

Secondaire  
**14-16**



Dossier pédagogique

# PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

Guide de l'enseignant  
et fiches d'activités pour les élèves



<b>PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE : Vue d'ensemble .....</b>	<b>4</b>
<b>En résumé .....</b>	<b>4</b>
<b>Brève description.....</b>	<b>4</b>
<b>Objectifs d'apprentissage.....</b>	<b>4</b>
<b>Résumé des activités .....</b>	<b>6</b>
<b>Notes pratiques pour les professeurs .....</b>	<b>7</b>
<b>Santé et sécurité .....</b>	<b>7</b>
<b>L'application web « Climate from Space ».....</b>	<b>8</b>
<b>Surveillance de la Terre depuis l'espace : informations générales .....</b>	<b>9</b>
<b>Observation de la Terre et télédétection.....</b>	<b>9</b>
<b>L'avantage du satellite .....</b>	<b>9</b>
<b>L'observation de la Terre pour le climat.....</b>	<b>9</b>
<b>Activité n° 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE .....</b>	<b>11</b>
<b>Activité n° 2 : QUE PEUT-ON VOIR DEPUIS L'ESPACE ? .....</b>	<b>14</b>
<b>Activité n° 3 : EL NIÑO ET LA NIÑA .....</b>	<b>18</b>
<b>Feuille d'activité n° 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE.....</b>	<b>21</b>
<b>Feuille d'activité n° 2 : QUE PEUT-ON VOIR DEPUIS L'ESPACE ? .....</b>	<b>23</b>
<b>Feuille d'activité n° 3 : EL NIÑO ET LA NIÑA.....</b>	<b>26</b>
<b>Fiche d'information 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE.....</b>	<b>28</b>
<b>Liens .....</b>	<b>31</b>
<b>Ressources.....</b>	<b>31</b>
<b>Projets spatiaux de l'ESA .....</b>	<b>31</b>
<b>Informations supplémentaires.....</b>	<b>31</b>

Dossier Pédagogique de l'Initiative sur le Changement Climatique (CCI) -  
PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE (niveau secondaire supérieur)  
<https://climate.esa.int/fr/education/>

Concepts d'activité développés par l'Université de Twente (NL) et le  
Centre national d'observation de la Terre (UK).

Le Bureau du climat de l'ESA accueille les réactions et les commentaires  
<https://climate.esa.int/fr/helpdesk/>

Produit par le bureau climatique de l'ESA

Copyright © Agence spatiale européenne 2020-2021

# PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE : Vue d'ensemble

## En résumé

**Sujet(s) :** Géographie, Science, Science de la Terre

**Tranche d'âge :** 14-16 ans

**Type :** activités de mathématiques, d'informatiques et de recherche

**Complexité :** moyenne à avancée

**Temps de cours requis :** 4 heures

**Coût :** faible (5-20 euros)

**Lieu :** en intérieur

**Comprend l'utilisation de :** Internet, smartphone/appareil photo, calculatrice

**Mots clés :** télédétection, plateforme, capteur, satellite, orbite, géostationnaire, polaire, héliosynchrone, empreinte, résolution, spatiale, temporelle.

## Brève description

Dans cette série d'activités, les élèves découvriront comment les données sont collectées par les capteurs d'un satellite, et comment son orbite affecte les détails qui peuvent être obtenus.

Une activité basée sur un texte, introduit le concept de télédétection, et examine comment des capteurs et des satellites ayant des orbites différentes, peuvent être coordonnés.

Cette activité est suivie d'un travail mathématique, étudiant les paramètres qui permettent de modifier la quantité de détails visibles sur une image satellite.

Dans la dernière activité, les élèves utilisent l'application web « Climate from Space », afin d'étudier l'évolution d'une série de variables climatiques pendant les événements El Niño et La Niña.

## Objectifs d'apprentissage

**Travailler sur ces activités apportera aux élèves les capacités suivantes :**

Connaître la liste des principaux composants d'un système de télédétection.

Décrire les avantages et les inconvénients, relatifs aux différentes orbites de satellites utilisés pour la surveillance de la Terre et de son climat.

Créer une infographie pour faire connaître la recherche de manière attrayante.

Analyser une image numérique pour déterminer sa résolution.

Comprendre comment les capteurs sont adaptés afin d'être utilisés sur des satellites.

Proposer les raisons expliquant les différences de résolution, des données recueillies par les différents instruments.

Utiliser les données climatiques pour identifier les événements El Niño et La Niña.

Expliquer comment ces événements peuvent avoir des effets mondiaux, et étudier l'impact humain et sociétal de l'un de ces effets.

## Résumé des activités

	Titre	Description	Résultat	Notions pré-requises	Durée
1	Prendre le pouls de la planète	Lecture et recherches sur les orbites appliquées aux satellites de télédétection	Connaître la liste des principaux composants d'un système de télédétection. Décrire les avantages et les inconvénients, relatifs aux différentes orbites de satellites utilisés pour la surveillance de la Terre et de son climat. Créer une infographie pour faire connaître la recherche de manière attrayante.	Aucune	1½ heures
2	Que peut-on voir depuis l'espace ?	Exploration de l'empreinte et de la résolution des images, en utilisant une caméra et l'application web « Climate from Space ».	Analyser une image numérique pour déterminer sa résolution. Comprendre comment les capteurs sont adaptés afin d'être utilisés sur des satellites. Proposer les raisons expliquant les différences de résolution, des données recueillies par les différents instruments.	Calculs utilisant la proportionnalité directe, unités SI	1 heure
3	El Niño et La Niña	Utilisation de données satellites pour explorer un cycle climatique	Utiliser les données climatiques pour identifier les événements El Niño et La Niña. Expliquer comment ces événements peuvent avoir des effets mondiaux, et étudier l'impact humain et sociétal de l'un de ces effets.	Aucune	1½ heures

Les temps indiqués dans le tableau récapitulatif sont pour les exercices principaux, ils supposent un accès complet à l'informatique, et/ou une distribution des calculs répétitifs et des graphiques à la classe. Ils comprennent le temps nécessaire à la mise en commun des résultats, mais pas la présentation des résultats. Cette étape pourra en effet varier en fonction de l'effectif de la classe et des groupes. Enfin, d'autres approches peuvent prendre plus de temps.

## Notes pratiques pour les professeurs

En début de section, le **matériel requis pour** chaque activité est indiqué, ainsi que des notes sur les éventuelles préparations nécessaires, en plus des photocopies des fiches d'activités et des fiches d'information.

Les **fiches d'activités** sont à usage unique et peuvent être photocopiées en noir et blanc.

Les **fiches d'informations** peuvent contenir : des images plus grandes afin de pouvoir les insérer dans des présentations en classe, des informations supplémentaires pour les élèves, ou des données avec lesquelles ils pourront travailler. Ces documents sont réutilisables, il est donc préférable de les imprimer ou de les copier en couleur.

Les **feuilles de calculs, tableaux de données ou documents supplémentaires** nécessaires à l'activité peuvent être téléchargés sur le lien suivant :

<https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/>

Des idées **pour aller plus loin** et des suggestions de **variation** sont incluses dans la description de chaque activité.

Pour les activités pratiques, les réponses aux feuilles d'activités et les résultats des exemples sont inclus afin d'aider à l'**évaluation**. Des critères pour aider le professeur à évaluer les compétences essentielles, telles que la communication ou le traitement des données, sont indiquées dans la partie correspondante de la description de l'activité.

### Santé et sécurité

Dans toutes les activités, nous avons supposé que les consignes de sécurité habituelles continueront d'être suivies, concernant l'utilisation des équipements de base (les appareils électriques comme les ordinateurs), les mouvements dans la salle de classe, les déplacements et les renversements, les premiers secours, etc... Comme la nécessité de ces procédures est universelle mais que les détails de leur mise en œuvre varient considérablement, nous ne les avons pas détaillées à chaque fois. Au lieu de cela, nous avons mis en évidence les dangers propres à une activité pratique donnée, afin d'éclairer l'évaluation des risques.

Certaines de ces activités utilisent l'application web « Climate from Space » ou d'autres sites web interactifs. Il est possible de naviguer à partir de ces sites vers d'autres parties du site Web de l'ESA « Climate Change Initiative » ou de l'organisation hôte, puis vers des sites Web externes. Si on ne peut pas - ou on ne souhaite pas - limiter les pages que les élèves peuvent consulter, on pourra leur rappeler les règles de sécurité de l'établissement sur Internet.

## L'application web « Climate from Space »

Les satellites de l'ESA jouent un rôle important dans la surveillance du changement climatique. L'application web « Climate from Space » ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)) est une ressource en ligne qui utilise des articles ou « stories » illustrées pour résumer certaines des façons dont notre planète change et mettre en évidence le travail des scientifiques de l'ESA.

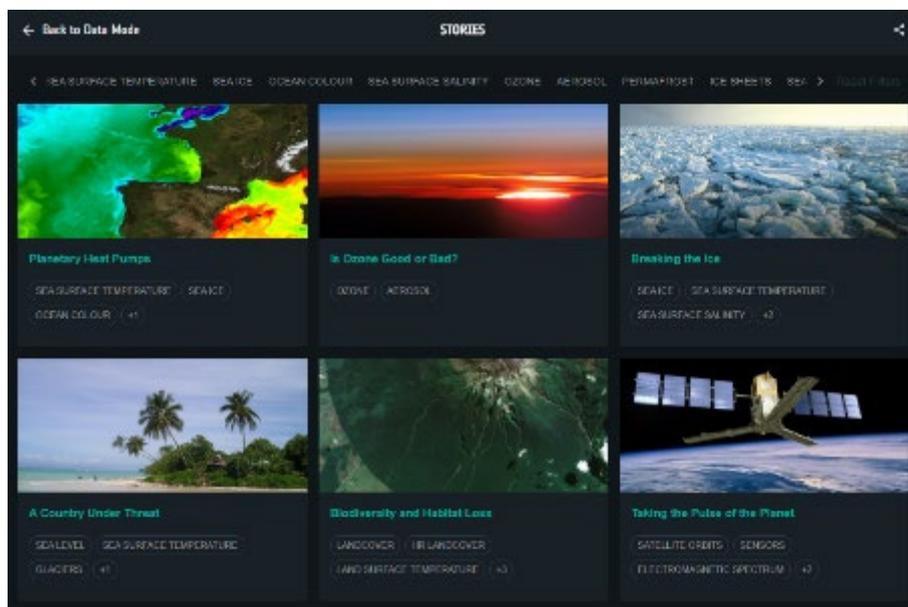


Figure n° 1: Articles ou « Stories » de l'application web « Climate from Space » (Source : ESA CCI)

Le programme « Climate Change Initiative » de l'ESA produit des enregistrements mondiaux fiables de certains aspects clés du climat, appelés variables climatiques essentielles (VCE). L'application web "Climate from Space" vous permet d'en savoir plus sur les impacts du changement climatique en observant ces données par vous-même.

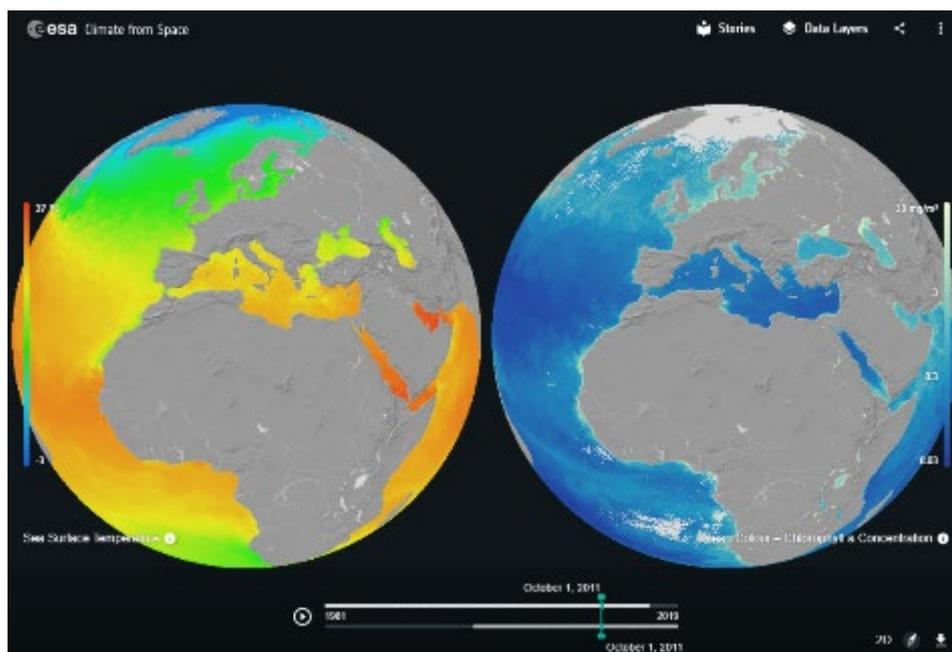


Figure n° 2: Comparaison des températures de surface des eaux et de la couleur de l'océan dans l'application web "Climate from Space" (Source : ESA CCI)

# Surveillance de la Terre depuis l'espace : informations générales

## Observation de la Terre et télédétection

L'observation est la méthode utilisée pour collecter des données concernant la Terre. En Europe notamment, ce terme est souvent utilisé pour désigner la collecte de mesures à l'aide de capteurs installés sur des satellites. Un autre terme souvent utilisé pour désigner cette collecte de données est la "télédétection", qui consiste à prendre des mesures à distance. Les scientifiques qui observent la Terre, utilisent également les données recueillies par des instruments au sol, sur (ou dans) les océans, et dans l'atmosphère, afin de calibrer les capteurs des satellites et de vérifier leur bon fonctionnement.

## L'avantage du satellite

L'observation de la Terre est principalement utilisée pour surveiller le climat. L'espace est donc le point d'observation idéal pour collecter des données : il faudrait une armée d'observateurs au sol pour obtenir toutes les informations contenues dans une seule image satellite. Les instruments spatiaux peuvent également recueillir des données dans des endroits éloignés ou inaccessibles, comme les régions polaires ou le milieu de l'océan. Un autre avantage des satellites, est qu'ils peuvent effectuer des mesures à intervalles réguliers, sur une période de plusieurs années. Grâce aux mesures superposées de plusieurs familles d'instruments satellites, nous disposons désormais d'enregistrements détaillés, couvrant des décennies, pour de nombreux aspects clés du climat, que les scientifiques et les décideurs appellent les Variables Climatiques Essentielles (VCE).

Les deux premières activités de ce dossier, portent sur la vue qu'offre un satellite, en explorant les types d'orbites disponibles, et en examinant la relation entre l'altitude et le niveau de détail que les capteurs peuvent fournir. Les orbites sont décrites sur la fiche d'information n° 1. La fiche d'activité n° 2.1 guide les élèves dans la résolution des calculs, à l'aide de mathématiques simples et des données d'un smartphone. Les notes du professeur pour l'activité argumentent la discussion en comparant cette situation théorique avec les capteurs en orbite, nous n'avons donc pas inclus ici de détails supplémentaires.

## L'observation de la Terre pour le climat

Notre climat est le produit de variables en interaction, qui créent des cycles naturels d'une journée, une année, des décennies ou des milliers d'années. Nous étudions les VCE afin de comprendre comment elles changent, interagissent, et contribuent à ces cycles. Les données d'observation de la Terre provenant des satellites, apportent une contribution majeure à notre compréhension des processus à l'origine des changements climatiques. Elles sont utilisées pour modéliser le climat, afin de nous aider à évaluer les changements futurs, et l'impact éventuel des mesures que nous pourrions prendre pour en atténuer les effets.

La dernière activité de ce dossier, donne aux élèves l'occasion d'explorer la complexité du climat, en utilisant des données satellites réelles pour étudier l'un de ces cycles naturels : les événements El Niño et La Niña, qui se produisent dans le

Pacifique Sud. Si vous ne savez pas comment ces phénomènes se produisent, consultez l'animation mentionnée dans les notes de l'activité - elle est bien plus facile à comprendre qu'un texte statique !

Vous trouverez des activités centrées sur les capteurs utilisés sur les plates-formes satellites, dans le pack d'accompagnement *Taking the Pulse of the Planet (Lower Secondary)*, également disponible sur <https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/>.

## Activité n° 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

Dans cette activité de compréhension, les élèves sont initiés au concept de télédétection, et étudient l'utilisation de satellites sur différentes orbites, pour surveiller les composants du système climatique de la Terre. Les lecteurs expérimentés peuvent réaliser cette activité comme un exercice autonome à la maison, et le travail de recherche final peut être effectué individuellement ou par binômes/groupes.

### Matériel

- Fiche d'information n° 1 (2 pages)
- Fiche d'activité n° 1
- Application web Climate from Space : Article « *Prendre le pouls de la planète* » (facultatif)
- Accès à Internet

### Exercice

1. Lire la fiche d'information n° 1 en classe ou demander aux élèves de la lire individuellement ou en groupe. Au fur et à mesure de leur lecture, les élèves doivent noter les questions qu'ils souhaitent poser, et remplir la section " Types d'orbite " de la fiche d'activité n° 1.
  - On trouvera une version animée de l'image finale sur la fiche d'information à l'adresse [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/11/Sentinel-6\\_orbit/\(lang\)](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/11/Sentinel-6_orbit/(lang)).
  - On pourra compléter le texte avec des éléments tirés de l'article Climate from Space - *Prendre le pouls de la planète*, en particulier les galeries de la diapositive n° 2 (qui montre une série d'images historiques de la Terre depuis l'espace, dont l'image de la bille bleue) et de la diapositive n° 3 (qui montre une sélection de satellites, et la manière dont ils communiquent avec le sol).
2. Vérifier les réponses à la question "Types d'orbite" avec la classe, et discuter de toute question découlant de la lecture. Les élèves qui font cet exercice à la maison peuvent également se référer à l'article de l'ESA sur les types d'orbite : [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits).
3. Demander aux élèves de répondre aux questions restantes de la fiche d'activité.
  - Si ils ont du mal à penser à des applications, les renvoyer à tout travail qu'ils ont réalisé à l'aide d'enregistreurs de données, les inviter à réfléchir à la façon dont les drones pourraient être utilisés, et à la façon dont les migrations animales sont suivies.
  - La description des satellites Sentinel de Copernicus à l'adresse [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/The\\_Sentinel\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/The_Sentinel_missions) et la liste complète des observations de la Terre de l'ESA à l'adresse [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Highlights/Earth\\_observation\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Highlights/Earth_observation_missions) constituent de bons points de départ pour cette recherche.
  - On pourra attribuer des satellites à étudier ou permettre aux élèves d'en choisir un qui les intéresse.

- De même, on pourra imposer des dimensions spécifiques à l'œuvre achevée et/ou permettre aux élèves d'inclure des éléments interactifs.



Figure n° 3 : Exemple d'infographie (Source : ESA)

- On pourra montrer aux élèves l'infographie de la figure n° 3 à titre d'exemple. Une version haute résolution peut être téléchargée sur [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2020/09/Six\\_key\\_facts\\_about\\_Copernicus\\_Sentinel-6#.X8T7Fd3QZQY.link](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/09/Six_key_facts_about_Copernicus_Sentinel-6#.X8T7Fd3QZQY.link).
4. Les étudiants pourraient se présenter les résultats de leurs recherches les uns aux autres lors d'une session d'affichage, en évaluant entre eux les infographies, selon des critères convenus au préalable.

## Réponses de la fiche d'activité

### Types d'orbite

1	Voir toujours le même hémisphère du globe terrestre	GEO
2	Passer au-dessus de la plupart des endroits sur Terre	LEO
3	Peut prendre de nombreuses photos d'un même endroit chaque jour	GEO
4	Produire des images détaillées	LEO
5	Sont utilisés pour la télédétection	GEO/LEO
6	Aide à la surveillance de la couverture terrestre	LEO
7	Permettre les prévisions météorologiques	GEO

Les réponses ci-dessus correspondent aux informations données dans l'article de la fiche d'information n° 1 mais les données des satellites LEO peuvent être utilisées pour préciser les prévisions météorologiques locales.

## Téledétection

Il existe de nombreuses réponses possibles, mais quelques exemples sont donnés ci-dessous :

<b>Capteur</b>	<b>Plate-forme</b>	<b>Application</b>
Caméra vidéo	Drone	Surveillance du trafic
Moniteur de fréquence cardiaque	Bracelet	Entraînement en athlétisme
Capteur GPS	Étiquette	Suivre la migration des oiseaux
Détecteur de mouvement	Bouée	Hauteur des vagues/conditions
Capteur de température	Mur	Station météo

## Pour en savoir plus

Réponses individuelles.

## Activité n° 2 : QUE PEUT-ON VOIR DEPUIS L'ESPACE ?

Cette activité invite les élèves à réfléchir aux facteurs qui influent sur le niveau de détail possible des données recueillies depuis l'espace. Les calculs basés sur les informations d'une image numérique prise en classe avec un simple appareil photo, permettent aux élèves de réviser les notions mathématiques sur les triangles et la proportionnalité. L'étude des interactions entre les ensembles de données de l'application web Climate from Space présente le large éventail de VCE qui peuvent être mesurés depuis l'espace.

### Matériel

- La fiche d'activité n° 2 (2 pages)
- Une règle d'un mètre ou un mètre ruban
- Un smartphone ou un appareil photo numérique
- Une calculatrice
- Un logiciel de traitement d'images avec lequel les élèves sont familiers
- L'application web Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int))

### Préparation

Aller sur la collection d'images hebdomadaires d'observation de la Terre de l'ESA ([esa.int/ESA Multimedia/Sets/Earth\\_observation\\_image\\_of\\_the\\_week/\(result\\_type\)/images](https://esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_observation_image_of_the_week/(result_type)/images)) et télécharger une image pour introduire la leçon. On pourra choisir l'image la plus récente ou une image liée à votre lieu de résidence ou à d'autres travaux réalisés par les élèves.

### Exercice

1. Montrer aux élèves l'image d'une partie de la Terre vue de l'espace et discuter de ce qu'elle montre. Est-il facile de déterminer son échelle ? Y a-t-il des détails particuliers qui peuvent nous y aider ? Comment ? Quelle est la plus petite caractéristique que les élèves pensent être visible sur l'image ?
2. Expliquer que les images satellites sont plus utiles si nous en connaissons l'échelle et la résolution - la distance au sol correspondant à la longueur d'un pixel dans l'image - et demander aux élèves de travailler sur les instructions et les questions de la fiche d'activité n° 2. Les élèves devront utiliser les informations sur les altitudes d'orbite des satellites de l'activité précédente, et devront faire attention aux unités.  
La question n° 13 est facultative.

## Réponses aux fiches d'activités et exemples de résultats

### Quelle taille de photo peut prendre votre appareil ?

Les réponses aux questions n° 1, 2 et 4 ci-dessous sont des exemples de résultats obtenus avec l'appareil photo d'un simple smartphone. On pourra donner ces réponses aux élèves qui ne sont pas en mesure de réaliser eux-mêmes l'exercice pratique.

Les réponses aux questions n° 3, 5 et 6 sont basées sur les données de l'échantillon et ne sont donc indiquées qu'à titre indicatif : les propositions des élèves doivent correspondre aux chiffres qu'ils obtiennent dans leurs calculs.

1. 1,25m
2. 1,5 m
3. a) L'empreinte est de 250 m, l'objet pourrait donc être, par exemple, une piste de course.  
b) 8330 m - une petite ville  
c) 333 km - environ la distance entre Londres et Paris  
d) 583 km - d'Amsterdam à Berlin

### Que peut voir votre appareil photo ?

4. 2560 pixels
5.  $4,88 \times 10^{-4}$  m/pixel (c'est-à-dire environ 0,5 mm/pixel)
6. a) La résolution étant de 9,76 cm, l'objet pourrait être, par exemple, un pointillé de marquage des voies d'une route.  
b) 3,26 m - voitures  
c) 130 m - grands bâtiments comme des usines  
d) 228 m - champs

### Appareils photo dans l'espace

7. En principe, oui et absolument s'il s'agit d'un appareil photo " correct " : les appareils photo utilisés par les astronautes de l'ISS ne sont pas différents de ceux utilisés sur Terre.

En pratique, les élèves peuvent penser à plusieurs limitations. Il s'agit notamment de :

- L'appareil photo d'un téléphone placé sur une plate-forme en mouvement rapide, peut avoir une vitesse d'obturation pas assez rapide pour éviter le flou.
- Un capteur bon marché peut ne pas collecter suffisamment de lumière pour produire une image claire.
- De grandes différences de contraste peuvent affecter les temps d'exposition automatiques, conduisant à des images sombres ou trop claires.
- Les défauts de l'optique peuvent être renforcés, ce qui entraîne des aberrations sur les bords de l'image, par exemple.
- L'exposition au rayonnement cosmique peut entraîner des traces sur les images et des pixels "morts".

En outre, certains élèves peuvent savoir que les capteurs de certains satellites sont sensibles à des régions du spectre électromagnétique différentes de celles détectées par les capteurs photos traditionnels.

8. Les élèves peuvent mentionner :

- La structure doit pouvoir résister aux conditions extrêmes du décollage.

- Toutes les cavités remplies d'air doivent être bien scellées car le satellite sera dans le vide.
- Tous les composants doivent fonctionner dans la large gamme de températures de l'orbite terrestre basse – d'environ 120°C en plein soleil à -150°C dans l'ombre de la Terre.
- Tout réglage de la mise au point, de l'ouverture, de la vitesse d'obturation, etc. doit pouvoir être réalisé à distance.
- De même, l'appareil photo doit inclure un transmetteur de données plutôt qu'une carte mémoire.

## Mesurer d'autres quantités

9. La fréquence des prises de vue - les élèves qui ne sont pas en mesure de répondre à cette question doivent être invités à passer à la suivante et à y revenir après avoir examiné certaines séries de données de l'application web Climate from Space.
10. 4 km, mensuel
11. La résolution des capteurs utilisés peut être différente.  
Les élèves peuvent également remarquer que nous disposons de données mensuelles ou annuelles provenant de satellites qui, d'après les informations de l'activité précédente, collectent des données tous les dix jours environ. Les données peuvent être moyennées sur une zone (de la même manière qu'elles sont moyennées dans le temps) pour obtenir des mesures plus fiables.
12. La couverture nuageuse affectera de nombreuses mesures.  
Le type de couverture du sol peut également en affecter d'autres : par exemple, il n'est pas possible d'obtenir des mesures de l'humidité du sol pour les zones densément boisées, en utilisant les mêmes techniques que pour les prairies.

## Défi

13. a) La distance est de  $0,25 \times 2 \times \pi \times 6400 \div 360$  dans chaque direction donc environ  $27,9 \text{ km} \times 27,9 \text{ km}$ .
- b) La taille du pixel dans la direction nord-sud reste la même mais la distance est-ouest diminue à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur.  
Un cercle autour de la Terre à la latitude  $\theta$  a un rayon de  $6400 \times \cos \theta$  km.  
À  $40^\circ$  N, un pixel de  $0,25^\circ$  serait d'environ  $21,2 \text{ km} \times 27,9 \text{ km}$ .

## Activité n° 3 : EL NIÑO ET LA NIÑA

Dans cette activité, les élèves explorent plus en détail certaines séries de données de l'application web *Climate from Space* afin de mieux comprendre les événements El Niño et La Niña et d'étudier leur impact.

### Matériel

- Fiche d'activité n° 3 (2 pages)
- Accès à Internet
- Application web *Climate from Space* ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int))

### Exercice

1. Demander aux élèves pourquoi les météorologues et les climatologues donnent des fourchettes et des probabilités plutôt que des prédictions fixes. Evoquer les notions de variabilité naturelle, la complexité du système climatique de la Terre, et l'existence de cycles naturels de différentes durées (quotidienne, saisonnière, pluriannuelle) à prendre en compte. Dans cette leçon, les élèves vont voir comment les observations par satellite, nous aident à surveiller un de ces cycles et ses impacts.
2. Demander aux élèves de lire les instructions du premier point de la fiche d'activité n° 3.1.
3. Visionner le début (jusqu'à 2:05 minutes) de l'animation El Niño et La Niña de l'ESA, et demander aux élèves de l'utiliser pour réaliser le premier point. On pourra également leur demander de donner la séquence correcte des lettres dans chaque case. L'animation se trouve sur la diapositive n° 7 de l'article de l'application web *Climate from Space* – « *Pompes à chaleur planétaires* » ou sur le site Web de l'ESA à l'adresse [http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2018/12/El\\_Nino\\_and\\_La\\_Nina](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/12/El_Nino_and_La_Nina).
4. Vérifier les réponses en classe avant de demander aux élèves d'étudier les données disponibles dans l'application web *Climate from Space*, comme décrit sur la fiche de travail. Ils peuvent le faire individuellement, en binômes ou en petits groupes, selon les besoins de la classe.  
On pourra donner des informations supplémentaires sur certaines séries de données disponibles, par exemple en définissant le terme " anomalie " comme la différence par rapport à la valeur habituelle ou moyenne.
5. Les élèves peuvent : soit passer directement à l'utilisation de l'application Web pour essayer d'identifier les événements El Niño et La Niña, soit partager d'abord leurs idées sur la façon dont chaque type d'événement apparaîtrait dans des séries de données.
6. Une fois que les élèves ont eu le temps de voir s'ils peuvent identifier les événements, visionner le reste de l'animation. Cela leur donnera l'occasion de vérifier leurs réponses tout en leur fournissant des éléments à utiliser pour

commencer la carte mentale du premier point de la section "Effets d'El Niño et de La Niña" de la fiche d'activité n° 3.2.

7. La recherche détaillée et/ou la production d'un podcast pourrait faire partie des devoirs à la maison. Les élèves n'ayant pas accès au web pourraient noter leurs idées et les enregistrer ensuite en classe, écrire un script ou présenter leurs résultats sous un autre format.

On pourrait utiliser les fichiers audio pour évaluer la compréhension de ce phénomène par les élèves, ou bien pour évaluer les élèves, ou encore pour que les élèves évaluent entre eux leurs compétences en communication scientifique, en fonction des critères déjà utilisés couramment ou encore de critères convenus avec eux préalablement.

## Réponses de la fiche d'activité

### Quelles sont les causes d'El Niño et de La Niña ?

Année normale	<b>G E B</b>
El Niño	<b>H I D</b> (aussi B et, si les alizés ne se sont pas inversés, G E)
La Niña	<b>F C A</b> (aussi G E B)

### El Niño et La Niña vus de l'espace

Le tableau ci-dessous ne présente que les éléments suggérés par la vidéo. Les élèves peuvent en ajouter d'autres, notamment s'ils ont déjà une bonne connaissance du sujet.

Séries de données	El Niño	La Niña
Température de surface des eaux	Des eaux plus chauds sur la côte Pacifique de l'Amérique centrale/du Sud, une bande d'eau chaude à travers le Pacifique.	Un panache d'eau plus froide provenant d'Amérique centrale et du Sud et traversant le Pacifique.
Couleur de l'océan	Faibles concentrations de chlorophylle, ou étendue plus étroite du phytoplancton dans cette région.	Concentrations élevées de chlorophylle sur la côte Pacifique de l'Amérique.
Niveau des eaux	Niveaux des eaux plus élevés que d'habitude (anomalies positives/couleur rouge) dans le Pacifique.	Une ceinture d'océan dont le niveau des eaux est inférieur à la moyenne (anomalies négatives, en bleu).
Nuage	Ceinture de nuages au-dessus de la bande d'eau chaude	Plus des nuages au-dessus de l'Australie/l'Indonésie

## Identifier El Niño et La Niña

Les événements classés comme modérés, forts ou très forts à partir de 1990, par ordre décroissant de force :

El Niño : 2015-16, 1997-98, 1991-92, 2009-10, 2002-03, 1994-95

La Niña : 2010-11, 1999-2000, 2007-08, 1998-99, 2011-12, 1995-96

## Effets d'El Niño et de La Niña

Réponses individuelles.

Les élèves peuvent étudier les pêcheries d'Amérique du Sud, les sécheresses, les inondations ou les incendies en Australie, ou des effets plus lointains (voir animation vidéo).

## Feuille d'activité n° 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

### Types d'orbite

Les affirmations ci-dessous s'appliquent-elles aux satellites en orbite équatoriale géosynchrone (GEO), à ceux en orbite terrestre basse géosynchrone (LEO), ou aux deux ? Utiliser les idées de la fiche d'information n° 1 pour vous aider à décider.

1. Toujours regarder le même hémisphère du globe \_\_\_\_\_
2. Survoler la plupart des endroits de la Terre \_\_\_\_\_
3. Pouvoir prendre de nombreuses photos du même endroit chaque jour \_\_\_\_\_
4. Réaliser des images détaillées \_\_\_\_\_
5. Utiliser pour la télédétection \_\_\_\_\_
6. Aider au suivi de la couverture du sol \_\_\_\_\_
7. Permettre des prévisions météorologiques \_\_\_\_\_

### Télédétection

L'article de la fiche d'information n° 1, porte sur l'utilisation de capteurs embarqués sur des satellites, afin d'observer le climat de la Terre. Cependant, d'autres combinaisons de capteurs et de plate-formes, peuvent être utilisées pour surveiller une grande variété de choses.

A combien d'entre elles pensez-vous ? Inscrire quelques idées dans le tableau ci-dessous.

Capteur	Plate-forme	Application

### Recherche par satellite

Faire une recherche sur un satellite d'observation de la Terre nommé, et produire une infographie à son sujet. Votre infographie devra inclure :

- une image ou un dessin du satellite,
- l'orbite sur laquelle se déplace le satellite,
- ce que le(s) capteur(s) du satellite détecte(nt) et/ou sert(servent) à mesurer,
- qui exploite le satellite et le but de la mission,
- la date de lancement du satellite et sa durée de vie (prévue),
- d'autres satellites effectuant des travaux connexes à ceux de celui-ci.

On pourra inclure toute autre information, à condition que l'infographie reste attrayante et facile à lire.

## Feuille d'activité n° 2 : QUE PEUT-ON VOIR DEPUIS L'ESPACE ?

### Quelle taille de photo peut prendre votre appareil ?

1. Choisir un panneau d'affichage ou une fenêtre. Quelle est sa largeur ?

\_\_\_\_\_

2. A quelle distance doit-on se placer pour le photographe entièrement ?

\_\_\_\_\_

Prendre la photo.

La taille de l'objet dans l'image correspond à l'**empreinte** de l'appareil photo à cette distance.

3. Utiliser ces mesures pour vous aider à déterminer ce que vous pourriez photographier si vous utilisiez le même appareil photo et les mêmes réglages, mais en le fixant sur :

- a) un drone volant à 300 m au-dessus du sol \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- b) un avion à 10 000 m \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- c) la station spatiale internationale (ISS) à 400 km \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- d) un satellite en orbite terrestre basse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Que peut voir votre capteur ?

Sauvegarder la photo que vous avez prise, puis l'ouvrir dans un logiciel de traitement d'images.

4. Quelle est la largeur de l'image en pixels ? \_\_\_\_\_

5. Utiliser les réponses aux questions n° 1 et 4 pour trouver l'échelle de votre image en m/pixel. \_\_\_\_\_

6. Déterminer maintenant le plus petit objet que le capteur pourrait voir si il était fixé :

- a) sur un drone \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- b) sur un avion

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- c) sur la Station Spatiale Internationale \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

d) sur un satellite en orbite terrestre basse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Capteur dans l'espace

7. Pensez-vous que vous seriez vraiment capable de voir aussi loin et de distinguer ces détails si votre capteur se trouvait à ces endroits ? Pourquoi ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. D'après vous, qu'est-ce qui pourrait être différent dans les capteurs utilisés par les satellites ?  
Quel effet cela aurait-il sur les images qu'ils produisent ?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Mesurer d'autres quantités

L'échelle de l'image en m/pixel est appelée **résolution spatiale**. Si nous utilisons des images satellites pour surveiller les changements, la **résolution temporelle** est également importante.

9. Que signifie, selon vous, la "résolution temporelle" ? \_\_\_\_\_

Ouvrir l'application web Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Cliquer sur le symbole des couches de données (en haut à droite) puis choisir dans la liste l'élément « Couleur de l'océan ».

Cliquer sur le bouton **i** à côté du titre de la visualisation (en bas à gauche).

10. Quelles sont les résolutions spatiales et temporelles de ces données ?

\_\_\_\_\_

11. Explorer la résolution spatiale et temporelle de certaines des autres séries de données.

Pourquoi pensez-vous qu'il y a des différences ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12. En examinant les données, vous avez peut-être remarqué qu'il y a des endroits où la carte de base (grise) transparaît, parce qu'il n'y a pas de données. A votre avis, pourquoi cela se produit-il parfois ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Défi

13. Pour certaines quantités, la résolution spatiale est exprimée en degrés plutôt qu'en mètres.

Le rayon de la Terre étant de 6400 km, à quelle taille de pixel correspond une résolution spatiale de  $0,25^\circ$  :

a) à l'équateur ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) où vous habitez ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Feuille d'activité n° 3 : EL NIÑO ET LA NIÑA

### Quelles sont les causes d'El Niño et de La Niña ?

Les énoncés A à I décrivent le mouvement de l'eau et de l'air dans l'océan Pacifique tropical.

Certains décrivent une année normale, d'autres un événement El Niño, et d'autres encore un événement La Niña.

Inscrire la lettre correspondant à chaque affirmation dans la ligne ou les lignes correspondante du tableau.

- A. Une langue d'eau froide se déplace d'est en ouest à la surface de l'océan.
- B. L'eau froide et riche en nutriments, remonte des profondeurs de l'océan, le long de la côte de l'Amérique central et du Sud.
- C. Dans le Pacifique oriental, l'eau froide monte plus rapidement que lors d'une année normale.
- D. Il y a une augmentation de la couverture nuageuse dans le Pacifique.
- E. Cela pousse les eaux chaudes de surface vers l'Australie.
- F. Les vents alizés sont plus forts que d'habitude.
- G. Les vents alizés soufflent d'est en ouest.
- H. Les vents alizés faiblissent ou même s'inversent.
- I. L'eau chaude s'accumule près des Amériques.

<b>Année normale</b>	
<b>El Niño</b>	
<b>La Niña</b>	

### El Niño et La Niña vus de l'espace

Ouvrir l'application web Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Cliquer sur le symbole des couches de données (en haut à droite) et regarder la liste des options proposées.

1. Selon vous, quelles options montreront des changements pendant El Niño et/ou La Niña ?
2. Quels sont les modèles ou les tendances que vous vous attendez à voir dans chaque cas ?

Inscrire vos réflexions dans le tableau ci-dessous.

<b>Couche de données</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>

## Identifier El Niño et La Niña

Vérifier que vous comprenez comment les relevés de l'application web Climate from Space vous aident à observer de plus près des lieux ou des moments particuliers.

1. Explorer certaines ou toutes les couches de données dont vous pensez qu'elles doivent faire apparaître des changements.
2. Identifier un ou plusieurs événements El Niño et La Niña.
3. Inscrire ci-dessous les années où ils se sont produits. Si un événement s'étend sur des parties de deux années consécutives, l'indiquer sur les deux.

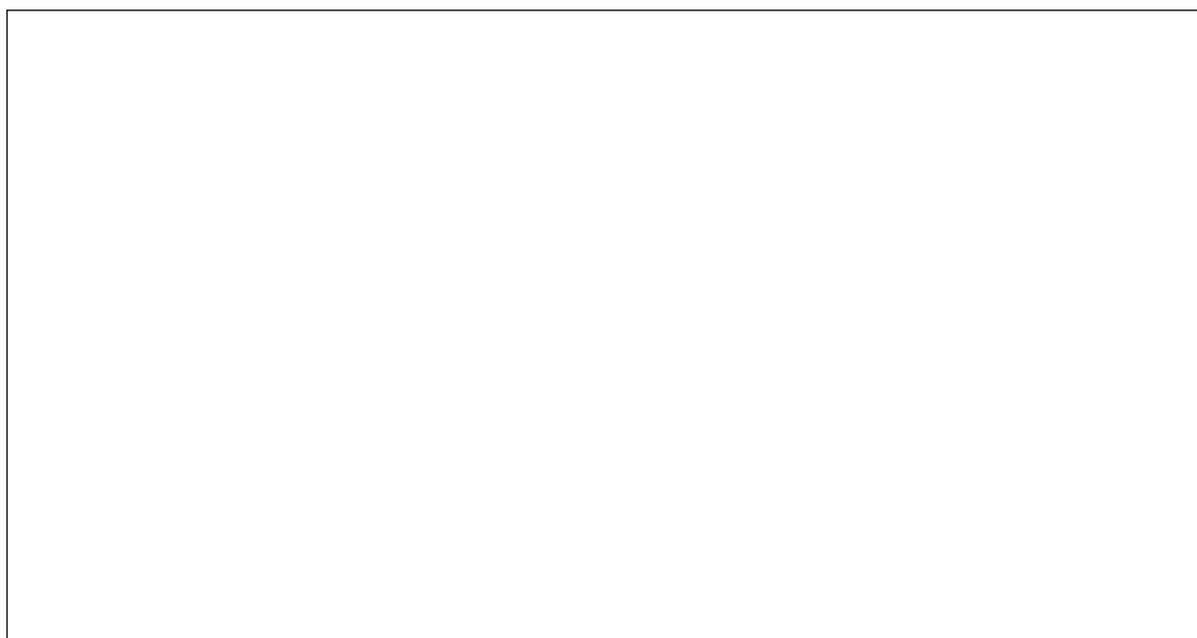
El Niño \_\_\_\_\_

La Niña \_\_\_\_\_

## Effets d'El Niño et de La Niña

El Niño et La Niña ne font pas que modifier le régime des précipitations dans l'océan Pacifique.

1. Effectuer quelques recherches rapides sur les effets de ces événements sur les pays et les communautés du monde entier. Dessiner une carte mentale (ou un schéma facile à mémoriser) pour montrer ce que vous découvrez.



2. Choisir l'un de ces effets et effectuer des recherches plus ciblées sur ses conséquences pendant ou après un événement El Niño ou La Niña particulier.
3. Enregistrer un reportage sur cet événement qui fera partie d'un podcast sur les cycles climatiques. Votre reportage devra :
  - être un fichier audio d'une durée maximale de trois minutes,
  - inclure une brève explication de ce qu'est El Niño et/ou La Niña,
  - expliquer comment l'événement climatique conduit à l'effet que vous décrivez,
  - décrire l'impact sur les personnes, l'environnement et/ou l'industrie.

## Fiche d'information 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE



La célèbre image "Blue Marble" de la Terre  
(Source : NASA)

La "bille bleue", est le nom donné à une photo de la planète Terre, prise par l'équipage d'Apollo 17. Il s'agit de l'une des photos les plus reproduites de tous les temps. L'eau bleue des mers et des océans domine l'image, mais en y regardant de plus près, on peut voir beaucoup plus : le sable jaune du Sahara, le vert foncé des forêts tropicales, le blanc des nuages au-dessus des océans et la glace et la neige qui recouvrent l'Antarctique. Des images similaires prises par des caméras sur des satellites en orbite autour de la Terre font désormais partie de notre vie quotidienne : elles apparaissent par exemple sur de

nombreuses prévisions météorologiques télévisées.

Les scientifiques utilisent le terme de **télé-détection** pour décrire l'observation d'objets à distance. Un système de télé-détection a besoin d'un **capteur** (dans l'exemple ci-dessus, il s'agit de la caméra) et d'une **plate-forme** (dans ce cas, le satellite). Les scientifiques de l'**observation de la Terre**, qui surveillent notre planète depuis l'espace, utilisent de nombreux types de capteurs, montés sur différents types de satellites, qu'ils combinent de diverses manières, en fonction de ce qu'ils veulent découvrir. Nous nous concentrons ici sur la manière dont le type de satellite, affecte les données que les instruments qui le composent peuvent collecter.

### Types d'orbite

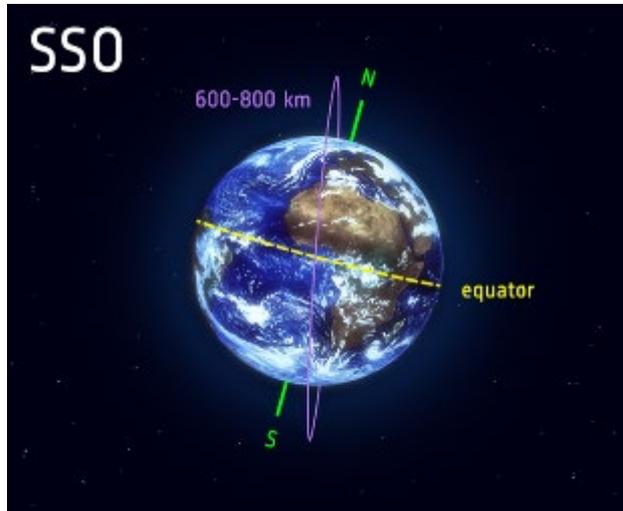


Une orbite équatoriale géosynchrone (GEO)  
(Source : ESA)

Un grand nombre des images utilisées dans les prévisions météorologiques proviennent d'instruments situés à environ 36 000 km au-dessus de la surface de la Terre. Les satellites qui les transportent se déplacent au même rythme que la rotation de la planète et se trouvent donc toujours au-dessus du même point du globe. Les satellites placés sur une telle **orbite équatoriale géosynchrone (GEO)** sont appelés **satellites géostationnaires**. Une orbite GEO permet à la caméra de prendre de

nombreuses photos du même endroit chaque jour, de sorte que les météorologues peuvent suivre l'évolution des systèmes météorologiques.

Tous les satellites ne sont pas géostationnaires. D'autres peuvent observer l'ensemble du globe en se déplaçant de pôle en pôle. Ces satellites à **orbite polaire** se trouvent sur une **orbite terrestre basse** (LEO) à une altitude d'environ 700 km. Les satellites à orbite polaire ne mettent qu'une centaine de minutes pour faire le tour du globe et leur trajectoire traverse l'équateur environ quatorze fois par jour.



Une orbite héliosynchrone (SSO) est un type particulier d'orbite terrestre basse (LEO)  
(Source : ESA).

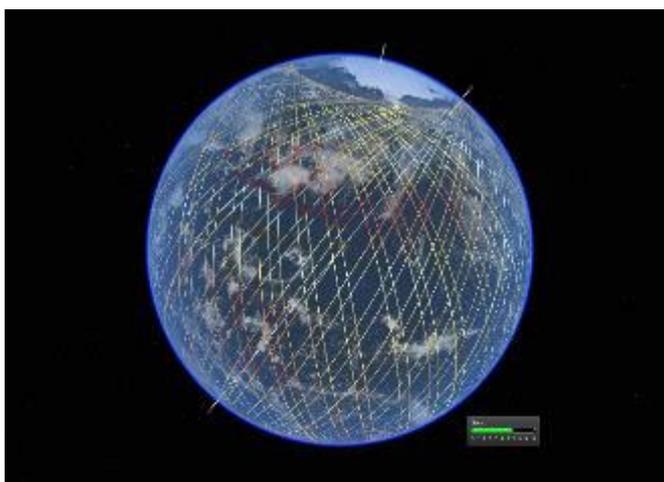
La plupart des satellites en orbite polaire suivent une trajectoire très spécifique appelée **orbite héliosynchrone** (SSO). Ils ne passent pas directement au-dessus des pôles, mais leur orbite est légèrement inclinée. Par conséquent, chaque fois qu'ils passent au-dessus d'un point particulier de l'équateur, l'heure locale est approximativement la même.

Pour la plupart des endroits sur Terre, les caméras à bord des satellites polaires héliosynchrones ne peuvent prendre qu'une seule photo par jour. Cependant, les images sont plus

détaillées que celles prises par les satellites géostationnaires car la caméra est beaucoup plus proche de la Terre. Un autre avantage de l'utilisation d'un SSO est que, comme toutes les images d'un certain endroit sont prises au même moment de la journée, les images ne sont pas affectées par les variations d'intensité et de direction de la lumière qui se produisent naturellement au cours d'une journée. Cela permet ainsi de voir les autres changements avec précision, ce qui est essentiel pour observer le climat, et mesurer des quantités connues sous le nom de Variables Climatiques Essentielles (VCE). Les VCE indiquent l'état de santé de notre planète, de la même manière que la prise de votre pouls peut renseigner un médecin sur votre état de santé.

## Utilisation des observations par satellite

L'Agence spatiale européenne, l'une des principales organisations spatiales au monde, collecte des données satellites depuis plus de quarante ans, la plupart à l'aide de satellites héliosynchrones en orbite polaire. Cette longue expérience est extrêmement précieuse. Elles nous permettent, par exemple, de voir les effets du réchauffement climatique sur notre planète, et sont particulièrement utiles pour montrer ce qui se passe dans les régions éloignées. C'est important car les océans inaccessibles, les montagnes, les forêts tropicales, les savanes et les régions polaires font partie des zones les plus vulnérables au changement climatique.



*Le satellite Copernicus Sentinel 6 met environ cent minutes pour effectuer une seule orbite, et "voit" ainsi 95% des océans libres de glace de la Terre au moins une fois tous les dix jours (Source : ESA).*

## Liens

### Ressources

Application web Climate from Space

<https://cfs.climate.esa.int>

Climat pour les écoles

<https://climate.esa.int/fr/education/climat-pour-les-ecoles/>

Enseigner avec l'espace

[http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3)

Enquête sur El Niño avec LEO Works

[https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Weather\\_EN/SEML1PVO1FG\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Weather_EN/SEML1PVO1FG_0.html)

### Projets spatiaux de l'ESA

Bureau du climat de l'ESA

<https://climate.esa.int/>

De l'espace pour notre climat

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

Les missions d'observation de la Terre de l'ESA

[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Explorateurs de la Terre

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)

Sentinelles Copernic

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

### Informations supplémentaires

Types d'orbite

[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)

Diagrammes d'El Niño

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2018/08/El\\_Nino](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/08/El_Nino)

Autres vidéos de la Terre vue de l'espace

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programme](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme)

ESA Kids

[https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate\\_change/Climate\\_change](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)