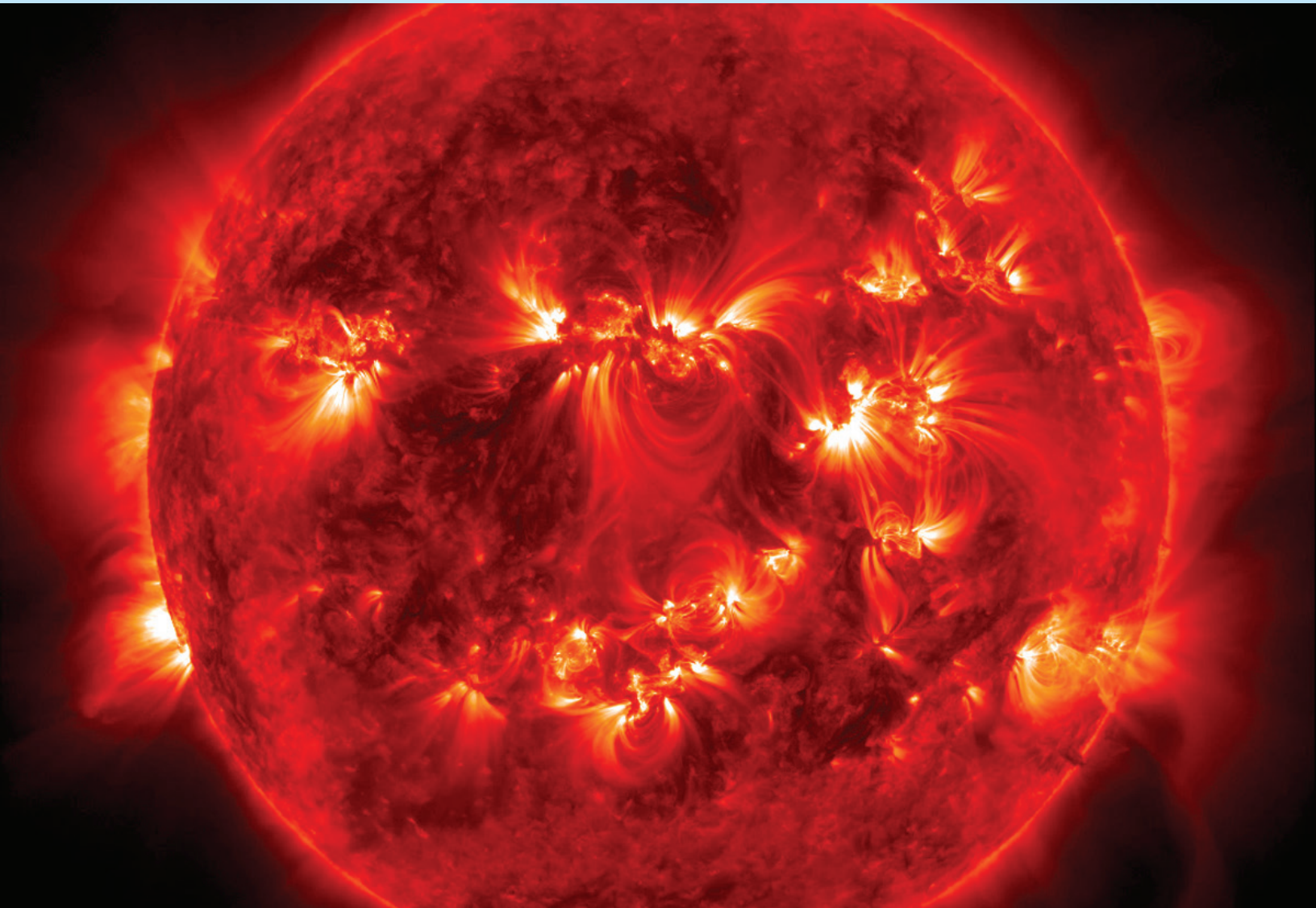




LE CYCLE SOLAIRE

Activité d'investigation scientifique pour
les enseignants du niveau secondaire



**INSTITUT DUNLAP
D'ASTRONOMIE & D'ASTROPHYSIQUE**



AUTEURS

Michael Reid, Institut Dunlap d'astronomie et astrophysique, Université de Toronto
Julie Bolduc-Duval, À la découverte de l'Univers

RÉVISION SCIENTIFIQUE

Cassandra Bolduc, Ph.D., physicienne solaire

CRÉDIT DE L'IMAGE EN COUVERTURE

Solar Dynamics Observatory, NASA

À la découverte de l'Univers est offert par l'Institut Dunlap en astronomie et astrophysique de l'Université de Toronto et la Société canadienne d'astronomie.

INSTITUT DUNLAP D'ASTRONOMIE & D'ASTROPHYSIQUE



Novembre 2016



Ce document est distribué sous une licence Creative Commons Attribution-Pas d'utilisation commerciale- Pas de modifications. Vous pouvez redistribuer ce guide dans sa forme originale, sans modification et tant que les auteurs sont crédités.

INTRODUCTION

Quand il s'agit d'enseigner l'astronomie dans les écoles, le Soleil est notre meilleur ami.

L'un des défis de l'enseignement de l'astronomie dans les écoles est que nous avons rarement accès aux élèves lorsque le ciel est sombre. En hiver, lorsqu'il fait parfois noir avant que l'école finisse, les conditions météorologiques sont souvent imprévisibles. Nous finissons par enseigner l'astronomie uniquement par le biais de livres. Nos élèves ne parviennent jamais à interagir avec le monde naturel ou à faire leurs propres observations, comme ils le font dans d'autres sciences. Ce guide vise à résoudre ce problème, du moins en partie. En mettant l'accent sur les observations spatiales du Soleil archivées en temps réel sur internet, nous permettons à nos élèves d'explorer un objet astronomique familier de nouvelles façons.

Que vous soyez un expert en astronomie ou que vous l'enseigniez pour la première fois, ce guide est pour vous. Nous l'avons développé pour satisfaire les besoins de tous les enseignants d'astronomie des écoles secondaires. Il suit les objectifs du Cadre commun des résultats d'apprentissage des sciences, établi par le Conseil des ministres de l'Éducation du Canada, mais s'appliquera aux enseignants du niveau secondaire du monde entier. Il fournit un matériel de référence supplémentaire pour aider les enseignants à présenter l'astronomie solaire à leurs élèves. Cette activité offre une composante de démarche d'investigation scientifique ainsi que des composantes d'enseignement plus traditionnel, de sorte que vous pouvez choisir celles qui correspondent à vos ressources et votre style d'enseignement. Chaque activité est divisée en parties, qui peuvent être utilisées ou ignorées, en fonction du niveau de vos élèves et du matériel que vous avez déjà couvert.

Pour plus d'information sur nos activités de formation des enseignants et nos autres modules éducatifs, visitez www.decouvertedelunivers.ca.

INTRODUCTION À LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION SCIENTIFIQUE

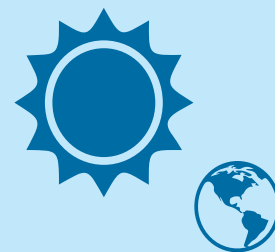
Cette activité comprend une composante de démarche d'investigation, communément appelée *inquiry* en anglais. Dans l'enseignement basé sur la démarche d'investigation, **les élèves ont la liberté de suivre leur curiosité et de diriger leur propre apprentissage**. Cela leur permet de développer leurs aptitudes à la pensée critique et les encourage à se considérer comme des producteurs de connaissances, et non seulement des consommateurs. Le rôle de l'enseignant dans les activités de démarche d'investigation est de supporter l'expérience et de s'assurer que les élèves atteignent les objectifs du programme, sans leur donner des instructions de style «livre de recettes».

Dans cette activité, les élèves sont guidés par une série d'exercices pour se familiariser avec l'outil *Helioviewer* afin d'explorer les observations archivées du Soleil. Une fois qu'ils sont familiarisés avec l'outil, ils sont guidés sur la façon de l'utiliser afin d'explorer le cycle solaire et, si désiré, la connexion entre ce cycle et les conditions sur la Terre. **La partie la plus importante de l'activité ne peut pas être décrite dans ce guide puisqu'il s'agit de l'exploration autodirigée des élèves**. Il est important pour les élèves de commencer la partie de la démarche d'investigation avec des questions bien définies auxquelles ils chercheront les réponses, mais il est tout aussi important pour eux d'explorer ces questions par eux-mêmes, sans une méthodologie préécrite.

Si vous n'avez jamais dirigé une activité de démarche d'investigation avec vos élèves, la chose la plus importante que vous pouvez faire est de les aider à faire face à leurs incertitudes. Lorsqu'on leur demande de découvrir les choses par eux-mêmes, ils sont susceptibles de se sentir perdus et ils peuvent résister. C'est normal. Vous travaillez à l'encontre de plusieurs années de formation qui ont appris à vos élèves à s'attendre à l'apprentissage passif et non l'apprentissage actif. Rappelez-leur qu'il est normal de trébucher ou même d'échouer complètement. Dites-leur que c'est une partie normale du processus scientifique. Les expériences scientifiques fonctionnent rarement la première fois. Souvent, les questions auxquelles nous répondons ne sont pas celles que nous avons cherché à répondre. La même chose peut être vraie avec cette activité: vos élèves devraient l'aborder avec l'intention d'apprendre le cycle d'activité solaire et la connexion Soleil-Terre, mais vous et eux devriez être ouverts à la possibilité d'y faire d'autres découvertes.

Si vous pensez que vos élèves s'éloignent trop des objectifs principaux de l'activité, il est tout à fait correct de les orienter doucement sur la bonne voie avec quelques indications bien choisies ("C'est intéressant, mais au-delà de la portée de cette activité. Peut-être pourrions-nous en discuter plus tard.").

LE CYCLE D'ACTIVITÉ SOLAIRE



Âge:
14 ans et plus

Niveau de préparation:
facile

Nombre d'élèves:
petits groupes

Durée:
1-2 heures

Lieu de l'activité
classe ou laboratoire informationque

Type d'activité:
démarche d'investigation, avec ordinateurs

BRÈVE DESCRIPTION

Dans cette activité, les élèves explorent l'évolution de l'apparence du Soleil sur des périodes allant de jours à des décennies. Les élèves utiliseront des données réelles provenant d'observatoires solaires spatiaux, incluant le Solar Dynamics Observatory (SDO) et le Solar and Heliospheric Observatory (SOHO).

OBJECTIFS

Après avoir terminé cette activité, les élèves seront en mesure de:

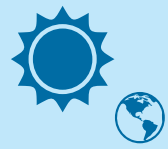
1. Expliquer pourquoi il est utile d'observer des objets astronomiques à de multiples longueurs d'onde, y compris celles qui ne sont pas visibles à l'œil.
2. Distinguer les images en vraies couleurs et en fausses couleurs.
3. Distinguer les images du Soleil prises en lumière visible et ultraviolette.
4. Établir un lien entre le comportement apparemment chaotique à la surface du Soleil au cycle à long terme de l'activité solaire.
5. Utiliser un outil web pour accéder à des observations astronomiques réelles.
6. Mettre en corrélation l'activité solaire avec les phénomènes terrestres, comme les aurores (facultatif).

MATÉRIEL

- Accès à un ordinateur ou à une tablette avec une connexion internet pour chaque groupe d'élèves. Si cela n'est pas possible, l'activité peut être modifiée afin d'être exécutée comme démonstration à l'aide d'un seul ordinateur contrôlé par l'enseignant.
- Un système de projection vous permettant d'afficher les images (elles peuvent également être imprimées et diffusées)
- Pour chaque groupe d'élèves: 10-15 feuilles de papier et un crayon-feutre
- Ruban adhésif

Une tache solaire typique est à peu près de la même taille que la planète Terre? Ce fait permet aux élèves de saisir l'immense taille du Soleil.

SAVIEZ-VOUS QUE?

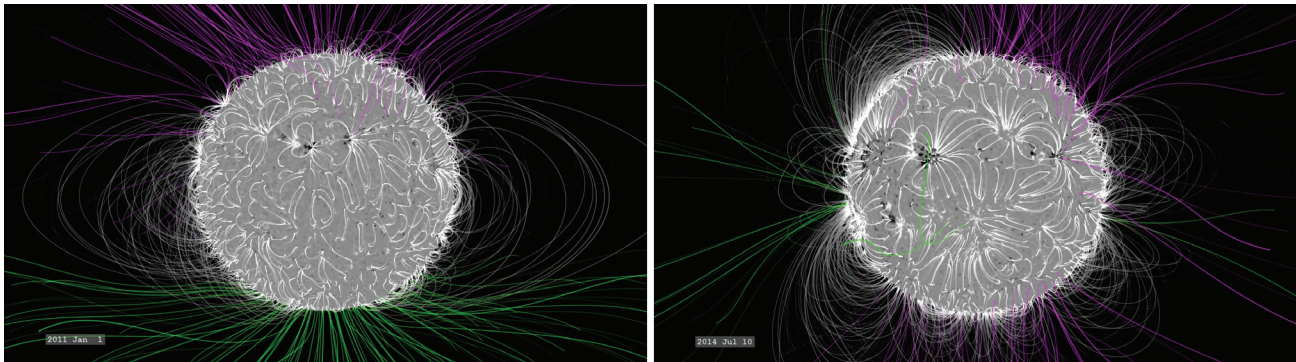


INFORMATION POUR ENSEIGNANTS

Le Soleil est, à bien des égards, un objet remarquablement simple: une grande sphère de plasma chaud. Sa simplicité relative et sa facilité d'observation nous ont permis de comprendre très bien la plupart des aspects du Soleil. Pourtant, il reste des mystères profonds. Beaucoup d'entre eux concernent le champ magnétique du Soleil et la dynamo solaire sous-jacente qui conduisent le cycle d'activité solaire.

Les champs magnétiques sont créés par le mouvement des particules chargées électriquement. Parce que le Soleil est fait de plasma (gaz ionisé), sa propre rotation et le mouvement constant de son intérieur créent un champ magnétique très fort. Nous appelons ce mécanisme la dynamo solaire.

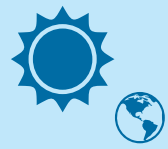
Le champ magnétique du Soleil passe d'un état ordonné à un état complexe et de nouveau à un état ordonné tous les 11 ans. Lorsqu'il est plus ordonné, le champ magnétique ressemble à celui d'une barre aimantée. Cet état ne peut pas persister longtemps. Contrairement à la Terre, le Soleil n'est pas un objet solide. Différentes parties du Soleil sont en mouvement constant par rapport aux autres parties. En particulier, l'équateur du Soleil tourne plus vite que ses pôles. Les particules à l'équateur du Soleil prennent environ 25 jours pour faire un tour, alors que celles du pôle prennent près de 40 jours. Cette rotation différentielle signifie que le champ magnétique du Soleil, qui est attaché à ces particules chargées, devient "enroulé". Comme il s'enroule, il s'emmêle. Cela peut être vu dans la figure ci-dessous.



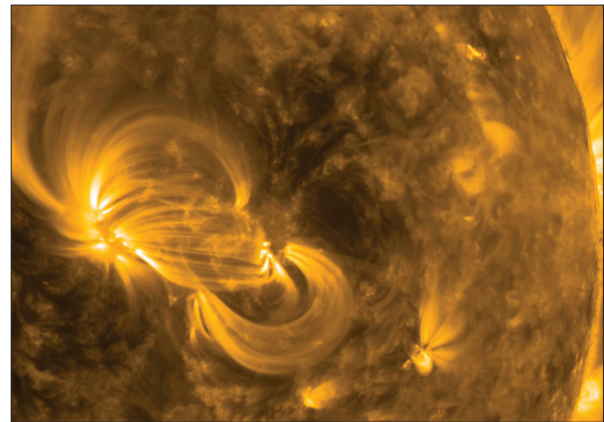
En janvier 2011 (à gauche), le champ magnétique du Soleil était relativement lisse et ordonné. En juillet 2014 (droite), il était devenu très enchevêtré. (Crédit: Goddard Space Flight Centre, NASA / Bridgman)

Plus le champ magnétique est emmêlé, plus il se développe des boucles, comme une boule de laine enchevêtrée. Quand une boucle de champ magnétique pique à travers la surface du Soleil, elle crée une perturbation visible. La boucle de champ magnétique guide le plasma chaud le long des lignes de champ, créant une boucle qui est facile à voir en lumière ultraviolette (UV), comme dans l'image au haut de la page suivante.

Chaque boucle crée également des points où elle pénètre la surface du Soleil. Dans ces endroits, le champ magnétique crée une pression qui permet d'équilibrer le gaz moins chaud à l'intérieur de la tache contre la pression du gaz plus chaud en dehors de la tache. Ainsi, les taches solaires paraissent plus sombres que la surface solaire environnante.

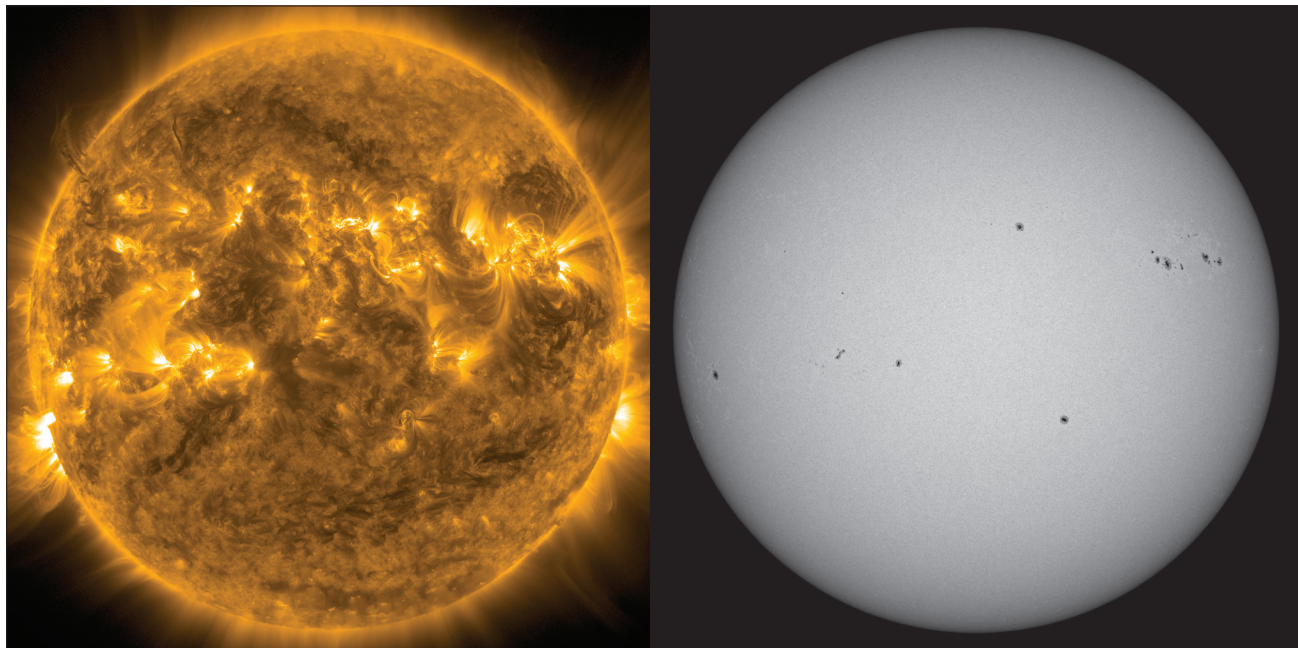


Vos élèves ne peuvent pas facilement faire leurs propres observations du Soleil en lumière UV. Cependant, **avec les précautions appropriées**, il serait possible pour eux d'observer les taches solaires dans la lumière visible. **Cela peut être fait avec un télescope avec un filtre solaire approuvé (très important!)**, ou parfois en utilisant une caméra sténopé. Les deux images ci-dessous contrastent l'apparence du Soleil en lumière visible et UV: la lumière UV est meilleure pour voir les boucles de plasma chaud, tandis que la lumière visible est meilleure pour voir les taches solaires plus sombres et moins chaudes.



Une boucle de champ magnétique piquant à travers la surface du Soleil, guidant le plasma chaud. Les boucles sont plus facilement visibles dans les images UV, comme celle-ci. (Crédit: Solar Dynamics Observatory, NASA)

Dans cette activité, les élèves exploreront des images du Soleil similaires à celles-ci afin de découvrir le cycle solaire. Le but est de leur faire découvrir le cycle d'activité solaire. Tous les 11 ans, le champ magnétique du Soleil «se réinitialise»: les enchevêtrements disparaissent pour la plupart, le champ magnétique revient à un état plus lisse et les taches solaires disparaissent presque complètement. L'explication complète de ce comportement est l'un des mystères restant sur le Soleil. Néanmoins, ce cycle est observé depuis des siècles. Nous espérons que vos élèves apprécieront le découvrir et l'explorer en détail.



Deux images du Soleil prises en même temps. Les boucles de champ magnétique brillent fortement dans l'image UV à gauche. Les taches solaires apparaissent comme des régions sombres dans l'image en lumière visible à droite. Les deux images sont en fausses couleurs. Notez l'alignement des régions actives visibles en UV avec les taches solaires vues en lumière visible. (Crédit: Solar Dynamics Observatory, NASA)



PRÉPARATION

Les élèves peuvent faire cette activité sans connaissance préalable du Soleil. En fait, il peut être plus impressionnant pour eux de commencer l'activité sans connaître le cycle d'activité solaire.

Les parties 1 et 2 de cette activité présentent aux élèves l'idée de longueurs d'onde de la lumière non visible à l'œil ainsi que les images en fausses couleurs. Si vos élèves connaissent déjà ces concepts, n'hésitez pas à sauter ces parties de l'activité.

DÉROULEMENT

Partie 1: Images en fausses couleurs (facultatif)

De nombreuses images astronomiques sont prises dans des longueurs d'onde de lumière non visibles à l'œil humain, puis rendues en couleurs visibles afin que nous puissions les examiner. Nous les appelons *images en fausses couleurs*. Ils sont un outil essentiel en astronomie, mais confondent souvent les élèves. Par exemple, si une image en lumière UV est rendue en jaune sur un écran d'ordinateur, les élèves supposent naturellement que c'est une image prise à l'origine en lumière jaune. Dans cette partie de l'activité, l'objectif est d'aider les élèves à comprendre quelles informations sont encodées dans une image en fausses couleurs. Il est important de commencer par des exemples terrestres, afin que les étudiants ne développent pas l'idée fausse que les « fausses couleurs » sont des propriétés d'objets astronomiques.

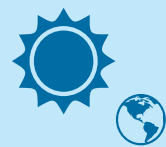
Affichez la FIGURE 1 (en annexe) devant votre classe. Débutez la discussion en posant ces questions:

1. Ce type d'image vous est-il familier?
2. D'après vous, quel type de lumière a été utilisé pour faire cette image?
3. Que pouvez-vous conclure par rapport à la girafe à partir de cette image ?

Si vos élèves ne reconnaissent pas cela comme une image infrarouge ou une «image de température», guidez-les vers cette compréhension. Les parties lumineuses correspondent aux zones chaudes (plus de lumière infrarouge) et les parties foncées aux zones plus froides (moins de lumière infrarouge). Pour les aider à comprendre que cette image représente la scène dans des couleurs non visibles à l'œil, montrez-leur la FIGURE 2, qui montre la même scène en lumière visible. Soulignez que les deux longueurs d'onde différentes donnent *des informations différentes* sur la girafe.

Partie 2: Comprendre les images en ultraviolet (facultatif)

Pour aider les élèves à comprendre l'imagerie ultraviolette, nous commençons par un exemple de la vie quotidienne. Demandez aux élèves de travailler en équipes de deux et d'examiner les images de la FIGURE 3 afin de répondre aux questions. Quand c'est fait, revenez en grand groupe et discutez brièvement. Notez que l'explication correcte est que l'homme sur la photo porte un écran solaire sur la moitié gauche du visage. L'écran solaire absorbe la lumière UV et l'empêche d'atteindre (et d'endommager) la peau. En absorbant la lumière UV, cette partie paraît foncée sur une image prise en lumière UV.



Une fois que les étudiants sont à l'aise avec l'idée d'imagerie UV sur Terre, il est temps d'essayer un exemple astronomique. Demandez-leur d'examiner les images de Jupiter sur la FIGURE 4 et de discuter de ce que l'image UV révèle que l'image de la lumière visible ne révèle pas. L'image supérieure de la FIGURE 4 montre une image UV de l'aurore sur Jupiter. Le panneau inférieur montre une image visible de la même partie de la planète. Les étudiants doivent comprendre que cette image UV est en fausses couleurs et qu'elle montre un phénomène non visible à l'œil nu. Ce sera un concept important lors de l'examen des images du Soleil.

Assurez-vous que vos élèves sont en mesure d'identifier les images UV et les images visibles. Ils devraient pouvoir expliquer que les deux types d'images encodent des informations différentes.

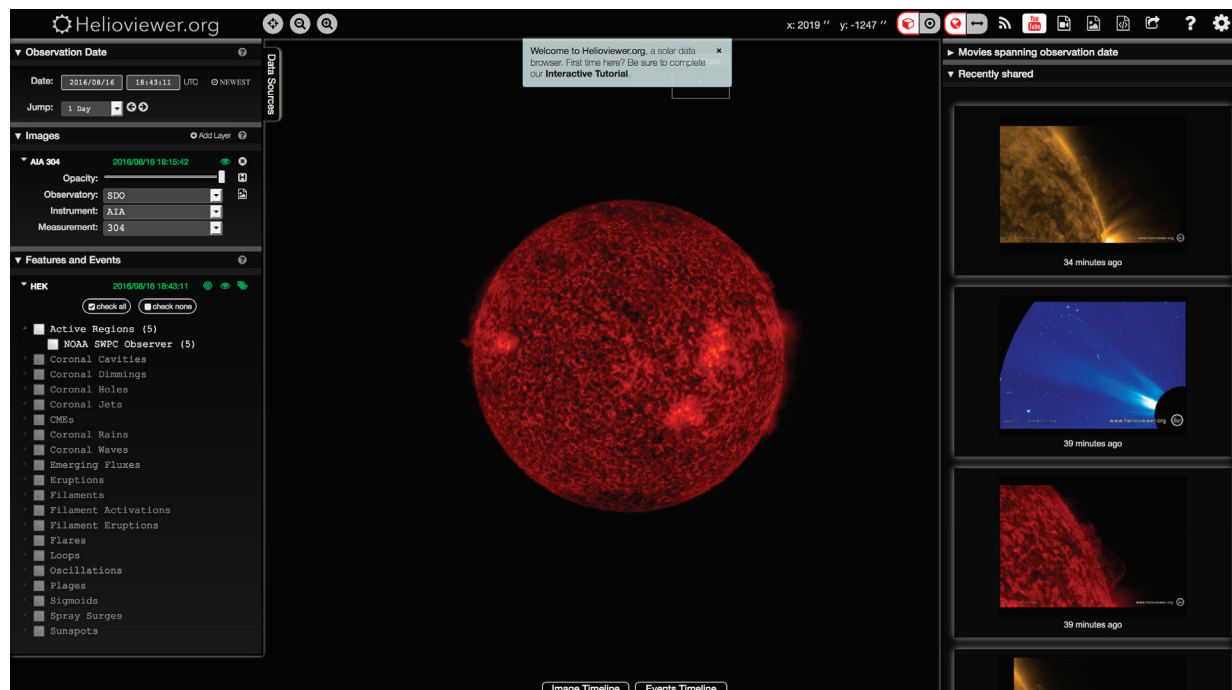
AVANT DE CONTINUER

Partie 3: Découvrir les conceptions des élèves

Demandez à vos élèves de travailler en équipe de deux afin d'écrire une description de la surface du Soleil en une ou deux phrases *sans faire référence à des ressources externes*. Le but est de faire ressortir leurs conceptions de la surface du Soleil. À quel point est-ce chaud ? Quel est l'état de la matière ? De quelle couleur est la surface du Soleil ? À quoi ressemble la surface en détail ? Cela aidera à stimuler la démarche d'investigation. Si le temps le permet, demandez aux élèves de partager librement leurs idées avec la classe, *sans aucun renforcement positif ou négatif* de la part de l'enseignant.

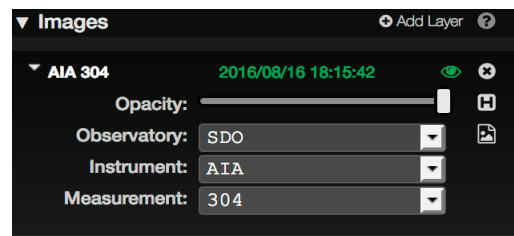
Partie 4: Explorer Helioviewer

Invitez les élèves à accéder au site helioviewer.org. Quand le programme commence, il montre le Soleil le jour de l'activité:





Encouragez vos élèves à expérimenter librement l'interface. Demandez-leur de se concentrer sur le volet *Images*, tel que montré dans l'image à droite, qui leur permettra de sélectionner les données de différentes sondes (menu déroulant *Observatory*), les différentes caméras sur ces sondes (menu déroulant *Instrument*) et finalement les différentes longueurs d'onde de la lumière observée par chaque caméra (menu déroulant *Measurement*). Notez que pour les données SDO, l'instrument AIA est une caméra ultraviolette et l'HMI est une caméra à lumière visible. Pour SOHO, les équivalents sont l'EIT et le MDI (avec l'option *continuum* dans *Measurement*). Les numéros indiqués sous la section *Measurement* lors de l'utilisation des caméras AIA ou EIT se réfèrent aux longueurs d'onde de la lumière UV. Par exemple, dans la capture d'écran ci-dessus, nous regardons une image prise en lumière avec une longueur d'onde de 30,4 nanomètres avec la caméra AIA de la sonde SDO. Les élèves n'ont pas besoin de comprendre cela en détail.



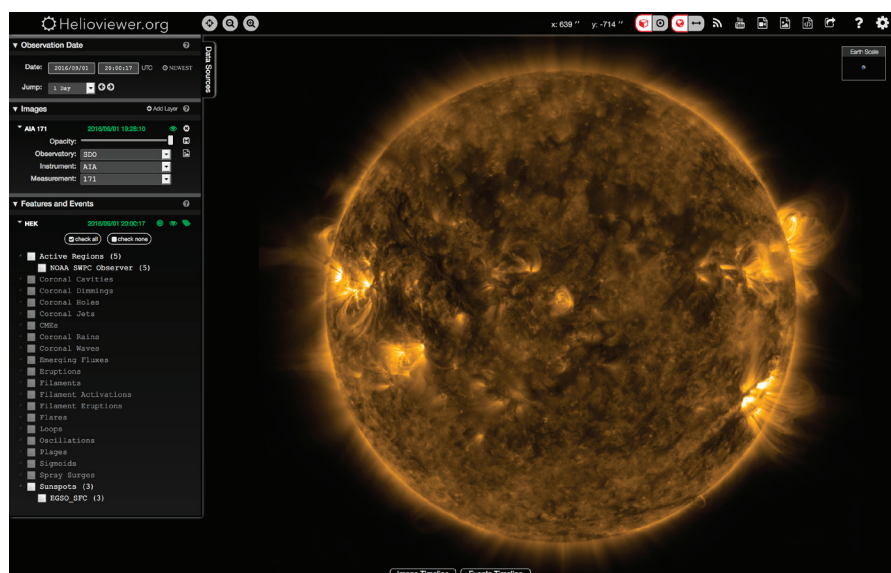
En explorant *Helioviewer*, posez des questions à vos élèves:

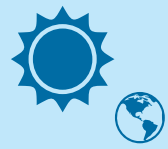
1. Est-ce que les images que vous voyez sont en vraies couleurs ou fausses couleurs ? Comment faites-vous pour savoir ?
2. Est-ce que ces images sont en lumière visible, lumière ultraviolette ou un autre type de lumière?
3. Comment l'apparence du Soleil dans les images ultraviolettes se rapporte-t-elle à son apparence en lumière visible?

Quand vos élèves ont une bonne compréhension de base de l'interface, vous pouvez passer à la prochaine partie.

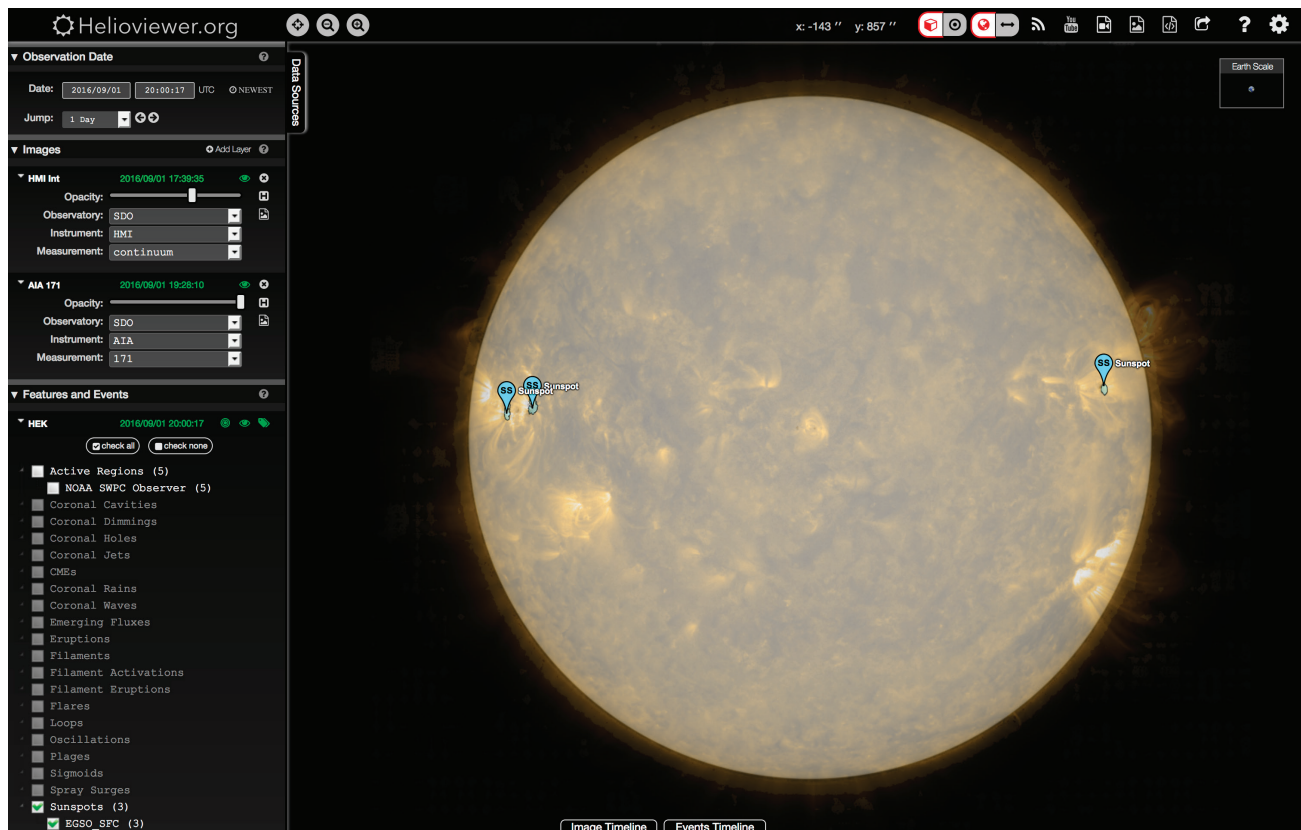
Part 5: Découvrir le cycle d'activité solaire

Maintenant que vos élèves sont familiarisés avec l'interface de *Helioviewer* et l'apparence générale de la surface solaire, ils peuvent commencer à explorer les changements au fil du temps. Cela peut se faire de plusieurs façons et vous devez laisser vos élèves explorer par leurs propres moyens. S'ils ont de la difficulté, demandez-leur d'utiliser l'interface de superposition d'images (*Add layer*) pour comparer les images de lumière visible et d'UV. Nous pouvons commencer par afficher une image UV de SDO, telle que montrée à droite. Ici, nous avons sélectionné l'image UV 17,1 nanomètres de la caméra AIA, mais les spécificités n'ont pas d'importance. Découvrez toutes les options!



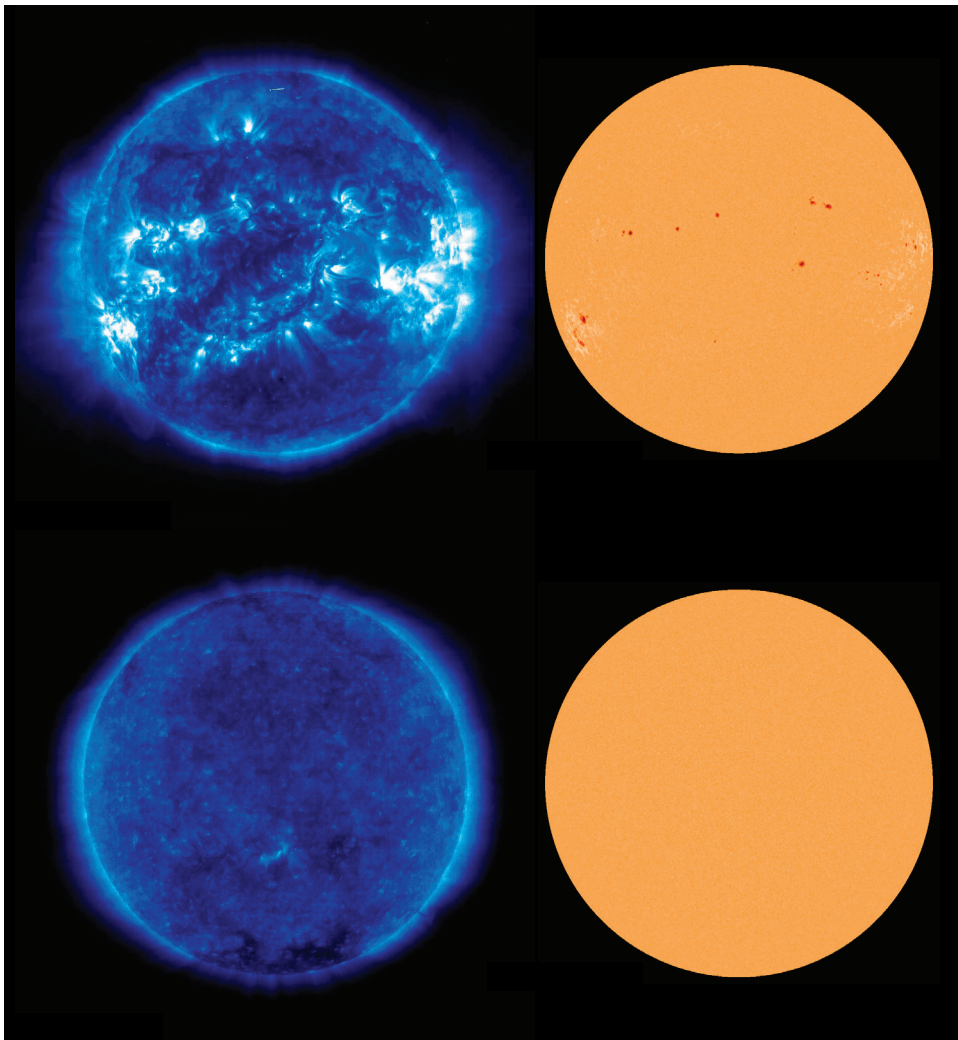


En cliquant sur *Add layer* en haut du volet *Images*, nous pouvons superposer plusieurs longueurs d'onde en même temps pour les comparer. Dans l'image ci-dessous, nous avons superposé une image de lumière visible (*HMI continuum*) au-dessus de l'image UV existante. Nous avons également activé la superposition *Sunspots* (taches solaires) dans le volet *Features and Events*. Cela ajoute les marqueurs sur les taches solaires pour les rendre plus visibles. Maintenant nous pouvons voir comment les taches solaires s'alignent avec les régions actives vues dans l'image UV :



Notez que, dans l'image ci-dessus, le Soleil est à un stade intermédiaire d'activité. Ces images viennent de 2016, pendant l'un des cycles solaires les plus faibles de tout le siècle dernier. Dans un instant, nous examinerons des périodes plus actives dans l'histoire du Soleil.

La sonde SDO fournit les images les plus spectaculaires, mais les données ne remontent qu'à 2010 et ne couvrent pas un cycle solaire complet de 11 ans. Pour cela, vous devrez peut-être inciter vos élèves à explorer les données de la sonde SOHO, qui remontent jusqu'à 1996. En comparant les images SOHO à partir de dates largement séparées, les élèves devraient être capables de voir que le Soleil passe par un cycle d'activité, avec des extrêmes tels que décrits à la page suivante.



Images du Soleil lorsqu'il est très actif (rangée du haut) et inactif (rangée du bas). Les images UV sont dans la colonne de gauche. Les images en lumière visible sont dans la colonne de droite. Lorsque le Soleil est à son maximum d'activité, il y a une intense activité magnétique à la surface et de nombreuses taches solaires. Quand il est moins actif, il y a peu d'activité magnétique à la surface et peu ou pas de taches solaires. (Crédit: SOHO / NASA)

Une fois que vos élèves comprennent bien l'interface pour regarder les données historiques, il est temps de commencer la partie de démarche d'investigation. **Si vous n'avez qu'une seule période, ou si vous ne voulez pas faire la démarche d'investigation au complet, vous pouvez conclure l'activité ici avec une discussion des résultats des élèves sur le cycle solaire.**

Partie 6: Explorer votre curiosité et générer des questions vérifiables

Demandez à vos élèves de mettre de côté *Heliowiewer* pendant un certain temps. Demandez-leur de réfléchir sur ce qu'ils ont vu sur le Soleil jusqu'à présent. Quelle sorte de questions se sont-ils posés? Les élèves devraient prendre quelques minutes pour écrire toutes les questions qui leur passent par la tête par rapport à ce qu'ils ont vu jusqu'à maintenant.

Une fois que les élèves ont généré des questions indépendamment, ils devraient discuter en équipe de deux. Demandez-leur d'essayer de formuler des questions de recherche sur le cycle solaire qui pourraient être analysées en explorant les données disponibles sur *Heliowiewer*. Encouragez-les à ne pas se censurer en écrivant leurs questions: elles doivent toutes être écrites rapidement, sans trop de réflexion.



Distribuez plusieurs feuilles de papier et un crayon-feutre à chaque équipe. Demandez-leur de travailler ensemble afin d'écrire des questions de recherche, une par feuille de papier, en gros caractères. Donnez-leur 5 minutes. Assurez-vous que chaque équipe ait écrit au moins une question.

Une fois que chaque équipe a généré ses questions, récupérez les feuilles. Apportez-les au tableau ou un mur et commencez à les trier. Le but ici est d'aider les élèves à apprendre comment bien formuler une question de recherche. Vous pouvez trier leurs questions visuellement en les collant sur le tableau ou le mur dans des catégories. Nous proposons les catégories suivantes:

1. Questions en dehors du domaine de la science (exemple : «Pourquoi les éruptions solaires sont-elles si belles?»)
2. Questions scientifiques qui **ne peuvent pas** être explorées avec les outils disponibles (par exemple, «Quelle est la source d'énergie du Soleil? »)
3. Questions scientifiques qui **peuvent** être explorées avec les outils disponibles (par exemple, «Combien de temps durent les taches solaires?»)

Ne pas afficher ces titres avant que les élèves aient formulé leurs questions afin de ne pas affecter leur curiosité. Lors du tri des questions, il est important de ne pas laisser comprendre que ceux de la première catégorie sont moins valables que ceux des deux dernières: il y a beaucoup de questions importantes qui ne sont pas scientifiques.

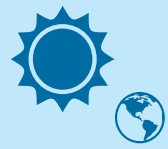
Une fois les questions triées, révisez-les avec le groupe, en expliquant comment vous les avez triées. Choisissez quelques exemples à discuter, en soulignant ce qui rend une question **scientifique** (qu'elle soit falsifiable, par exemple), et ce qui la rend **appropriée pour l'exploration avec les outils disponibles**.

Maintenant, les élèves devraient prendre quelques minutes pour choisir une question et la retravailler afin qu'elle soit étudiée de manière productive dans *Helioviewer*.

Partie 7: Démarche d'investigation finale

Maintenant que vous leur avez montré comment identifier des questions réalisables, vous avez une décision à prendre. Vous pouvez leur donner du temps (5-10 minutes) pour peaufiner les questions qu'ils ont déjà posées, ou vous pouvez avoir une discussion en grand groupe afin d'établir un ensemble de questions sur lesquelles tout le monde travaillera. Les élèves plus âgés ou motivés se contenteront de leurs propres questions, tandis que les élèves plus jeunes ou moins confiants bénéficieront de votre aide pour façonner les questions qu'ils utiliseront.

Quelle que soit la méthode que vous choisissiez, assurez-vous que leurs questions peuvent être étudiées de manière productive en utilisant *Helioviewer* dans le temps prévu.



Une fois que chaque groupe a une question, donnez-leur le temps pour faire la recherche dans *Helioviewer*. Ils auront besoin d'au moins 20 minutes pour cette partie et probablement même plus. C'est la partie qui est impossible à décrire en détail dans ce guide puisque la situation dépendra des élèves et de leurs questions. Vous devrez les superviser, les aider à résoudre leurs problèmes et à rester concentrés.

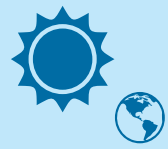
Une fois qu'ils ont fini, vous pouvez conclure l'activité de différentes façons, que ce soit noté ou non:

1. **Discussion en classe:** Demandez à chaque équipe de présenter leurs conclusions dans une courte présentation orale. Ils doivent alors présenter à la fois leur question et le résumé de leurs conclusions.
2. **Échange en équipe:** Demandez à chaque équipe de se séparer et de faire de nouvelles équipes avec d'autres élèves. Demandez-leur de présenter leurs résultats oralement dans leur nouvelle équipe. Chaque élève devrait se concentrer sur l'explication de sa question et de ses résultats de manière claire et concise.
3. **Travail écrit:** Demandez aux élèves de travailler individuellement ou en équipe pour résumer leurs recherches par écrit. Leur texte devrait fournir les preuves pour appuyer la réponse à leur question.

Partie 8: Recherche indépendante (facultatif)

Maintenant que vos élèves connaissent mieux le cycle solaire, vous pouvez leur faire découvrir des liens entre le cycle solaire et les phénomènes terrestres. Pour cette étape, nous recommandons un travail écrit. Vous pouvez permettre aux étudiants de choisir leurs propres thèmes, ou choisir parmi nos suggestions:

1. Quels sont les effets de l'activité solaire sur les infrastructures à la surface de la Terre et en orbite?
2. Quels sont les effets de l'activité solaire sur les astronautes en orbite autour de la Terre?
3. Y a-t-il un lien entre l'activité solaire et les variations à court terme (sur des années ou quelques décennies) du climat de la Terre?
4. Y a-t-il un lien entre l'activité solaire et les tendances à long terme (sur des centaines ou des milliers d'années) du climat de la Terre?
5. Quelle est la relation entre l'augmentation de l'activité solaire et les aurores sur Terre?
6. L'activité solaire plus intense a-t-elle un effet sur la santé humaine?
7. Comment et quand le cycle solaire a-t-il été découvert?
8. Quels types d'activité soudaine et violente le Soleil peut-il produire?
9. Pourquoi est-il important pour les astronomes de surveiller l'activité du Soleil?
10. Comment le Soleil changera-t-il au cours des prochaines 5 milliards d'années et quel effet ces changements auront-ils sur la vie sur Terre?



Questions à réponses courtes

1. Qu'est-ce que la lumière ultraviolette?

La lumière ultraviolette est un type de lumière avec une longueur d'onde plus courte et une énergie plus élevée que la lumière visible.

2. Qu'entend-on par «images en fausses couleurs»?

Les images en fausses couleurs utilisent des couleurs autres que les vraies couleurs qui seraient visibles à l'œil humain pour représenter différentes longueurs d'onde de lumière. Un exemple consiste à rendre les types de lumière non visibles à l'œil humain (par exemple la lumière UV) en couleurs de lumière visible. Une autre est de rendre les images de lumière visible dans des couleurs autres que celles qui seraient naturellement perçues par l'œil humain (par exemple inverser le rouge et le vert, ou changer une image en couleurs en une image en noir et blanc).

3. Qu'est-ce que les images prises dans la lumière ultraviolette révèlent au sujet du Soleil que les images prises en lumière visible ne révèlent pas?

Les images UV montrent des régions chaudes et actives ainsi que des boucles de champ magnétique sur la surface du Soleil qui ne peuvent être vues dans des images en lumière visible.

4. Qu'est-ce que le cycle d'activité solaire et combien de temps dure-t-il?

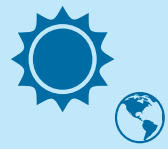
Le cycle d'activité solaire est un cycle de 11 ans au cours duquel la surface solaire passe d'un aspect désordonné et actif avec de nombreuses taches solaires, à un aspect ordonné et inactif avec très peu de taches solaires.

5. Qu'est-ce qui crée le cycle solaire?

Le cycle solaire est créé par des changements dans la forme du champ magnétique du Soleil. Le mécanisme exact reliant les changements dans le champ magnétique aux changements à l'intérieur du Soleil n'est pas entièrement compris.

6. Quelles sont les observations directes du Soleil que nous pouvons faire pour confirmer l'existence du cycle solaire?

Nous pouvons noter le nombre de taches solaires visibles sur la surface solaire. Au cours d'une période de 11 ans, ce nombre augmente (activité solaire intense) et diminue (activité solaire faible).



Questions à choix multiples

1. Laquelle des observations suivantes révélerait le plus clairement l'existence du cycle solaire?
 - a. Mesurer les heures de lever et de coucher du soleil tous les jours pendant six mois.
 - b. Observer la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon au même endroit sur Terre tous les jours pendant cinquante ans.
 - c. **Compter le nombre de taches solaires sur la surface du Soleil tous les jours pendant soixante-dix ans.**
 - d. Mesurer la température du Soleil tous les jours pendant trois ans.
 - e. Mesurer la distance entre le Soleil et la Terre tous les jours pendant un an.
2. Par rapport à la lumière visible, la lumière ultraviolette a:
 - a. une longueur d'onde plus longue et moins d'énergie.
 - b. une longueur d'onde plus courte et moins d'énergie.
 - c. une longueur d'onde plus longue et plus d'énergie.
 - d. **une longueur d'onde plus courte et plus d'énergie.**
 - e. Il est impossible de spécifier sans information supplémentaire.
3. Pourquoi est-il utile d'observer le Soleil dans de multiples longueurs d'onde de lumière?
 - a. **Différentes longueurs d'onde révèlent différents processus physiques.**
 - b. Les champs magnétiques ne peuvent être vus qu'en lumière visible.
 - c. Les taches solaires sont invisibles en lumière visible.
 - d. La lumière ultraviolette est bloquée par l'atmosphère terrestre.
 - e. Le Soleil émet des types de lumière à certains moments, et d'autres types à d'autres moments.
4. Lequel des énoncés suivants sur l'apparence du Soleil quand il est le plus actif est vrai?
 - a. Moins de taches solaires sont visibles sur sa surface.
 - b. **Le gaz chaud emprisonné dans les boucles de champ magnétique peut être vu sur sa surface.**
 - c. Le Soleil apparaît visiblement plus lumineux à l'œil humain.
 - d. Les taches solaires passent du noir au très brillant.
 - e. Le Soleil apparaît plus grand que la normale parce que la chaleur supplémentaire qu'il génère provoque l'expansion de ses couches externes.



Obtenir de l'aide des astronomes et des éducateurs en astronomie

À la découverte de l'univers/Discover the Universe, www.decouvertedelunivers.ca

À la découverte de l'univers fournit des webinaires et formations en ligne gratuits pour les enseignants qui désirent en savoir plus sur l'astronomie. Les webinaires sont offerts en anglais et en français.

L'astronomie solaire canadienne

AuroraMAX, <http://www.asc-csa.gc.ca/fra/astronomie/auroramax/default.asp>

AuroraMAX utilise une caméra basée à Yellowknife afin de faire des enregistrements quotidiens des aurores boréales. Les enregistrements peuvent être consultés à tout moment. Ce service est exploité par l'Agence spatiale canadienne.

Météo Spatiale Canada, www.spaceweather.gc.ca

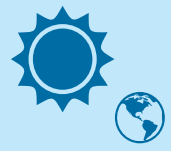
Météo Spatiale Canada donne des prévisions de l'activité aurorale à venir. Ce site peut être utilisé pour étudier les liens entre l'augmentation de l'activité solaire et l'activité aurorale, même si les aurores ne peuvent être vues à votre emplacement.

Principaux observatoires solaires

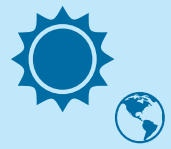
Solar and Heliospheric Observatory (SOHO), <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

Solar Dynamics Observatory (SDO), <http://sdo.gsfc.nasa.gov/>

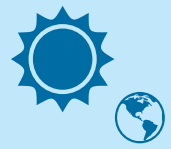
SOHO et SDO fournissent tous les deux des images quotidiennes du Soleil dans de nombreuses longueurs d'onde. SOHO fonctionne depuis plus longtemps, mais SDO fournit des images à plus haute résolution. Leurs données sont incorporées régulièrement à *Helioviewer*, mais peuvent également être consultées sur le site web de chaque satellite en temps quasi réel.



Crédit: NASA/JPL-Caltech



Crédit: NASA/JPL-Caltech



Lumière visible

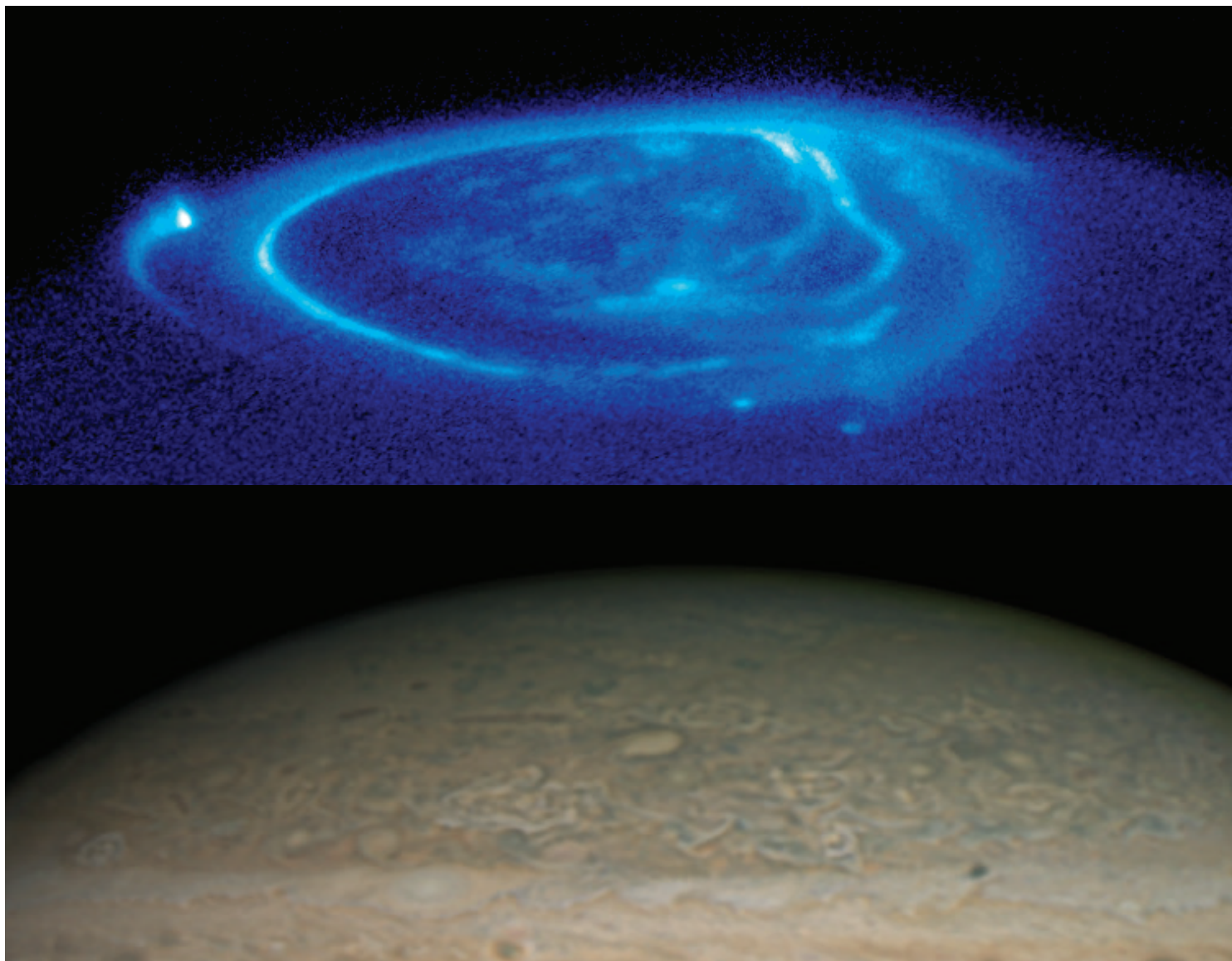
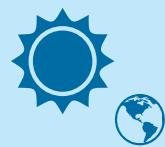
Lumière ultraviolette



Crédit: Spigget / Wikimedia Commons

Ces images ont été prises en même temps, mais en utilisant différentes longueurs d'onde de lumière. Examinez-les et discutez les questions suivantes avec votre équipe. Soyez prêts à partager vos réponses avec la classe.

1. **Qu'est-ce qui pourrait être sur la partie sombre du visage de l'homme dans l'image UV?**
2. **Quelle information est-il possible d'obtenir avec l'image UV que nous ne pourrions pas avoir si nous n'avions que l'image visible?**



Crédits: en haut -- NASA et l'équipe Hubble Heritage (STScI/AURA); en bas -- NASA, ESA, et A. Simon (Goddard Space Flight Center)

Ces deux images montrent le pôle Nord de la planète Jupiter, l'une en lumière UV et l'autre en lumière visible.

1. Laquelle est l'image UV selon vous, et comment faites-vous pour savoir ?
2. Quelle information est-il possible d'obtenir avec l'image UV que nous ne pourrions pas avoir si nous n'avions que l'image visible ?

