

# Tutoriel 1

March 31, 2021

## 1 Introduction aux données d'éclairage nocturne

### 1.1 Données détectées à distance des lumières nocturnes

L'imagerie par faible éclairage de la Terre depuis l'espace est une capacité qui a commencée le milieu des années 1960 avec des capteurs embarqués sur les plates-formes satellitaires du programme de satellites de défense météorologique (DMSP). Le DMSP est une série de satellites en orbite polaire de l'armée de l'air des États-Unis avec des capteurs à bord conçus à l'origine pour observer les indicateurs météorologiques de jour et de nuit, dans les gammes de longueurs d'onde visibles et infrarouges. En 1973, Croft a signalé pour la première fois que les informations recueillies avec la bande visible et proche infrarouge (VNIR) du système DMSP Operational Linescan System (DMSP-OLS) étaient capables de capturer diverses sources d'émissions de faible luminosité provenant de La terre. Celles-ci incluent des sources qui indiquent des aspects de l'activité humaine, comme les lumières de la ville, les torches à gaz, les bateaux de pêche et les incendies agricoles, tout en capturant également d'autres phénomènes d'éclairage nocturne tels que les aurores boréales. Alors que la série DMSP a encore des satellites en orbite et collectant des données nocturnes, le programme se terminera lorsque les satellites actuels atteindront leur fin de vie.

Le capteur de suivi du DMSP-OLS a été lancé pour la première fois à la fin de 2011 à bord du satellite Suomi National Polar-Orbiting Partnership (S-NPP). Ce nouveau capteur d'imagerie à faible luminosité fait partie de la suite de radiomètres d'imagerie infrarouge visible (VIIRS) et s'appelle la bande jour / nuit (DNB). Bien que similaire au DMSP-OLS à bien des égards, le VIIRS-DNB offre une amélioration spectaculaire de l'imagerie des lumières nocturnes de son prédécesseur.

Le satellite S-NPP était conçu comme un satellite de transition, combinant les exigences des anciens satellites de deux agences américaines, la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et la National Aeronautics and Space Administration (NASA), dans un nouveau programme appelé le Système commun de satellites polaires (JPSS). Le premier satellite officiel JPSS (JPSS-1) a été lancé fin 2017 et a été renommé NOAA-20 après avoir atteint l'orbite.

Il y a 3 autres satellites prévus pour compléter la constellation JPSS: JPSS-2, JPSS-3 et JPSS-4, dont les dates de lancement sont actuellement prévues en 2022, 2026 et 2031 respectivement. Pour la communauté des utilisateurs de lumières nocturnes, cela signifie l'accès à un enregistrement continu des observations VIIRS-DNB jusque dans la 4e décennie de ce siècle.

### 1.2 DMSP-OLS

Alors que les premières images en basse lumière du DMSP datent du milieu des années 1960, ce n'est qu'en 1992 qu'une archive numérique a été créée pour ces données dans les centres nationaux d'information environnementale de la NOAA (NCEI) - anciennement le National Geophysical

Data Center (NGDC). Avant la création des archives numériques à la NOAA / NCEI, seul un ensemble limité de données DMSP-OLS était conservé et écrit sur un film grand format. Certains des films analogiques DMSP-OLS ont été numérisés à des fins de conservation et se trouvent dans les archives NOAA / NCEI.

Alors que tous les satellites DMSP sont des plates-formes en orbite polaire héliosynchrone, leurs temps de passage varient. En fonction du temps de passage supérieur, les satellites DMSP peuvent être classés en tant que satellite «jour / nuit» ou «aube / crépuscule». Les satellites jour / nuit ont un côté de leurs orbites imaginant le côté diurne de la Terre, et l'autre côté imaginant le côté nocturne. De même, les satellites de l'aube / crépuscule imaginent une terre tôt le matin d'un côté de leurs orbites et un début de soirée de l'autre côté.

Remarque: alors que les données DMSP-OLS de tous les satellites contiennent une certaine quantité de données nocturnes, les satellites en orbite jour / nuit ont des données nocturnes de la plus haute qualité et sont généralement privilégiés pour une utilisation nocturne.

En 1992, lorsque la création de l'archive numérique a commencé, il y avait deux satellites DMSP collectant des données, nommés F10 et F11. F10 était sur une orbite jour / nuit et F11 était aube / crépuscule. Depuis, 8 autres satellites ont été lancés, F12-F19, où F12, F14, F15, F16 et F18 ont été lancés sur des orbites jour / nuit. Contrairement à la plupart des satellites modernes, les satellites DMSP n'avaient pas la capacité de maintenir leur synchronisation orbitale constante, par conséquent, les temps de viaduc dérivent progressivement et les satellites jour / nuit peuvent devenir aube / crépuscule (et vice versa).

### 1.2.1 DMSP-OLS nighttime lights composites

Le DMSP-OLS est un radiomètre à balayage oscillant avec 2 bandes spectrales, une bande dans le proche infrarouge visible (VNIR) qui a des capacités d'imagerie en basse lumière et une bande infrarouge thermique à ondes longues (TIR). La bande OLS VNIR est souvent simplement appelée la bande «VIS» dans la documentation DMSP, alors continuons avec cette convention ici. Avec 14 orbites par jour, chaque OLS jour / nuit est capable de générer une couverture mondiale de jour et de nuit de la Terre toutes les 24 heures.

Au lieu de travailler directement avec les orbites nocturnes DMSP-OLS, de nombreux chercheurs utilisent les produits d'éclairage nocturne annuels mondiaux (apprendre à accéder et à interpréter les données d'orbites individuelles fera partie d'un module ultérieur). Ces produits globaux ont été créés en utilisant d'abord une série de filtres sur chaque orbite OLS pour n'inclure que les données enregistrées sous le paramètre de gain maximal du capteur, puis en supprimant les données identifiées comme des nuages, des éclairs, des lumières parasites ou des aurores. Les données OLS qui sont passées à travers ces filtres ont ensuite été orthorectifiées en grilles de 30 secondes d'arc, composées en un produit annuel et post-traitées pour éliminer les lumières éphémères (par exemple, les incendies, les bateaux de pêche, certaines torchères). Les données restantes ont ensuite été moyennées et passées à travers un algorithme final pour régler les valeurs d'arrière-plan ou de non-lumière à zéro.

L'ensemble des produits d'éclairage nocturne mondiaux annuels a été créé au NGDC (maintenant NCEI) dans le Groupe d'observation de la Terre (EOG). Une histoire intéressante à propos de ces ensembles de données maintenant largement utilisés est qu'ils n'ont jamais été conçus pour être des produits autonomes. En 1994, le Dr Chris Elvidge s'est joint au NGDC pour diriger un projet utilisant les données DMSP-OLS pour surveiller l'activité globale des incendies. Comme les feux

et les lumières sont impossibles à distinguer dans un seul passage supérieur de la bande visible OLS, une partie du projet consistait à comprendre où les lumières étaient «stables» ou constamment présentes, comme ce serait le cas dans les villes, les sites industriels, certaines torchères et les volcans. . Ensuite, des orbites individuelles pourraient être cartographiées contre cet ensemble de lumières stables pour produire un ensemble de lumières éphémères, dont la plupart seraient des incendies.

Au début de ce projet, le Dr Elvidge a découvert que les ensembles de données OLS «lumières stables» étaient plus demandés par la communauté scientifique que le produit d'incendie, ils sont donc devenus un produit standard à part entière. Les produits annuels mondiaux «feux stables» DMSP-OLS ont été fabriqués de manière cohérente par le groupe EOG de NGDC en utilisant des données de 1992 à 2013. Les produits par satellite et années disponibles sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

En 2014, la production de ces produits a été interrompue. À cette époque, l'orbite du satellite F18 s'était dégradée de jour / nuit à une orbite aube / crépuscule et ne collectait pas suffisamment de données nocturnes pour en faire un produit annuel mondial. Le groupe EOG a redoublé d'efforts pour travailler uniquement avec le capteur de suivi vers le DMSP-OLS, le VIIRS-DNB.

#### DMSP-OLS satellites by year

	F10	F12	F14	F15	F16	F18
1992	F101992					
1993	F101993					
1994	F101994	F121994				
1995		F121995				
1996		F121996				
1997		F121997	F141997			
1998		F121998	F141998			
1999		F121999	F141999			
2000			F142000	F152000		
2001			F142001	F152001		
2002			F142002	F152002		
2003			F142003	F152003		
2004				F152004	F162004	
2005				F152005	F162005	
2006				F152006	F162006	
2007				F152007	F162007	
2008					F162008	
2009					F162009	
2010						F182010
2011						F182011
2012						F182012
2013						F182013

En juin 2019, le Dr Elvidge a pris sa retraite de la NOAA et a commencé à faire de la recherche dans le secteur universitaire au Payne Institute of Public Policy de la Colorado School of Mines (CSM). Il a fondé un groupe d'observation de la Terre (EOG) sous le Payne Institute et ce groupe continue à

faire de la recherche et de la génération de produits avec des lumières nocturnes. L'archive DMSP pour les orbites individuelles reste à la NOAA / NCEI. L'intérêt des capteurs DMSP-OLS est que deux des satellites les plus anciens, F15 et F16, qui ont commencé leur vie en tant que satellites jour / nuit et sont lentement devenus des satellites aube / crépuscule, sont restés opérationnels assez longtemps pour faire un cycle complet et devenir jour / satellites de nuit à nouveau.

L'EOG, sous l'égide de l'Institut Payne, a l'intention de générer des produits supplémentaires de «lumières stables» en utilisant ces données, ce qui fournira quelques années de plus à la série de lumières stables DMSP-OLS. Ces années supplémentaires de données OLS nocturnes chevauchent le VIIRS-DNB, offrant une occasion unique aux chercheurs intéressés par une comparaison croisée de créer un enregistrement cohérent des lumières nocturnes jusqu'en 1992.

### **1.3 VIIRS-DNB: the follow-on sensor for the DMSP-OLS**

De nombreux aspects des capteurs VIIRS-DNB sont identiques à ceux du DMSP-OLS. Tout comme les OLS, les DNB sont des radiomètres à balayage capables d'imagerie en basse lumière et sont lancés à bord de plates-formes à orbite polaire héliosynchrone. Ils collectent tous les deux 14 orbites par jour, imaginant le côté diurne et nocturne de la Terre toutes les 24 heures. En surface, ils peuvent sembler identiques, mais en fait, presque tout ce qui concerne le capteur DNB lui-même est une amélioration par rapport à l'OLS.

#### **1.3.1 VIIRS-DNB nighttime lights composite products**

Comme pour les données DMSP-OLS, de nombreux chercheurs ont choisi d'utiliser des produits composites temporellement pour leur travail au lieu d'utiliser directement les orbites nocturnes VIIRS-DNB (apprendre à accéder et à interpréter les données DNB de nuits individuelles fera partie d'un module de formation ultérieur. ). Bien que les algorithmes eux-mêmes diffèrent, la procédure de base pour générer les composites de lumières nocturnes DNB est la même que celle décrite pour le capteur OLS. Ce travail a commencé au sein du groupe EOG de la NOAA / NCEI et a été transféré au Payne Institute for Public Policy du CSM à la fin de 2019.

Outre la qualité des données d'entrée elles-mêmes, les principales différences dans les produits composites sont que, pour le DNB, les orbites d'entrée sont orthorectifiées en grilles de 15 secondes d'arc (au lieu de 30 pour l'OLS), et que des produits intermédiaires mensuels sont affichés. pour l'accès public.

Ces produits mensuels n'ont pas été filtrés pour les lumières éphémères (incendies, aurores, bateaux de pêche, etc.) et n'ont pas eu de zones d'arrière-plan (non lumineuses) réglées à zéro. De plus, pour les régions équatoriales nuageuses, la composition mensuelle n'est pas suffisante pour accumuler de manière fiable une couverture de données sans nuage. Ainsi, les composites mensuels VIIRS-DNB, tels qu'ils sont disponibles aujourd'hui, ne sont pas aussi «prêts pour l'analyse» que les produits d'éclairage stables annuels. Un ensemble limité de lumières stables annuelles du VIIRS-DNB a été achevé pour les années 2015 et 2016 alors que le groupe EOG était à la NOAA / NCEI.

## 2 Introduction to Google Earth Engine (GEE)

### 2.1 Google Earth Engine (GEE) Overview

Google Earth Engine est une plate-forme d'analyse géospatiale basée sur le cloud, qui permet aux utilisateurs de visualiser et d'analyser les images satellite de notre planète. Les scientifiques et les organismes à but non lucratif utilisent Google Earth Engine pour la recherche en télédétection, la prédiction des épidémies, la gestion des ressources naturelles et d'autres activités.

Google Earth Engine regroupe plus de 40 ans d'images satellite anciennes et actuelles, ainsi que les outils et la puissance de calcul nécessaires pour analyser et exploiter cet immense entrepôt de données. Cette plate-forme à l'échelle planétaire est dédiée à l'analyse des données environnementales. Elle constitue un outil extrêmement précieux pour les étudiants qui souhaitent approfondir leurs connaissances sur les conséquences du changement climatique et sur bien d'autres sujets. Le projet Timelapse montre toute la puissance d'Earth Engine : il propose un outil de visualisation interactif qui révèle l'évolution de la surface terrestre depuis 32 ans, sans nuage pour une visibilité optimale.

Étant donné que tous les données sont disponibles sur la plate-forme GEE, il n'est pas nécessaire de gérer les données, de les télécharger, de modifier le format de fichier ou de mettre à jour la projection géographique. Il utilise la puissance de milliers d'ordinateurs situés dans les centres de données de Google pour effectuer son traitement intensif. Ce réseau distribué permet à l'utilisateur de terminer une tâche en quelques minutes pour de petites zones et en quelques jours pour une étude à l'échelle mondiale.

GEE donne accès à de nombreux ensembles de données et produits dérivés de télédétection, notamment DMSP-OLS et VIIRS DNB. Certaines des données sont déjà fournies dans la plateforme traitée et «prêtes à l'emploi».

### 2.2 GEE Access

L'accès à GEE est facile. Les utilisateurs devront d'abord s'inscrire à la plate-forme avec leur compte Google. C'est le même compte que les gens utilisent pour accéder à Youtube, à Google Drive, à Gmail et à tout service Google. Google donne généralement accès aux nouveaux utilisateurs dans les 24 heures. Ensuite, tout ce dont un utilisateur a besoin pour accéder à GEE de n'importe où dans le monde est une connexion Internet.

Les données dans GEE peuvent être analysées de deux manières: - 1) via l'API Javascript de l'éditeur de code GEE, ou - 2) via l'API Python, geemap, accessible via n'importe quel environnement Python, tel que les notebooks Jupyter.

#### 2.2.1 GEE Code editor

`code.earthengine.google.com` est l'éditeur de code qui utilise JavaScript pour accéder, transformer, analyser, visualiser et gérer les données satellites dans GEE.