

## NEOSSat – Le satellite canadien de surveillance de l'espace



M31 *Andromeda Galaxy* observed by NEOSSat (Captain Kevin Bernard, Canadian Air Force)

### LE DÉFI :

**Explorer les données se rapportant aux astéroïdes et trouver des solutions afin d'optimiser l'utilisation des données, et même créer votre propre animation.**

Accédez aux données :

[ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/OpenData\\_DonneesOuvertes/pub/NEOSSAT/](ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/OpenData_DonneesOuvertes/pub/NEOSSAT/)

---

### L'ENJEU

À l'heure actuelle, des milliers d'images astronomiques captées par le satellite NEOSSat sont accessibles en ligne sur la [plateforme de données ouvertes du gouvernement du Canada](#). Ces images montrent toute une gamme d'objets célestes, allant des objets relativement près de la Terre, comme des astéroïdes et des comètes, à des objets se trouvant à l'extérieur du Système solaire, comme des étoiles et des nébuleuses. Cependant, la consultation, l'utilisation et la mise en application de ce vaste ensemble de données pourraient être améliorées par l'élaboration et la mise en œuvre d'outils de recherche et d'analyse, et peut-être même par le déploiement d'une application ludique.

**LES BESOINS** (vous pouvez choisir de relever seulement un ou plusieurs des besoins suivants)

### 1. Recherche dans les archives de données et identification des images

L'ASC est à la recherche d'une solution permettant d'effectuer des recherches efficaces dans la base de données de NEOSSat et de trouver des images correspondant à des informations/critères spécifiques.

#### **Extrant potentiel**

Une base de données dotée d'un outil de recherche qui permettra aux utilisateurs de trouver rapidement et facilement des images en faisant des recherches dans les métadonnées. Par exemple, pour répondre aux besoins d'un utilisateur qui voudrait obtenir des images d'une section spécifique du ciel nocturne : une base de données et un outil connexe pourraient permettre à cet utilisateur de saisir une plage de valeurs en ascension droite et en déclinaison, laquelle recherche pourrait produire toutes les images qui satisfont aux critères.

#### **Lancez-vous !**

Chacune des images est enregistrée dans le format astronomique standard FITS, lequel contient une mine de métadonnées.

Il pourrait être utile de [télécharger](#) localement un ensemble de données plus restreint mais contenant néanmoins plusieurs éléments (par exemple : des levés, des comètes/astéroïdes, exoplanètes, etc.) afin d'avoir accès aux métadonnées stockées dans les fichiers FITS.

- Extraction des métadonnées dans une base de données locale.
- Lecture du Guide de l'utilisateur d'images FITS afin de comprendre le sens des différents paramètres des en-têtes (c.-à-d., des métadonnées contenues dans une image FITS), et élaboration d'une interface utilisateur destinée à récupérer les images qui correspondent aux paramètres spécifiés par l'utilisateur.

Une copie locale des images n'est nécessaire que pour construire la base de métadonnées, après quoi les images locales peuvent être supprimées et récupérées de la plateforme de données ouvertes en utilisant votre nouvelle base de données et votre nouvel outil de recherche.

Les participants peuvent essayer d'accommoder autant de cas d'utilisation potentiels qu'ils le peuvent tout en conservant une interface conviviale. Il n'est pas nécessaire d'intégrer un type

de recherche pour chacun des paramètres. L'accent devrait être mis davantage sur la qualité que sur la quantité.

De nouvelles données sont constamment ajoutées, ce qui rend utile une architecture permettant de tenir à jour la base de métadonnées au fil du temps.

## 2. Identification d'astéroïdes potentiels ou de tout autre objet dans les images d'archive

L'ASC a besoin d'une solution qui lui permettra de déceler des astéroïdes ou d'autres types d'objets dans les images captées par NEOSat.

### **Extrant potentiel**

Un algorithme capable de caractériser et de catégoriser les objets aberrants (astéroïdes, comètes, satellites, effets issus des phénomènes spatiométéorologiques) captés dans les images acquises dans le cadre des levés de surveillance de l'espace circumsolaire réalisés par NEOSat.

### **Lancez-vous !**

NEOSat a réalisé plusieurs levés d'astéroïdes, y compris certains pendant sa saison d'éclipse (où la lumière émise par le Soleil est bloquée par la Terre, ce qui permet au satellite de capter des images de l'espace très rapproché du Soleil). Les années/journées suivantes contiennent des images captées dans le cadre de la campagne d'observation : 2018 \ DOY 318, 319, 324, 325, 333, 334, 339, 340, 341, 346, 347, 348, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 364, 365; 2019 \ DOY 001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 016, 017, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 026, 027, 028, 029, 030 et 031.

Chacune des zones visées par les levés contient au moins 4 images différentes captées par le télescope en mode fin, lequel est le meilleur mode à utiliser (trouvez MODE = FINE\_POINT dans les paramètres des en-têtes). Commencez avec un sous-ensemble d'images afin de raffiner votre technique, puis appliquez vos méthodes à d'autres groupes afin de voir ce que vous pouvez trouver.

Note 1 : les données de relevés avant 2018-355 sont plus faciles à utiliser, car les images d'un champ de relevé donné sont regroupées dans leur propre dossier. Ensuite, il faut regarder l'étiquette OBJET/OBJECT dans les métadonnées pour identifier le champ du relevé.



Note 2 : seul le nettoyage de base, et non le nettoyage avancé, a été effectué sur ces images. Il serait utile d'appliquer la soustraction de l'obscurité telle que détaillée dans les [routines Python de Jason Rowe pour NEOSat \(en anglais seulement\)](#).

### 3. Vue à intervalles d'un astéroïde géocroiseur ou d'une comète

L'ASC aimerait accroître l'intérêt du public à l'égard des astéroïdes. Afin de capter l'attention des gens, il serait intéressant d'avoir un outil qui utiliserait les images de NEOSat et de trouver une solution amusante et ludique pour populariser les images et les rendre plus accessibles aux personnes ayant des connaissances scientifiques limitées.

#### **Extrant potentiel**

Amélioration du visionnement des données de NEOSat sur les astéroïdes et les comètes à l'aide de solutions multimédia, comme une animation attrayante fondée sur des séries d'images chronologiques d'astéroïdes géocroiseurs (NEA, pour Near-Earth Asteroid) ou de comètes passant à proximité de la Terre.

#### **Lancez-vous !**

L'ensemble de données proposé contient une sélection d'images astronomiques (astéroïdes ou comètes) avec métadonnées intégrées - voir tableau ci-dessous.

Des outils de traitement et d'analyse d'images sont disponibles pour traiter les images et les métadonnées.

- Les participants pourraient utiliser ces images et les métadonnées pour travailler ensemble - éventuellement avec de nouvelles technologies qui ne sont pas encore utilisées par les astronomes - afin de donner une toute nouvelle perspective sur ces objets peu connus qui passent régulièrement dans notre système solaire.
- Dans les images subséquentes, il se pourrait que les étoiles ne figurent pas au même endroit, puisque le télescope ajustera son orientation au fur et à mesure que l'astéroïde quittera le champ de vision. Pour rendre les animations accessibles et faciles à comprendre, vous devrez « fixer » les étoiles en place, de telle sorte que seul l'astéroïde semblera bouger.

Type	Nom de l'objet	Jours lors desquels une image a été captée
NEA	2018-RC	2018 / 250
Comète	46P	2018 / 281, 284, 285, 290, 293, 300, 319, 321, 335, 345, 348, 349

Type	Nom de l'objet	Jours lors desquels une image a été captée
NEA	J12192806	2018 / 314
NEA	C2018-V1	2018 / 321
NEA	2018-KV	2018 / 335
Comète	64P	2018 / 345
NEA	P10KLoS	2019 / 004
NEA	2019-AQ3	2019 / 040
NEA	2019-EA2	2019 / 075, 081,
NEA	1999-KW4	2019 / 118-126 (chaque jour), 128-152 (chaque jour)
NEA	2019-A10dn4M	2019 / 124
NEA	CK19D010	2019 / 128
NEA	A10dQbl	2019 / 150
NEA	A10dRr5	2019 / 150
Comets	2019-K1, 2019-A9, 2019-W1, 2018-F4, 2017-T2,2019-K5	2019 / 243, 244
Interstellar Comet	CK19Q040 (aka <b>2I/2019 Q4 or</b> Borisov)	2019 / 256 and onwards

## CONTEXTE

Lancé en février 2013, le Satellite de surveillance des objets circumterrestres (NEOSSat) est un partenariat fructueux entre l'Agence spatiale canadienne (ASC) et Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC). De la taille d'une valise et évoluant à 800 km d'altitude, l'agile microsatellite NEOSSat est équipé d'un télescope de 15 cm capable de capter un champ de vision de 0,8 degré sur une caméra CCD de 1024x1024 pixels. NEOSSat produit maintenant des milliers d'images par semaine pour un éventail d'applications, dont les suivantes :

- **Connaissance de la situation dans l'espace** : Suivi des autres satellites et des débris spatiaux afin d'améliorer les prévisions de leur orbite et de réduire au minimum les risques de collision.
- **Astéroïdes circumterrestres** : Au cours des dernières années, les astéroïdes et les comètes ont suscité leur part d'intérêt puisqu'ils pourraient constituer de véritables mines de ressources pour les futures expéditions d'exploitation minière dans l'espace. De temps à autre, un astéroïde s'approche de la Terre, ce qui met en évidence le potentiel d'impacts terrestres et la nécessité de caractériser la population d'astéroïdes



géocroiseurs en particulier. De plus, les astéroïdes et les comètes peuvent aussi nous aider à mieux comprendre l'origine du Système solaire.

- **Photométrie d'exoplanètes** : L'observation des étoiles et la recherche de petites variations au niveau de leur luminosité peuvent permettre la découverte d'exoplanètes. NEOSSat est actuellement pointé en direction d'exoplanètes connues ou potentielles afin de caractériser leurs transits et d'en apprendre plus sur les systèmes d'exoplanètes.
- Une multitude d'**autres cibles astronomiques intéressantes**, dont des supernovas et d'autres étoiles variables.

Les images astronomiques captées par NEOSSat sont [publiées](#) régulièrement sur la [Plateforme de données ouvertes](#), dans le format standard Flexible Image Transfer System (FITS\*) utilisé en astronomie. Ces images autorisent une multitude d'études de pointe, y compris en astrométrie (mesure de la position des corps célestes) et en photométrie (mesure de l'éclat des objets célestes).

\* Le Bureau de soutien FITS de la NASA fournit une liste des bibliothèques de logiciels pour les différents langages de programmation, y compris un aperçu de chacune des trousseaux pour faciliter le choix de la bibliothèque appropriée : [https://fits.gsfc.nasa.gov/fits\\_libraries.html](https://fits.gsfc.nasa.gov/fits_libraries.html) ([en anglais seulement](#)).

## **Trousseaux de données de logiciels connexes**

### **Comprendre les données astronomiques**

NEOSSat publie régulièrement des images brutes au format standard astronomique FITS. Le format permet de stocker des données pertinentes telles que la température de la charge utile ou la position et l'orientation de l'engin spatial. Le [Guide à l'intention des utilisateurs des images FITS \(en anglais seulement\)](#) explique toutes les métadonnées.

Les archives de données astronomiques de NEOSSat sont organisées par année, puis par jour de l'année (JDA).

### **Logiciel de traitement d'images**

Les images astronomiques brutes et non traitées sont toujours disponibles sur le portail. Elles y sont téléchargées peu de temps après l'établissement d'une communication en liaison descendante avec le satellite. En général, les utilisateurs traitent eux-mêmes leurs images afin de supprimer les artéfacts dans les images, et effectuent l'analyse. Dans certains cas, les images traitées sont envoyées à l'ASC et rendues disponibles sur le Portail de données ouvertes. (Vous pouvez consulter ces fichiers au format `_cord.fits`)



Le Bureau de soutien FITS de la NASA fournit une liste des bibliothèques de logiciels pour les différents langages de programmation, y compris un aperçu de chacune des trousseaux pour faciliter le choix de la bibliothèque appropriée : [https://fits.gsfc.nasa.gov/fits\\_libraries.html](https://fits.gsfc.nasa.gov/fits_libraries.html) ([en anglais seulement](#)).

Les progiciels suivants sont particulièrement populaires et matures :

- Python – AstroPy : <http://docs.astropy.org/en/stable/index.html> ([en anglais seulement](#))
- C / Fortran – CFITSIO/FITSIO <http://legacy.gsfc.nasa.gov/docs/software/fitsio/fitsio.html> ([en anglais seulement](#))

Des logiciels de visionnement/de conversion de fichiers FITS sont également disponibles ([https://fits.gsfc.nasa.gov/fits\\_viewer.html](https://fits.gsfc.nasa.gov/fits_viewer.html) - [en anglais seulement](#)), par exemple :

- SAOImage DS9 Astronomical Visualization : <http://ds9.si.edu/site/Home.html> ([en anglais seulement](#)).
- ImageJ : <https://imagej.nih.gov/ij/> ([en anglais seulement](#)).

En outre, des logiciels spécifiquement adaptés au nettoyage des images NEOSSat et à la photométrie sont disponibles à :

- <https://github.com/jasonfrowe/neossat> ([en anglais seulement](#))

Ce programme, qui montre comment appliquer le nettoyage d'images sur les images brutes de NEOSSat, pourrait servir de modèle pour commencer le traitement et la manipulation des données de NEOSSat.

## **Autres renseignements et ensembles de données pertinents**

[Atelier présenté par les experts de l'ASC](#)

[Programmes de recherche d'astéroïdes géocroiseurs](#)

[Documentation connexe](#)