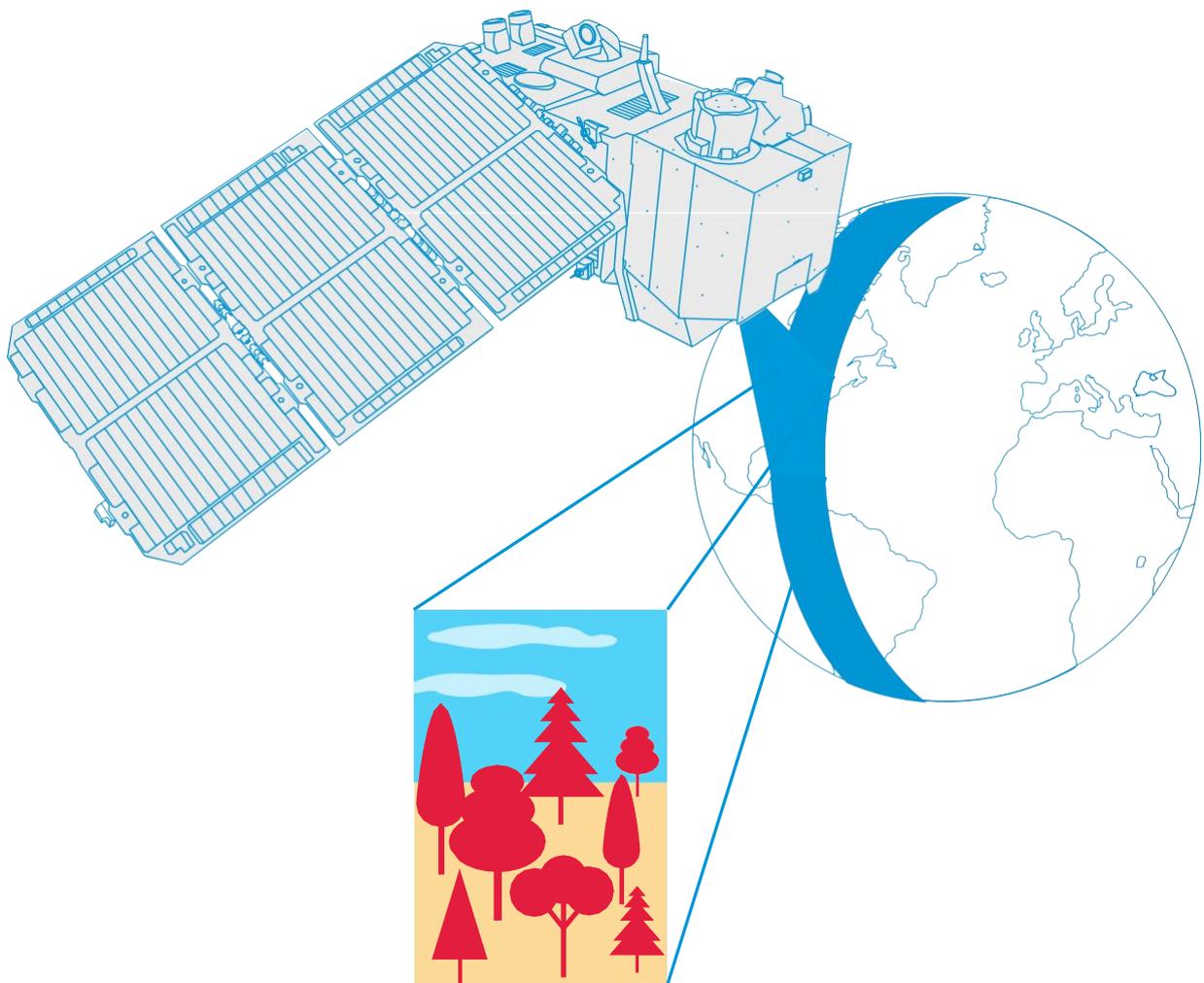


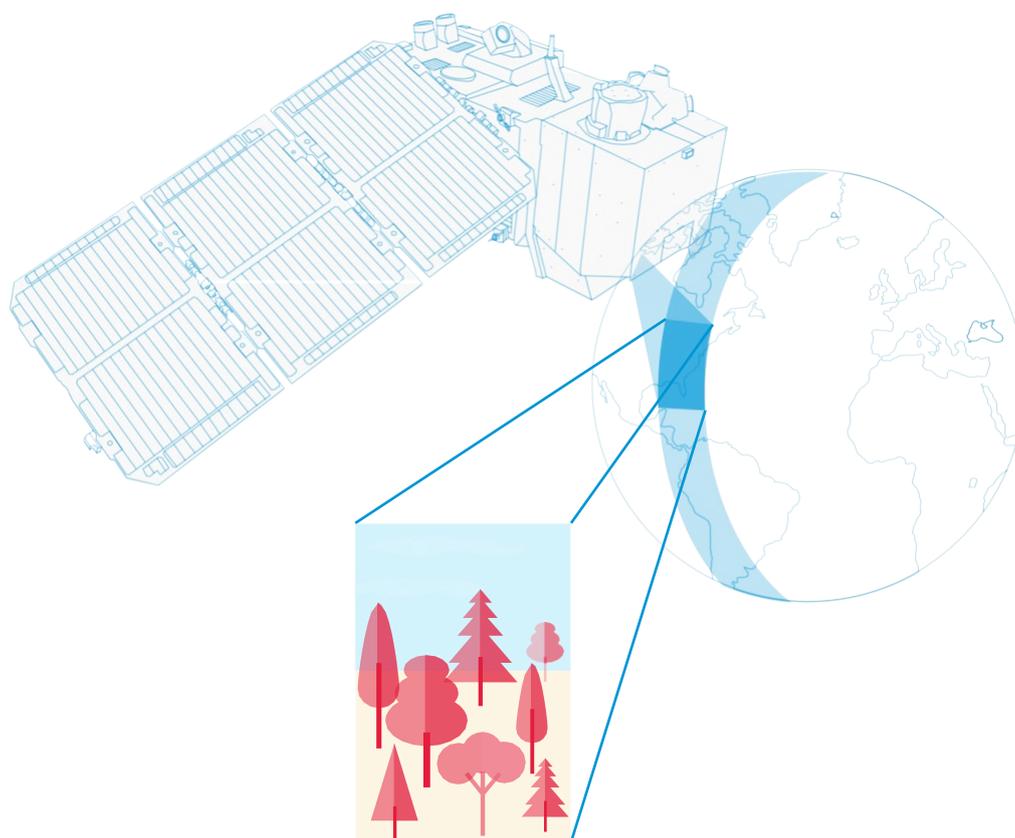
teach with space



→ PIRATER UNE WEBCAM INFRAROUGE

Utiliser la lumière infrarouge pour observer le monde autrement





Guide du professeur

Eléments clés	page 3
Résumé des activités	page 4
Introduction Contexte	page 5
Activité 1 : Trafiquer la webcam	page 8
Activité 2 : Observer des objets dans l'IR	page 9
Activité 3 : Observer la Terre dans l'IR	page 11
Fiche élève	page 13
Liens Utiles	page 20

teach with space – Pirater une webcam infrarouge | P15
www.esa.int/education (EN)
www.esero.fr (FR)

Faites part de vos réactions et de vos commentaires :
ESA Education à teachers@esa.int
ESERO France à esero.france@cnes.fr

Concept d'activité développé pour l'ESA par la National Space Academy (NSA), Royaume-Uni. Une production ESA Education traduite et adaptée en français par ESERO France.
Copyright © 2019 European Space Agency
Copyright © 2021 ESERO France, CNES

→ PIRATER UNE WEBCAM INFRAROUGE

Utiliser la lumière infrarouge pour observer le monde autrement

Éléments clés

Objet : Physique, Géographie
Groupe d'âge : 12-16 ans
Complexité : moyenne
Durée : 30 minutes par activité
Coût : moyen (10-30 euros par groupe)
Lieu : tout espace intérieur avec la lumière du jour
Matériel à utiliser : webcam et ordinateur
Mots-clés : Observation de la Terre, Lumière infrarouge, Imagerie satellite, Physique, Géographie.

Résumé

Cette série de trois activités permettra aux élèves de comprendre le spectre électromagnétique et d'observer le rayonnement infrarouge en modifiant une webcam bon marché. Ce sera l'occasion de voir comment le rayonnement infrarouge peut être utilisé pour obtenir des informations qui ne sont pas disponibles avec la lumière visible. Les élèves analyseront également des images satellite qui leur permettront de comprendre dans quel contexte il est utile de « voir » dans l'infrarouge.

Objectifs de l'apprentissage

- Identifier les différents types de rayonnement électromagnétique.
- Décrire les différentes applications de la lumière infrarouge.
- Utiliser les outils disponibles sur Internet pour recueillir et analyser des données satellite.
- Comprendre comment la lumière infrarouge peut être utilisée pour surveiller la santé de la végétation.
- Identifier des images satellite en fausses couleurs et en vraies couleurs.

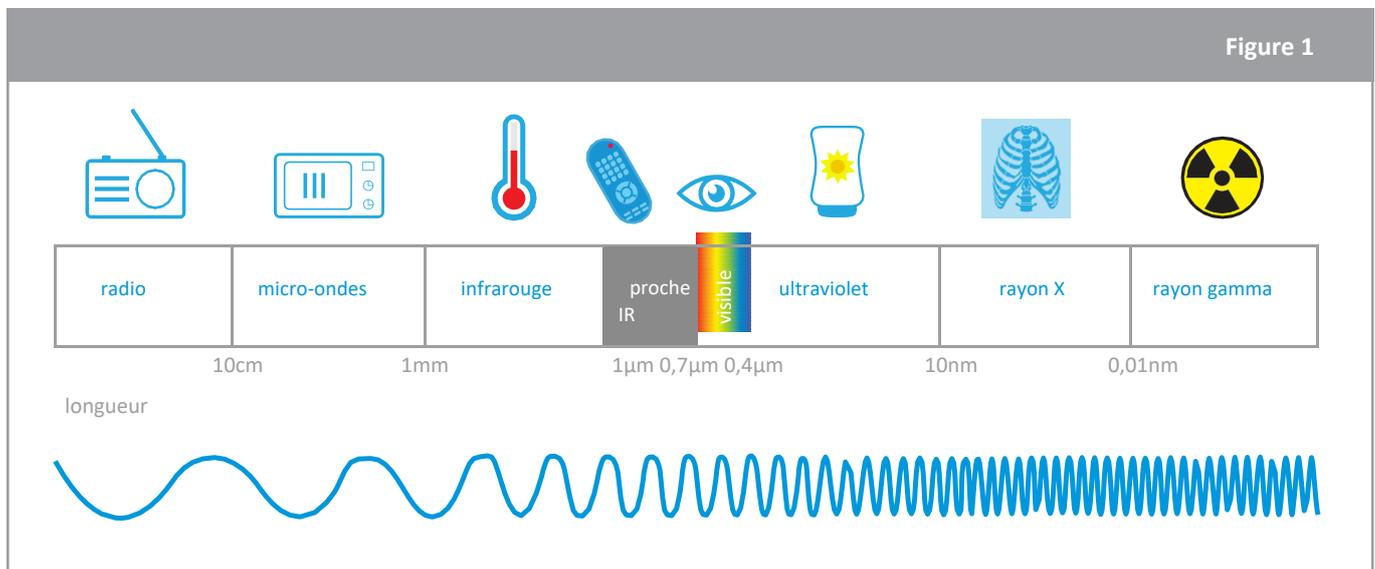
→ Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Résultat	Exigences	Durée
1	Trafiquer la webcam	Modifier une webcam pour qu'elle perçoive le rayonnement proche infrarouge plutôt que la lumière visible.	Une webcam infrarouge	Aucune	30 minutes
2	Observer des objets avec une caméra infrarouge	Examiner différents types d'objets, en les observant à la fois dans la lumière visible et dans le proche infrarouge.	Identifier différentes applications de la lumière infrarouge et comprendre comment elle peut être utilisée pour obtenir des informations impossibles à obtenir avec la lumière visible.	Réalisation de l'activité 1	30 minutes
3	Observer la Terre dans l'infrarouge	Analyser les images satellite en vraies couleurs et les comparer aux images en fausses couleurs qui permettent de visualiser la lumière proche infrarouge.	Comprendre comment la lumière infrarouge peut être utilisée pour surveiller la santé de la végétation et pourquoi il est utile de « voir » dans l'infrarouge.	Aucune	30 minutes

→ Introduction

Le spectre électromagnétique classe les rayonnements électromagnétiques existants, y compris le rayonnement infrarouge (figure 1). La plupart des rayonnements électromagnétiques émis par le Soleil sont réfléchis ou absorbés par l'atmosphère terrestre. Mais certains rayonnements comme le rayonnement visible, les ondes radio et une partie du rayonnement infrarouge peuvent traverser l'atmosphère.

Les objets présentent différentes caractéristiques de surface qui réfléchissent et absorbent le rayonnement du soleil de diverses manières. Le rayonnement réfléchi fournit des informations sur la surface de l'objet et nous permet de voir la couleur et la forme de l'objet. L'œil humain ne peut voir qu'une partie très limitée du spectre, à savoir, la lumière visible. Cependant, nous pouvons utiliser différents instruments pour voir ce qui est invisible à nos yeux. Les satellites d'observation de la Terre, par exemple, embarquent des instruments scientifiques qui permettent de voir dans le domaine visible et infrarouge, ainsi que dans d'autres domaines du spectre électromagnétique.



↑ Le spectre électromagnétique classe les différents types de rayonnement par longueur d'onde : des plus longues (radio) aux plus courtes (rayons gamma).

Dans ce document, nous nous concentrerons sur les parties proche infrarouge et visible du spectre. Le rayonnement infrarouge est divisé en différentes parties, à l'instar de la lumière visible qui est divisée en différentes couleurs. Le rayonnement proche infrarouge, dont la longueur d'onde est légèrement supérieure à celle du spectre visible, est réfléchi par la végétation, livrant ainsi des informations détaillées sur les plantes de la Terre. Cette partie du spectre électromagnétique est donc utilisée par les satellites d'observation de la Terre pour surveiller la végétation de la planète.



↑ Le satellite européen Sentinel-2 transporte un imageur multispectral haute résolution à 13 bandes spectrales qui offre une nouvelle perspective de nos sols et de notre végétation.

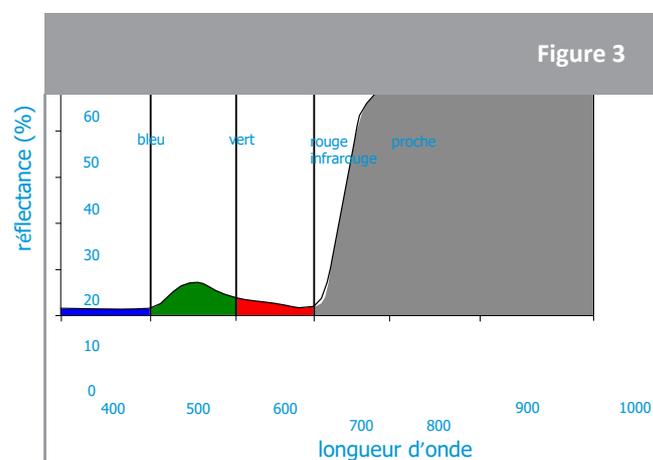
→ Contexte

Surveillance de la végétation

Les plantes réfléchissent le rayonnement électromagnétique de manière spécifique. La chlorophylle des plantes absorbe la lumière pour en tirer l'énergie nécessaire au processus de photosynthèse. Mais seules les parties rouge et bleue de la lumière visible sont nécessaires au processus. Quant à la lumière verte, elle est réfléchi : voilà pourquoi les feuilles nous paraissent vertes. Le proche infrarouge n'étant pas nécessaire à la photosynthèse, la plus grande partie du rayonnement proche infrarouge est réfléchi par la structure cellulaire de la feuille.

La figure 3 montre le pourcentage de rayonnement réfléchi, également appelé réflectance, d'une plante en bonne santé. La lumière bleue est presque entièrement absorbée par la chlorophylle, environ 10% de la lumière verte est réfléchi, et la lumière rouge est presque entièrement absorbée. Dans les longueurs d'onde légèrement supérieures, environ la moitié du rayonnement proche infrarouge est réfléchi. La combinaison d'une faible réflectance dans le visible et d'une réflectance élevée dans le proche infrarouge est spécifique à la plupart des types de végétation.

Lorsqu'une plante perd de sa vigueur, par exemple en raison du manque d'eau, elle réfléchit plus de lumière rouge visible et moins de lumière proche infrarouge. Ce phénomène, expliqué par la phénologie, peut également être observé à l'automne, lorsque les feuilles deviennent jaunes et rouges. Plus la différence entre la quantité de lumière rouge réfléchi et la quantité de lumière proche infrarouge réfléchi est importante, plus la plante est en bonne santé. Cette donnée est utilisée dans l'observation de la Terre pour calculer des indices qui nous aident à obtenir des informations sur la santé des plantes à grande échelle.



↑ Pourcentage de rayonnement réfléchi par une plante en bonne santé pour les longueurs d'onde de la lumière visible et du proche infrarouge.

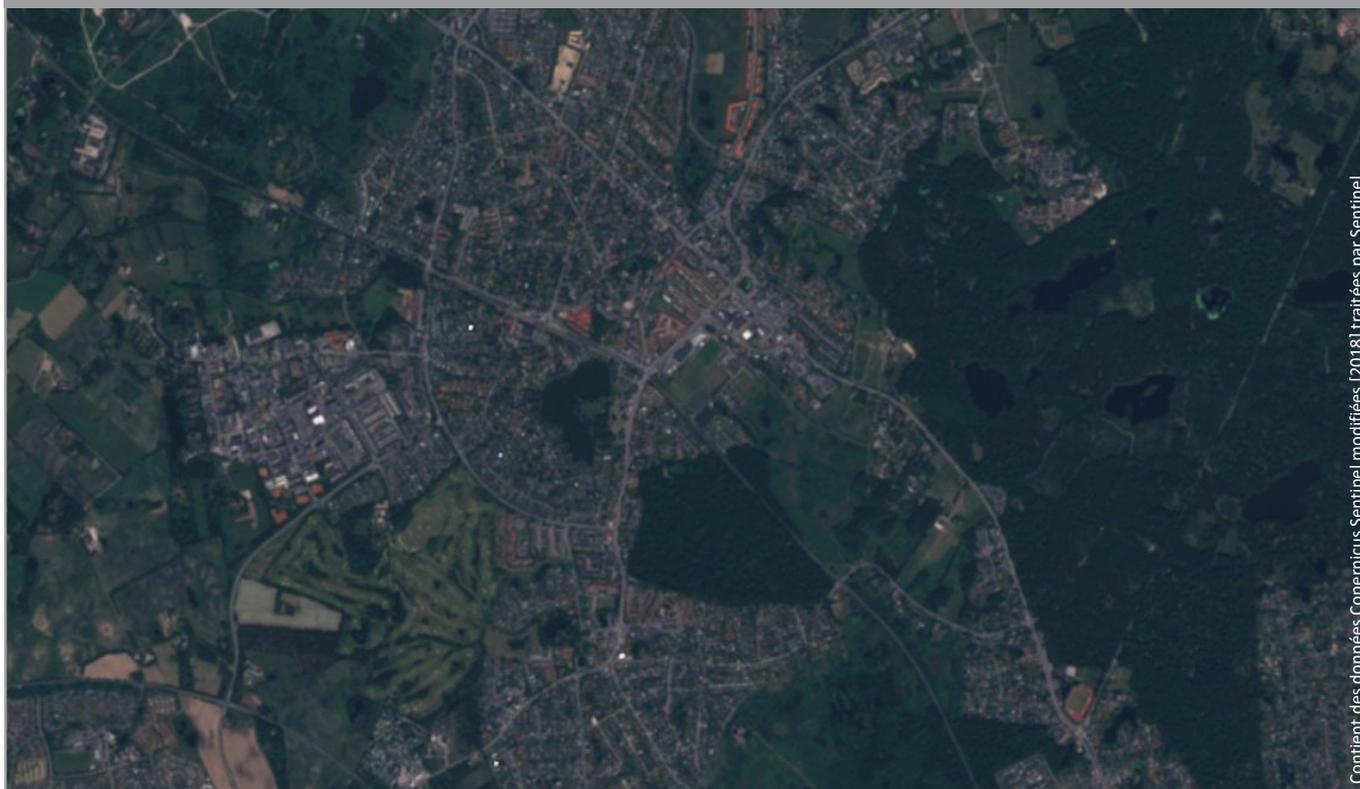
Images en vraies et en fausses couleurs

Une façon de visualiser la lumière proche infrarouge réfléchi consiste à créer des images en fausses couleurs, en exploitant la capacité des caméras embarquées sur les satellites à « voir » plus que la partie visible de la lumière. Une image en fausses couleurs utilise au moins une longueur d'onde en dehors du spectre visible, de sorte que les couleurs de l'image finale peuvent ne pas correspondre à nos attentes. Par exemple, l'herbe n'est pas toujours verte ! Une image en vraies couleurs combine des mesures réelles de la lumière rouge, verte et bleue réfléchi. Le résultat ressemble au monde tel que nous avons l'habitude de le voir.

Dans les figures ci-dessous, nous pouvons voir une image en vraies couleurs (figure 4) et une image en fausses couleurs (figure 5) de la ville de Birkerød au Danemark. Dans l'image en fausses couleurs, la lumière proche infrarouge réfléchi apparaît en rouge, la lumière rouge en vert et la lumière verte en bleu. Comme les plantes réfléchissent davantage le proche infrarouge que le vert, les zones de végétation apparaissent en rouge. Un rouge plus vif et plus intense indique une réflectance plus élevée dans le proche infrarouge, et donc une végétation plus importante et plus saine. Dans l'image en vraies couleurs, la végétation apparaît verte, comme nous avons l'habitude de la voir.

Globalement, la réflectance dans la lumière visible est beaucoup plus faible que celle dans le proche infrarouge, et l'image est plus sombre. L'identification des plans d'eau est donc plus difficile dans l'image en vraies couleurs, car la réflectance est également très faible. Dans l'image en fausses couleurs, les plans d'eau peuvent être facilement identifiés grâce à la différence de réflectance entre l'eau et la végétation environnante (réflectance élevée). L'eau absorbe une grande partie de la lumière incidente – proche infrarouge, rouge et verte – et a donc une réflectance très faible.

Figure 4



Contient des données Copernicus Sentinel modifiées [2018] traitées par Sentinel

↑ Image en vraies couleurs de la ville de Birkerød au Danemark.

Figure 5



Contient des données Copernicus Sentinel modifiées [2018] traitées par Sentinel

↑ Image en fausses couleurs de la ville de Birkerød au Danemark.

GUIDE DU PROFESSEUR

→ Activité 1 : Trafiquer la webcam

Dans cette activité, les élèves modifieront une webcam pour qu'elle perçoive le proche infrarouge plutôt que la lumière visible.

Matériel (pour chaque caméra infrarouge)

- 1 webcam avec bague de focalisation manuelle à l'avant
- 1 épingle ou autre objet pointu
- 2 morceaux de pellicule photo déjà exposée ou un filtre polarisant assez grand pour couvrir l'objectif.
- Ruban adhésif transparent
- Ciseaux
- Ordinateur

Exercice

Les instructions pour trafiquer la webcam sont fournies dans la fiche d'activité de l'élève. Les webcams bon marché sont généralement plus faciles à démonter que les modèles plus coûteux. Le modèle utilisé à titre d'exemple dans la fiche de l'élève est une webcam Trust 17405. Consultez la vidéo « [Pirater une webcam infrarouge](#) » pour savoir comment préparer et réaliser l'expérience. Les élèves peuvent travailler en petits groupes. Les webcams peuvent également être trafiquées au préalable, et les élèves pourront réaliser directement les activités 2 et 3. La principale modification à effectuer consiste à retirer le filtre infrarouge. En fonction des conditions d'éclairage, il peut s'avérer nécessaire d'ajouter un filtre de lumière visible.

Le principe de fonctionnement des filtres est de bloquer la lumière dans une gamme de longueurs d'onde spécifique. Deux filtres polarisés sont nécessaires pour bloquer la lumière visible. L'onde peut en effet se déplacer de haut en bas ou latéralement (cette oscillation à plan unique est appelée polarisation). Les deux filtres permettent de bloquer tout le rayonnement visible.

La plupart des webcams offrent une fonctionnalité « plug and play » – le logiciel nécessaire à leur fonctionnement est déjà sur la caméra. Toutefois, avec certains modèles, il peut s'avérer nécessaire d'installer le logiciel d'exploitation avant de brancher la webcam sur un ordinateur.

Les professeurs doivent vérifier que les élèves comprennent bien que la caméra trafiquée est une caméra proche infrarouge, et non une caméra thermique !

Les capteurs utilisés dans les caméras numériques sont sensibles à la lumière dont la longueur d'onde peut atteindre environ $1 \mu\text{m}$ (proche infrarouge). Les caméras thermiques captent le rayonnement infrarouge de longueurs d'onde supérieures. Ces caméras sont sensibles au rayonnement infrarouge émis par tous les objets ayant une température supérieure au zéro absolu et qui ne sont pas visibles par nos yeux. Plus la température d'un objet est élevée, plus la longueur d'onde du rayonnement émis est courte. Lorsque la température d'un objet est suffisamment élevée, le rayonnement émis peut être observé à l'aide de caméras proche infrarouge ou de nos propres yeux. Nous pouvons constater ce phénomène dans notre cuisine : lorsqu'un grille-pain atteint des températures très élevées, il devient rouge !

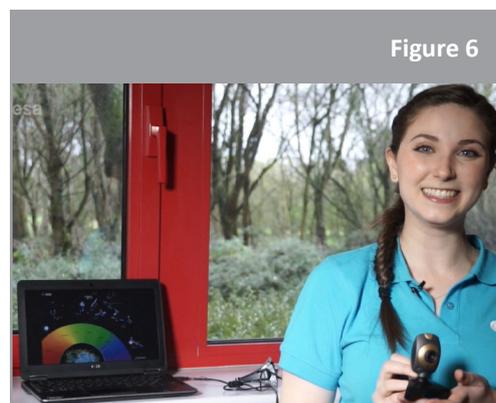


Figure 6

↑ vidéo « Pirater une webcam ». Voir la section sur les liens.

→ Activité 2 : Observer des objets avec une caméra infrarouge

Dans cette activité, les élèves observeront différents types d'objets, à la fois dans le visible avec leurs yeux et dans le proche infrarouge avec la webcam modifiée.

Matériel

- Caméra infrarouge (de l'activité 1)
- Télécommande
- Lampe à LED
- Bougie
- Une plante en bonne santé et une fausse plante en plastique

Exercice

La lumière du jour est nécessaire pour l'expérience avec les plantes. Il est toujours recommandé de tester l'expérience dans la salle de classe avant de la réaliser avec les élèves. Selon les conditions d'éclairage de la pièce, il faudra peut-être bloquer la lumière visible et placer le filtre polarisant/le morceau de pellicule exposée devant l'objectif.

Les élèves doivent observer les différents objets et compléter le tableau de la fiche de l'élève : ils décrivent leur perception de chaque objet dans les deux types de lumière, puis interprètent leurs observations.

Résultats

Voir le tableau sur la page suivante.

Discussion

La télécommande, la bougie et la lampe à LED produisent (émettent) un rayonnement infrarouge. À l'aide de la webcam trafiquée, les élèves peuvent « voir » la lumière infrarouge émise, par exemple, par la télécommande. L'observation de sources de lumière courantes telles que la lampe à LED et la bougie avec la caméra infrarouge nous permet de déterminer laquelle émet le moins de lumière infrarouge et consomme donc le moins d'énergie.

En observant les plantes avec la webcam trafiquée, nous voyons la lumière du jour réfléchi. Comme une vraie plante réfléchit fortement la lumière du proche infrarouge et que celle-ci est liée à une structure végétale saine, nous pouvons déterminer la bonne santé d'une plante en l'observant à la lumière infrarouge.

Objets	Décrivez vos observations		Expliquez vos observations
	Lumière visible	Lumière infrarouge	
<p>Télécommande</p> 	<p>Lorsqu'on appuie sur un bouton et que l'on regarde l'émetteur infrarouge, on ne voit rien, (sauf parfois une faible lumière lorsque la longueur d'onde utilisée par la télécommande est très proche des longueurs d'onde visibles).</p>	<p>Lorsqu'on regarde la télécommande à travers la webcam et qu'on appuie sur les boutons, on peut voir un signal lumineux brillant provenant de l'émetteur infrarouge.</p> <p>Remarque : ce signal est également visible avec la caméra de certains smartphones !</p>	<p>Les télécommandes servent à piloter à distance certains appareils comme les télévisions. Comment le récepteur (par exemple, la télévision) sait-il sur quel bouton de la télécommande on a appuyé ? Chaque bouton envoie des signaux d'activation/désactivation à une certaine longueur d'onde infrarouge. Le type de signal est associé à un bouton de la télécommande. Voilà pourquoi nous pouvons voir le signal émis par la télécommande avec la caméra infrarouge.</p>
<p>Lampe LED / bougie</p> 	<p>La lampe LED et la bougie émettent toutes deux de la lumière. Les couleurs semblent différentes. La bougie a une lumière plus chaude, alors que celle de la lampe LED est plus blanche.</p>	<p>Lorsqu'on regarde à travers la webcam, la bougie semble beaucoup plus lumineuse que la lampe LED.</p>	<p>La bougie émet non seulement de la lumière visible, mais aussi de la chaleur qui est visible dans l'infrarouge, et c'est pour cette raison que la bougie apparaît plus brillante avec la caméra infrarouge. Contrairement à la bougie, la lampe LED n'émet pas beaucoup de lumière dans l'infrarouge, mais elle semble plus brillante dans le visible.</p>
<p>Plante vivante / plante artificielle</p> 	<p>Les deux sont vertes quand on les regarde.</p> <p>Remarque : s'il y a des feuilles jaunes ou brunes, elles peuvent être comparées aux feuilles vertes, saines.</p>	<p>Lorsqu'on regarde les deux plantes avec la webcam infrarouge, les feuilles vertes de la plante vivante apparaissent beaucoup plus claires que celles de la plante factice.</p> <p>Les feuilles jaunes ou brunes sont beaucoup plus sombres que les feuilles vertes.</p>	<p>Dans la lumière visible, les deux plantes semblent vertes et réelles. Avec la caméra infrarouge, la plante vivante semble beaucoup plus lumineuse que la plante artificielle. Une grande partie du rayonnement infrarouge est réfléchi par la plante vivante, car la photosynthèse n'a pas besoin de cette composante de la lumière. La forte réflectance de la lumière infrarouge est due au mésophylle spongieux. Celle-ci peut être associée à une structure végétale saine.</p> <p>La structure végétale des feuilles jaunes ou brunes est déjà détruite, d'où une réflectance de la lumière infrarouge beaucoup plus faible.</p>

→ Activité 3 : Observer la Terre dans la lumière infrarouge

Dans cette activité, les élèves analyseront des images satellite. L'activité présente des images en vraies couleurs et les compare aux images en fausses couleurs qui permettent de visualiser le rayonnement proche infrarouge. Elle fournit aux élèves un contexte qui les aidera à comprendre pourquoi il est utile de « voir » dans le proche infrarouge.

Exercice

Les images satellite ont été téléchargées à partir d'EO Browser, une application en ligne où vous pouvez accéder à des images satellite prêtes à l'emploi en vraies couleurs, à des images en fausses couleurs permettant de visualiser le proche infrarouge, et à bien d'autres produits encore ! Vous pouvez explorer cet outil et commencer par montrer aux élèves leur ville natale en été et en hiver avec des images en vraies et fausses couleurs. Les élèves peuvent également faire leurs propres recherches.



↑ Capture d'écran de l'outil en ligne EO Browser (08.08.2018).

1. Observez l'image en vraies couleurs ci-dessous prise par le satellite Sentinel-2 (nord de l'Allemagne, 28.11.2016). Parmi les éléments suivants, lesquels pouvez-vous identifier ?

- Champs agricoles
- Neige
- Forêts
- Nuages
- Rivières
- Lacs
- Rues
- Voitures
- Bâtiments
- Personnes

Les professeurs peuvent demander aux élèves pourquoi aucune voiture ou personne n'est visible sur l'image. Cela est dû à la résolution spatiale de l'image satellite. La résolution spatiale est la surface de la Terre qui est représentée par un pixel de l'image satellite. Dans cet exercice, l'image satellite a une résolution spatiale de 10 m : un pixel représente donc 10 m x 10 m sur la Terre. Cette résolution ne permet pas d'identifier les personnes et les voitures.

2. Observez l'image en fausses couleurs.

a. Essayez de retrouver les éléments que vous avez observés précédemment. Pouvez-vous aussi identifier de nouveaux éléments ?

Tous les éléments peuvent être identifiés. Les plans d'eau, en particulier ceux situés dans la forêt, peuvent à présent être discernés beaucoup plus facilement.

b. Quel type de surface/d'élément apparaît en rouge dans l'image en fausses couleurs ? Différenciez le rouge vif du rouge foncé.

La végétation/les plantes apparaissent en rouge. Les champs sont rouge vif et la forêt est rouge foncé. On peut identifier la structure de la forêt grâce à l'ombre de la cime des arbres.

3. Décrivez les différences et les similitudes entre l'image en vraies couleurs de l'exercice 1 et l'image en fausses couleurs de l'exercice 2.

Dans l'image en vraies couleurs, la végétation (herbe et forêt) apparaît en vert très foncé, et le sol nu en marron. Les bâtiments et les routes sont gris. Dans les images en fausses couleurs, l'herbe et la forêt apparaissent en rouge.

Les plans d'eau (lacs et rivières) sont très sombres sur les deux images, et les bâtiments de grande taille pouvant correspondre à des zones industrielles sont très clairs/blancs sur les images en vraies et en fausses couleurs.

4. Discutez des avantages et des inconvénients des images en vraies couleurs et des images en fausses couleurs montrant la lumière proche infrarouge.

Globalement, la réflectance dans l'image en vraies couleurs est beaucoup plus faible que celle de l'image en fausses couleurs, et l'image est plus sombre. L'identification des plans d'eau est donc plus difficile dans l'image en vraies couleurs, car la réflectance est également très faible. Dans l'image en fausses couleurs, les plans d'eau peuvent être clairement identifiés en raison de la nette différence de réflectance entre l'eau (réflectance très faible) et la végétation environnante (réflectance élevée).

Les images en fausses couleurs permettent de discerner plus de détails au niveau de la végétation. Cela s'explique par la forte réflectance conjuguée à la formation d'ombres liée à la structure de la cime des arbres. L'angle d'incidence du soleil doit être pris en compte en ce qui concerne les ombres : l'image a été prise en novembre, ce qui signifie que l'angle d'incidence est plus faible qu'en été, les ombres sont donc plus grandes et les surfaces présentant des irrégularités apparaissent plus sombres.

→ Discussion générale

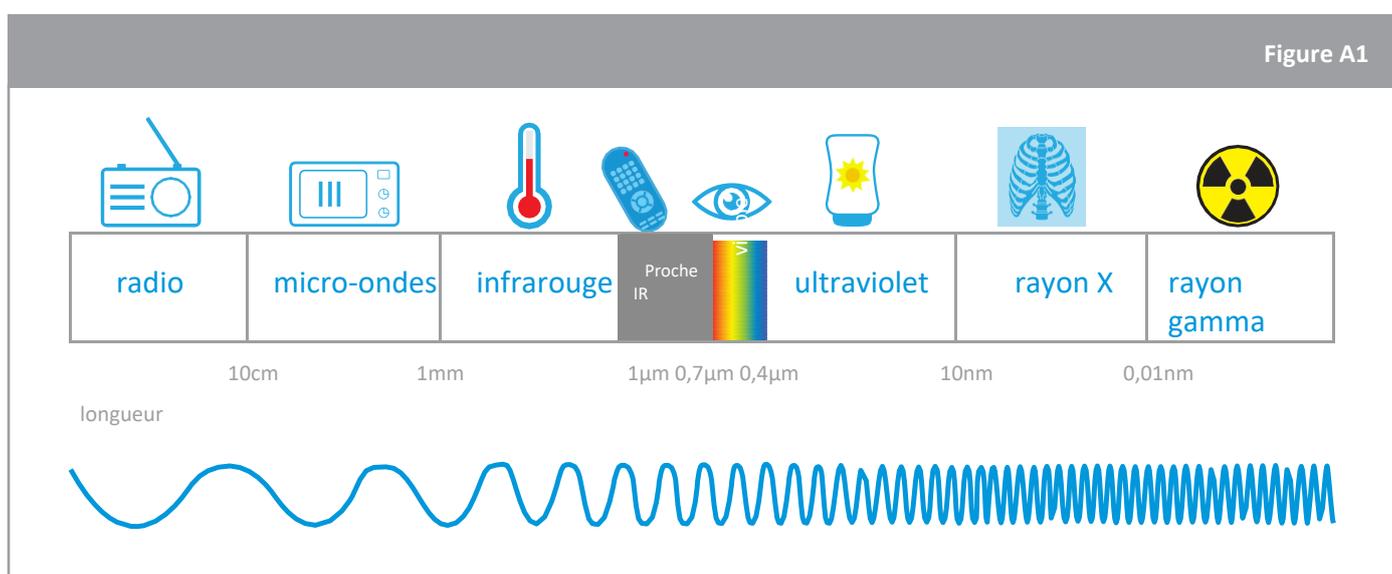
Ces activités pratiques peuvent permettre d'aborder le spectre électromagnétique, les applications de l'observation de la Terre et la surveillance de la végétation de notre planète. Elles offrent également un cadre pour discuter de l'impact de la technologie spatiale sur notre avenir et sur notre vie quotidienne.

FICHE ELEVE

→ PIRATER UNE WEBCAM INFRAROUGE

Utiliser la lumière infrarouge pour observer le monde autrement

Nos yeux ne peuvent pas voir la lumière infrarouge, mais nous pouvons utiliser une caméra infrarouge pour voir cette lumière « invisible ». La lumière que nous pouvons voir – la lumière visible – ne représente qu'une toute petite partie du spectre électromagnétique. La figure A1 représente les différents types de rayonnement et leurs longueurs d'onde sur le spectre électromagnétique et donne des exemples d'utilisation de certaines longueurs d'onde.



↑ Le spectre électromagnétique classe les différents types de rayonnement par longueur d'onde : des plus longues (radio) aux plus courtes (rayons gamma)

Le rayonnement infrarouge est divisé en différentes parties, à l'instar de la lumière visible qui est divisée en différentes couleurs. Le proche infrarouge, la partie du spectre la plus proche de la lumière rouge (visible), peut être facilement détectée par les capteurs utilisés dans les caméras numériques. Les satellites d'observation de la Terre sont équipés d'instruments scientifiques conçus pour détecter les émissions électromagnétiques des composants de la surface et de l'atmosphère de la planète, ce qui nous permet d'observer notre planète sous un angle nouveau.

Le saviez-vous ?

À bord de la Station spatiale internationale (ISS) se trouve une caméra infrarouge très spéciale qui peut être utilisée pour prendre de magnifiques photos de la Terre ! La caméra infrarouge fait partie de l'Astro Pi, petit ordinateur doté d'un ensemble de capteurs et de gadgets qui peuvent être utilisés pour réaliser de formidables expériences scientifiques. Des équipes d'élèves peuvent programmer ce petit ordinateur en participant au [défi européen Astro Pi](#) et utiliser la caméra proche-infrarouge de l'ordinateur Astro Pi pour mesurer, par exemple, la santé des plantes et la densité de la végétation sur Terre.



→ Activité 1 : Trafiquer la webcam

Dans cette activité, vous allez fabriquer une caméra infrarouge en trafiquant une webcam normale. Habituellement, tous les modèles de caméras numériques et de webcams intègrent un filtre infrarouge derrière l'objectif qui filtre toute la lumière infrarouge pour capter principalement la lumière visible. Ce filtre doit être retiré. Vous trouverez ici des instructions simples pour trafiquer votre webcam et pouvoir percevoir le rayonnement proche infrarouge.

Matériel

- 1 webcam avec bague de focalisation manuelle à l'avant
- 1 épingle ou un scalpel
- 2 morceaux de pellicule photographique déjà exposée ou 2 filtres polarisants.
- Ruban adhésif transparent
- Ciseaux

Exercice

1. Démontez la caméra

Dévissez la bague de focalisation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que l'objectif entier puisse être retiré.

2. Retirer le filtre infrarouge

À l'intérieur de l'objectif, il y a un petit morceau de plastique teinté rouge/vert (voir l'objectif gauche sur la figure A2). Il s'agit du filtre infrarouge. À l'aide d'une épingle ou d'un scalpel, retirez le filtre. Attention : cette opération doit être effectuée très délicatement, car le filtre peut se casser si vous forcez trop.

3. Remonter la caméra

Revissez l'objectif sur la webcam et branchez la webcam sur un ordinateur. Il peut être nécessaire d'ouvrir un logiciel vidéo pour visualiser une image via la webcam. Utilisez la bague de focalisation pour régler la mise au point jusqu'à obtenir une image claire de l'objet que vous souhaitez regarder.



Figure A2

[↑ Comment fabriquer une caméra infrarouge.](#)

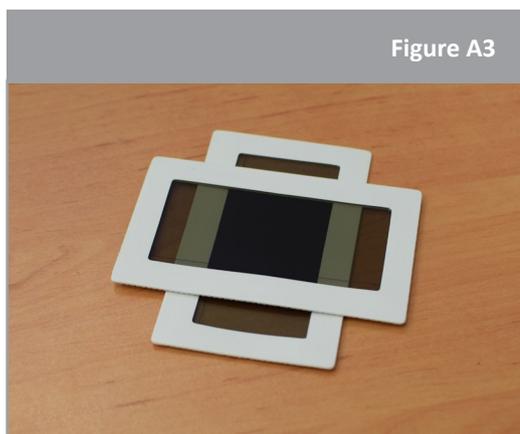


Figure A3

[↑ Filtres polarisants.](#)

La webcam infrarouge est prête à être utilisée !

Remarque : si votre image apparaît très lumineuse à l'écran, c'est qu'il y a trop de lumière visible et qu'il faut la filtrer. Pour cela, il faut placer deux filtres polarisants ou deux morceaux de pellicule exposée devant l'objectif. Veillez à ce que les deux pièces soient posées perpendiculairement l'une sur l'autre. Les filtres peuvent également être fixés avec du ruban adhésif transparent.

→ Activité 2 : Observer des objets avec une caméra infrarouge

Dans cette activité, vous utiliserez la webcam infrarouge piratée pour réaliser votre propre expérience sur la façon dont les objets sont vus dans la lumière visible et infrarouge.

Matériel

- Caméra infrarouge (de l'activité 1)
- Télécommande
- Lampe à LED
- Bougie
- Une plante en bonne santé et une fausse plante en plastique

Exercice

1. Observez les différents objets d'abord avec vos yeux (lumière visible), puis à travers la webcam (lumière infrarouge).
2. Complétez le tableau de la page suivante avec vos observations.

Discussion

En considérant les résultats de votre expérience, discutez avec les autres élèves de la manière dont la lumière infrarouge peut nous aider à mieux comprendre ce que nous voyons. Résumez vos conclusions ci-dessous.

Le saviez-vous ?

L'Agence spatiale européenne (ESA) a participé au développement de nombreux satellites qui utilisent différents types de caméras pour observer la Terre. Les missions Sentinel visent à améliorer notre compréhension et notre gestion de l'environnement de la Terre. L'une d'entre elles, appelée Sentinel-2, comprend deux satellites jumeaux. Les caméras à bord des satellites prennent des images dans le visible et dans l'infrarouge, et permettent de photographier les mêmes zones de notre planète tous les cinq jours ! Sentinel-2 peut servir à surveiller la croissance des plantes, à cartographier les changements au niveau de l'occupation des sols et à surveiller les forêts du monde.



Objets	Décrivez vos observations		Expliquez vos observations
	Lumière visible	Lumière infrarouge	
<p>Télécommande</p> 			
<p>Lampe LED / bougie</p> 			
<p>Plante vivante / plante artificielle</p> 			

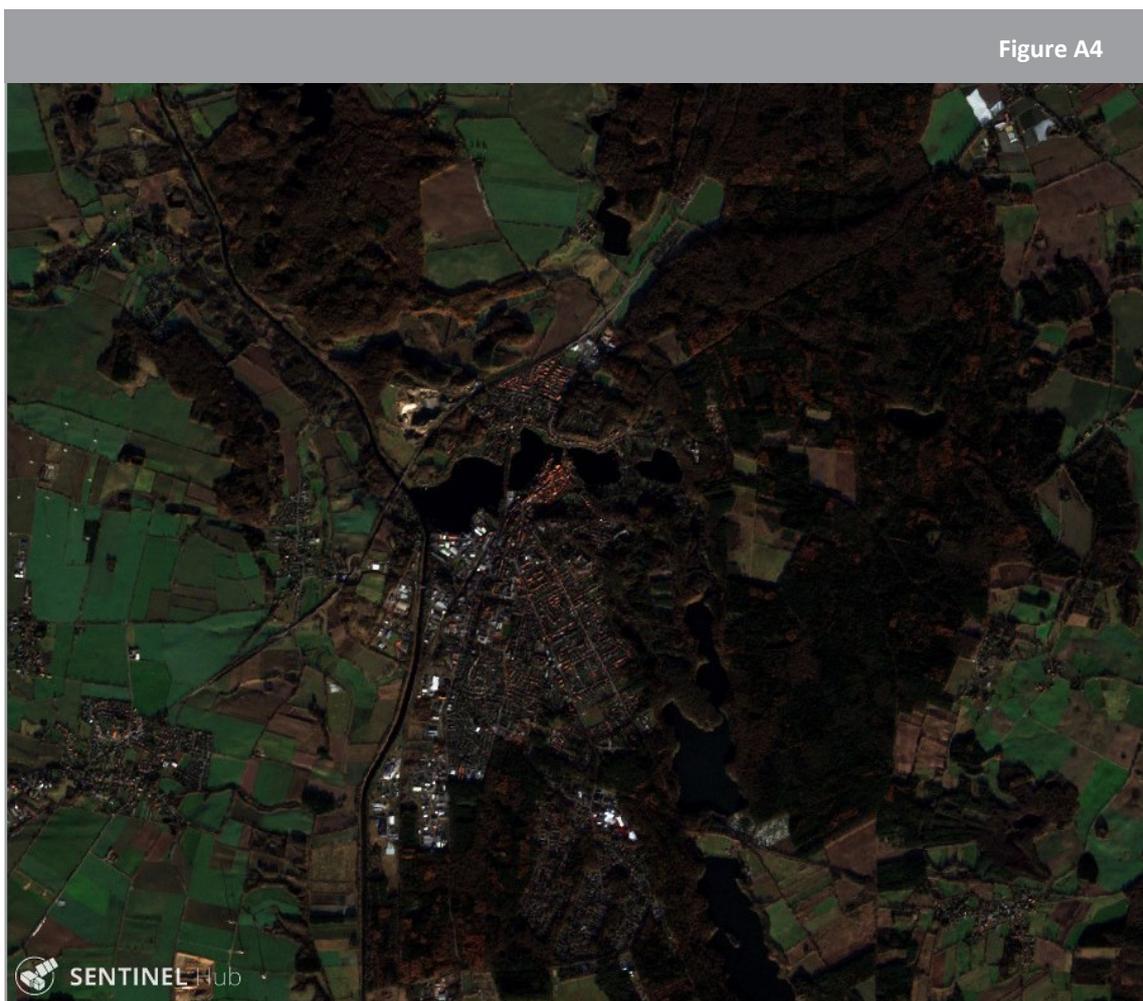
→ Activité 3 : Observer la Terre dans la lumière infrarouge

Les satellites d'observation de la Terre utilisent des caméras infrarouges. À l'aide d'ordinateurs, nous pouvons alors visualiser la lumière que nous ne pouvons pas voir de nos propres yeux. Le résultat est une « image en fausses couleurs ». Si la lumière visible par l'œil humain est restituée, il s'agit d'une « image en vraies couleurs ». Une image en vraies couleurs combine des mesures réelles de la lumière rouge, verte et bleue réfléchiée, et montre le monde tel que nous le voyons. Une image en fausses couleurs utilise au moins une longueur d'onde en dehors du spectre visible. Les couleurs de l'image finale peuvent donc ne pas correspondre à nos attentes. Par exemple, l'herbe n'est pas toujours verte !

Dans cette activité, vous analyserez des images satellite et vous comparerez des images en vraies couleurs avec des images en fausses couleurs. Saurez-vous trouver les différences ?

Exercice

1. Observez l'image en vraies couleurs ci-dessous prise par le satellite Sentinel-2 (nord de l'Allemagne, 28.11.2016). Parmi les éléments suivants, lesquels pouvez-vous identifier ?
 - Champs agricoles
 - Neige
 - Forêt
 - Nuages
 - Rivière
 - Lacs
 - Rues
 - Voitures
 - Bâtiments
 - Personnes



↑ Image en vraies couleurs prise par le satellite Sentinel-2. Contient des données Copernicus Sentinel modifiées [2017] traitées par Sentinel Hub.

2. Observez l'image en fausses couleurs prise par le satellite Sentinel-2 (nord de l'Allemagne, 28.11.2016).

Remarque : Dans l'image en fausses couleurs, la lumière proche infrarouge réfléchi apparaît en rouge.

a. Essayez de retrouver les éléments que vous avez observés précédemment. Pouvez-vous aussi identifier de nouveaux éléments ?

b. Quel type de surface/d'élément apparaît en rouge dans l'image en fausses couleurs ? Différenciez le rouge vif du rouge foncé.



Figure A5

↑ Image en fausses couleurs prise par le satellite Sentinel-2. Contient des données Copernicus Sentinel modifiées [2017] traitées par Sentinel Hub.

3. Décrivez les différences et les similitudes entre l'image en vraies couleurs de l'exercice 1 et l'image en fausses couleurs de l'exercice 2.

4. Discutez des avantages et des inconvénients des images en vraies couleurs et des images en fausses couleurs montrant la lumière proche infrarouge.

Le saviez-vous ?

Cette image du satellite Sentinel-2A montre l'utilisation du désert d'Arabie saoudite pour l'agriculture. Les différents ronds correspondent aux superficies irriguées par un système d'irrigation, dont la longue conduite d'eau tourne autour d'un puits situé au centre. Il s'agit d'une image en fausses couleurs et le proche infrarouge est représenté en rouge. Les plantes réfléchissent en grande partie cette lumière. Ces valeurs de réflectance élevées expliquent le rouge vif des champs irrigués. Le proche infrarouge est souvent utilisé pour surveiller la végétation depuis l'espace.



→ Liens

Ressources de l'ESA

ESA teach with space – infrared webcam hack video | VP15:

[esa.int/spaceinvideos/Videos/2017/06/Infrared_webcam_hack_-_using_an_infrared_webcam_to_observe_the_world_in_a_new_way_-_classroom_demonstration_video_VC15](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2017/06/Infrared_webcam_hack_-_using_an_infrared_webcam_to_observe_the_world_in_a_new_way_-_classroom_demonstration_video_VC15)

Ressources de l'ESA pour la classe :

[esa.int/Education/Classroom_resources](https://www.esa.int/Education/Classroom_resources)

Ressources, projets et tutoriels ESERO France :

<https://esero.fr>

Projets spatiaux de l'ESA

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

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Sentinel -2

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Informations supplémentaires

Plateforme en ligne pour accéder à

l'imagerie satellite [https://apps.sentinel-](https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser)

[hub.com/eo-browser](https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser)

Vidéo Sentinel-2 : introduction

[esa.int/spaceinvideos/Videos/2015/07/Sentinel-2_an_introduction](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2015/07/Sentinel-2_an_introduction)

Image ESA d'observation de la Terre de la semaine

[esa.int/spaceinimages/Sets/Earth_observation_image_of_the_week](https://www.esa.int/spaceinimages/Sets/Earth_observation_image_of_the_week)