



Aventures CosmoVerse

**L'expansion de l'univers:
loi Hubble-Lemaître**



En classe

Introduction: Regard vers les profondeurs de l'univers



Professeur :

Bonjour à tous ! Bienvenue à de nouvelles Aventures CosmoVerse. Avant de commencer notre conversation, j'ai une image à vous montrer. Regardez attentivement cette image envoûtante. Avez-vous une idée de ce qu'elle représente ? (Voir figure 1).



Élève 1 :

On dirait un ciel étoilé. Est-ce que ce sont toutes des étoiles?



Professeur :

C'est une pensée intuitive, élève 1. Mais ce n'est pas tout. Il n'y a que quelques étoiles sur cette photo. Au-delà de ces étoiles, chaque point représente une galaxie entière, chacune regorgeant de milliards d'étoiles.



Élève 2 :

C'est incroyablement vaste! Comment avons-nous réussi à capturer une image aussi envoûtante ?



Professeur :

Ce chef-d'œuvre est le « champ ultra-profond de Hubble ». En 1995, des scientifiques ont dirigé le télescope spatial Hubble (voir figure 2) vers un point du ciel apparemment stérile qui n'est pas plus grand que la pointe d'un stylo à bille tenu à bout de bras. Pendant dix jours consécutifs, le télescope s'est concentré sur ce point. Le résultat obtenu est très spectaculaire : une image de plus de 1'500 galaxies distinctes scintillant dans une minuscule parcelle de l'univers. Ce qui est encore plus fascinant, c'est l'âge de certaines de ces galaxies : elles sont très anciennes et datent de la période qui a suivi le Big Bang.

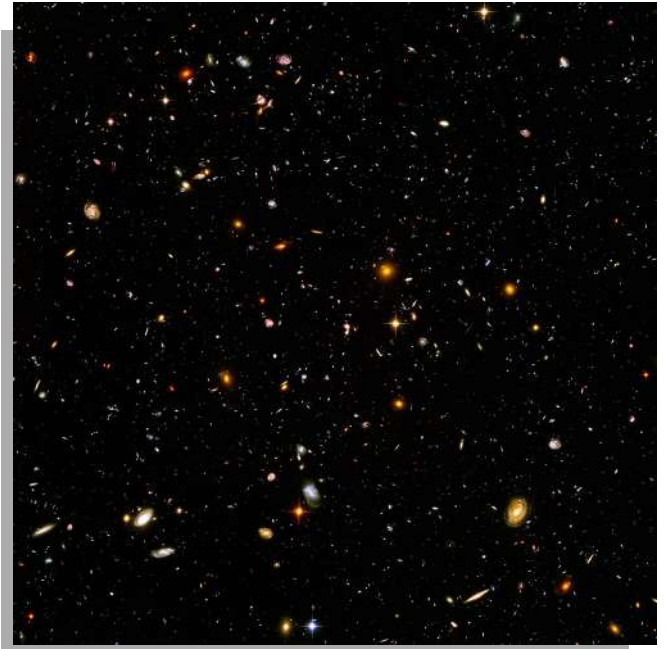


Figure 1: Image originale de la NASA, prise par le télescope spatial Hubble, contenant environ 10 000 galaxies d'âges, de tailles, de formes et de couleurs différents. Les galaxies les plus petites et les plus rouges sont parmi les plus lointaines à avoir été représentées par un télescope optique. Elles existent probablement depuis peu de temps après le Big Bang.

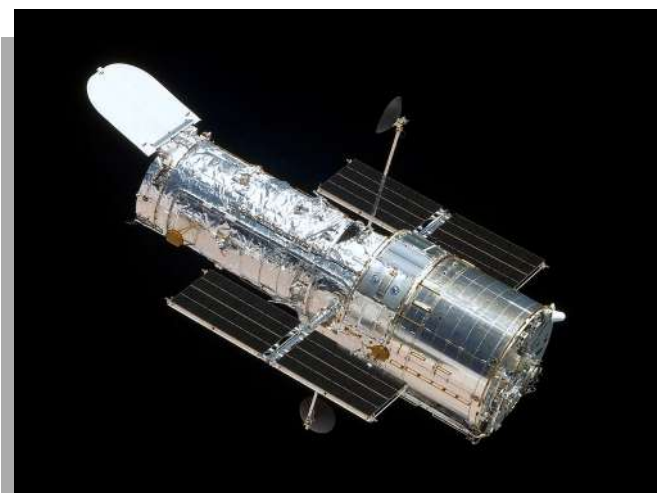


Figure 2: Le télescope spatial Hubble vu depuis la navette spatiale Atlantis. Source : NASA

Élève 3 :

Si une parcelle aussi minuscule contient autant de galaxies, l'univers doit en regorger!

Professeur :

Très juste, élève 3. Pour mettre les choses en perspective, nous pensons qu'il y a environ 2'000 milliards de galaxies dans l'univers observable. Voici une idée originale : il y a plus d'étoiles dans l'univers qu'il n'y a de grains de sable sur toutes les plages de la Terre. Cela témoigne de l'ampleur impressionnante de notre univers.

Élève 4 :

Il est étonnant de penser que depuis notre petite Terre, nous avons déchiffré une telle grandeur. Comment y sommes-nous parvenus?

Professeur :

Il s'agit d'une progression des connaissances, élève 4. Autrefois, nous pensions que tout tournait autour de la Terre, le modèle géocentrique. Puis des visionnaires comme Aristarque de Samos ont proposé le modèle héliocentrique, c'est-à-dire centré sur le Soleil. Copernic l'a encore affiné, mais ses idées ont continué à susciter le scepticisme. Le véritable changement est intervenu avec les idées et les découvertes de Galilée, Kepler et Newton, qui ont étayé le modèle héliocentrique par des preuves au XVII^{ème} siècle. (Voir figure 3).

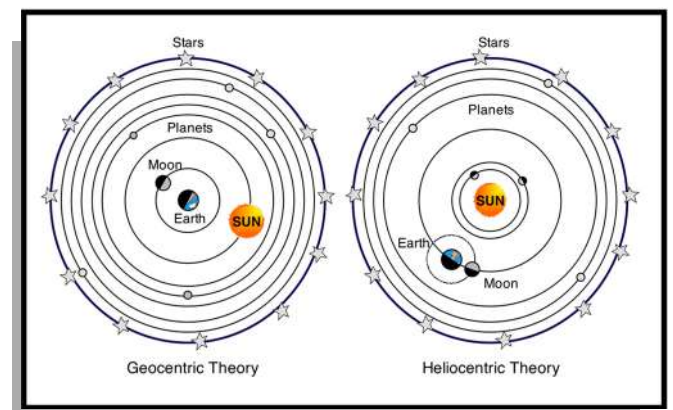


Figure 3: Différence entre les modèles géocentrique et héliocentrique

Élève 3 :

Les télescopes ont dû changer la donne dans cette quête, n'est-ce pas?

Professeur :

Absolument, élève 3. Les télescopes nous ont fait découvrir l'immensité de l'univers. Cependant, jusque dans les années 1920, nous pensions que notre Voie lactée était tout ce qu'il y avait. C'est alors qu'entre en scène Hubble et Lemaître, qui révolutionnent notre compréhension en prouvant que l'univers est rempli de galaxies et qu'il est en constante expansion. Mais avant d'aller plus loin, rejoignons Quark pour un voyage exaltant qui nous permettra de mieux comprendre notre place dans ce vaste univers.



Vaisseau spatial de l'imagination

Voyage vers notre adresse cosmique

Our Cosmic Address

Le vaste pont d'observation du vaisseau spatial de l'imagination présente l'univers dans toute sa splendeur. Quark se tient à la barre, impatient d'emmener les élèves dans une expédition au-delà des étoiles familières.

Vous pouvez télécharger [Stellarium](#), un logiciel gratuit qui vous permet de naviguer librement dans l'univers, ou vous pouvez regarder cette [vidéo](#)>



Quark :

Bienvenue à bord, jeunes explorateurs ! Notre vaisseau spatial de l'imagination dépasse aujourd'hui les plus grandes limites connues. Voyez-vous, même la vitesse de la lumière, l'entité la plus rapide connue dans l'univers avec 300'000 km/sec, ne peut pas le traverser assez rapidement. Pour parcourir l'univers, il nous faudrait des éons, même à cette vitesse!



Élève 1 :

Je me suis toujours demandé ce qu'était exactement une année-lumière.



Quark :

L'année-lumière ne mesure pas une durée mais une distance. Elle représente la distance que la lumière peut parcourir en un an. En chiffres, cela représente environ 9,46 trillions de kilomètres ou 5,88 trillions de miles. Mais ne nous laissons pas piéger par les chiffres. Commençons plutôt notre odyssée!

Le vaisseau commence son voyage et la Terre commence à rétrécir à l'arrière-plan.



Quark :

Observez votre précieuse Terre. C'est un spectacle de la vie, un sanctuaire dans la vaste étendue cosmique. Vous, les humains, avez sculpté son visage, mais d'ici, vos villes colossales, vos routes et vos entreprises ne sont que de simples murmures. Toutes les histoires de l'humanité remontent à ce joyau bleu céleste. Le lieu de naissance d'innombrables âmes.



Élève 2 :

C'est tellement surréaliste. La Terre semble si petite vue d'ici.



Quark :

Tout est question de perspective! Maintenant, observez votre voisin cosmique.

La lune apparaît, avec ses cicatrices et les récits des âges passés.



Quark :

La Lune, fidèle compagne de la Terre et seul autre corps céleste à avoir ressenti les pas de l'homme. En nous aventurant, nous passerons devant les sentinelles de notre système solaire, les planètes, puis nous plongerons dans l'immensité de l'espace interstellaire.

Les étoiles, telles des pierres précieuses, commencent à éclairer le vide.



Quark :

Vous voyez notre soleil ? Ce n'est qu'un point dans une mer d'étoiles. Il faut environ 8 minutes à la lumière pour atteindre le Soleil depuis la Terre. Les étoiles que vous avez reconnues de vos contes pour enfants brillent désormais sans le voile atmosphérique de la Terre. Parmi ces étoiles, on trouve des exoplanètes, dont certaines abritent peut-être la vie.



Élève 3 :

Et la Voie lactée ? Notre galaxie?



Quark :

Ah, notre maison cosmique. C'est une métropole astrale, avec des gaz, des poussières, des étoiles et des planètes qui s'étendent sur 100'000 années-lumière. Et son cœur ? Un trou noir supermassif, un dévoreur de cosmos. Notre plus proche voisine est la galaxie d'Andromède. Si vous envoyez un SMS aux extraterrestres qui y vivent, il faudra environ 2,5 millions d'années pour qu'il les atteigne.

Les galaxies commencent à remplir le paysage de petits points, chacune étant un univers à part entière.



Figure 4: Image de la Terre corrigée en couleur, prise par le satellite DSCOVR le 7 décembre 2022, exactement 50 ans après l'image originale Blue Marble. Source : NASA.



Quark :

Au-delà de notre galaxie s'étend un océan de galaxies, chacune avec ses histoires, ses trous noirs, ses mystères. Elles dansent dans un ballet cosmique, animé par des liens gravitationnels.



Élève 4 :

On dirait une toile d'araignée, avec des fils et des espaces vides!



Quark :

Précisément ! Cette tapisserie cosmique ne représente qu'une infime partie de l'univers observable. Mais y a-t-il une fin ? Une frontière ?

Le vaisseau s'arrête, la limite de l'univers connu devant eux.



Quark :

Voici la limite de ce que nous pouvons percevoir. Mais n'oubliez pas que « observable » ne signifie pas « tout ». L'univers pourrait être illimité, s'étendant au-delà de l'imagination.



Élève 1 :

Donc, on voit de la lumière ancienne?



Quark :

Oui ! Lorsque vous observez des galaxies lointaines, vous remontez le temps. Le rayonnement du fond diffus cosmologique que nous observons est une relique, un écho de ce qui s'est passé juste après le Big Bang.



Élève 2 :

Mais qu'y a-t-il au-delà ? En dehors de notre univers observable?



Quark :

Notre projecteur cosmique n'éclaire l'univers que jusque là. Au-delà, il pourrait y avoir des univers sans fin, fonctionnant selon les mêmes règles cosmiques, remplis de galaxies, d'étoiles et de merveilles.



Élève 3 :

Notre univers pourrait donc n'être qu'un point dans un vaste océan cosmique?



Quark :

Exactement. La véritable échelle de l'univers restera peut-être à jamais un mystère. Mais la quête de la compréhension n'est-elle pas le voyage le plus exaltant qui soit ? Maintenant, compte tenu de notre odyssée d'aujourd'hui, l'un d'entre vous peut-il me réciter notre adresse cosmique ?



Figure 5: Image en lumière visible de la galaxie d'Andromède, prise par Torben Hansen

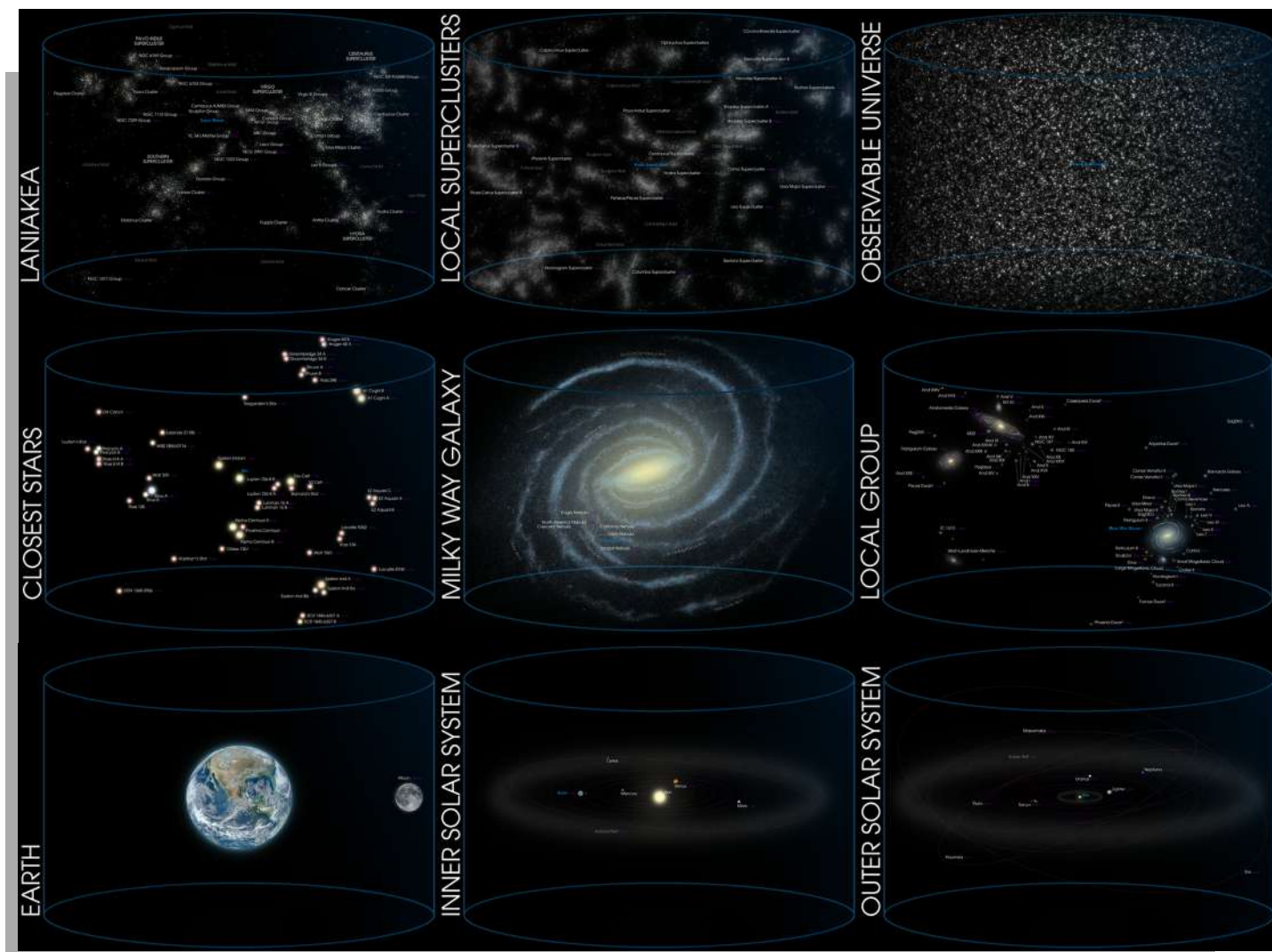


Figure 6: Illustration de l'emplacement de la Terre dans l'Univers. Elle se compose d'une série de neuf images.
Source : Andrew Z. Colvin [+ Image complète](#)

Élève 1 :

Voyons voir... Nous venons de la planète Terre, située dans le système solaire, nichée dans l'éperon d'Orion. Nous faisons partie de la vaste galaxie de la Voie lactée, qui appartient au Groupe Local de galaxies. Ce groupe est un fragment du Superamas de la Vierge, qui est lui-même enveloppé par l'immense Superamas de Laniakea. Et tout ceci n'est qu'un chapitre du grand livre de l'Univers observable. (Voir figure 6).

Quark :

Remarquable ! Votre compréhension de notre position cosmique est remarquable. Maintenant, préparez-vous. Notre prochaine aventure est un saut dans le temps. Nous sommes sur le point de rencontrer les esprits visionnaires qui ont ouvert la voie à notre compréhension du cosmos, les architectes mêmes de notre voyage d'aujourd'hui, le Dr Edwin Hubble et le Dr Georges Lemaître.



Rencontre avec un chercheur

Loi Hubble-Lemaître



Figure 7: Dans les années 1920, les astronomes Edwin Hubble (à gauche) et Georges Lemaître ont tous deux réalisé que l'univers était en expansion. Source: Institut Carnegie de Washington / Université catholique de Louvain.



Quark :

Étudiants, veuillez accueillir Edwin Hubble et Georges Lemaître, les pionniers qui ont fondamentalement transformé notre perception du cosmos.



Élève 2 :

Quel honneur ! Monsieur Hubble, votre travail de catalogage des galaxies, que nous utilisons encore aujourd'hui, reste inégalé. Pourriez-vous nous éclairer sur vos révélations concernant ces galaxies?



Hubble :

J'en serais enchanté ! Nombreux sont ceux qui pensaient que notre Voie lactée était le seul élément de l'univers. Cependant, lorsque j'ai observé Andromède avec mon télescope réflecteur de 100 pouces et que j'ai mesuré sa distance par rapport à la Terre, les données ont révélé une vérité choquante : Andromède était beaucoup plus éloignée que n'importe quelle étoile de la Voie lactée. Cette découverte a confirmé qu'il ne s'agit pas d'une simple nébuleuse, mais d'une galaxie à part entière, à une distance immense. Imaginez l'implication : notre univers était beaucoup plus grand que nous ne l'avions jamais imaginé, rempli de myriades de galaxies.

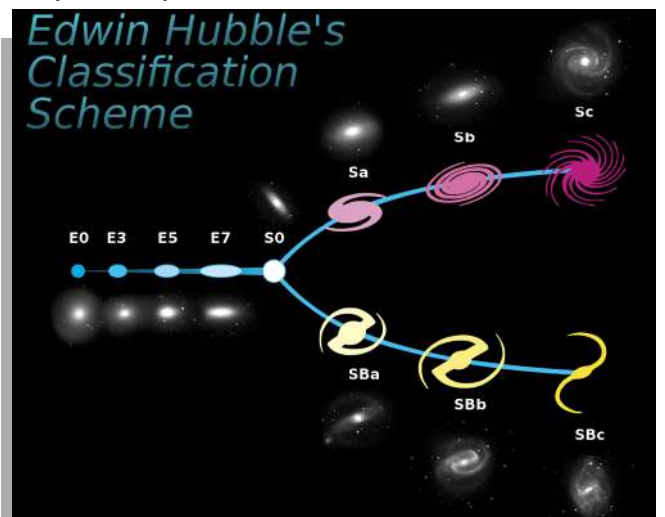


Figure 8: L'astronome américain Edwin Hubble a mis au point un système de classification des galaxies en 1926. Bien que ce schéma, également connu sous le nom de diagramme du diapason de Hubble, soit aujourd'hui considéré comme un peu trop simple, ses idées de base sont toujours valables. L'original peut être consulté ici : [Hubble-TuningFork.jpg](#)

Élève 2 :

L'étude de ces galaxies a-t-elle révélé des particularités?



Hubble :

Absolument. Mes données ont révélé un fait surprenant : les galaxies semblaient s'éloigner les unes des autres.

Élève 2 :

Mais comment vous êtes-vous assuré que ces galaxies sont apparues alors qu'elles s'éloignaient de nous?



Hubble :

Excellente question ! J'ai utilisé un type de lumière connu sous le nom de lignes spectrales pour mesurer la vitesse apparente des galaxies. Lorsque j'ai observé ces lignes spectrales provenant de galaxies lointaines, j'ai remarqué qu'elles étaient décalées vers l'extrémité rouge du spectre électromagnétique, un phénomène que nous appelons « décalage vers le rouge ». Ce phénomène indique que les ondes lumineuses sont étirées, ce qui suggère que ces galaxies s'éloignent de nous puisque l'espace qui les sépare est étiré.



Quark :

Merci monsieur Hubble, les lignes spectrales et le décalage vers le rouge feront l'objet d'une prochaine aventure CosmoVerse. Alors, restez curieux!

Élève 2 :

Monsieur Lemaître, si les galaxies s'éloignent de nous, cela signifie-t-il que notre univers est en expansion?



Lemaître :

Exactement! Imaginez l'espace comme une pâte dont les raisins secs représentent les galaxies. Lorsque la pâte lève, les raisins secs s'écartent les uns des autres (voir figure 10). Les galaxies ne se déplacent donc pas dans l'espace, mais l'espace intermédiaire s'étire et se dilate, de sorte qu'elles donnent l'impression de se déplacer. Les galaxies se déplacent avec l'espace, et non à travers l'espace ! Notez également que cela s'applique aux galaxies lointaines, car nos galaxies voisines, attirées par la gravité, restent des exceptions et ne s'éloignent pas de la Voie lactée.

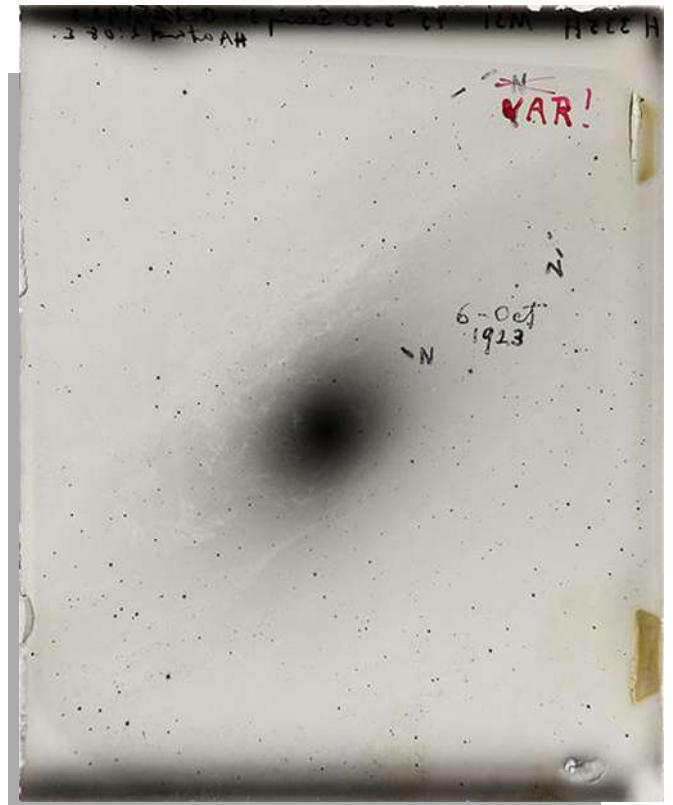


Figure 9: Edwin Hubble a réalisé cette plaque photographique de la « nébuleuse » d'Andromède à l'aide du télescope Hooker de 100 pouces de l'observatoire du mont Wilson, en 1923. La plaque montrant Andromède (ou M31) doit être une galaxie différente. Source : Carnegie Observatories



Élève 2 :

Ainsi, en remontant le temps, verrions-nous un univers qui se rétrécit jusqu'à ce que toute la matière soit regroupée ?



Hubble :

Tout à fait ! L'idée de l'expansion de l'univers a été le premier élément de preuve suggérant la naissance de l'univers à partir d'un point unique, à un moment précis dans un passé fini. Mais comme si cette constatation n'était pas assez choquante, j'ai également réalisé que les vitesses de récession des galaxies augmentaient avec la distance. En d'autres termes, plus une galaxie est éloignée, plus elle s'éloigne rapidement de nous.



Lemaître :

Exactement, et cette relation est énoncée dans la loi de Hubble-Lemaître, qui stipule essentiellement que la vitesse apparente à laquelle une galaxie s'éloigne d'un observateur (comme nous sur Terre) est directement proportionnelle à la distance qui la sépare de cet observateur. L'équation est assez simple ($v = H_0 D$) et est représentée par ce graphique (voir figure 11).



Élève 1 :

Donc, v est la vitesse de récession d'une galaxie donnée, d est sa distance propre, mais qu'est-ce que H_0 ?



Hubble :

Ah, la pente du graphique de la distance en fonction de la vitesse représente la constante de Hubble H_0 . Elle représente également le taux actuel d'expansion de l'univers, soit environ 70 kilomètres par seconde et par mégaparsec, 1 mégaparsec correspondant à environ 3,3 millions d'années-lumière. En fait, il a fallu des décennies pour obtenir une valeur précise de la constante de Hubble H_0 , qui reste essentielle pour comprendre l'âge, la structure et le destin ultime de notre univers. Elle nous indique à quelle vitesse les galaxies semblent s'éloigner de nous, en fonction de la distance qui les sépare.

Exemples: Pour une galaxie située à 1 mégaparsec, la vitesse de récession est de 70 kilomètres par seconde. Pour une galaxie distante de 2 mégaparsecs, quelle est sa vitesse de récession ?



Élève 2 :

Facile, la vitesse de récession devrait être de $70 \times 2 = 140$ kilomètres par seconde.

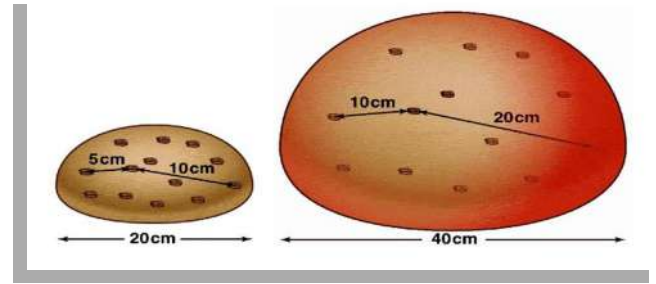


Figure 10: Le modèle de l'univers en pain de raisin explique comment chaque galaxie peut percevoir toutes les autres galaxies de l'univers comme s'éloignant d'elle. Source: NASA.

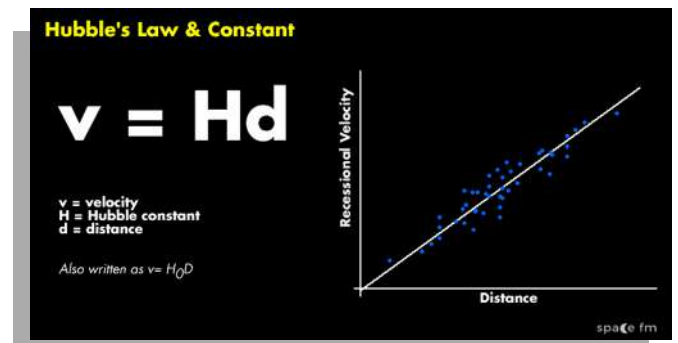


Figure 11: Hubble a proposé une relation entre la distance des galaxies et leur décalage vers le rouge (ou vitesse de recul). En d'autres termes, la vitesse de déplacement d'une galaxie est proportionnelle à sa distance. Légende: v : vitesse, H (ou H_0): constante de Hubble, d : distance; axe x: distance, axe y: vitesse de récession. Source: Space.fm

 Élève 3 :

Notre perspective cosmique a radicalement changé, non ? Nous sommes passés d'une vision de nous-mêmes au centre de l'univers, à une compréhension de notre humble position dans l'immensité.

 Lemaître :

En effet, la science dévoile l'immensité et la complexité du cosmos, tout en nous rappelant la place modeste, mais unique, que nous y occupons.

 Quark :

Merci à tous les deux, il est temps maintenant de retourner à votre école au "Labo actif" où votre professeur a préparé une série d'expériences qui vous aideront à mieux explorer la loi de Hubble-Lemaître.





Activité : Modèle de l'élastique - un modèle unidimensionnel



Objectif :

Comprendre comment l'expansion de l'univers conduit à l'augmentation de la vitesse des galaxies à plus grande distance, et à l'illusion que la Terre est au centre de l'univers.



Temps de préparation : 5 minutes



Temps pour l'activité : 20 minutes



Matériel nécessaire :

- Élastiques de différentes longueurs
- Rondelles en métal de différentes tailles
- Épingles
- Carton épais ou planche
- Petits autocollants colorés pour identifier les galaxies
- Règle ou ruban à mesurer
- Papier millimétré
- Crayons



Procédure :

- Diviser la classe en paires ou en petits groupes. Chaque groupe prend une sélection d'élastiques et de rondelles et construit son propre « univers » dans lequel un certain nombre de « galaxies » (rondelles) de différentes tailles sont reliées entre elles à des distances différentes (élastiques) (fixer les rondelles avec des épingles). Les élastiques doivent être tendus, mais pas étirés, comme on peut le voir sur la figure 12.
- Chaque groupe choisit l'une des rondelles métalliques comme étant notre galaxie - la Voie lactée - et la marque avec un stylo ou un autocollant pour s'en souvenir. Ensuite, marquer toutes les autres galaxies avec des noms ou des numéros et inscrire les noms dans la première colonne d'un tableau, comme indiqué.
- Chaque groupe aligne son univers en caoutchouc, le fixe et mesure la distance entre la Voie lactée et chaque autre « galaxie ». On peut utiliser une échelle appropriée, par exemple 1 cm = 100 millions de km. Inscrire ces données dans la colonne 2 du tableau.



Rubber band universe © British Council

Figure 12: Modèle d'univers en élastique. Source: British Council.

Nom de la galaxie	Distance de départ jusqu'à la Voie lactée	Distance finale jusqu'à la Voie lactée	Différence de distance (en km)	Vitesse km/s

- Étirer les élastiques au double de leur taille d'origine et fixer les rondelles à leur nouvelle position. Considérer que l'expansion a pris 1 milliard d'années (qu'il faut convertir en secondes).
- Chaque groupe mesure à nouveau la distance entre chaque galaxie et la Voie lactée. Noter les nouvelles distances dans la colonne correspondante. Soustraire les distances initiales de ces nouvelles valeurs pour trouver la différence de distance et l'inscrire également dans le tableau.
- Calculer la vitesse à laquelle chaque galaxie s'éloigne de nous en utilisant la formule "Vitesse = Différence de distance/Temps". Inscrivez ces réponses dans la dernière colonne du tableau.
- Tracer un graphique pour illustrer ces données en plaçant la distance sur l'axe horizontal et la vitesse sur l'axe vertical.
- Examinons maintenant une autre galaxie. Choisir une rondelle métallique différente de celle de la Voie lactée et répéter toutes les étapes. La question suivante est maintenant posée : « À quoi ressemblerait l'expansion de l'Univers pour un astronome extraterrestre dans une autre galaxie ? »
- Enfin, reporter les données de la rondelle de la Voie lactée et de la rondelle « autre galaxie » sur le même graphique pour comparer.

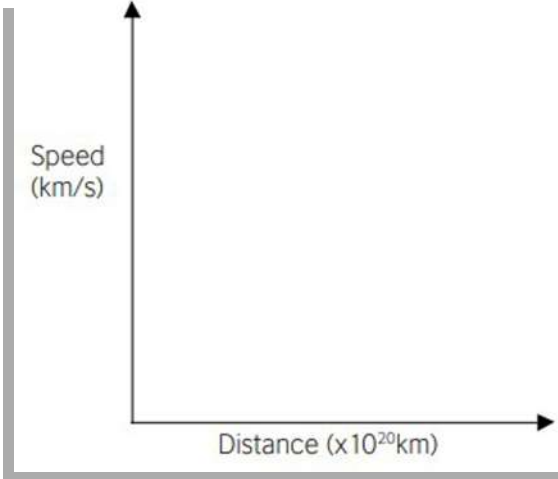


Figure 13: Tracer la meilleure ligne d'ajustement et répéter l'activité avec les autres galaxies-rondelles.

Observations :

- Le graphique suivant (voir figure 14) est un exemple de l'allure que prendront les données de la rondelle de la Voie lactée et de la rondelle de l'autre galaxie.
- Les données de la Voie lactée et de l'« autre » galaxie se situent exactement sur la même ligne ! Si l'on y réfléchit bien, c'est logique. La pente de cette ligne est une mesure du taux d'expansion de l'Univers tout entier. Puisque la Voie Lactée et l'« Autre » galaxie se trouvent toutes deux dans le (même) Univers, elles devraient toutes deux mesurer le même taux d'expansion.

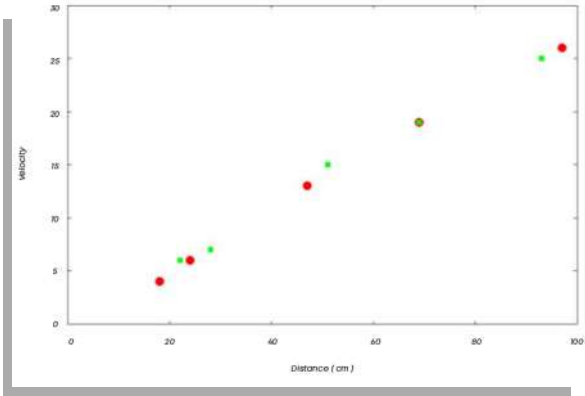


Figure 14: Exemple de graphique pour des données de la rondelle "Voie lactée" et d'une rondelle "Autre galaxie"

 Discussion et Conclusion : **Professeur :**

: Très bien, tout le monde ! Maintenant que nous avons réalisé notre expérience, quelles observations avez-vous faites lorsque vous avez tracé vos graphiques?

 **Élève 1 :**

Nous avons remarqué que quelle que soit la galaxie d'où nous observions, que ce soit la Voie lactée ou l'« Autre » galaxie, les galaxies les plus éloignées semblaient se déplacer à une vitesse supérieure. Cette tendance se retrouve dans les deux scénarios.

 **Professeur :**

C'est une observation intéressante. Quelqu'un peut-il nous expliquer pourquoi?

 **Élève 2 :**

En raison de l'expansion uniforme de l'univers, plus il y a d'espace entre deux galaxies, plus elles s'éloignent rapidement l'une de l'autre. C'est comme un élastique. Quand on l'étire, les parties les plus éloignées de nos doigts s'étirent plus que les parties proches de nos doigts.

 **Professeur :**

Excellente analogie ! Qu'en est-il de l'observation selon laquelle les mesures de la Voie lactée et des « autres » galaxies se situent sur la même ligne? Qu'est-ce que cela implique sur notre position dans l'univers?

 **Élève 3 :**

Cela signifie qu'il n'y a pas de centre unique dans l'univers. Quelle que soit la galaxie depuis laquelle nous observons, l'expansion semble uniforme. C'est comme si chaque galaxie avait l'impression d'être au centre.

 **Élève 4 :**

Nous ne sommes donc pas vraiment au centre de l'univers?

 **Professeur :**

C'est vrai ! L'idée que nous sommes au centre n'est qu'une illusion en raison de la façon dont l'univers s'étend. Chaque galaxie a l'impression d'être au centre, mais en réalité, il n'y a pas de centre. L'univers ne s'étend pas à partir d'un seul point, c'est tout l'espace qui est en expansion.



Élève 2 :

Cette expérience a permis de comprendre que l'expansion de l'univers ne se résume pas à l'éloignement des galaxies d'un seul point. C'est l'espace lui-même qui s'étend.



Professeur :

Exactement ! Et ce concept est fondamental pour comprendre la nature de notre univers. Le modèle de l'élastique est un bon moyen de le visualiser, mais n'oubliez pas que notre univers est beaucoup plus complexe. Cette activité est une représentation simplifiée pour aider à saisir le concept.

Prenons un moment pour réfléchir à notre aventure d'aujourd'hui avec CosmoVerse. Nous avons fait un sacré voyage, n'est-ce pas ? Aujourd'hui, nous avons appris à quel point notre univers est vaste et magnifique. Nous avons également découvert la loi de Hubble-Lemaître, en termes simples : plus une galaxie est éloignée de nous, plus elle semble s'éloigner rapidement. Notre voyage d'aujourd'hui ne s'est pas limité à des faits et des chiffres. Il nous a appris l'humilité et l'émerveillement. Nous avons cru un jour que nous étions le centre de tout. Aujourd'hui, nous comprenons que nous occupons une petite place, mais spéciale, dans ce vaste univers en constante expansion. Pour ceux qui souhaitent plonger plus profondément dans cette vaste étendue, la section Bibliothèque cosmique offre un trésor de connaissances qui ne demande qu'à être exploré.





Bibliothèque cosmique (en anglais)



Videos :

[How small are we in the scale of the universe?](#)

[Scale of the large – Khan Academy](#)

[An Epic Journey from Earth to the Edge of the Universe](#)

[What is our Cosmic Address?](#)

[Hubble's law | Scale of the universe](#)

[Hubble's law](#)

[Hubble's Law](#)

[How big is the universe and Hubble's Law](#)

[The EXPANSION of the UNIVERSE!](#)



Interactive :

[The Scale of the universe](#)



Website :

[NASA – Hubble Space Telescope](#)

[Teacher's resources](#)

[NASA SCALE AND DISTANCE](#)

[The Big History Project](#)

[NASA's summary of the latest discoveries made around the Big Bang](#)



Documentaries :

[Journey to the Edge of the Universe](#)

[Everything and Nothing](#)



Books :

[The day we found the Universe](#)



Articles :

[The expanding universe credit to Hubble-Lemaitre](#)

[Our expanding universe: Age, history & other facts](#)

[Hubble's Law & Constant](#)



Quiz :

[The Age of the Universe](#)

[Hubble- Lemaître law](#)

[Hubble's Law & Hubble's Constant](#)



Games :

[Expanding Universe](#)



Glossaire

Galaxie: Système massif, lié par la gravitation, composé d'étoiles, de restes d'étoiles, de gaz et de poussières interstellaires et de matière noire, tous liés entre eux par la gravité.

Big Bang: La principale explication de la naissance de l'univers. Elle propose que l'univers ait été une singularité, un point minuscule dans l'espace qui a explosé et s'est étendu pour créer l'espace tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Champ ultra-profond de Hubble (HUDF): Image d'une petite région de la constellation de Fornax, basée sur les données du télescope spatial Hubble. Elle contient environ 10'000 galaxies.

Télescope spatial Hubble: Un télescope spatial qui a été mis en orbite par la navette spatiale Discovery en 1990. Il porte le nom de l'astronome Edwin Hubble.

Univers observable: Se réfère à la partie de l'univers entier que nous pouvons potentiellement observer. L'univers observable dépend de la position de l'observateur.

Modèle géocentrique: Modèle dépassé qui place la Terre au centre de l'univers, avec toutes les étoiles et les planètes tournant autour d'elle.

Aristarque de Samos: Astronome et mathématicien grec de l'Antiquité connu pour avoir présenté le premier modèle héliocentrique connu de notre système solaire, plaçant le Soleil, et non la Terre, au centre.

Modèle héliocentrique: Modèle dans lequel la Terre et les autres planètes tournent autour du Soleil, qui est le centre du système solaire.

Copernic: Astronome de la Renaissance qui a proposé un modèle héliocentrique du système solaire.

Galilée: Astronome, physicien et polymathe italien. Il a notamment amélioré le télescope et réalisé d'importantes observations astronomiques à l'appui de l'héliocentrisme de Copernic.

Kepler: Astronome allemand surtout connu pour ses lois sur le mouvement des planètes.

Newton: Sir Isaac Newton était un mathématicien, physicien, astronome et auteur anglais. Il est surtout connu pour ses lois du mouvement et la loi de la gravitation universelle.

Voie lactée: La galaxie qui contient notre système solaire. Il s'agit d'une galaxie spirale barrée, dont le diamètre visible est estimé entre 100'000 et 200'000 années-lumière.

Hubble: Edwin Hubble, astronome américain qui a joué un rôle crucial dans l'établissement des domaines de l'astronomie extragalactique et de la cosmologie observationnelle.

Lemaître: Georges Lemaître, prêtre catholique belge, astronome et professeur de physique. Il a été le premier à proposer la théorie de l'expansion de l'univers.

Stellarium: Logiciel de planétarium gratuit et open-source qui montre un ciel réaliste en 3D.

Vitesse de la lumière: La vitesse à laquelle la lumière voyage dans le vide, précisément 299'792'458 mètres par seconde ou environ 300'000 km/sec.

Année-lumière: Unité de distance astronomique équivalant à la distance parcourue par la lumière en un an, soit environ 9,46 trillions de kilomètres ou 5,88 trillions de miles.

Espace interstellaire: L'espace physique à l'intérieur d'une galaxie qui n'est pas occupée par des étoiles ou leurs plumes.

Exoplanètes: Planètes en orbite autour d'une étoile en dehors du système solaire.

Trou noir supermassif: Le plus grand type de trou noir, de l'ordre de centaines de milliers à des milliards de masses solaires.

Galaxie d'Andromède: Galaxie spirale située à environ 2'537 millions d'années-lumière de la Terre et la galaxie majeure la plus proche de la Voie lactée.

Rayonnement du fond diffus cosmologique: Le rayonnement résiduel du Big Bang, qui fournit des preuves de l'origine et de l'évolution de l'univers.

Univers observable: La portion de l'univers entier que nous pouvons potentiellement observer

Éperon d'Orion: Bras spiral mineur de la Voie lactée, situé entre les bras du Sagittaire et de Persée.

Groupe local: Groupe de plus de 50 galaxies, dont la Voie lactée et la galaxie d'Andromède.

Superamas de la Vierge: Superamas de galaxies contenant le groupe local, qui contient à son tour la Voie lactée.

Superamas de Laniakea: Le superamas de galaxies qui abrite la Voie lactée et environ 100'000 autres galaxies proches.

Loi de Hubble-Lemaître: Loi décrivant l'expansion de l'univers, selon laquelle les galaxies semblent s'éloigner de nous à des vitesses proportionnelles à leur distance.

Télescope réflecteur de 100 pouces: Un type de télescope qui utilise un miroir pour recueillir et concentrer la lumière. La taille de 100 pouces fait référence au diamètre du miroir primaire.

Nébuleuse: Nuage de gaz et de poussières dans l'espace, servant souvent de pouponnière pour de nouvelles étoiles.

Redshift (décalage vers le rouge): Phénomène par lequel la lumière ou d'autres rayonnements électromagnétiques provenant d'un objet voient leur longueur d'onde augmenter, glissant vers la zone rouge du spectre électromagnétique.

Lignes spectrales: Lignes sombres ou brillantes dans un spectre par ailleurs lisse et continu, souvent utilisées pour identifier les éléments chimiques dans l'espace et leur mouvement relatif.

Spectre électromagnétique: L'ensemble des longueurs d'onde de tous les types connus de rayonnement électromagnétique.

Expansion de l'univers: L'augmentation de la distance entre deux galaxies ou points donnés au fil du temps, indiquant que l'univers s'agrandit.

Constante de Hubble (H0): Valeur utilisée en cosmologie pour décrire la vitesse d'expansion de l'univers.

Mégaparsec: Unité de distance utilisée en astronomie, égale à environ 3,3 millions d'années-lumière.

Vitesse de récession: Vitesse à laquelle un objet s'éloigne en raison de l'expansion de l'univers.

Distance propre: Mesure de distance utilisée en cosmologie qui prend en compte la position actuelle d'un objet, par opposition à l'endroit où il se trouvait lorsque sa lumière a été émise.

Expansion uniforme: Le concept selon lequel l'espace se dilate de manière égale dans toutes les directions, ce qui fait que les galaxies s'éloignent les unes des autres à des vitesses croissantes au fur et à mesure qu'elles s'éloignent les unes des autres.



This article/publication is based upon work from COST Action CA21136 – “Addressing observational tensions in cosmology with systematics and fundamental physics (CosmoVerse)”, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST (European Cooperation in Science and Technology) is a funding agency for research and innovation networks. Our Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

www.cost.eu

