

COMMENT COLORER L'UNIVERS

Kimberly Arcand¹, Taylor Knapp^{2*} et Megan Watzke¹

¹Observatoire à Rayons X Chandra de la NASA, Centre d'Astrophysique, Harvard & Smithsonian, Cambridge, MA, États-Unis

²Département de Physique, Université Brown, Providence, RI, États-Unis

Même si nous pouvons voir des milliers d'étoiles dans le ciel nocturne avec nos seuls yeux, nous savons qu'il existe des millions d'autres objets célestes. Pour voir ces autres étoiles, galaxies, nébuleuses et plus encore, nous avons besoin de télescopes qui sont non seulement plus puissants que l'œil humain, mais qui peuvent voir des types de lumière que notre vision ne peut pas traiter. Chacun de ces télescopes est spécialisé dans l'observation d'un certain type de lumière et fournit des informations uniques. En combinant les images de plusieurs télescopes, nous pouvons obtenir une compréhension globale des objets à travers le cosmos. Dans cet article, en utilisant comme exemples le centre de notre galaxie (la Voie lactée), la nébuleuse de la Tarentule et ce qui reste de la supernova Tycho, nous explorons comment différents télescopes, tels que l'observatoire à rayons X Chandra de la NASA, le télescope spatial James Webb, le télescope spatial Spitzer et le télescope spatial Hubble, travaillent ensemble pour produire des images magnifiques et informatives de notre Univers.

L'UNIVERS « INVISIBLE »

En regardant le ciel nocturne, tu peux voir beaucoup de noir où les

LUMIÈRE VISIBLE.

Gamme restreinte des types de lumière que les yeux humains peuvent voir.

INFRAROUGE. Type de lumière associée à la détection de chaleur, ayant moins d'énergie et des longueurs d'onde plus grandes que la lumière visible.

RAYONS X. Type de lumière avec plus d'énergie et des longueurs d'onde plus courtes que la lumière visible, couramment utilisée par les médecins pour les radiographies osseuses.

LONGUEUR D'ONDE.

Distance entre deux pics voisins d'une onde ou longueur d'une répétition complète (ou cycle) d'une onde.

étoiles apparaissant comme des points blancs. Mais si tu regardes plus précisément et avec différents types de télescopes, l'espace et ses étoiles ont beaucoup plus à offrir.

Tu as peut-être entendu le terme « **lumière visible** ». C'est ainsi que nous appelons la gamme de couleurs que l'œil humain peut voir. La lumière visible, cependant, n'est qu'une infime partie de toute la lumière, comme le montre la **Figure 1**. Les autres types de lumière sont : les **infrarouges**, les **rayons X**, les rayons gamma et ultraviolets, pour n'en nommer que quelques-uns.

Les scientifiques savent que les objets dans l'espace émettent tous ces types de lumière, mais ils sont pour la plupart invisibles à l'œil humain. Pour résoudre ce problème, les astronomes construisent des télescopes et les placent au sol ou les lancent dans l'espace, pour détecter les types de lumière que nous ne pouvons pas voir avec nos yeux. Certains types de lumière sont absorbés par l'atmosphère terrestre, de sorte que les télescopes qui peuvent les détecter doivent être envoyés dans l'espace. D'autres télescopes sont envoyés dans l'espace pour obtenir de meilleures images.

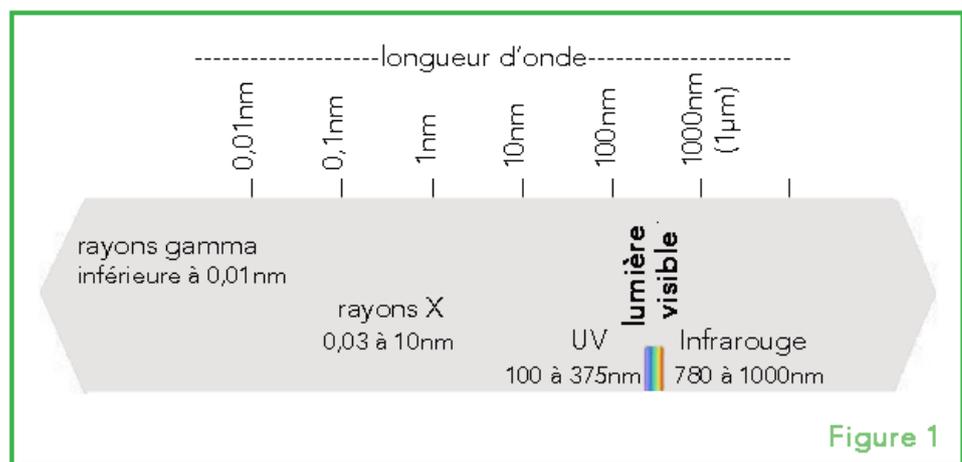


Figure 1. Ensemble des ondes lumineuses de différentes longueurs d'onde des rayons gamma de plus faible longueur d'onde aux infrarouges en passant par la lumière visible (entre 380 et 720nm). nm : nanomètre ; µm : micromètre. Cette figure a été ajoutée pour la version française.

TRADUIRE LA LUMIÈRE

Tu te demandes peut-être comment les objets dans l'espace émettent différents types de lumière. Avant d'aller plus loin, nous devons expliquer que la lumière se déplace comme une onde. Tout comme sur l'océan, on peut mesurer la distance entre les pics des vagues de lumière. C'est ce qu'on appelle la **longueur d'onde** et les scientifiques utilisent cette mesure pour classer les ondes lumineuses dans des catégories telles que les ondes radio (longueurs d'onde plus longues – de 1millimètre à 33 kilomètres), la lumière visible (longueurs d'onde moyennes) ou les rayons X (longueurs d'onde plus courtes) (**Figure 1**).

Beaucoup de choses émettent un ou plusieurs types de lumière, y

compris les personnes et les objets inanimés. Nous réfléchissons la lumière visible du soleil et d'autres sources lumineuses, mais n'émettons pas de lumière visible. Par contre, parce que notre corps est chaud, nous émettons de la lumière infrarouge. C'est ainsi que les caméras thermiques et certaines lunettes de vision nocturne permettent de voir les personnes dans l'obscurité. Comme nous utilisons différents types d'outils pour voir les choses ici sur Terre, les astronomes utilisent des outils spéciaux, précisément différents types de télescopes, pour observer une variété de phénomènes dans l'espace.

Une fois qu'ils ont reçu les données recueillies par les télescopes, les scientifiques peuvent les traiter de telle façon que nos sens humains limités soient capables de les distinguer. Ils superposent différents types de lumière en attribuant à chaque type d'onde une couleur de lumière visible, comme le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le bleu ou le violet [1].

Tu penses peut-être : « Attendez une seconde ! C'est de la triche ! N'avez-vous pas dit que nous ne pouvons pas voir ces autres types de lumière ? Est-ce que tout cela est inventé ? La réponse est un grand NON ! Ce n'est pas de la magie ou un tour de passe-passe : c'est une traduction. Si tu as déjà visité un pays étranger ou parlé avec quelqu'un dont la langue est différente de la tienne, tu as dû traduire la langue que tu parles en une autre langue. Les significations générales ne changent pas, seulement les mots. Il en va de même pour les données. Nous traduisons les différents types de lumière invisible en couleurs que nos yeux et notre cerveau peuvent percevoir [2].

VOIR LE CENTRE DE NOTRE GALAXIE

Pour le démontrer, explorons le centre de notre galaxie, la Voie lactée. Sur Terre, à certains endroits, tu peux voir la Voie lactée s'étendre sur une grande partie du ciel nocturne. Dans la Figure 2, nous zoomons sur une partie relativement petite du « centre » de notre galaxie. Enfoui en ce centre se trouve un trou noir géant, pesant environ 4 millions de fois plus que le Soleil et que les astronomes ont nommé Sagittarius A*. Bien que nous ne puissions pas voir au-delà du bord du trou noir lui-même, nous pouvons voir les étoiles, le gaz, la poussière et bien d'autres choses qui l'entourent. Dans cette figure, tu peux voir le centre de la Voie lactée à travers trois filtres de lumière différents (infrarouge proche, infrarouge et rayons X).

Pour capturer l'image de Sagittarius A*, situé à environ 26 000 années-lumière (environ 240 000 000 000 000 000 km) de distance, les astronomes ont utilisé trois télescopes différents de la NASA envoyés dans l'espace (Figure 2). Chaque télescope observe des types de lumière spécifiques et recueille des informations importantes sur cette région de la galaxie. Pris ensemble, cependant, ils brossent un tableau plus complet que n'importe quel télescope ne peut obtenir seul.

TRADUCTION. Utilisation d'outils d'imagerie pour faire correspondre les lumières invisibles à des couleurs que nous détectons (rouge, vert, violet, etc.) dans le but de produire une image perceptible par nos yeux.

INFRAROUGE PROCHE. Type particulier de lumière infrarouge avec un peu moins d'énergie et des longueurs d'onde plus longues que la lumière visible. Il se situe entre la lumière visible et l'infrarouge sur le spectre lumineux

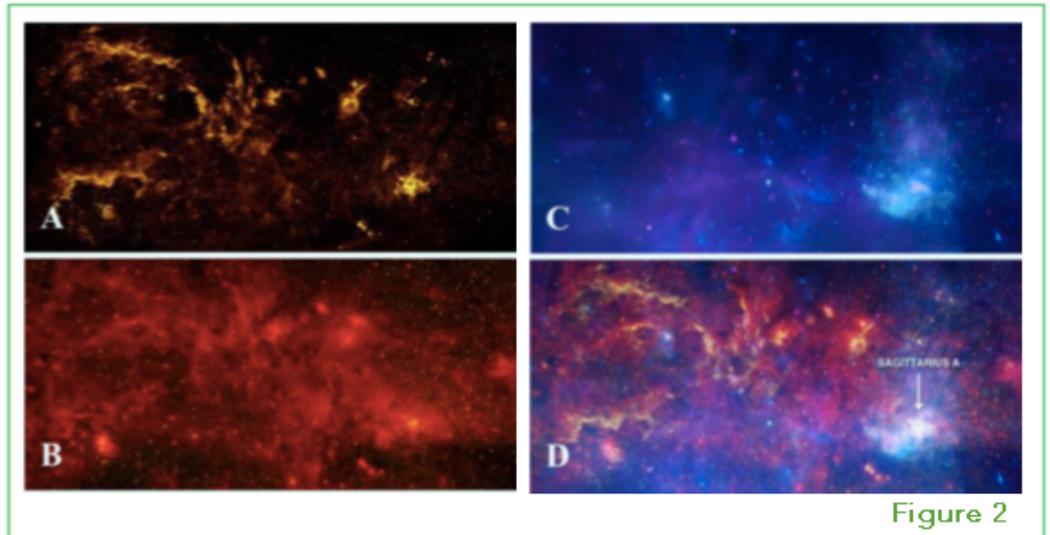


Figure 2

Figure 2. Trois télescopes peuvent utiliser des filtres différents de lumière pour capturer certains des types de lumière émis par le centre de notre galaxie : (A) infrarouge proche, à partir du télescope spatial Hubble ; (B) infrarouge, du télescope spatial Spitzer ; et (C) les rayons X, du télescope de l'observatoire à rayons X Chandra. Les astronomes ont traduit les données des télescopes en lumière visible, en utilisant les couleurs que tu vois ici. (D) Tous les filtres sont superposés, avec une flèche pointant vers le trou noir au centre de notre galaxie, Sagittarius A*. Vue de la Terre, cette partie de la Voie Lactée a à peu près la même largeur que la pleine lune. (Crédit [photos](#)).

Voici ce que montre chaque couleur :

- Jaune : observations dans l'infrarouge proche obtenues avec le télescope spatial Hubble. Elle montre des centaines de milliers d'étoiles ainsi que les régions où naissent des étoiles.
- Rouge : observations dans l'infrarouge obtenues avec le télescope spatial Spitzer, qui est maintenant à la retraite. Les types de lumière infrarouge détectées sont plus froides que pour Hubble, et révèlent le rayonnement et les vents émis par les étoiles et créant des nuages de poussière incandescents et des structures complexes.
- Bleu et violet : les radiographies aux rayons X ne sont pas seulement importantes dans le cabinet de ton médecin ou de ton dentiste. Dans l'espace, les objets émettent des rayons X lorsqu'ils sont très chauds ou ont une énergie très élevée, ce que l'observatoire à rayons X Chandra peut détecter.

QUE POUVONS-NOUS VOIR D'AUTRE ?

La **Figure 2** montre une image d'un endroit particulier dans l'espace, c'est entendu ! Mais la même technique fonctionne-t-elle pour d'autres régions de l'espace ? La réponse est absolument oui. La **Figure 3** montre un autre exemple d'un type d'objet très différent dans l'espace. Il s'agit d'un nuage géant où se forment des étoiles. Les astronomes l'appellent une **nébuleuse**. L'image te montre ce qui se passe lorsque les astronomes combinent les données des rayons X détectés par Chandra avec l'un des télescopes les plus récents de la NASA envoyés dans

NÉBULEUSE. Terme général utilisé pour désigner toute tache « floue » dans le ciel, claire ou sombre ; un nuage de gaz et de poussière interstellaire.

l'espace, le télescope spatial James Webb (JWST).

Comme Spitzer et Hubble, le JWST détecte la lumière infrarouge. Cependant, les miroirs du JWST sont beaucoup, beaucoup plus grands, ses instruments sont beaucoup plus récents, et le télescope lui-même est situé à environ un million de kilomètres de la Terre, où il fait très froid et sombre. Tu as peut-être entendu parler du JWST ou vu certaines des images récentes qu'il a produites au cours de l'année écoulée. Les astronomes peuvent utiliser la technique de traduction pour cette nébuleuse, comme ils l'ont fait pour le centre de la Galaxie. La lumière infrarouge du JWST nous montre des parties poussiéreuses de la nébuleuse de la Tarentule où les étoiles se forment. Dans la [Figure 3](#), la lumière infrarouge est traduite en orange et en brun. Les rayons X de Chandra montrent du gaz qui a été surchauffé par de jeunes étoiles très chaudes. Ces données sont traduites en bleu et en violet. Ainsi, même si les deux télescopes racontent une histoire différente de ce qu'ils voient, ils disent tous les deux la vérité. Cette image nous donne une vue unique de la nébuleuse de la Tarentule (mais ne t'inquiète pas si tu as peur des araignées, cette nébuleuse est loin, très loin de la Terre).



Figure 3. La nébuleuse de la Tarentule, située à 161 000 années-lumière de la Terre, est l'une des nébuleuses les plus proches et les plus brillantes de la Voie lactée. Pour créer cette image, les astronomes ont traduit les données en rayons X de l'observatoire à rayons X Chandra et les données infrarouges du JWST en couleurs de lumière visible. Tu peux voir des nuages de gaz tourbillonnants et colorés qui ressemblent aux pattes et au corps d'une grosse araignée (tarentule) sur un fond d'étoiles brillantes (Crédit [photo](#)).

Un autre exemple d'un objet surnois n'apparaissant que sous certains types de lumière est ce qu'il reste de la [supernova](#) de Tycho, due à l'explosion d'une étoile ([Figure 4](#)). Lorsque nous regardons Tycho à travers un télescope à lumière visible, nous ne voyons qu'un champ d'étoiles. Rien de bien intéressant. Cependant, lorsque nous tournons notre observatoire à rayons X Chandra vers la même zone, nous voyons une explosion (littéralement !) de gaz coloré provenant d'une étoile morte.

SUPERNOVA. Mort explosive d'une étoile, causée soit par la combustion de l'étoile, soit par l'effondrement puis l'implosion d'une étoile trop massive.

Les supernovas sont importantes à étudier parce qu'elles nous renseignent sur le cycle de vie des étoiles. Sans images colorées et prenant en compte de nombreuses longueurs d'onde, nous n'en saurions pas autant aujourd'hui sur notre Univers !

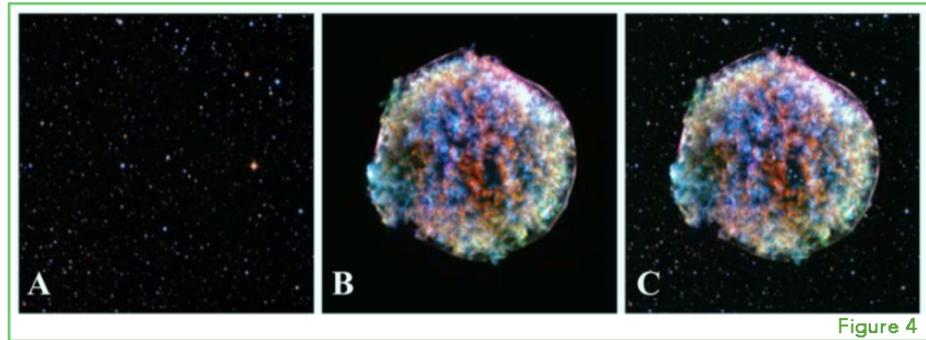


Figure 4. Une supernova est constituée des restes d'une étoile qui, en fin de vie, a explosé. Ces images sont celles de la supernova Tycho, située dans la constellation de Cassiopée. (A) Si nous ne voyons que la lumière visible de cette supernova, nous ne voyons que ce champ d'étoiles, où la supernova est « invisible ». (B) Cependant, dans la lumière des rayons X, nous pouvons voir le champ spectaculaire des débris de cette étoile qui a explosé. (C) Si nous superposons les deux images, nous pouvons voir tous les objets dans le champ de vision, y compris le champ optique de l'étoile et les rayons X émis par la supernova (Crédit [photo](#)).

VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

Il existe d'innombrables autres exemples de la façon dont la combinaison de données provenant de plusieurs télescopes qui observent différents types de lumière peut nous aider à en apprendre davantage sur notre Univers [3]. La chose importante à retenir lorsque tu vois ces images en ligne, dans un livre ou même dans un clip vidéo (voir Ariana Grande, qui est une grande fan de l'espace), c'est qu'elles sont presque toujours des traductions de quelque chose d'invisible pour nous avec les couleurs que nous pouvons voir. Ces images de notre Univers sont magnifiques, mais il reste encore bien plus de beauté à découvrir grâce aux merveilles de la Science.

Si tu souhaites en savoir plus, tu peux consulter le site Web de l'observatoire à rayons X de Chandra pour les jeunes astronomes et les étudiants ([ici](#) et [ici](#)). Tu y trouveras des articles sur les différents objets que nous avons mentionnés (trous noirs, supernovae, étoiles, galaxies, etc.), visibles à travers un télescope. Tu y trouveras aussi des activités et des jeux amusants ([ici](#) et [ici](#)) pour te donner une expérience pratique de certaines de ces notions d'astronomie !

RÉFÉRENCES

- [1] Rector, T., Arcand, K. K., Watzke, M. 2015. *Coloring the Universe: An Insider's Look at the Making of Space Images*. Fairbanks: University of Alaska Press.
- [2] Arcand, K. K., Watzke, M., Rector, T., Levay, Z. G., DePasquale, J., Smarr, O. 2016. "Processing color in astronomical imagery," in *Photomediations: A*

Reader, eds K. Kuc, and J. Zylinska (London: Open Humanities Press).

[3] DePasquale, J., Arcand, K. K., and Edmonds, P. 2015. High energy vision: processing X-rays. Stud Media Commun. 3. doi: 10.11114/smc.v3i2.913

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2023.1179310 ; Arcand K, Knapp T and Watzke M (2023) How to Color the Universe. Front. Young Minds. 11:1179310).

TRADUCTION : Jean-Marie Clément, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Catherine Braun-Breton, Association Jeunes Francophones et la Science

MENTORS SCIENTIFIQUES : Julien Larena & Catherine Braun-Breton

JEUNES EXAMINATEURS :

CLASSE DE TERMINALE, LYCÉE JOFFRE, MONTPELLIER

Actuellement en terminale (spécialité Maths et Physique) à Montpellier, dans le sud de la France, nous avons pu, à l'occasion de ce projet d'édition, rencontrer un astrophysicien théoricien. Nous avons apprécié les échanges avec les chercheurs au travers de ce travail de relecture et ainsi découvert un aspect peu connu de leur travail.

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOU MIS le 3 mars 2023 ; **ACCEPTÉ** le 25 octobre 2023 ;

PUBLIÉ EN LIGNE le 16 novembre 2023.

ÉDITEUR : Edward Gomez

MENTOR SCIENTIFIQUE : Tahseen Kamal

CITATION : Arcand K, Knapp T and Watzke M (2023) How to Color the Universe. Front. Young Minds. 11:1179310. doi: 10.3389/frym.2023.1179310

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

DROITS D'AUTEURS

Copyright © 2023 Arcand, Knapp et Watzke

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou

reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNE EXAMINATEUR

ABYAN, 12 ANS

Bonjour, je m'appelle Abyan ! J'aime la science, en particulier les sciences liées à l'espace, et la physique ! J'aime aussi les mathématiques et l'anglais. Je dirais que je suis une personne indépendante qui aime les nouveaux défis. Par exemple, j'ai récemment commencé à jouer au tennis de compétition. J'ai un chat de compagnie nommé Astro et j'adore passer du temps avec lui ! Pendant mon temps libre, je joue et j'interagis avec mes amis et je lis sur les nouvelles découvertes spatiales.

AUTEURS

KIMBERLY ARCAND

Kim travaillait dans le domaine de la biologie moléculaire et de la santé publique lorsqu'elle a été recrutée par l'observatoire à rayons X Chandra de la NASA au Centre d'astrophysique en 1998. Comme elle voulait être astronaute quand elle était petite, Kim a sauté sur cette occasion de se rapprocher du cosmos, mais sans avoir à y faire de longs trajets. Aujourd'hui, Kim utilise les données pour raconter des histoires sur la science, que ce soit sous la forme d'une impression 3D d'une étoile explosée, d'un son provenant d'un trou noir ou d'une application de réalité augmentée d'une pouponnière stellaire.

TAYLOR KNAPP

Taylor est étudiante à Caltech en première année de doctorat en astrophysique. Ses recherches portent sur la physique associée à la fusion des trous noirs avec la collaboration LIGO. En dehors de la physique, elle est passionnée par l'histoire des sciences et adore être dehors et bricoler ! *tknapp@caltech.edu

MEGAN WATZKE

Megan communique sur les merveilles du cosmos depuis des décennies. Après avoir obtenu un diplôme de premier cycle en astrophysique, elle s'est inscrite à un programme d'études supérieures en journalisme scientifique. Depuis 2000, elle est attachée de presse de l'observatoire à rayons X Chandra de la NASA au Centre d'astrophysique de Harvard et Smithsonian .