportent des capteurs qui mesurent les données à l'aide de différentes sections du spectre électromagnétique.

L'énergie électromagnétique se déplace en ondes et couvre une large étendue, allant de très longues ondes radioélectriques à de très courts rayons gamma et cosmiques. Les humains peuvent seulement voir une petite portion du spectre, celle qu'on appelle la lumière visible. Les satellites utilisent une grande section du spectre pour étudier la Terre. La télédétection de la Terre se sert généralement de l'énergie dans les portions visibles, infrarouge (IR) et micro-onde du spectre.

- Rayons gamma ou cosmiques : Ne sont pas utilisés pour étudier l'univers.
- Rayons X : Sont utilisés pour photographier et étudier le Soleil.
- Lumière visible : Est utilisée pour capter des images en couleur naturelle de la Terre et de ses caractéristiques.

- Rayonnement infrarouge : Est utilisé pour voir et suivre le parcours des ouragans et pour mesurer la température de surface du sol et des mers.
- Portion micro-onde du spectre : Est la plus utile pour la télédétection de l'observation de la Terre. Les instruments micro-ondes peuvent capter des longueurs d'onde beaucoup plus longues. Les micro-ondes peuvent pénétrer les nuages, pouvant ainsi bloquer complètement la vue d'un satellite dans les spectres visible et infrarouge. Ils sont utilisés pour observer les nuages, les précipitations et la vapeur d'eau; surveiller les surfaces terrestre et de la mer; et surveiller le profil atmosphérique de la température et de l'humidité.
- Ondes radioélectriques : Ont la longueur d'onde la plus longue et la fréquence la plus basse. Les capteurs FR peuvent fournir une couverture continue, jour et nuit, peu importe le couvert nuageux. La télédétection FR fournit, entre autres, des données sur les prévisions météorologiques, les changements climatiques, la gestion des catastrophes.

Information supplémentaire

Les satellites peuvent comprendre des capteurs actifs ou passifs. **Les capteurs passifs** détectent l'énergie naturelle émise (relâchée) ou réfléchi par l'objet observé. (Pour l'observation de la Terre, la lumière du soleil serait la source la plus courante d'énergie mesurée par des capteurs passifs.) **Les capteurs actifs** fournissent leur propre source d'énergie pour illuminer les objets qu'ils observent. Le capteur détecte et mesure l'énergie renvoyée par la cible. Différents capteurs sont équipés pour mesurer différentes parties du spectre électromagnétique. Par exemple, nos yeux (capteurs passifs) peuvent détecter des longueurs d'onde qui sont dans le spectre visible (les couleurs d'un arc-en-ciel), mais les capteurs satellitaires peuvent également détecter, entre autres, le rayonnement ultraviolet et infrarouge.

Activité : Réalisez votre propre CubeSat

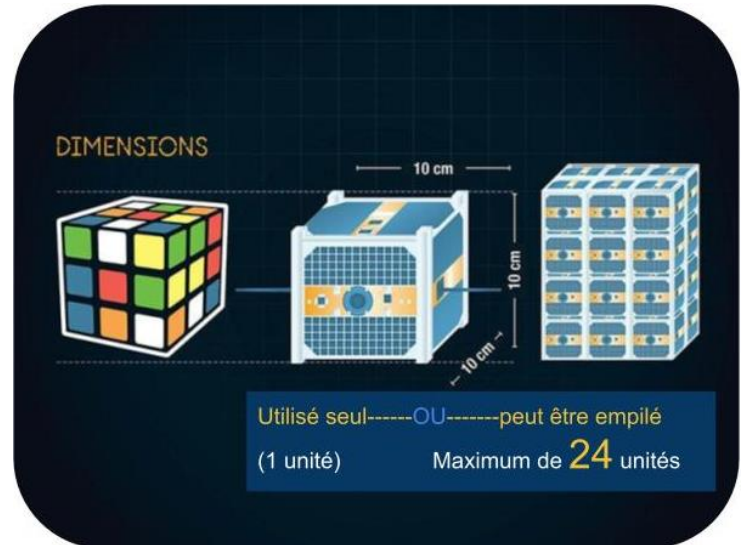
Objectifs d'apprentissage

Dans cette activité, les élèves découvriront les satellites cubiques (CubeSats) et pourquoi on les utilise. Ils travailleront ensuite en groupes pour concevoir et construire le prototype d'un CubeSat, tout en s'assurant que leur modèle respecte les critères et les exigences d'essai afin de garantir la viabilité.

Introduction

Les chercheurs se posent des questions sur les systèmes terrestres depuis plus de 50 ans et recueillent des données à partir de satellite dans l'espace pour étudier l'environnement changeant de la Terre. Des ingénieurs aident ensuite à concevoir des instruments visant à obtenir les mesures nécessaires pour répondre à ces questions. Divers instruments sont utilisés pour avoir une vue d'ensemble de nos systèmes terrestres. Puisqu'un satellite ne peut seulement transporter qu'un nombre limité d'instruments à la fois, en raison de limites de taille et de poids, plusieurs satellites sont utilisés chaque jour pour recueillir des données de partout sur la planète.

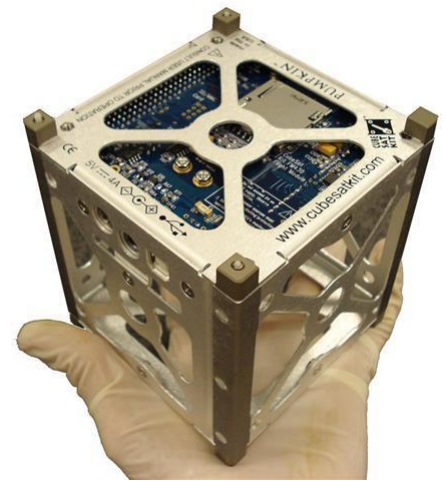
L'initiative canadienne CubeSat a été annoncée en 2017. Elle offre la chance aux élèves de niveau postsecondaire de participer à une véritable mission spatiale. Grâce à un concours national, les équipes gagnantes d'enseignants et d'élèves auront l'occasion de concevoir et de construire leur propre satellite miniature appelé CubeSat. Le but de ce programme vise à accroître l'intérêt des élèves dans les STIM, à développer leur expertise dans ce domaine, à leur donner une expérience pratique et à faire avancer la science ou la technologie spatiale. Malheureusement, le concours n'est offert qu'aux élèves de niveau postsecondaire. Votre classe peut toutefois quand même créer des modèles de CubeSat. Pour plus de renseignements sur l'initiative CubeSats, visitez <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/cubesat/default.asp>.



Source : Agence spatiale canadienne

Un CubeSat est un satellite carré miniature (10 cm x 10 cm x 10 cm) qui pèse environ 1 kg. Un CubeSat peut être utilisé seul ou en groupe de plusieurs unités, jusqu'à 24 d'entre elles.


Les CubeSats sont construits sur mesure, selon les exigences spécifiques de leur mission. La structure principale est faite d'aluminium et sert à tenir les antennes et le système de transmission radio, la source d'alimentation et l'ordinateur en plus des capteurs ou tout autre instrument scientifique. Les antennes et les panneaux solaires peuvent être installés sur l'extérieur de la structure. Les CubeSats sont souvent envoyés dans l'espace supplémentaire sur les fusées. Plus le satellite est petit, plus le coût associé à l'assemblage et au lancement est bas. Ces satellites peuvent être construits rapidement, sont moins chers, se servent d'une technologie simple et sont plus faciles à concevoir. Cependant, leur capacité à transporter des instruments scientifiques est limitée et la durée de leurs missions est plutôt courte (habituellement moins de 12 mois).



Source : Agence spatiale européenne

Essai

Dans la vraie vie, si c'est financièrement viable, les équipes travaillant sur les CubeSats construisent plusieurs unités : deux unités de vol, une unité d'essais technologiques et un FlatSat. L'unité d'essais technologiques est construite comme une unité de vol, mais n'est pas destinée à un lancement. Il s'agit d'une sorte de modèle de pratique. Elle est utilisée pour s'assurer que les pièces s'assemblent correctement ainsi que pour faire l'essai du matériel et des logiciels. Tout test ou essai devant être fait le sera d'abord sur l'unité d'essais technologiques afin de protéger la précieuse unité de vol. Le FlatSat comprend des composantes du CubeSat sans la structure. Typiquement, les composantes sont montées sur un panneau plat, puis les essais et le dépannage peuvent commencer sans avoir à intégrer les composantes dans la structure. Tous les tests préliminaires sont effectués sur l'unité d'essais technologiques et le FlatSat. Ensuite, les essais



environnementaux peuvent être réalisés sur les unités de vol. Deux unités de vol sont fabriquées, si possible, pour fournir la chance d'envoyer le meilleur matériel dans l'espace puisqu'il ne peut y avoir deux satellites parfaitement identiques. Avant qu'un CubeSat soit approuvé pour le vol, il doit réaliser un essai de vérification pour prouver qu'il est sécuritaire et solide. L'essai de vérification comprend normalement un essai de vibration et thermique, un essai des composantes électriques et peut compter un essai de résistance aux chocs, statique, en charge, et autres.

Puisque nous n'avons pas la capacité de faire des essais comme ils le font dans l'industrie, nous utiliserons d'autres façons de tester la viabilité des modèles. Les prototypes peuvent être testés pour simuler une défaillance, si souhaité, ou de nombreux essais peuvent être réalisés. Vous pourriez en discuter en classe.

Voici certains tests possibles :

- Laissez tomber le CubeSat d'une hauteur de deux mètres. Assurez-vous que le corps mesure encore 10 cm x 10 cm x 10 cm après l'essai, et que la pile et la charge utile sont toujours en place. Si on souhaite faire un essai pour simuler la défaillance, on peut consigner la hauteur maximale de la chute avant la défaillance.
- Placer le poids sur le CubeSat. Le poids recommandé est de 2 kg. Assurez-vous que le corps mesure encore 10 cm x 10 cm x 10 cm après l'essai, et que la pile et la charge utile sont toujours en place. Si on souhaite faire un essai pour simuler la défaillance, on peut placer plusieurs poids sur le modèle jusqu'à ce que se produise la défaillance, puis on peut peser les poids placés sur le modèle avant celui qui a causé la défaillance.
- Le CubeSat peut être placé dans une essoreuse à salade que l'on active ensuite pendant une durée donnée. Assurez-vous que le corps mesure encore 10 cm x 10 cm x 10 cm après l'essai, et que la pile et la charge utile sont toujours en place.
- Tout autre essai pouvant potentiellement fournir des résultats intéressants.

Description de l'activité

Voici certaines directives et idées générales pour la construction et les essais. Selon l'intérêt de votre groupe, ou les matériaux disponibles, vous pourriez ajouter ou omettre certains aspects de la construction ou des essais. Allez-y avec ce qui fonctionne pour vous et votre classe!

Conception du CubeSat

- Le cube doit mesurer 10 cm x 10 cm x 10 cm.
- Vous devez pouvoir ouvrir le cube pour pouvoir placer les capteurs et les instruments scientifiques à l'intérieur.
- Une fois terminé, le cube doit peser moins de 150 grammes.
- Pour tester sa solidité, le cube est soumis à une charge (poids estimé de 2 kg) placée sur le dessus et doit maintenir sa forme.
- Pour également tester sa solidité, on laisse tomber le cube d'une hauteur de deux mètres et il doit de nouveau maintenir sa forme.
- Le modèle peut être recouvert de papier d'aluminium pour simuler le bouclier thermique du satellite utilisé pour protéger les délicats instruments à bord contre les températures extrêmes de l'espace.
- Le prototype du CubeSat doit comprendre une charge utile (celle-ci pourrait être composée d'une pile AA et d'un « panneau d'ordinateur » fabriqué à partir de briques LEGO ou de carton), laquelle doit être fixée à l'intérieur du prototype pour ne pas qu'elle se déplace pas pendant les essais.

Prototype du satellite - matériel suggéré

- Corps : Carton, papier d'aluminium, bâtonnets de bois, pailles, règles, ruban adhésif en toile, ruban-cache, colle chaude
- Charge utile : Pile AA, matériel de simulation de la charge utile (briques LEGO, ficelle, laine, boutons, carton, etc.), et ruban adhésif en toile, fil de fer, colle, etc. pour fixer le matériel.

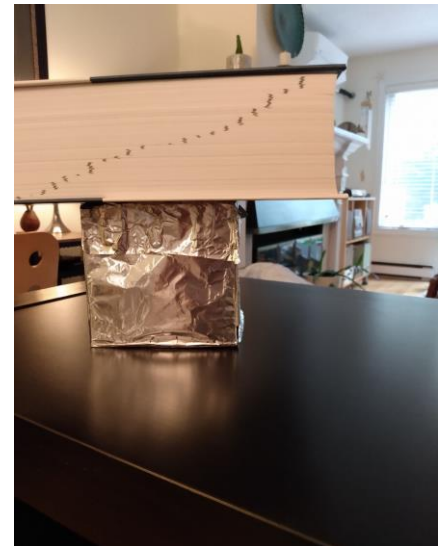
Matériel d'essai

- Échelle numérique
- Poids (gros manuel, bouteilles remplies d'eau sur un plateau, etc.),
- Ruban à mesurer ou mètre
- Autre matériel d'essai selon les essais effectués, comme une table de vibration ou une essoreuse à salade



Procédure d'essai

- Peser le prototype.
- Placer le poids sur le dessus du prototype du CubeSat (en s'assurant que la charge est distribuée sur tout le dessus et non appliquée seulement à un endroit).
- Laisser tomber le prototype d'une hauteur de deux mètres.
- Si à tout moment le prototype ne maintient pas sa forme, les élèves peuvent modifier leur modèle en fonction de ce qui a été observé durant les essais et la discussion avec leurs collègues de classe.
- Un nouveau modèle peut être fabriqué pour l'essai final.



Allez plus loin

Vidéos sur le thème des CubeSats en français :

- Les Nano-Satellites <https://www.youtube.com/watch?v=Pln0lmipKcU> 8 minutes et 54 secondes
- ESA Euronews: Les nanosatellites jouent dans la cour des grands [ESA Euronews: Les nanosatellites jouent dans la cour des grands](#) 8 minutes et 30 secondes

En anglais :

- [JPL's Crazy Engineering CubeSats](#) from NASA's jet propulsion laboratory. 8 minutes et 49 secondes
- TedTalk [Tiny Satellites](#). 8 minutes et 5 secondes

Références

Science and Innovation, A Boeing/Teaching Channel Partnership, CUBESATS Teacher Handbook, TeachingChannel, https://duuciyt57169v.cloudfront.net/uploads/2018/09/cubesats_04-05_lesson.pdf

Engineer a Satellite, NASA Science, Share the Science, <https://science.nasa.gov/engineer-satellite>

Engineer a Satellite, Earth Science Week, <https://www.earthsciweek.org/classroom-activities/engineer-satellite>

Crazy Engineering: CubeSats, NASA JPL video, 3 December, 2015, <https://www.jpl.nasa.gov/videos/crazy-engineering-cubesats>

Tiny satellites that photograph the entire planet, every day, TedTalk by Will Marshall, 18 November, 2014, Youtube video <https://www.youtube.com/watch?v=UHkEbemburs>

Les Nano-Satellites, Proxima Astronomy, 6 mar 2021, vidéo Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=Pln0lmipKcU>

Les nanosatellites jouent dans la cour des grands, ESA Euronews, 22 janvier, 2016, vidéo Youtube [ESA Euronews: Les nanosatellites jouent dans la cour des grands](#)