



Unité 5: Les galaxies et l'Univers

Ce contenu a été développé avec l'assistance d'une bourse du Conseil de Recherche en Science Naturelles et en Génie du Canada. Il fait partie d'un projet plus large visant à présenter des cours de niveau approprié correspondant au curriculum de 2020 pour aider des élèves à mieux comprendre les planètes, en se concentrant sur les exoplanètes. Ce cours cible les élèves de Colombie-Britannique en 6e année. Une version en anglais est également disponible.

Instructions pour les professeurs

- Pour des questions ou des commentaires, veuillez contacter: Calvin Schmidt schools@centreoftheuniverse.org.
- Toutes nos unités sont liées à la grande idée qui cherche à montrer que notre système solaire fait partie de la Voie lactée, une galaxie parmi tant d'autres dans l'Univers. Elles fournissent un contexte nécessaire pour comprendre le sujet des exoplanètes.
- Regardez les sections **Pour aller plus loin**, **Ressources et références**, et **Questions de révision et discussion** à la fin de chaque thème dans cette unité. Celles-ci devraient donner plus de renseignements sur chaque sujet et pourraient vous donner des idées d'activités en classe. **Nous serions heureux de vous aider à enrichir chaque sujet et à développer des idées pour vos élèves.** Contactez-nous au schools@centreoftheuniverse.org

Instructions pour les élèves

- Si vous trouvez que certaines parties de cette unité sont compliquées, veuillez nous contacter au schools@centreoftheuniverse.org pour recevoir de l'aide.
- Nous vous recommandons de ne faire que quelques sections à la fois.
- Nous recommandons de lire les sections dans l'ordre, mais ce n'est pas obligatoire. Allez d'abord voir les sections qui vous intéressent, et faites-en plus une autre fois.
- Il est utile d'essayer les activités par vous-même plutôt que de simplement les lire.
- Explorez les sections **Pour aller plus loin** et les **Ressources et références** à la fin de chaque thème de cette unité, ces sections ne sont pas réservées aux professeurs !

Objectifs pédagogiques

- Le curriculum de Colombie-britannique exige que les élèves découvrent "L'échelle, la structure et l'âge de l'Univers". Cette unité recouvre ces sujets.
- Utiliser des rapport pour évaluer des distances.

Résultats d'apprentissage

Les élèves découvriront :

- Que la Voie lactée n'est qu'une galaxie parmi des milliards d'autres.

- Que la taille et le nombre d'étoiles d'une galaxie est très variable.
- Que les galaxies ne sont pas distribuées uniformément : elles sont regroupées en amas, et qu'il y a une structure à grande échelle
- Que les galaxies se déplacent et interagissent entre-elles. Elles peuvent parfois orbiter autour d'une autre ou entrer en collision.
- Que l'espace-temps s'étire entre les galaxies, et cause un mouvement d'éloignement
- Que l'Univers a un âge fini, et que celui-ci est déterminé à l'aide de différentes méthodes qui donnent des résultats cohérents.

Matériel nécessaire aux activités

- Activité 1:
 - Deux pièces de tailles différentes (ex: 1\$ et 10 cents) et une règle (30 cm)
- Activités 2 et 4: Stellarium
 - Vous devriez avoir installé Stellarium et connaître les fonctions de bases que nous avons expliquées dans notre [Introduction à Stellarium](#). Nous nous en servons à plusieurs reprises lors de cette unité.
- Activité 5:
 - 3 feuilles de papier et des crayons de couleur

Temps requis

- Durée de la leçon : 90 minutes
- Durée des activités :
 - Activités 1 et 5: 10 à 15 minutes
 - Activités 2 et 4: 10 minutes chacune
 - Activités 3: Au moins 5 minutes

Contenu

Les activités sont marquées en **jaune**.

- [La Voie lactée constitue-t-elle tout l'Univers ?](#)
 - [Activité 1: Les objets de tailles différentes peuvent paraître de taille égale](#)
- [Trouver des étoiles dans ce nuage flou](#)
 - [Activité 2 : Trouver la galaxie d'Andromède sur Stellarium](#)
- [Les galaxies ne sont pas toutes comme la nôtre](#)
 - [Activité 3 : Aidez des chercheurs à classifier des galaxies](#)
- [Où sont les galaxies dans le ciel ?](#)
 - [Activité 4 : Trouver la Zone d'Évitement et quelques amas de galaxies sur Stellarium](#)
- [Les galaxies se déplacent-elles ?](#)
 - [Activité 5 : Modéliser l'expansion de l'Univers](#)
- [Combien de galaxies y'a-t-il ?](#)
- [Quel âge a l'Univers ?](#)

La Voie lactée constitue-t-elle tout l'Univers ?

Nous avons appris lors de l'unité précédente que la Voie lactée est énorme, et ce en terme de taille mais aussi de nombre d'étoiles la constituant. On pourrait même penser qu'elle est assez grande pour satisfaire l'imagination de n'importe qui.

“L'Univers” ou le “Cosmos” est le terme qu'on utilise pour désigner “tout ce qui existe”.

Un siècle avant la rédaction de ce document, en 1920, deux astronomes célèbres du nom de Shapley et Curtis ont débattu la nature de certains ‘blobs’ flous et peu brillants qu'ils ont repéré sur leurs télescopes; il se pouvait qu'il s'agisse d'autres systèmes solaires, ou encore d'autres Voies lactées. Peu importe ce qu'ils étaient, il y en avait des milliers. Les astronomes appellent cet événement “le Grand Débat” parce que la réponse à cette question était très importante pour comprendre l'Univers.

Beaucoup de ces objets flous avaient été découverts à l'aide de télescopes plus de 150 ans avant ce débat, et les gens étaient intrigués par leur nature depuis. On les appelait des “nébuleuses spirales” à cause de leur aspect de nuage (nébuleux) et une forme de spirale. Cela décrivait leur aspect général, mais leur nature exacte était un mystère.

Image 1: Un dessin d'une “nébuleuse spirale” de Lord Rosse (1845) datant d'avant que les astronomes ne découvrent ce qu'elles étaient. Était-ce un système solaire en formation ou une autre Voie lactée ?



De nos jours, cela pourrait paraître surprenant que les astronomes de 10920 pensaient qu'ils observaient des "bébés" systèmes solaires, mais c'étaient parce qu'à l'époque personne n'était sûr que d'autres systèmes solaires existaient. En 1796, un astronome du nom de Pierre-Simon de Laplace a suggéré que des systèmes solaires en formation pourraient avoir une forme de nuage en tourbillon.

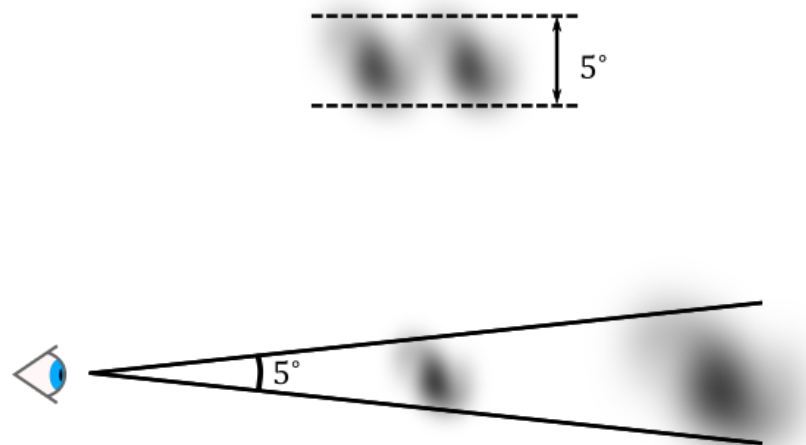
Un des facteurs qui pourrait permettre de faire la différence d'un système solaire d'une galaxie est la taille: un système solaire est minuscule comparé à une galaxie. La question qui suivait était donc : quelle taille font ces spirales floues ? Étaient-elles proches et petites, ou très grandes et éloignées ?

Vous vous demandez peut-être pourquoi il était si difficile de répondre à cette question. Si une personne adulte paraît petite, vous assumerez qu'elle est loin de vous. C'est parce qu'il n'y a pas d'humains qui font 100 mètres ou 5 centimètres de haut. Un adulte a une taille proche de 1,70 mètres, la taille adulte moyenne. Mais comment fait-on lorsqu'on ne connaît pas l'objet qu'on observe ?

Normalement, on peut déterminer leur distance à l'aide de la parallaxe comme nous l'avons vu dans l'unité 1. Mais ces objets étaient trop éloignés pour détecter un effet de parallaxe, sans compter que leur bords flous rendaient les mesures encore plus dures.

Même s'ils étaient à la même distance que des étoiles proches, il serait difficile de déterminer leur distance. "Proche" en astronomie signifie quand même plusieurs dizaines ou centaines de trillions de kilomètres de distance.

Image 2 : Deux nuages flous de tailles différentes, à cause de la différence de distance, ils ont l'air de faire la même taille.



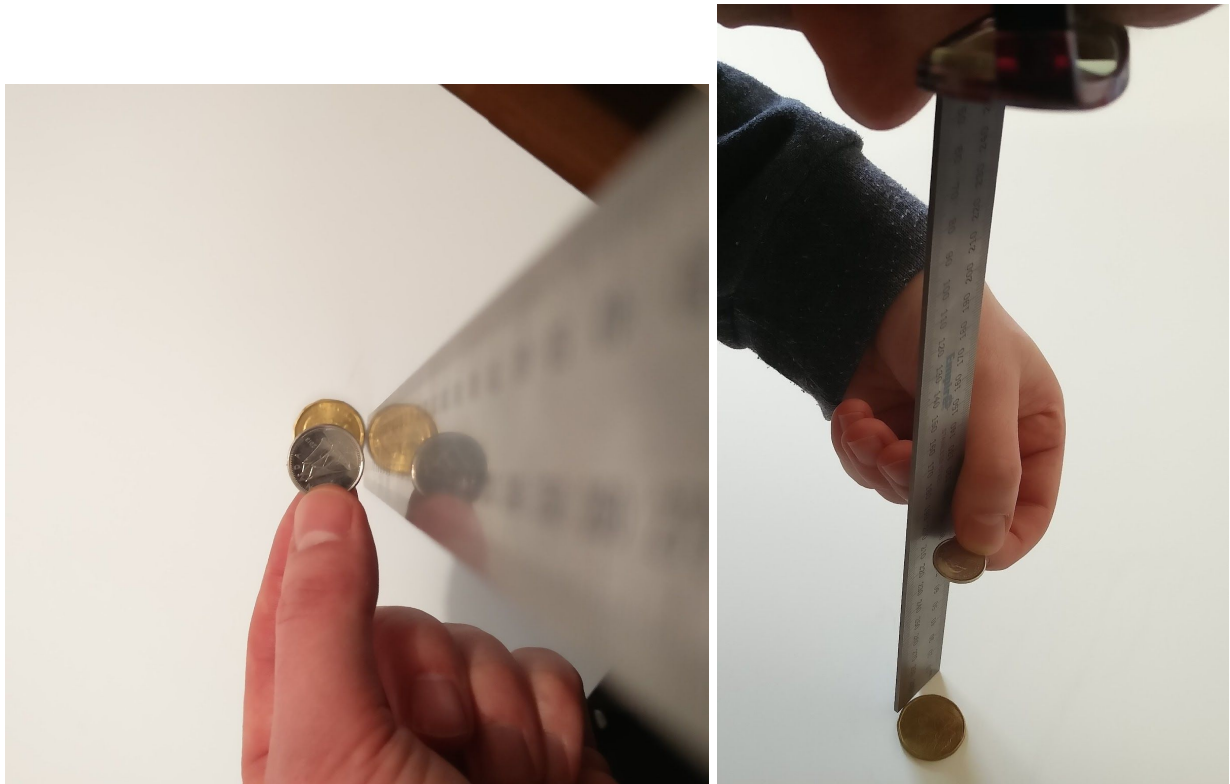
Activité 1 - Les objets de tailles différentes peuvent paraître de taille égale

Si on connaît la taille d'un objet, on peut mesurer la nous sépare de cet objet grâce à sa taille apparente. Essayons cela avec des pièces. Assurez vous que vos pièces font des tailles clairement différentes, comme une pièces de 1 dollar et une pièce de 10 cents.

Mesurez la taille de chaque pièce. Vous pouvez utiliser une règle pour mesurer la distance entre les deux bords opposés de la pièce. Il vaut mieux prendre vos mesures en note.

Placez la pièce la plus grande sur une surface plate pour pouvoir la voir de haut. Un des bords de la règle doit être placé près de la pièce, et l'autre près de votre oeil (faites attention). Fermez votre oeil le plus éloigné de la règle et placez la pièce la plus petit petite en face de la grande, vous verrez qu'elle peut paraître plus grande lorsqu'elle est proche de vous. L'image 3 montre comment vous installer. Si vous êtes à la distance parfaite, la petite pièce aura l'air de faire la même taille que la grande.

Image 3: La grande pièce (de 1\$) sur la table a 30 cm de l'oeil de l'observateur, et une pièce de 10 cents tenue plus proche



Pour déterminer cette distance, il faut faire quelques calculs. Un règle fait généralement 30 cm donc c'est la distance que nous utiliserons ici. Si vous divisez la taille de la pièce par la distance entre vous et elle, vous obtiendrez un rapport taille-distance. Ce nombre vous indique la taille de cet objet semble avoir à cette distance. Donc si une autre pièce a l'air de faire la même taille,

ce rapport sera le même pour les deux pièces ! Vous pouvez voir comment cela marche sur l'image 2.

Pour trouver la distance nécessaire pour que la petite pièce fasse la même taille que la grande, il suffit de mesurer la taille de la petite pièce, et la diviser par le rapport taille-distance. Placer la pièce à la distance indiquée par votre résultat et vous verrez que les deux pièces semblent avoir la même taille

Par exemple, avec une pièce de 1 dollar à 30 cm et une de 10 cents, vous devriez noter les informations suivantes :

Taille de la grande pièce	26mm
Taille de la petite pièce	18mm
Distance de la grande pièce	300mm (30cm)

En divisant la taille de la grande pièce par sa distance à vous ($26 \div 300$), vous obtiendrez :

Rapport taille-distance (taille apparente)	0,0867
--	--------

Si vous voulez que la petite pièce aie la même taille apparente, vous utiliserez ce rapport pour trouver la distance nécessaire. Divisez sa taille par la taille apparente ($18 \div 0,0867$) cela donne:

Distance de la petite pièce	207mm (20,7cm)
-----------------------------	----------------

Vous pouvez voir sur l'image 3 que la pièce de 10 cents paraît aussi grande que celle de 1 dollar. Elle est près de la ligne des 20 cm (pas besoin d'être trop précis).

Vous pouvez essayer cela avec d'autres objets, comme le couvercle d'un bocal. Mais il se peut que vous ayez besoin d'une règle plus longue. Vous faudra-t-il tenir l'objet plus loin ou plus proche de vous que la grande pièce ?

Pour aller plus loin:

- Pouvez-vous trouver des exemples d'objets dont il est difficile de juger la distance à partir de la taille apparente (comme un oiseau que vous ne connaissez pas) ?

Ressources et références:

- [Lord Rosse](#) (Wikipédia)
- [Le télescope de Lord Rosse](#) (Wikipédia)

Questions de révision et discussion:

- Pourquoi les astronomes avaient-ils du mal à déterminer que les “nébuleuses spirales” étaient des galaxies pleines d’étoiles ?
- Notre système solaire (jusqu’à l’orbite de Pluton) fait environ 4.9 milliards de kilomètres. Cela correspond à près de 1/2000 d’une année lumière. Le disque de la Voie lactée fait plus de 170 000 années lumières. Calculez le rapport de tailles entre notre Galaxie et notre système solaire.
- Une pièce canadienne de 10 centimes fait 18mm de diamètre. Si cela était la taille de notre système solaire, quelle taille fait la Voie lactée ? (Un kilomètre correspond à un million de millimètres). Si vous placiez un bord de cette pièce à Vancouver, où se situerait l’autre bord ?

Trouver des étoiles dans ce nuage flou

Rappelez-vous de ce que nous avons vu dans l’unité 3, Galilée a découvert que les nuages flous et brillants de la Voie lactée étaient constitués d’une multitude d’étoiles en la regardant au télescope. L’objectif ici donc de savoir si la “Grande Nébuleuse d’Andromède” était elle aussi composée d’étoiles individuelles, que l’on verrait avec un télescope assez grand.

En 1917, un an avant que le télescope Plaskett soit opérationnel, Curtis a trouvé qu’une douzaine d’étoiles appelée des Novae avaient explosé et étaient brièvement devenues beaucoup plus lumineuses dans la nébuleuse d’Andromède, avant de disparaître. Cela suggérait donc que la nébuleuse était une galaxie parce que les novae étaient peu brillantes vues depuis la Terre. Dans le débat, Curtis proposait donc que ces nébuleuses étaient des galaxies lointaines.

Mais les autres astronomes n’étaient pas sûrs que ces lumières étaient des novae, et pourrait être quelque chose d’autre. Shapley, l’adversaire de Curtis lors du débat, a souligné le fait que ces novae auraient été plus lumineuses que la nébuleuse d’Andromède toute entière, ce qui paraissait ridicule à ses yeux. Comment une telle étoile pourrait-elle être plus brillante que des milliards ? Selon lui, cela ne pouvait pas être une étoile.

Plus tard, on a découvert qu’il avait tort, et ont appelé de telles étoiles des supernovae. Mais à l’époque, les astronomes n’étaient pas convaincus par les trouvailles de Curtis.

L’un des astronomes ayant participé au débat de 1920, Heber Curtis, pensait avoir trouvé un type d’étoile dans la Grande nébuleuse d’Andromède dont la luminosité avait grandement augmenté. Mais comme elle était devenue aussi brillante que le reste de la nébuleuse, son adversaire dans le débat, Harlow Shapley, pensait qu’autre chose devait se produire parce qu’une seule étoile ne peut pas être plus brillante que des centaines de milliards d’étoiles. On a plus tard découvert que Shapley avait tort : cela peut arriver avec un type d’étoiles encore inconnu à l’époque, on les appelle des supernovae. Même après la fin du débat, personne n’était sûr de qui était vainqueur.

C'est pourquoi un autre astronome, du nom d'Edwin Hubble (c'est après lui que le télescope spatial Hubble a été nommé), est allé observer un autre type d'étoiles dans la Grande Nébuleuse d'Andromède. Comme Curtis, il a choisi celle-ci parce que c'était la plus grande des nébuleuses spirales dans le ciel, elle fait près de 4 fois la taille de la Pleine Lune. On pensait donc qu'elle était également la plus proche de ces nébuleuses.

Image 4 : Une photo de 1899 de la “Grande Nébuleuse d'Andromède” / la galaxie d'Andromède (photo par Adam Isaac Roberts)

Toutes les étoiles individuelles que vous voyez sur cette image font partie de la voie lactée, mais le disque est une autre galaxie.



Pour tenter de résoudre ce problème, Hubble a utilisé le plus grand télescope de son temps. En 1925, seulement 5 ans après le débat de Shapley et Curtis, il a trouvé quelques étoiles spéciales appelées des Céphéides, dont la luminosité augmente puis diminue de façon régulière. Quelques années plus tôt, l'astronome Henrietta Leavitt (prononce “Love-it”) avait découvert que ces étoiles ont une propriété spéciale : les plus brillantes ont une luminosité qui varie lentement, et les moins brillantes changent plus vite.

Image 5 : L'astronome Henrietta Swan Leavitt



Hubble a noté le temps que ces étoiles prenaient pour perdre en éclat puis redevenir brillantes, puis il a utilisé la loi de Leavitt pour trouver leur luminosité réelle. En comparant la vraie luminosité de ces étoiles et leur éclat apparent au télescope, il a pu déterminer la distance de ces Céphéides, et donc de la nébuleuse d'Andromède.

Comme nous l'avons mentionné dans une des unités précédentes, c'est comme voir deux lampadaires à des distances différentes dans la rue: si les deux lumières sont similaires, le plus éloigné paraîtra moins brillant, et on peut utiliser cette différence d'éclat pour mesurer la distance du lampadaire.

En utilisant la loi de Leavitt, Hubble a découvert que la nébuleuse était similaire à Voie lactée, avec près de deux fois le nombre d'étoiles de la Voie lactée. Cela voulait également dire que la distance entre cette nébuleuse et la Voie lactée était énorme. C'est l'objet le plus éloigné qui soit visible à l'oeil nu. On l'appelle à présent la galaxie d'Andromède.

Les astronomes connaissaient déjà des milliers de nébuleuses spirales, dont beaucoup qui avaient été découvertes près de 150 avant. Hubble a réalisé qu'elles devaient elle aussi être des îles d'étoiles éloignées. Chacune d'entre elles contient tellement d'étoiles qu'il faudrait des milliers d'années pour toutes les compter, comme avec notre Galaxie. L'Univers était donc beaucoup plus grand que la Voie lactée.

Même si elles étaient toutes situées dans le même univers (vu que l'Univers comprend tout ce qui existe), les astronomes ont réalisé que chacune de ces galaxies était si grande et avait tellement de possibilités qu'on pourrait penser qu'elle constitue un univers à elle toute seule. Les galaxies ont alors été poétiquement baptisé des "îles Univers", un nom suggéré par Emmanuel Kant dans les années 1700s. Hubble continuait de les appeler des nébuleuses parce qu'il y était habitué, et ne les a jamais appelé galaxies comme nous le faisons de nos jours.

Activité 2 - Trouver la galaxie d'Andromède sur Stellarium

Vous avez probablement déjà vu la galaxie d'Andromède lors de l'activité 4 de l'unité précédente, puisque c'est l'un des plus grands objets du ciel profond que vous pourrez y voir. Mais nous allons maintenant essayer de la espérer dans le ciel de nuit habituel. Comme son nom l'indique, on peut trouver cette galaxie près de la constellation d'Andromède. Au Canada, vous pouvez la voir pendant toute l'année, mais elle est beaucoup plus simple à repérer en automne. Si vous vivez dans l'hémisphère Sud, vous ne pourrez voir Andromède que de la mi-printemps au début d'été.

- Ouvrez Stellarium réglez la date pour être en octobre et assurez vous qu'il fait nuit.
- Appuyez sur F4 pour ouvrir la fenêtre "Affichage". Comme d'habitude, minimisez la pollution lumineuse et désactivez les objets du système solaire pour que la Lune n'affecte pas la vue.
- Vous devriez vous rappeler de comment trouver Cassiopée puisque nous l'avons vu lors de l'unité 3 (si vous avez oublié, vous pouvez toujours appuyez sur F3 pour ouvrir la barre de recherche). Nous utiliserons cette constellation pour repérer Andromède.
- Caph et Cheddar (les étoiles a la droite du W de Cassiopée) seront nos étoiles repère. Tracez une ligne entre les deux et étendez la vers le bas. En suivant cette ligne, vous trouverez une étoile plutôt brillante nommée Almanach, qui correspond aux pieds d'Andromède dans la constellation.
- Maintenant laissez vous guider par la forme de la constellation, vous verrez une "branche" qui commence depuis l'étoile Mirach. Suivez-la et vous verrez un disque un peu flou au bout : c'est la galaxie d'Andromède.
- Si vous avez du mal à suivre ces instructions, l'image 6 vous aidera
- Sélectionnez la galaxie et zoomez dessus pour la voir en détail. Pouvez vous trouver ses deux galaxies satellites ? Elles s'appellent M32 et M110.
- Réactivez les objets du système solaire et changez votre date et lieu de façon à ce que la Lune soit aussi proche que possible d'Andromède. Puis zoomez sur la Lune jusqu'à ce que vous ne voyiez plus son éclat dans le ciel, et mesurez la avec une règle.
- Sans zoomer en avant ou en arrière, déplacez la scène vers Andromède et mesurez la elle-aussi. Vous verrez qu'elle est 4 fois plus grande que la Lune !

Si par une nuit d'automne vous vous trouvez loin de la lumière des villes, vous devriez pouvoir voir la galaxie d'Andromède à l'oeil nu. Et si vous utilisez des jumelles ou un petit télescope, vous pourrez même trouver M32 et M110.

Image 6 : Trouver la galaxie d'Andromède (entourée en rouge) dans le ciel de nuit



Pour aller plus loin:

- Les étoiles que Hubble avait utilisées sont appelés des Céphéides variables. Vous en connaissez déjà une: Polaris, l'étoile du Nord, en est une. Apprenez-en plus à son sujet et cliquez dessus sur Stellarium pour trouver sa distance à nous. Ensuite, trouvez Delta Cephei, c'est de cette étoile que provient le nom "Céphéide".
- Lors de cette activité, nous avons utilisé la constellation de Cassiopée pour trouver la galaxie d'Andromède. Mais certaines personnes préfèrent utiliser le carré de Pégase. Lisez l'article de Stelvision dans les Ressources pour apprendre comment le faire.

Ressources et références:

- [Une image moderne de M51](#) (Télescope Canada-France-Hawaï)
- [Un survol virtuel de M51](#) Fait à partir d'images modernes, on vol par dessus la galaxies que Lord Rosse avait dessinée (NASA)
- [Une comparaison de la taille apparente d'Andromède et de la Lune](#)
- [Les céphéides](#) (Futura Sciences)
- [Une île à des millions d'années-lumière : la galaxie M31](#) (Stelvision)
- [Un zoom sur la galaxie d'Andromède](#) (Vidéo - NASA)
- [Un zoom sur la galaxie d'Andromède](#) (NASA) - c'est une image sur laquelle vous pouvez zoomer pour voir des étoiles individuelles. Essayez-donc sur des parties différentes.
- [La biographie de Henrietta Swan Leavitt](#) (Wikipédia)

Questions de révision et discussion:

- Lisez la biographie de Henrietta Swan Leavitt. Selon vous, comment était-ce de travailler en tant que femme astronome à l'époque, sachant qu'elle était également sourde ?

- Si vous représentiez la Voie lactée et la galaxie d'Andromède par des assiettes, à quelle distance devriez vous les tenir ? Indice: trouvez le rapport distance/taille en divisant la distance Voie lactée-Andromède (2,2 millions d'années lumières) par le diamètre d'Andromède (220 000 années lumières), puis multipliez ce nombre par la taille d'une assiette pour trouver où la prochaine assiette devrait être.

Les galaxies ne sont pas toutes comme la nôtre

Hubble a commencé à comparer les galaxies et a remarqué que même si certaines avaient une forme spirale, beaucoup avaient une forme différente. Un peu plus tard, d'autres astronomes ont appris que certains types de galaxies ont plus de gaz et de poussière que d'autres, la quantité de matière noire qu'elles contiennent est aussi variable. Comme nous l'avons mentionné dans l'unité précédente, la matière noire est un type de matière qui a de la masse mais qui ne peut ni bloquer ni ne réfléchir de lumière : elle est complètement invisible.

Certaines galaxies ne contiennent pas de nouvelles étoiles, contrairement à la Voie lactée qui en fabrique encore de nouvelles. Dans l'unité 4, nous avons mentionné qu'on distingue les bras spiraux de la Voie lactée parce que c'est là que les nouvelles étoiles se forment, et les groupes de nouvelles étoiles contiennent beaucoup d'étoiles bleues très brillantes. La couleur des nuages d'étoiles nous permet donc de savoir si la galaxie fabrique encore des étoiles.

Les galaxies sont séparées en plusieurs types, selon leur aspect visuel. Vous connaissez déjà les galaxies spirales : la Voie lactée et Andromède sont toutes les deux spirales. Bien que certaines d'entre elles peuvent avoir une multitude de bras, d'autres galaxies n'en ont que deux. Dans l'unité 4, nous avons appris que la Voie lactée a un bulbe en forme de ballon de football au centre, c'est donc une galaxie spirale barrée. Ce type de galaxie est un peu plus commun que les galaxies spirales sans barre. L'image 7 montre une galaxie spirale non-barrée à gauche, et une galaxie spirale barrée à droite.

Les galaxies elliptiques sont celles qui ne possèdent pas de bras. Elles ne fabriquent pas beaucoup d'étoiles, ont une forme relativement ronde au lieu d'un disque. Ces galaxies peuvent paraître moins intéressantes sans ces bras bleus et brillants où des étoiles se forment, mais certaines d'entre elles peuvent être 10 fois plus grandes que la Voie lactée, et contenir des centaines de fois plus d'étoiles. L'image 8 montre la galaxie elliptique Messier 60. Elle est deux fois plus grande que la Voie lactée.

Image 7 : La galaxie spirale du Moulinet (à gauche) et la galaxie spirale barrée NGC 1365 (à droite) (source: TCFH)



Image 8 : La galaxie elliptique Messier 60 (source: TCFH)



Les galaxies irrégulières sont étranges. Elles n'ont pas vraiment de forme spécifique, et ressemblent à des nuages d'étoiles déformés. Certaines d'entre elles ont une très légère structure spirale, suggérant qu'elles pouvaient être des galaxies spirales qui ont été déformées par une galaxies aux environs.

Lors de l'unité précédente, vous avez appris que c'est exactement ce qui est arrivé aux Nuages de Magellan. Comme ces deux galaxies, la plupart des galaxies irrégulières sont plus petites que la Voie lactée. L'image 9 montre une galaxie qui fait près d'un tiers de la taille de de la Voie lactée.

Les galaxies naines sont les plus petites, elles contiennent quelques centaines de millions d'étoiles. Elles peuvent avoir d'autres attributs des autres types que nous avons précédemment mentionné. Les Nuages de Magellan sont souvent considérés comme des galaxies naines.

Image 9 : La galaxie irrégulière IC 4710 (source: Wikipédia)



Activité 3 - Aidez des chercheurs à classifier des galaxies

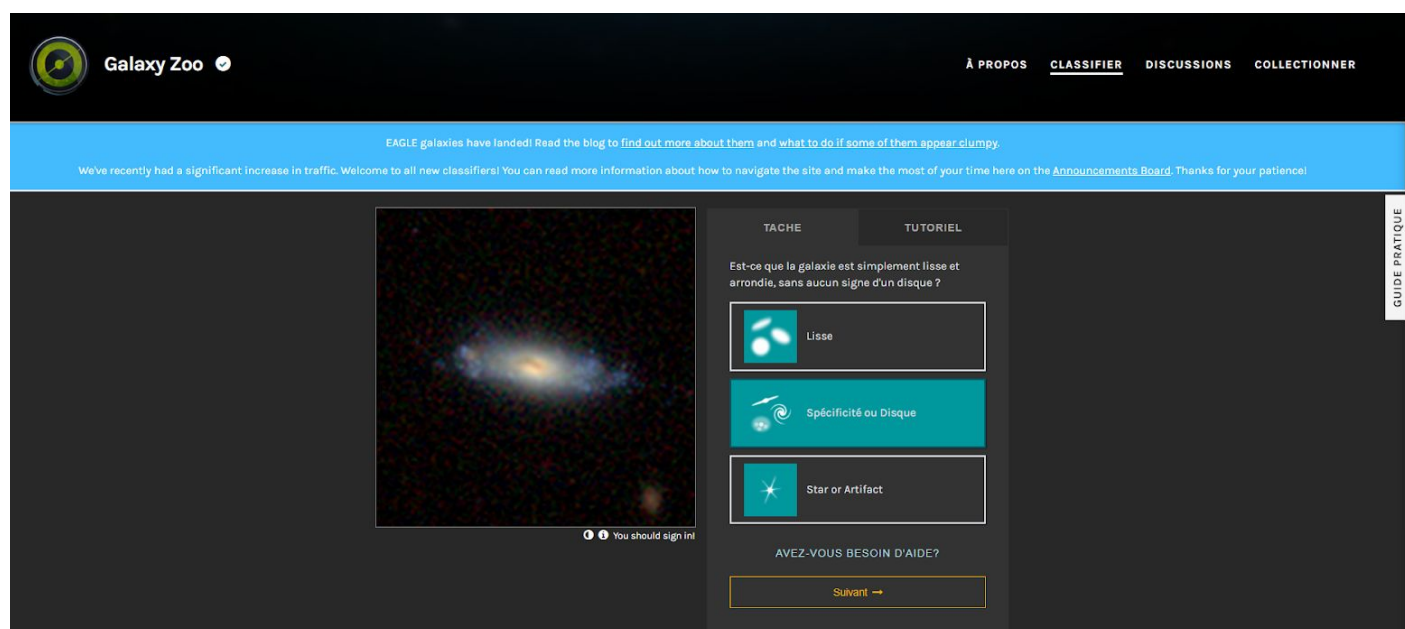
Les ordinateurs ont du mal à identifier précisément le type d'une galaxie à partir de son image. À cause de cela, les scientifiques auraient besoin d'une éternité pour toutes les classifier; ils ont des millions d'images de galaxies. Ils ont donc besoin d'aide, et vous pouvez faire partie de cette aide !

Après avoir lu cette section, vous en savez assez sur les galaxies pour les identifier par vous-même. Vous pouvez donc contribuer au projet de science participative nommé "Galaxy Zoo" sur Zooniverse. Vous pourrez aider des scientifiques à classifier des galaxies selon leur

morphologie (leur forme). C'est un excellent moyen d'utiliser et de développer vos connaissances au sujet des types et propriétés des galaxies.

- Suivez ce lien vers le projet [Galaxy Zoo](#), la page est originellement en anglais, mais elle a été traduite en français (mais il se peut qu'il y ait quelques parties qui soient mal traduites).
- Si vous voulez en savoir plus sur le projet avant de commencer, vous aurez accès à différentes informations : pourquoi les scientifiques ont besoin de ces classer ces données, comment les images de ces galaxies ont été prises, ainsi que les liens vers les articles scientifiques publiés grâce à ce projet.
- Revenez à la page précédente, vous aurez le choix entre deux modes: "classique" (à gauche) et "avancez" (à droite).
- Si vous choisissez "classique", on vous donnera une image de galaxie aléatoire qui doit être identifiée. "Avance" vous laissera voir les galaxies que les robots ont le plus de mal à classer, les scientifiques ont donc besoin de plus d'aide avec ces images.
- Peu importe ce que vous choisissez, lorsque vous commencerez à classer, un tutoriel apparaîtra et vous expliquera comment tout fonctionne, ainsi que des principes à suivre comme : "la réponse n'est pas toujours être évidente. Donnez votre meilleur estimation".
- À la gauche de votre écran, vous verrez la photo d'une galaxie, et des caractéristiques à choisir à droite. Choisissez celle qui correspond le mieux à ce que vous voyez puis cliquez sur "suivant".
- Comme le tutoriel vous l'aura dit, si vous n'êtes pas sûrs de ce que vous devriez choisir comme trait, cliquez sur "Avez-vous besoin d'aide?" pour voir des exemples, ou ouvrez le "Guide pratique" tout à droite de l'écran" pour vous aider à répondre aux questions qui sont souvent difficiles.

Image 10 : Capture d'écran de l'interface de Galaxy Zoo, le Guide Pratique est situé tout à droite de l'écran



Pour aller plus loin:

- Apprenez en plus à propos des types de galaxies et leur classification dans le document que vous trouverez dans les Ressources ci-dessous.
- Essayez de [classifier les galaxies](#) dans cette excellente étude du *Sloan Digital Sky Survey* (en anglais).

Ressources et références:

- [Classification des galaxies](#) (astrosurf.com)
- [Comparaison de la taille des galaxies](#) (Universe Today - image avec texte en anglais)

Questions de révision et discussion:

- Les galaxies elliptiques n'ont presque pas d'étoiles bleues. Qu'est-ce que cela indique sur ces galaxies ? (Qu'est-ce qui ne se produit pas ?)

Où sont les galaxies dans le ciel ?

Il y a de bons et de mauvais lieux pour observer le ciel. D'ailleurs, un astronome a remarqué en 1978 qu'il n'y avait aucune "nébuleuse" (galaxies) près de la Voie lactée dans le ciel. Cette partie du ciel a par la suite été nommée la "zone d'évitement".

Lors de l'unité sur la Voie lactée, nous avons parlé de la poussière dispersée sur le plan de la Galaxie qui bloque notre vue des étoiles de la Voie lactée. Mais cette poussière nous empêche de voir tout ce qui est derrière, même les galaxies.

Image 11 : Carte contenant 30 926 galaxies dans notre ciel, qui montre la zone d'évitement (Centre d'Astrophysique)

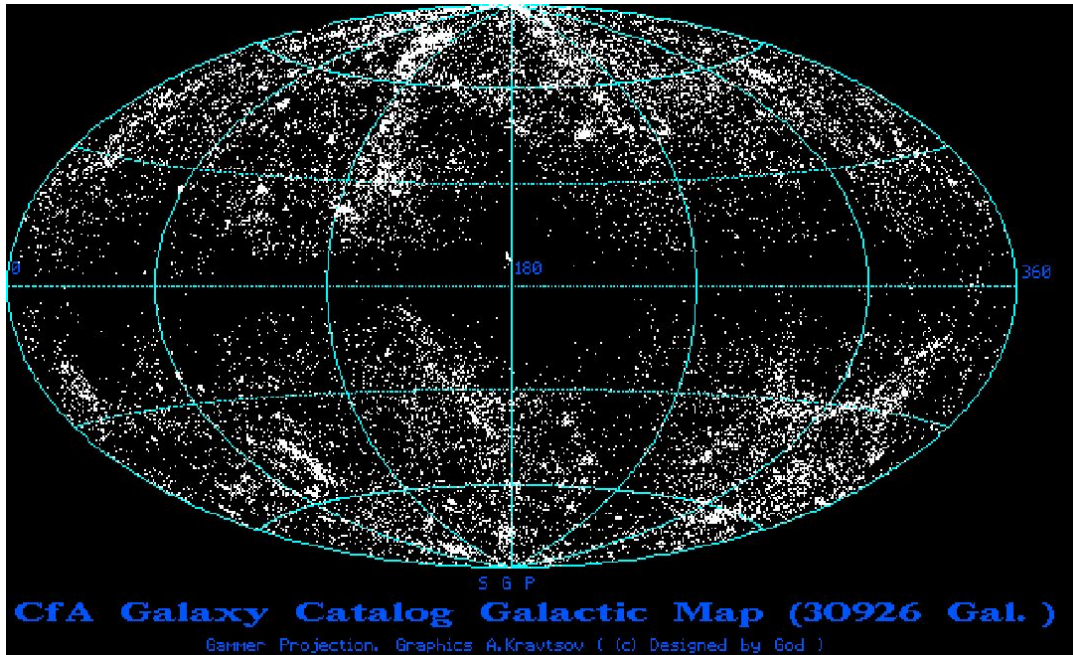
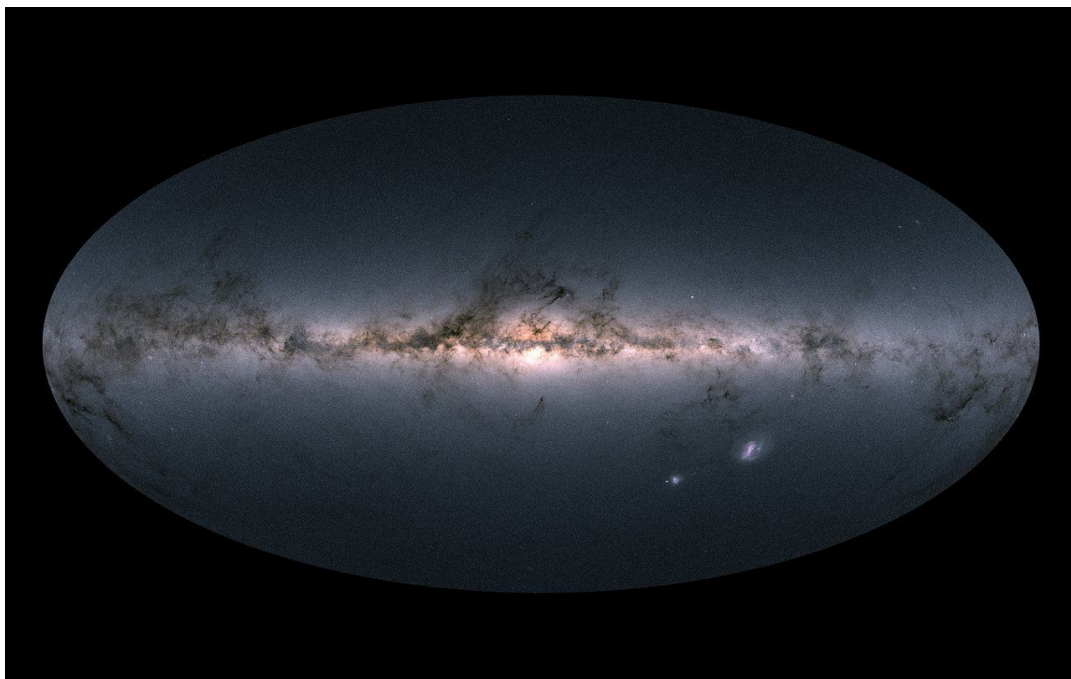
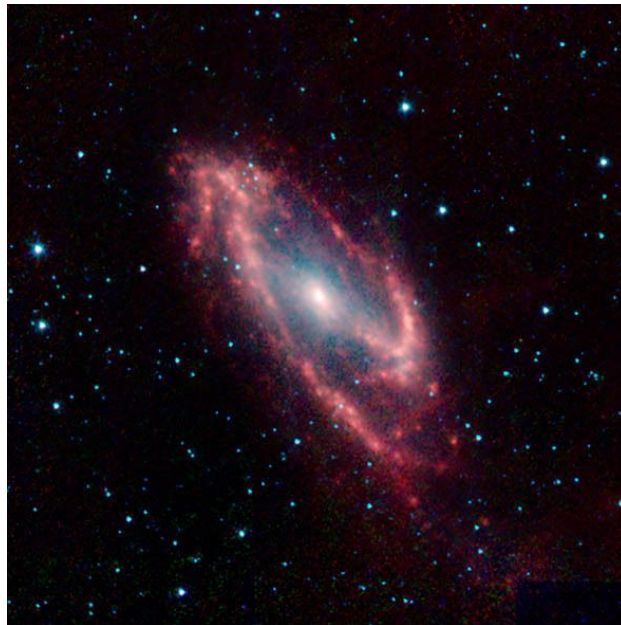


Image 12 : Carte des étoiles et de la poussière stellaire de la Voie lactée, comparez-la à l'image précédente (GAIA/ Agence Spatiale Européenne)



Cependant, en utilisant des ondes infrarouges et radio (invisibles pour l'oeil humain), les astronomes ont réussi à détecter quelques galaxies à travers la zone d'évitement. Regardez par exemple l'image ci-dessous.

Image 13 : Une galaxie près de nous qui était cachée par la poussière de la Voie lactée, visible en lumière infrarouge. Celle-ci est située dans la constellation de Cassiopée (Télescope infrarouge Spitzer - NASA)



Si vous voulez voir des galaxies, il vaut mieux ne pas regarder vers la Voie lactée et sa poussière. À l'exception de quelques rares galaxies, il vous faudra un aussi télescope. L'été canadien n'est pas un bon moment pour voir beaucoup de galaxies parce que la Voie lactée est située haut dans le ciel lors de cette saison.

Imaginons que vous détourniez votre regard de la Voie lactée, et que vous êtes au Printemps au Canada. Lorsque vous regarderez vers l'espace profond, les galaxies sont elles réparties de la même manière partout dans le ciel ?

La plupart des galaxies sont regroupés en amas. Certains amas sont espacés et ne contiennent pas beaucoup de galaxies, tandis que d'autres contiennent des milliers de galaxies qui orbitent ou entrent en collision plus souvent. Au printemps, il y a deux grand amas de galaxies visibles haut dans le ciel, près des constellation de la Vierge et de la Chevelure de Bérénice.

L'amas de la Vierge contient environ mille galaxies et est situé à plus de 50 millions d'années lumières. Vous pouvez voir quelques unes des galaxies les plus brillantes avec une paire de jumelles lors des nouvelles-lunes du printemps si vous êtes dans un lieu sans pollution lumineuse.

Image 14 : L'amas de la Vierge (NASA)



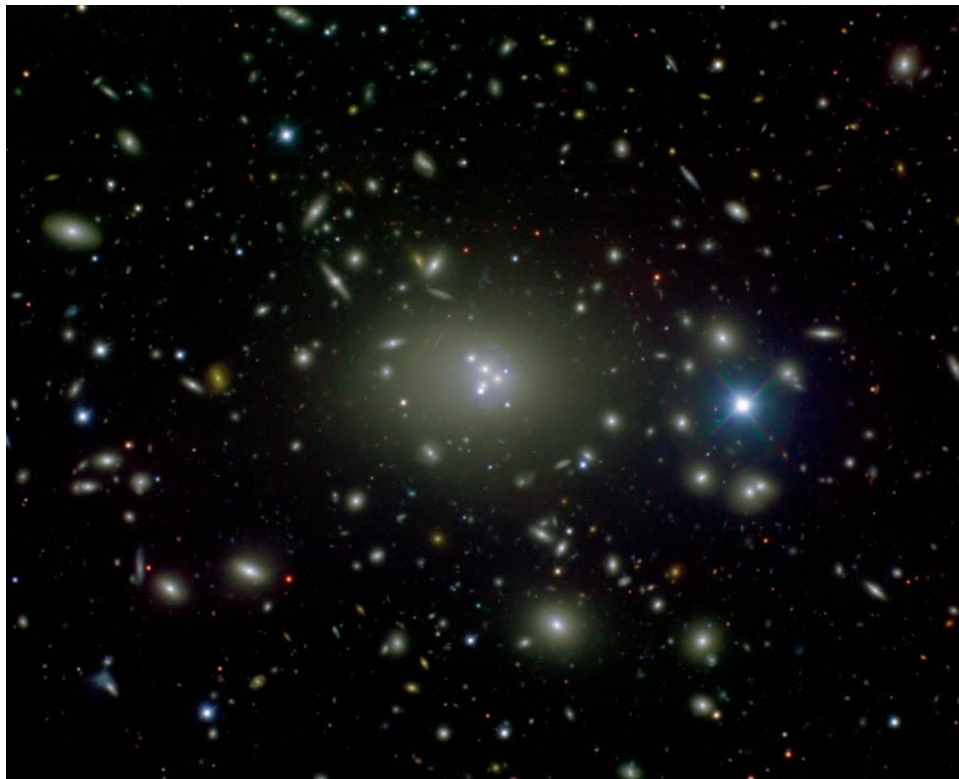
Notre galaxie fait partie d'un plus petit groupe de galaxies (qu'on appelle le Groupe Local). Celui-ci, ainsi que l'amas de la Vierge, font partie du Superamas de la Vierge.

Il y a beaucoup d'amas de galaxies lointains. L'un d'entre eux est situé près du manche de la Grande Ourse, qu'on appelle l'amas de Coma. On l'appelle ainsi parce qu'il est situé dans la constellation de la Chevelure de Bérénice (du nom latin Coma Berenices). L'amas de Coma est environ 6 fois plus éloigné de nous que l'amas de la Vierge, et contient lui aussi près de mille galaxies.

Image 15 : L'amas de la Chevelure de Bérénice



Image 16 : Un amas de galaxies lointain, situé à plus de 1,5 milliards d'années lumières de nous. Abell 3827 ([Télescopes Gemini](#))



Activité 4 - Trouver la Zone d'Évitement et quelques amas de galaxies sur Stellarium

- Ouvrez Stellarium. Comme d'habitude minimiser la pollution lumineuse et désactivez les objets du système solaire pour avoir une meilleure vue du ciel.
- Dans l'onglet DSO de la fenêtre "affichage", faites glisser le bouton "noms" tout à gauche, et le bouton "marqueurs" vers la droite. Des indicateurs pour les objets du ciel profond vont apparaître. Leurs noms n'apparaîtront pas afin de ne pas saturer votre écran.
- À présent allez dans l'onglet repères et affichez l'équateur galactique, ainsi que les pôles galactiques.
- Fermez toutes les fenêtres et désactivez les constellations et leurs noms, puis regardez le ciel. Vous remarquerez qu'il y a beaucoup moins de galaxies (marquées en rouge) près de l'équateur galactique. C'est la zone d'évitement !
- Maintenant nous allons chercher les amas de la Vierge et de Coma. Tout d'abord, réactivez les constellations et leurs noms, puis, dans l'onglet DSO, rétablissez les "marqueurs" et "noms" à leurs positions initiales (redémarrez Stellarium si nécessaire).
- Les amas que nous observerons sont situés près des constellations de la Vierge et de la Chevelure de Bérénice. Celles-ci sont situées plus haut dans le ciel en Avril, donc changez la date en conséquence.

- Ces amas de galaxies ne sont pas très brillants, appuyez donc sur “S” sur votre clavier pour désactiver les étoiles et mieux voir les galaxies, (appuyez aussi sur “D” pour activer les marqueurs des objets de ciel profond si vous aviez redémarré le programme).
- Zoomez sur la Chevelure de Bérénice, c’est la constellation la plus proche du Pôle Nord Galactique. Vous devriez déjà voir plusieurs galaxies comme la galaxie de l’Aiguille.
- Si vous regardez de plus près, vers le haut du côté droit de la forme pyramidale de la constellation, vous trouverez l’amas de Coma.
- Si vous avez du mal à le repérer, utilisez la barre de recherche (F3). N’oubliez pas d’appuyer à nouveau sur “D” si vous voulez admirer ces galaxies sans les marqueurs.
- Pour trouver l’amas de la Vierge, regardez la partie du ciel située entre les constellations de la Vierge et du Lion.
- F3 ne vous permettra pas de trouver l’amas de la Vierge parce qu’il n’est pas classifié comme un seul objet sur Stellarium, mais vous pouvez chercher la “galaxie de la Vierge” et atterrir en plein dans l’amas.

Pour aller plus loin:

- Apprenez-en plus au sujet de la constellation de la Chevelure de Berenice. Ce n’est pas seulement une partie du ciel contenant un superamas de galaxies, mais aussi le Pôle Nord de notre Galaxie. Comment les culture non-occidentales appellent-elles cette constellation ?

Ressources et références:

- [La zone d'évitement](#) (Wikipédia)
- [Un quasar et le champ galactique profond](#) (on a inclus cette image parce qu’elle est fascinante)
- [L'amas Abell 3827](#)
- [La Chevelure de Bérénice](#) (Wikipédia)

Questions de révision et discussion:

- L’amas de la Vierge est à 50 millions d’années lumières de nous, et que l’amas 3827 est à 1,5 milliards d’années lumières. Calculez le rapport entre ces distances.

Les galaxies se déplacent-elles ?

Les galaxies sont si imposantes et éloignée qu’il est impossible d’en voir une bouger. Cependant, en étudiant la lumière qu’elles émettent, les astronomes ont pu montrer qu’elles se déplacent bel et bien. Les galaxies situés dans le même amas sont souvent attirés les uns par les autres à cause de la force de gravité entre-elles. Les grandes galaxies, comme la Voie

lactée, interagissent souvent avec leurs satellites et peuvent affecter la forme de leurs bras spiraux.

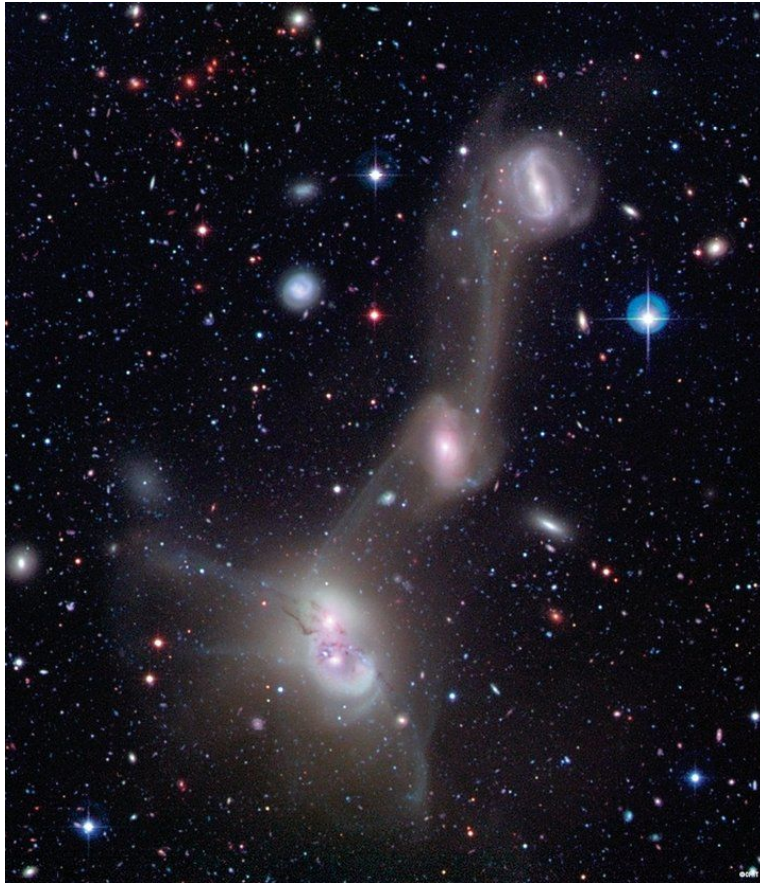
Une interaction plus spectaculaire qui peut arriver est la collision de la galaxie, elles sont bien plus courantes entre les galaxies d'un même groupe ou du même amas. Une collision peut aboutir à la formation d'une galaxie encore plus grande; on appelle cela une fusion galactique. Lorsque deux galaxies entrent en collision, leurs nuages de gaz se combinent et créent de nouvelles régions de formation d'étoiles. On pense que la plupart des galaxies elliptiques ont été formés par la collision de deux galaxies de tailles similaires.

Vous avez lu plus tôt qu'Andromaque est la galaxie majeure la plus proche de la Voie lactée, mais ce n'est pas tout : elle se rapproche de nous ! Les astronomes estiment que la Voie lactée et Andromède entreront en collision dans 4.5 milliards d'années. Comme les deux galaxies ont des tailles plutôt similaires, on pense que leur collision formera une galaxie elliptique géante, qui a été surnommée *Milkomeda* (contraction de "*Milky Way*" (Voie lactée) et "*Andromeda*") et francisée Milkomède. Vous pouvez voir une simulation de cette collision dans les **Ressources** plus bas.

Image 17 : Deux galaxies spirales en collision (NASA)



Image 18 : Galaxies in a cluster after several collisions (CFHT)



Une autre grande découverte d'Edwin Hubble était que les galaxies qui ne sont pas liées par la gravité dans un amas s'éloignent toutes les unes des autres. Mais ce n'est pas aussi simple qu'un déplacement dans des directions opposées : de l'espace se crée entre les galaxies, et les force à s'éloigner. Chaque galaxies a alors l'impression de ne pas bouger. On appelle ce phénomène l'expansion de l'Univers.

Cette découverte paraissait étrange pour Hubble, mais la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein expliquait comment cela pouvait se produire. Le télescope nommé après Hubble a été (en partie) utilisé pour mesurer la vitesse d'expansion de l'Univers.

Activité 5 - Modéliser l'expansion de l'Univers

Matériel nécessaire :

- Trois feuilles de papier
- Crayons de couleur

Tout d'abord, prenez deux feuilles de papier et dessinez autant de galaxies que vous voulez (essayez d'en avoir au moins cinq par feuille). Soyez créatif : dessinez des galaxies de chaque type que vous connaissez. Vous pouvez essayer de reproduire les images que vous avez vues lors de l'activité 3. Vous pouvez même essayer de dessiner des galaxies en collision qui fusionnent !

Placer la troisième feuille blanche sur une surface plate. Mettez les deux feuilles avec les galaxies l'une à côté de l'autre par dessus la feuille blanche. Le papier représente l'espace, et les galaxies que vous avez dessinées sont tout simplement des galaxies dans l'espace. L'espace est en expansion, donc écartez lentement les deux feuilles contenant les galaxies l'une de l'autre.

Il y a deux choses importantes à remarquer : les galaxies que vous avez dessinées ne se déplacent pas à travers l'espace (vous les avez dessinées sur la page, elles ne peuvent pas bouger !) pourtant elles s'éloignent des galaxies de la deuxième page. Deuxièmement, il y a plus d'espace à présent, la troisième page n'est que de l'espace vide.

Donc les deux groupes de galaxies que vous avez dessinés ne "bougent" pas vraiment, mais ils s'éloignent l'un de l'autre. Les galaxies d'un même amas ne s'éloignent pas les unes des autres, elles sont retenues par la gravité. Bien sûr dans la vraie vie elles se déplacent légèrement et tournent les unes autour des autres, mais elles ne s'éloignent pas vraiment.

Si vous continuez d'écarter vos amas de galaxies, vous n'aurez éventuellement plus de place; vous aurez dépassé la troisième feuille de papier et on verrait la surface en dessous. Mais que ce passerait-il dans la vraie vie ? Continuerait-on à avoir plus d'espace, ou l'expansion de l'univers s'arrêterait-elle éventuellement ? Lisez la section "Quel âge a l'Univers?" pour découvrir ce que les scientifiques savent à ce sujet pour le moment.

Pour aller plus loin :

- Vous vous demandez peut-être ce qui arrivera au système solaire lorsque Andromède et la Voie lactée entreront en collision. Pour le savoir, lisez l'article Wikipédia à ce sujet dans les Ressources.
- Une alternative au modèle papier mentionné plus tôt est [le modèle du ballon gonflé](#) (première moitié de l'article). C'est une expérience connue, notez que les galaxies et les amas ne grandissent pas : la gravité a donc un plus grand impact sur ces derniers que l'expansion de l'Univers.

Ressources et références :

- [Une image moderne de M51](#), la nébuleuse spirale que Lord Rosse avait dessinée et en réalité deux galaxies en collision.
- [La collision entre Andromède et la Voie lactée](#) (Simulation vidéo)
- [La collision entre Andromède et la Voie lactée](#) (Wikipédia)
- [Deux galaxies spirales en collision](#) (NASA)
- [Deux galaxies en interaction](#) (Télescopes Gemini)

- [Production d'étoiles après une collision de galaxies](#) (Hubble)
- [Hubble prend des images de galaxies en collision](#) Une combinaison de simulations et de vraies images

Questions de révision et discussion :

- En quoi l'expansion de l'Univers est-elle différente d'un pétard qui explose ?

Combien de galaxies y'a-t-il ?

Dans les années 1980s, les astronomes savaient qu'il y avait des amas de galaxies, mais personne n'avait fait de carte complète. Un peu comme si des gens avaient plusieurs cartes des villes majeures du Canada, mais que tout le reste était vide.

L'astronome Margaret Geller était l'une des premières à remplir une telle carte.

Image 19: L'astronome Margaret Geller (Harvard)



La première carte, faite en 1986 et que vous pouvez voir sur l'image 20, représente une petite partie de l'Univers, un peu comme un morceau de fromage où nous serions sur le bord pointu de la tranche. La carte fait environ la taille de votre champ de vision lorsque vous regardez le ciel. Les points jaunes représentent des galaxies. Notre Galaxie, la Voie lactée est le point tout en bas. Si des extraterrestres avaient fait une carte similaire, la Voie lactée serait un point parmi tant d'autres dans cette image.

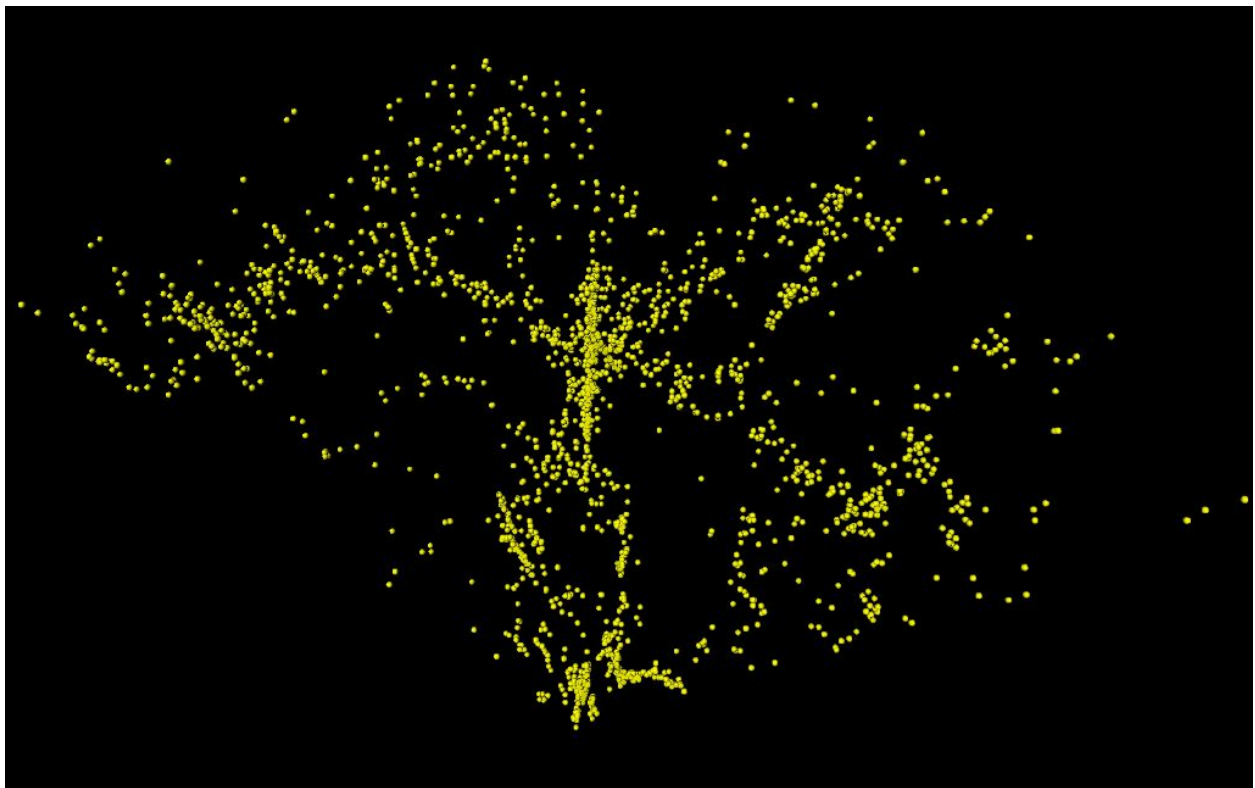
À quelle proportion de l'Univers cette image correspond-elle ? Elle est comparable à la taille de Vancouver comparée à celle de la surface de la Terre. Des cartes plus complètes ont été faites depuis, vous pourrez les trouver dans les Ressources et références plus bas.

L'amas de Coma est le groupe de points au centre, et à cause de sa forme, on l'appelle parfois "le Stickman". Les galaxies les plus éloignées sont celles sur les bords supérieurs de l'image.

Vous pouvez voir beaucoup d'espaces vides ou il n'y a pas de galaxies, ni même de matière noire. Il n'y a pas non plus de poussière qui bloque notre vue, au cas où vous y avez pensé. Ces espaces vides étaient une grande surprise pour les astronomes qui ont fait cette carte, en particulier parce que certaines aires vides sont plus grandes que le Superamas de la Vierge.

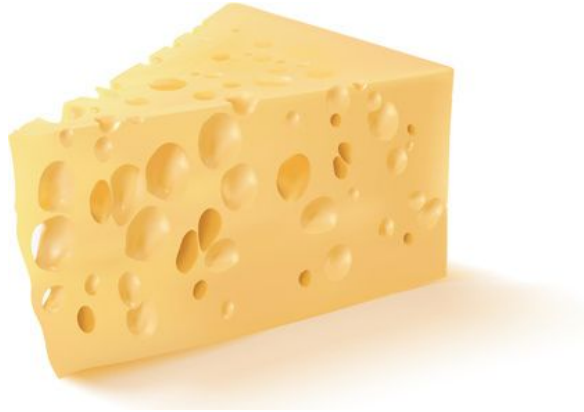
Image 20 : La première bonne carte de l'Univers en 3D (Harvard)

Chaque point est une galaxie. Il y a de grands espaces contenant très peu de galaxies



Comme vous pouvez le voir, il y a beaucoup de galaxies dans l'Univers. Si vous empilez les autres coupes sur celle-ci, vous verrez que les galaxies ont l'air de s'agglomérer sur les bord de bulles vides. C'est plus visible dans les vidéos que vous trouverez plus bas, ou si vous utilisez notre exemple de fromage suisse.

Image 21: L'univers est similaire à du fromage suisse. Les galaxies sont situés sur le fromage, avec des trous vides autour.



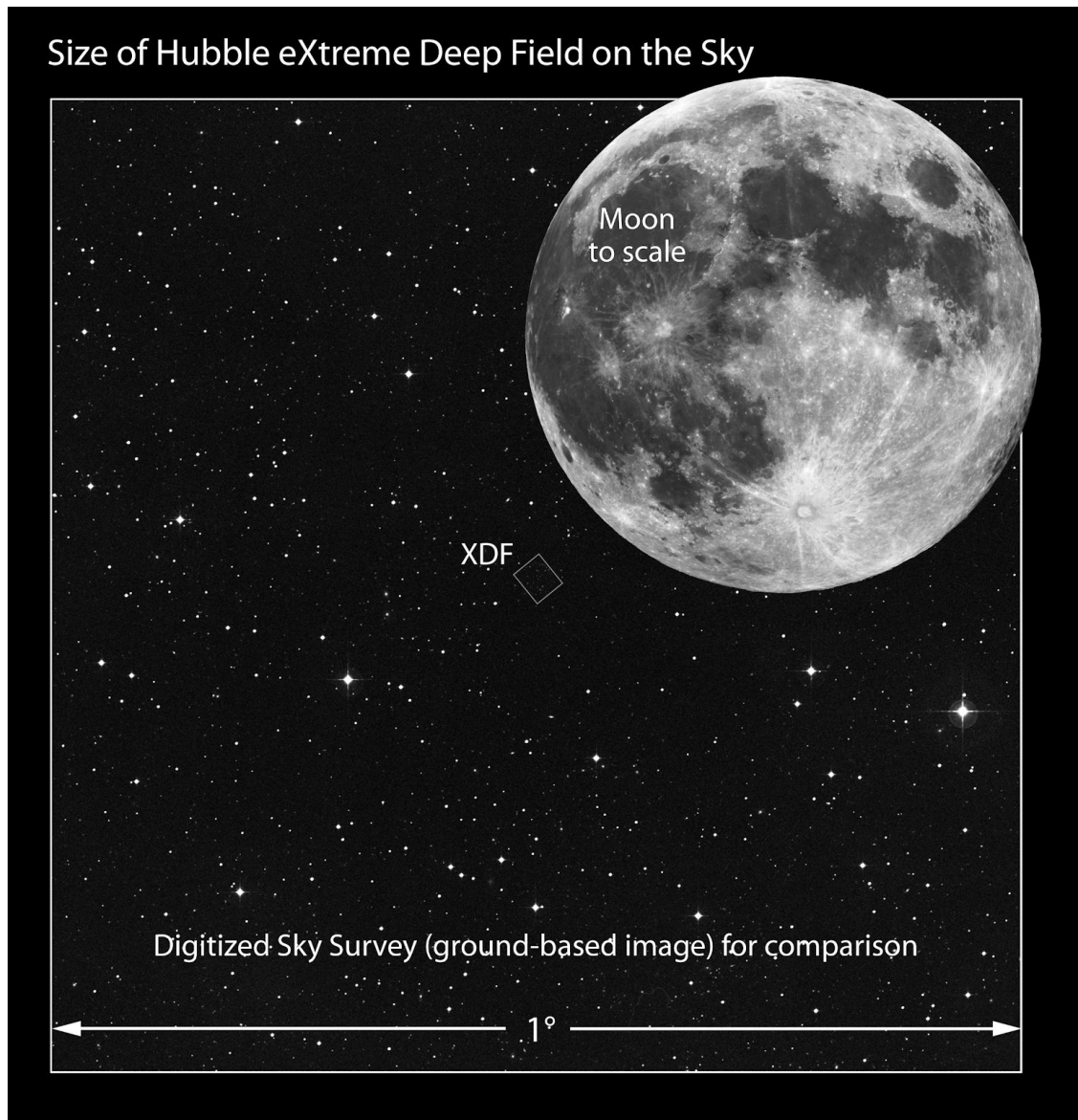
Pour essayer de déterminer combien le nombre total de galaxies, l'astronome Robert Williams a utilisé le télescope spatial Hubble pour prendre plusieurs photos d'une partie du ciel près de la Grande Ourse. Il a choisi cet endroit parce qu'il est proche du pôle Nord de la Voie lactée, il y aurait donc moins de poussière pour bloquer la vue.

La partie du ciel qu'il observait était très petite, bien moins large que la carte précédente, mais elle observait beaucoup plus loin dans l'Univers. La carte de Dr. Geller s'étendait à 600 millions d'années lumières de "profondeur", mais celle de Dr. Williams atteignait 12 milliards d'années lumières, soit 20 fois plus loin que la carte originale que Dr. Geller avait produite 15 ans auparavant. (Elle a depuis fait beaucoup plus de cartes plus profondes, vous en trouverez quelques unes dans les Ressources).

Les astronomes pensaient que l'image serait vide, ou ne contiendrait qu'une ou deux galaxies, mais ils furent surpris de voir que cette petite partie du ciel montrait plus de 3000 galaxies.

Les astronomes ont plus tard répété cette expérience sur une autre partie du ciel, près de la constellation australe du Fourneau. C'était une partie carrée du ciel un peu plus petite, vous pouvez voir sa comparaison avec la taille de la Lune sur l'image [galaxies]. Tenez un stylo à bille dans votre main et tendez le bras, le bout du stylo fait la même taille que la partie du ciel photographiée.

Image 22 : La taille du “Champ extrêmement profond” de Hubble (NASA)



Le télescope spatial Hubble a passé 23 jours à collecter assez de lumière pour faire cette photo. Elle contient environ 5000 galaxies, contenant chacune des milliards d'étoiles tout comme la Voie lactée. L'image suivante va un peu plus loin que l'image originale du champ profond : elle s'étend à 13.2 milliards d'années lumières. Certaines galaxies ressemblent même à la Voie lactée, essayez d'en trouver une ! Regardez la et pensez au fait qu'il vous faudrait plus de 10 000 ans pour compter toutes ces étoiles.

Image 23 : L'image du champ extrêmement profond du télescope spatial Hubble



Si cette image n'est qu'une petite partie du ciel, combien de galaxies y'a-t-il au total ? Des photos plus profondes montrent plus de 10 000 galaxies sur cette partie du ciel. En sachant qu'il faudrait 32 millions d'images comme celle-ci pour recouvrir tout le ciel, et qu'on pense qu'elles contiendraient toutes un nombre similaires de galaxies, on estime qu'il y a plus de 160 milliards de galaxies. C'est presque autant que le nombre d'étoiles dans la Voie lactée. Mais certains astronomes pensent qu'avec de meilleurs télescopes, on pourrait voir dix fois plus de galaxies. Cela suggérerait qu'il y a 2 trillions (millions de millions) de galaxies. Cela voudrait dire qu'il y a plus d'étoiles dans l'Univers qu'il n'y a de grains de sables dans toutes les plages de la Terre. Et nous verrons dans les unités à venir que, parce que les planètes sont communes, cela voudrait dire qu'il y a plus de planètes dans l'Univers que de sable sur Terre.

Pour aller plus loin :

- [Écoutez le champ profond de Hubble](#). Déplacez votre curseur sur une galaxie et vous entendrez un son grave ou aigu. Un son grave indique que la galaxie est éloignée, et un son aigu qu'elle est plus proche. Que se passe-t-il lorsque votre curseur est au dessus d'une étoile de la Voie lactée ? Les galaxies qui paraissent petites sont-elles toujours éloignées ? Notez que ce lien n'est pas compatible avec tous les moteurs de recherche, mais fonctionne avec Chrome et Firefox.

Ressources et références :

- [Margaret Geller](#) (Wikipédia)
- [Interview avec Dr. Geller](#) (une excellente vidéo, malheureusement en anglais)
- [Une carte 3D récente de l'Univers](#) (Wikipedia)
- [Voler à travers l'Univers](#) (vidéo montrant les espaces vides entre les amas de galaxies)
- [Laniakea: notre Superamas](#) (vidéo en anglais)
- [Deep Field](#) (Whitacre) Les image du champ profond de Hubble ont inspiré la réalisation d'un magnifique film qui a rassemblé des scientifiques, des réalisateurs, des musiciens, et des milliers de chanteurs à travers le monde.
- [Le champ extrêmement profond de Hubble](#)
- [Atlas de l'Univers](#) Des étoiles les plus proches à l'entièreté de l'Univers observable (en anglais).

Questions de révision et discussion :

- Les galaxies sont-elles réparties uniformément dans l'espace ?

Quel âge a l'Univers ?

Les premiers scientifiques avaient des idées différentes à propos de l'âge de l'Univers. Certains pensaient qu'il était infiniment vieux et qu'il n'a jamais eu de début, tandis que d'autres pensaient qu'il avait un début et qu'il aurait une fin.

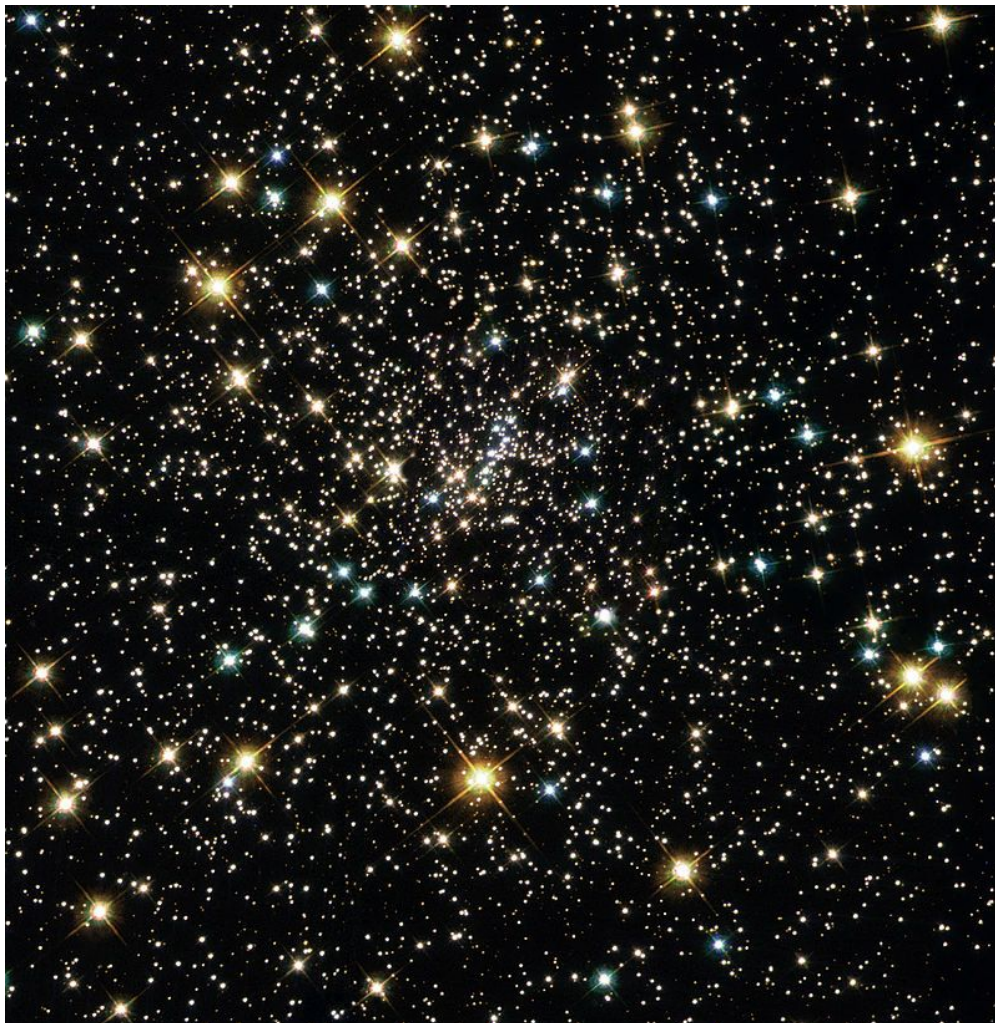
Aucune de ces deux hypothèses n'avait de preuves à disposition, jusqu'à l'arrivée du télescope spatial Hubble. Si toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres, alors ces mêmes galaxies (et toute la matière de l'Univers) devaient être bien plus proches par le passé. C'était une preuve que l'Univers avait un début. Au départ, l'astronome Fred Hoyle, qui était partisan de l'idée que l'Univers est infiniment vieux, avait appelé cette théorie le "Big Bang" pour rigoler, mais ce nom a continué à être utilisé.

L'âge exacte de l'Univers dépend donc de la vitesse à laquelle l'Univers s'étend. Si son expansion est rapide, alors le temps passe depuis que les galaxies ont atteint leurs position actuelles est très court. Si l'expansion est lente, ce temps est plus long. C'est l'une des raison pour lesquelles les astronomes ont mesuré la vitesse d'expansion de l'Univers. Grace a ces mesures, ainsi que d'autres méthodes différentes, ils estiment que l'Univers a 13,8 milliards

d'années. Il existait donc 9.3 milliards d'années avant le Soleil, la Terre et le reste du système solaire.

En science, il est important de vérifier que ses résultats sont en accord avec d'autres observations de la réalité. Par exemple, si un jour on trouve une étoile qui est plus vieille que 13,8 milliards d'années, cela voudrait dire que soit notre estimation de l'âge de l'Univers est incorrecte, ou c'est celle de l'âge de l'étoile qui est incorrecte. C'est pourquoi les astronomes recherchent les amas d'étoiles globulaires les plus anciens. Les étoiles vivent pendant des durées variables, selon leur masse, comme nous l'avons vu dans l'unité 2. Les astronomes essaient donc de trouver des groupes d'étoiles du même âge qui brillent toujours. Après plusieurs études de ce type, ils n'ont pas trouvé d'amas globulaire plus vieux que l'Univers.

**Image 24 : L'amas globulaire NGC 6397, son âge est estimé à 13,4 milliards d'années
(source : TSH)**



On est donc plutôt sûrs que l'univers a un début, et on pense connaître son âge. Mais l'Univers aura-t-il une fin ? Ou continuera-t-il d'exister à tout jamais ? Il est possible que l'expansion de l'Univers ralentisse, et que la gravité attire à nouveau tout ce qui existe, on appelle cela le Big Crunch.

Il est également possible que l'Univers continue de s'étendre à tout jamais, c'est l'hypothèse dominante des astronomes en ce moment. Les galaxies qui ne font pas partie du même amas que la Voie lactée s'éloignent tellement qu'on ne pourra plus les voir éventuellement. Avec le temps, les étoiles mourront et ne laisseront que très peu de matière pour en former de nouvelles. Ce destin de l'Univers s'appelle le *Big Freeze* ou la mort thermique de l'Univers, puisqu'il n'y avait plus d'étoiles pour émettre de la chaleur. Mais cela ne risque pas de se produire avant très longtemps.

Pour aller plus loin :

- Essayez de faire un calendrier cosmique. Le 1er janvier correspond à la naissance de l'Univers. Ajoutez des dates importantes à l'aide des liens ci-dessous.

Ressources et références :

- [Le Calendrier cosmique](#) (extrait de Cosmos: Nouveaux Mondes - en anglais)
- [Calendrier cosmique](#) (Wikipédia)

Questions de révision et discussion :

- Préférez-vous que l'univers continue son expansion à tout jamais ou qu'il ralentisse ? (Il n'y a pas de mauvaise réponse à cette question).