



Aventures CosmoVerse

Énergie noire



En classe

Introduction: La face obscure de l'univers



Professeur :

(Attrapant une pomme lancée en l'air) Bonjour, les jeunes ! Quelqu'un peut-il me dire pourquoi cette pomme retombe quand je la lance en l'air ?



Élève 1 :

C'est la gravité qui l'attire vers le bas, n'est-ce pas ?



Professeur :

Exactement ! La gravité la ramène vers la Terre. Mais si je pouvais lancer cette pomme assez vite, à environ 11 kilomètres par seconde, elle atteindrait la vitesse d'échappement et ne retomberait pas. Elle continuerait à aller là où l'attraction gravitationnelle de la Terre serait proche de zéro.



Élève 2 :

Ce serait donc comme lancer une fusée dans l'espace !



Professeur :

C'est exact. Maintenant, faisons le lien avec notre univers. Depuis le Big Bang, l'univers est en expansion. Nous pensions autrefois qu'il pourrait commencer à ralentir à cause de la gravité de toutes les galaxies et de la matière noire.



Élève 3 :

La matière noire ? C'est cette matière que nous ne pouvons pas voir, mais qui a un effet gravitationnel, n'est-ce pas ?



Professeur :

Exactement. Mais voici la surprise : les scientifiques ont découvert que l'univers ne rétrécit pas et ne s'étend pas lentement, mais qu'il s'agrandit de plus en plus vite, qu'il accélère !



Élève 1 :

Attendez, il accélère ? Comment est-ce possible ?



Professeur :

C'est comme si on lançait une pomme en l'air et qu'au lieu de retomber, elle s'envolait dans l'espace. Les scientifiques pensent qu'il existe un type d'énergie particulier à l'origine de cette accélération, appelé énergie noire.



Figure 1: Les scientifiques ont été choqués d'apprendre que l'univers était en accélération. C'est comme lancer une pomme en l'air et la voir accélérer vers le haut.

Élève 2 :

L'énergie noire est donc différente de la matière noire?

Professeur :

Exactement ! La matière noire est la masse invisible qui ajoute une force gravitationnelle, agissant davantage comme un filet qui ralentit la chute de la pomme.

Élève 2 :

Quelle quantité d'énergie noire existe-t-il?

Professeur :

Eh bien, lorsque les scientifiques additionnent tout ce qui se trouve dans l'univers, ils constatent que 95 % de celui-ci est constitué de matière que nous ne pouvons pas voir directement. Et les deux tiers de cette matière, soit environ 70 %, sont constitués d'énergie noire, si puissante qu'elle domine le destin de notre univers.

Élève 3 :

Alors, l'univers va-t-il continuer à s'étendre indéfiniment?

Professeur :

C'est la grande question. Pour le savoir, nous examinons la géométrie de l'univers et nous cherchons à savoir s'il y a suffisamment de matière pour arrêter l'expansion. Mais avec autant d'énergie noire, la réponse tend vers le oui, l'univers pourrait s'étendre indéfiniment.

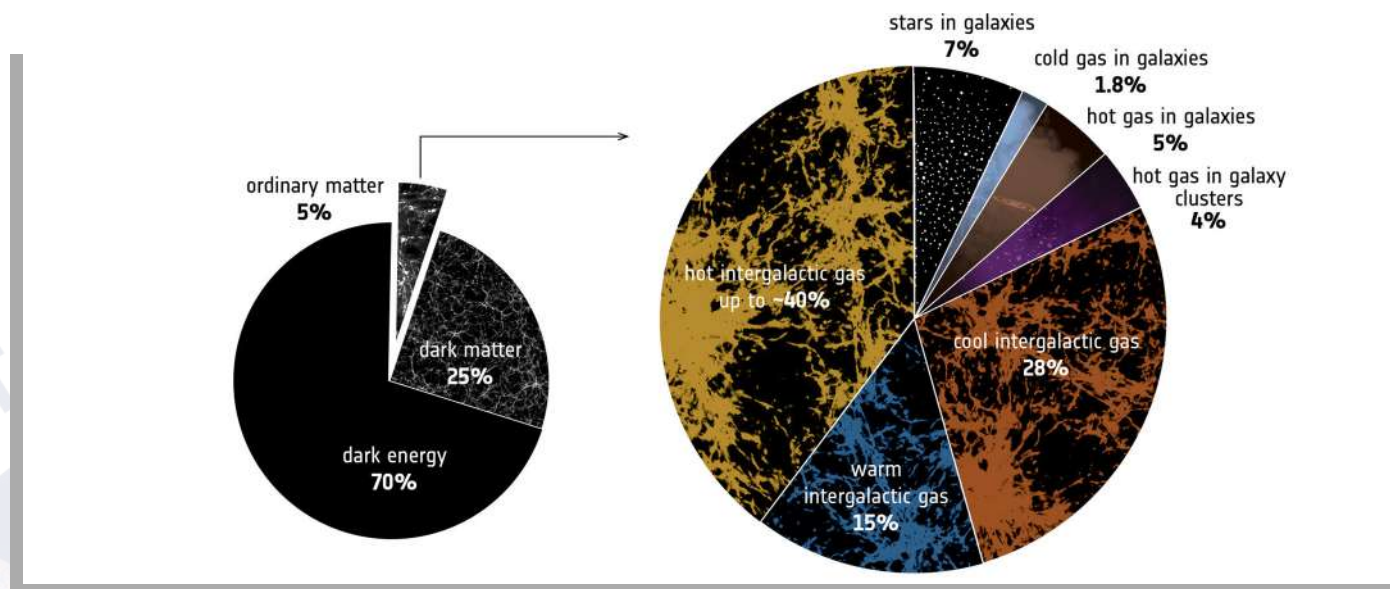


Figure 2: La matière noire et l'énergie noire constituent 95 % de notre univers ; les 5% restants sont constitués de matière ordinaire appelée baryons, dont la plupart sont restés cachés jusqu'à récemment. Les scientifiques ont maintenant découvert une grande partie de la matière intergalactique qu'ils n'avaient jamais vue auparavant. Source: ESA.

Professeur :

Rejoignons Quark dans son vaisseau spatial pour explorer cette question plus en détail et découvrir le destin de notre univers et peut-être même la fin du temps lui-même



Le vaisseau spatial de l'imagination

Le destin de l'univers



Quark :

Bon retour parmi nous, explorateurs cosmiques ! Après avoir voyagé dans le passé de l'univers, il est temps de mettre le cap sur l'avenir et de réfléchir à la façon dont notre univers pourrait prendre fin.



Élève 1 :

Je me suis toujours demandé quelles étaient les fins possibles.



Quark :

Ah, les récits sur la fin de l'univers sont aussi variés que passionnants. Voyageons dans le temps, vers un avenir lointain, à bord du vaisseau spatial de l'imagination.

(Le vaisseau s'anime, les étoiles défilent à toute vitesse alors qu'il accélère vers le futur.)



Quark :

Now, our story unfolds in three acts, each determined by the protagonist, Omega Ω —the ratio of all matter and energy to the critical density, the perfect balance for a flat universe.



Élève 2 :

Omega Ω ! Il tire son nom de la dernière lettre de l'alphabet grec!



Quark :

Oui. Dans notre premier acte, si Omega Ω est inférieur à 1, l'univers est comme un bol trop grand pour son contenu. L'espace est courbé comme une selle cosmique, éternellement ouvert et en expansion. C'est l'histoire du Big Freeze, où les galaxies s'éloignent les unes des autres, nous laissant dans une étendue froide et infinie, grâce à l'énigmatique énergie noire.



Élève 4 :

C'est... assez glaçant.



Quark :

En effet. Dans le deuxième acte, si Omega Ω dépasse 1, nous nous retrouvons dans un univers trop petit pour son contenu, courbé comme une sphère. Ici, l'expansion de l'univers ralentit, s'arrête, puis s'inverse, s'effondrant à nouveau en une unicité ardente : un Big Crunch.

Élève 3 :

Comme si l'univers rendait son dernier souffle?

Quark :

Oui, un dernier soupir, jeune astrophysicien. Mais dans notre troisième acte, où Omega Ω est égal à 1, nous avons un univers plat parfaitement équilibré. Pourtant, même cet équilibre penche en faveur d'une expansion incessante.

Élève 1 :

Donc, l'énergie noire est en train de gagner la bataille cosmique?

Quark :

Exactement ! L'énergie noire est comme un acteur caché dans ce drame cosmique. Elle pousse l'univers à se dilater plus rapidement, surpassant l'attraction gravitationnelle de tout le reste. Cela rend le scénario du Big Freeze – un univers qui se refroidit à mesure qu'il se dilate – comme l'issue la plus probable.

Élève 2 :

Allons-nous assister à ce Big Freeze?

Quark :

Pas avant très longtemps. Mais un jour, les galaxies à la limite de notre champ de vision disparaîtront, perdues au-delà d'un horizon cosmique en constante expansion, nous laissant dans un vaste océan de vide obscur. Un destin paradoxal, où notre univers grandit mais se révèle de moins en moins au fil du temps.

Élève 4 :

Et si l'énergie noire devenait plus forte avec le temps?

Quark :

Si l'énergie noire devenait plus forte, cela pourrait conduire à un « Big Rip ». Tout, même les galaxies et les atomes, pourrait être déchiré alors que l'expansion de l'univers s'accélérerait de manière incontrôlable.

Élève 1 :

L'énergie noire peut-elle au contraire s'affaiblir?

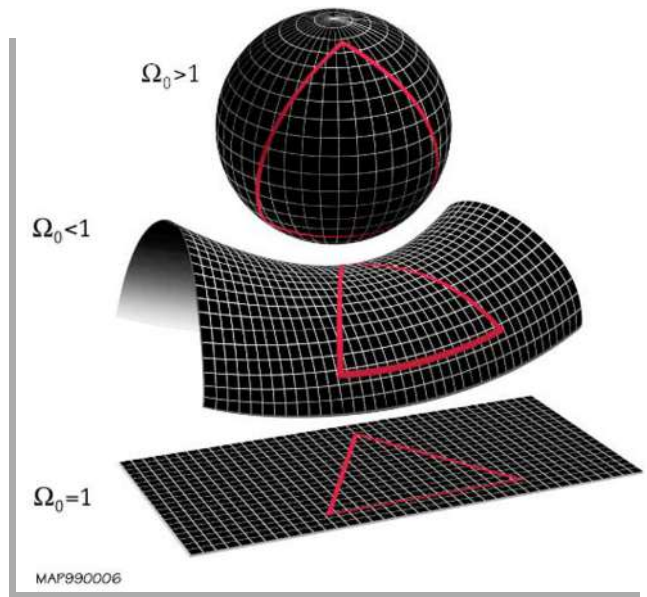
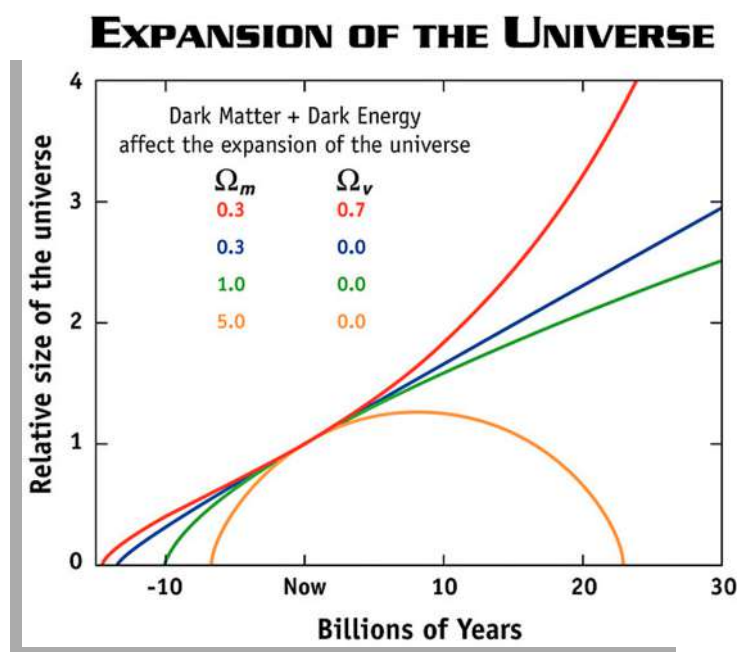


Figure 3: La géométrie locale de l'univers est déterminée en fonction de la densité relative Ω . Si elle est inférieure, égale ou supérieure à 1. De haut en bas : un univers sphérique avec une densité supérieure à la densité critique ($\Omega > 1$, $k > 0$) ; un univers hyperbolique et sous-dense ($\Omega < 1$, $k < 0$) ; et un univers plat avec exactement la densité critique ($\Omega = 1$, $k = 0$). Contrairement aux schémas, l'espace-temps de l'univers est quadridimensionnel. Source: NASA.

Figure 4: Scénarios possibles pour le destin de l'univers : la courbe orange du bas représente un univers fermé, à haute densité, qui s'étend pendant plusieurs milliards d'années, puis finit par s'inverser et s'effondrer sous son propre poids. La courbe verte représente un univers plat, à densité critique, dans lequel le taux d'expansion ralentit continuellement (la courbe devient de plus en plus horizontale). La courbe bleue montre un univers ouvert et de faible densité dont l'expansion ralentit également, mais pas autant que les deux précédents car l'attraction gravitationnelle n'est pas aussi forte. La courbe supérieure (rouge) montre un univers dans lequel une grande partie de la matière se présente sous une forme appelée « énergie noire », qui provoque une accélération de l'expansion de l'univers. De plus en plus d'éléments indiquent que notre univers suit la courbe rouge. Ω_m (Omega_m) et Ω_v (Omega_v) sont des paramètres utilisés par les cosmologistes pour décrire le contenu de l'univers. Ω_m fait référence à la densité de la matière dans l'univers, qui comprend à la fois la matière ordinaire et la matière noire. Ω_v fait référence à la densité de l'énergie noire. Veuillez noter que leurs pourcentages sont divisés par 100. Source: NASA / WMAP science team.



Quark :

C'est possible. Si elle s'affaiblit, nous pourrions encore assister à un Big Freeze, mais si elle devient négative, cela pourrait conduire à un Big Crunch, où l'univers s'effondrerait sur lui-même. Cependant, si un changement se produit, il prendrait beaucoup plus de temps que l'âge actuel de l'univers.

Élève 3 :

Nous sommes donc engagés dans une course cosmique contre le temps ?

Quark :

C'est très bien dit. L'histoire de notre univers est encore en cours d'écriture, et nous sommes aux premières loges. Gardons les yeux grands ouverts et émerveillés. Pour l'instant, profitons au maximum de notre voyage cosmique, tant que les étoiles continuent de briller au-dessus de nos têtes.

Élève 4 :

Je me demande encore comment les scientifiques ont découvert l'énergie noire.

Quark :

Excellente question! Pour découvrir l'histoire de la découverte de l'énergie noire, rencontrons un esprit brillant qui s'est plongé dans ces mystères cosmiques. Il est temps de rejoindre le célèbre cosmologiste Stephen Hawking, qui peut nous éclairer sur cette énigme obscure.

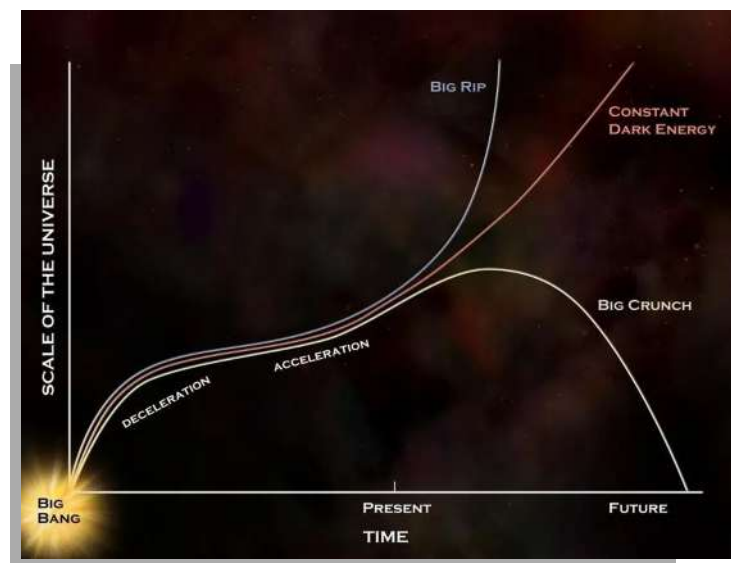


Figure 5: Le destin ultime de l'univers dépend de l'influence de l'énergie noire. Si elle continue à dominer à des niveaux constants, l'univers pourrait s'étendre sans limite. Si la force de l'énergie noire augmente trop, le cosmos pourrait être déchiré dans un « big rip ». Si l'énergie noire s'affaiblit et si l'univers contient suffisamment de masse, le cosmos pourrait finir par s'effondrer dans un « big crunch ». Source: NASA/CXC/M. Weiss



Rencontre avec un chercheur

La découverte de l'énergie noire

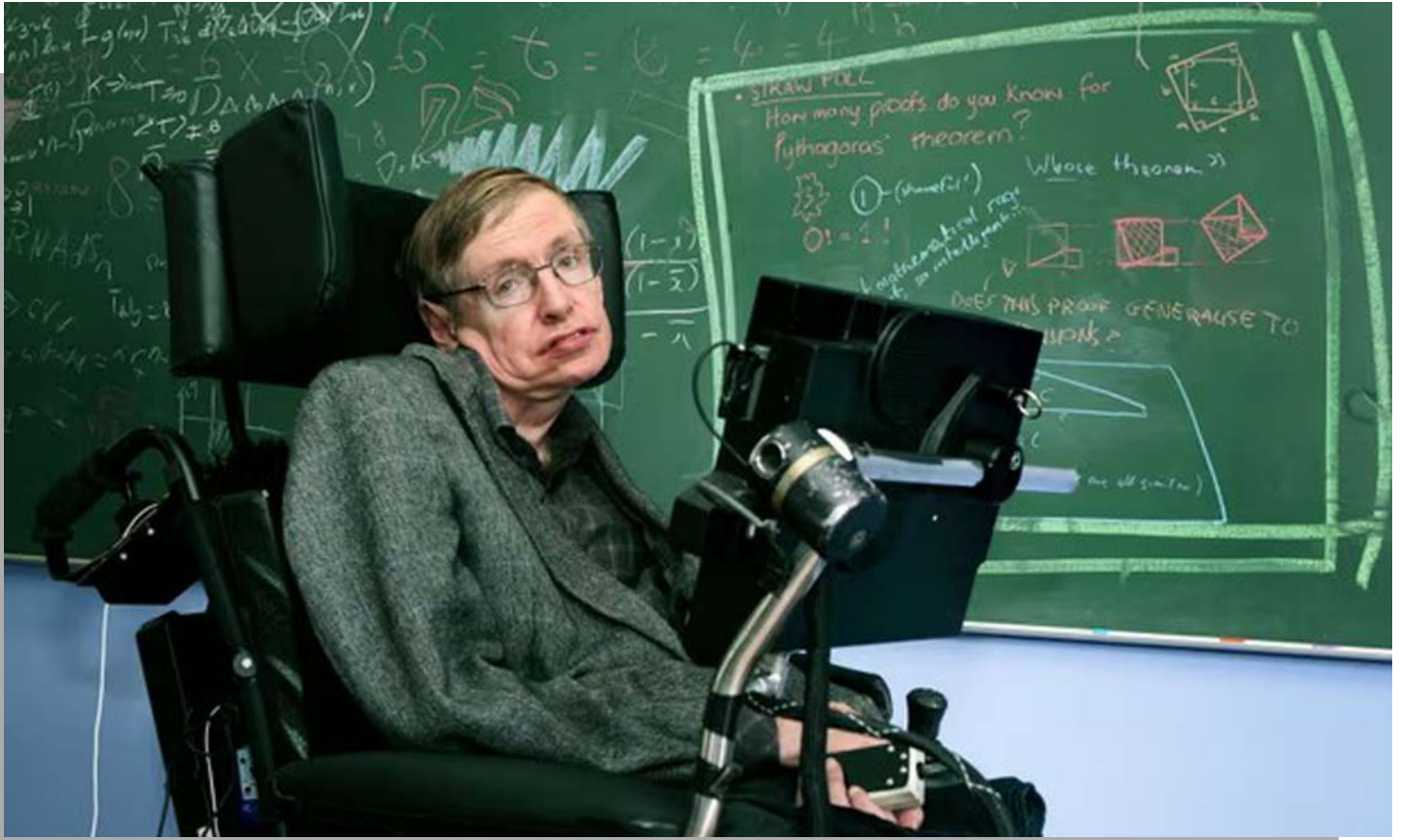


Figure 6: Stephen Hawking dans son bureau du département de mathématiques appliquées et physique théorique de l'université de Cambridge en 2005. Photographie: Murdo Macleod/The Guardian.



Quark :

Bienvenue, jeunes explorateurs ! Aujourd'hui, nous avons l'honneur de rencontrer le professeur Stephen Hawking, l'un des plus grands esprits de la cosmologie !



Élève 3 :

C'est un plaisir de vous rencontrer, professeur ! Je me demande comment l'expansion de l'univers a été mesurée, ce qui a conduit à la découverte de l'énergie noire...



Hawking :

Je suis ravi d'être ici. La clé pour comprendre l'expansion de l'univers réside dans chaque photon de lumière qui nous parvient. À mesure que l'espace s'étend, il étire la lumière, augmentant sa longueur d'onde, créant ce que nous appelons le décalage vers le rouge cosmologique.



Élève 1 :

Donc, plus l'espace s'étend, plus nous observons de décalage vers le rouge ?



Hawking :

Exactement. Et en mesurant le décalage vers le rouge et la distance parcourue par la lumière, nous pouvons comprendre l'histoire de l'expansion de l'univers.



Élève 2 :

Mais comment mesurer la distance parcourue par la lumière?



Hawking :

Nous utilisons ce que l'on appelle la relation décalage vers le rouge-distance. Le décalage vers le rouge nous indique dans quelle mesure l'espace s'est étendu, et la distance correspond à la quantité d'espace physique parcourue par la lumière.



Quark :

Pour suivre cette histoire de l'expansion, nous devons mesurer différents décalages vers le rouge et différentes distances. Mais la distance est difficile à mesurer, en particulier pour les objets lointains.



Hawking :

C'est là qu'interviennent les bougies standard, des objets dont la luminosité intrinsèque réelle est connue. Leur faible luminosité apparente nous indique leur distance.



Élève 3 :

Les objets éloignés sont moins lumineux que les objets proches.



Hawking :

Exactement. Dans les années 1990, deux équipes de scientifiques ont utilisé les plus grands télescopes du monde pour scruter l'univers aussi profondément que possible à la recherche d'un type particulier de supernovas appelées supernovas de type Ia. Il s'agit de naines blanches qui explosent à une masse spécifique, ce qui rend leur luminosité presque uniforme.



Élève 4 :

Donc, en sachant quelle devrait être leur luminosité, nous pouvons déterminer leur distance?

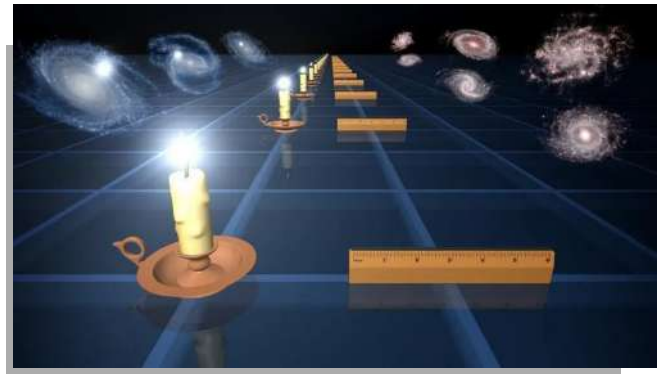


Figure 7: Illustration artistique du concept des « bougies standard », qui sont des objets astronomiques dont la luminosité est connue, ce qui signifie que leur véritable éclat est bien compris. En comparant leur luminosité connue avec leur luminosité apparente depuis la Terre, les astronomes peuvent calculer leur distance par rapport à nous.



Figure 8: La supernova de type Ia 1994D a explosé près de la périphérie de la galaxie NGC4526. La supernova est l'objet lumineux dans le coin inférieur gauche. Source: NASA/ESA, The Hubble Key Project Team et The High-Z Supernova Search Team.



Hawking :

Exactement. En comparant leur luminosité attendue avec leur luminosité apparente, nous pouvons calculer leur distance. Et en mesurant leur décalage vers le rouge, nous savons dans quelle mesure l'univers s'est étendu depuis que leur lumière a été émise.



Quark :

Mais quelque chose d'inattendu s'est produit, n'est-ce pas, professeur Hawking ?



Hawking :

En effet. Les supernovae sont apparues plus faibles que prévu, ce qui suggère qu'elles étaient plus éloignées. Cela signifiait que l'univers s'étend plus rapidement aujourd'hui que par le passé.



Élève 1 :

Donc, l'expansion de l'univers s'accélère?



Hawking :

C'est exact. Nous nous attendions à ce qu'elle ralentisse sous l'effet de la gravité. Mais la découverte de son accélération nous a amenés à conclure qu'une force inconnue, que nous appelons énergie noire, est à l'origine de cette accélération depuis 5 milliards d'années.



Élève 2 :

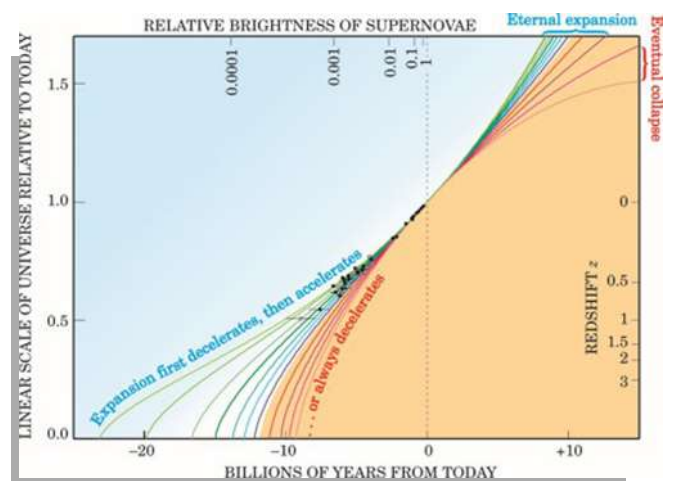
Et c'est ainsi que nous avons découvert l'énergie noire?



Hawking :

Oui, cette découverte révolutionnaire a bouleversé notre compréhension du cosmos et a été récompensée par un prix Nobel. C'est un exemple clair de la façon dont notre univers ne cesse de nous surprendre, révélant des mystères toujours plus profonds à mesure que nous l'explorons.

Figure 9. Ce graphique représente l'expansion de l'univers au fil du temps, telle qu'elle a été déterminée par l'observation des supernovae de type Ia. L'axe horizontal représente le temps, le passé étant à gauche et le futur à droite, tandis que l'axe vertical indique la taille relative de l'univers. Le point où les deux axes se rejoignent représente la taille actuelle de l'univers. Les bandes colorées montrent différents modèles d'expansion de l'univers. Les modèles de la région bleue suggèrent que l'expansion de l'univers s'accélère au fil du temps en raison d'une force mystérieuse appelée énergie noire ou énergie du vide. Les courbes de cette région montrent différentes quantités de cette énergie, de beaucoup en haut à moins en bas. La région jaune, en revanche, montre des modèles dans lesquels l'univers ralentit toujours à mesure qu'il s'étend, car il contient beaucoup de masse. Dans les cas les plus extrêmes à droite de cette bande, l'expansion de l'univers s'arrête même et s'inverse, entraînant un effondrement. Les points noirs représentent les mesures réelles effectuées à partir des supernovae. En comparant la luminosité attendue de ces supernovae avec leur luminosité réelle, nous pouvons voir à quelle vitesse l'univers s'est étendu à différents moments. Ces mesures suggèrent que l'expansion de l'univers a d'abord ralenti, puis a commencé à s'accélérer, ce qui correspond aux modèles de la région bleue qui incluent l'énergie noire. Source: Perlmutter S., Physics Today.





Labo actif

Demo: L'univers en expansion



Objectif :

Comprendre le concept de l'énergie noire et son impact sur l'univers en expansion.



Temps de préparation : 5 minutes



Temps pour l'activité : 5 minutes



Matériel nécessaire :

- Des ballons
- Petits autocollants ronds
- Stylos feutres (indélébile)
- Règle ou mètre mesure
- Papier millimétré



Processus et observations :

- Répartissez les élèves en groupes de deux ou trois.
- Demandez aux groupes d'élèves de gonfler leurs ballons juste assez pour qu'ils prennent forme, mais sans les nouer. Le ballon représente l'univers.
- Donnez à chaque groupe cinq à dix autocollants à placer sur le ballon. Si vous n'avez pas d'autocollants, les élèves peuvent marquer les emplacements à l'aide d'un stylo feutre.
- Demandez aux élèves de dessiner une onde lumineuse sur le ballon pour représenter la lumière qui se déplace entre les galaxies.
- Les élèves doivent mesurer et noter la distance entre deux autocollants et deux crêtes des ondes qu'ils ont dessinées. Cette mesure initiale représente le point de départ de leur univers.
- Demandez aux élèves de gonfler un peu plus le ballon, sans le nouer. Ils doivent observer et mesurer à nouveau les distances entre les deux mêmes autocollants et les crêtes des ondes.

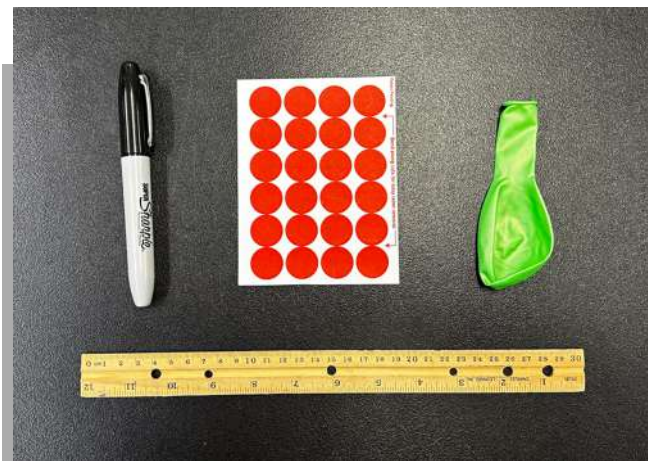


Figure 10: Source: NASA/JPL-Caltech.

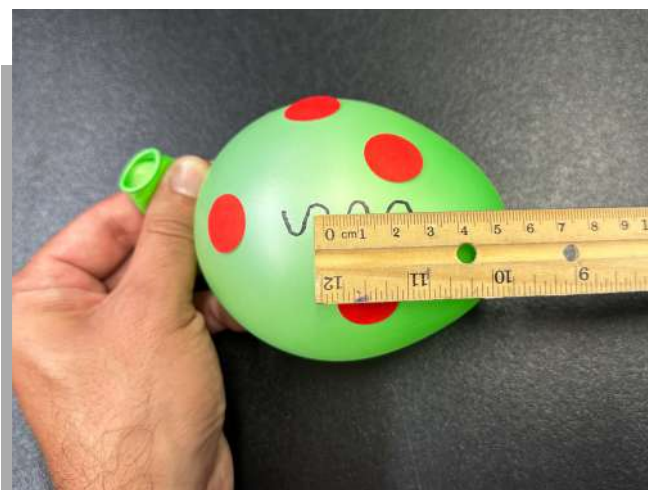


Figure 11: Source: NASA/JPL-Caltech.

- Les élèves doivent continuer ce processus, en gonflant un peu plus le ballon à chaque fois et en notant leurs observations. Ils doivent noter comment les distances entre les autocollants (galaxies) et les crêtes des ondes (ondes lumineuses) augmentent à mesure que le ballon (l'univers) s'expand.

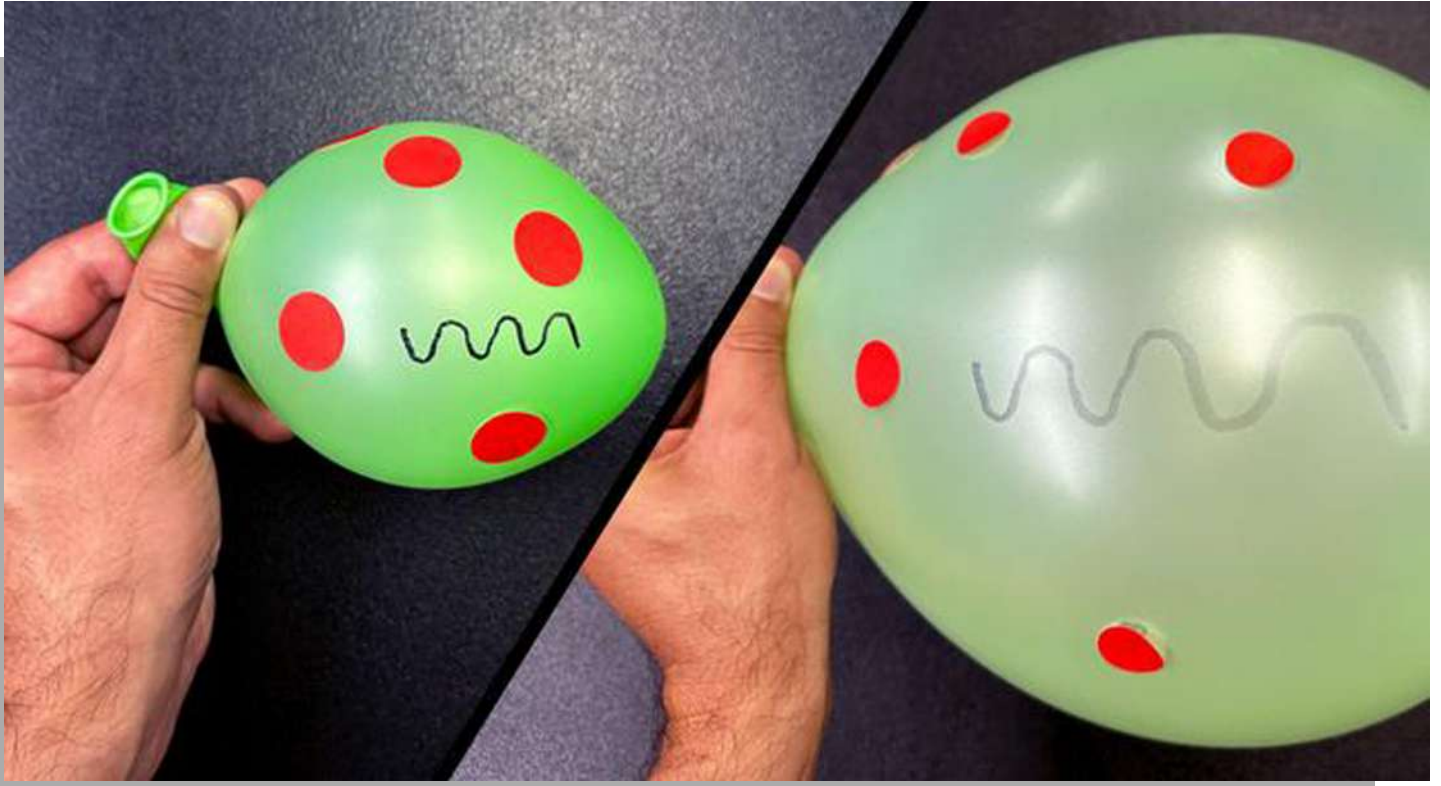


Figure 12: Des élèves utilisent un ballon pour représenter l'univers en expansion. Source: NASA/JPL-Caltech.





Démonstration et discussion :



Professeur :

Aujourd'hui, nous allons démontrer l'une des principales théories sur l'énergie noire: celle selon laquelle elle serait une propriété de l'espace lui-même.



Élève 1 :

Comment allons-nous faire cela?



Professeur :

Nous allons utiliser ces ballons comme « univers ». Lorsque vous gonflez le ballon, remarquez comme les autocollants s'éloignent les uns des autres. Cela simule les galaxies qui s'éloignent les unes des autres dans notre univers en expansion. Les ondes lumineuses que vous avez dessinées s'étirent également, représentant le phénomène de décalage vers le rouge. N'oubliez pas d'y aller doucement pour ne pas faire éclater votre univers!



Élève 3 :

Donc, plus on gonfle, plus les distances augmentent. Est-ce que cela correspond à l'expansion de l'univers au fil du temps?



Professeur :

Exactement ! Et l'espace croissant entre vos autocollants est un moyen simple de visualiser à quel point l'énergie noire pourrait provoquer une expansion plus rapide de l'univers.



Élève 4 :

Donc, l'énergie noire est comme l'air qui remplit le ballon?



Professeur :

Exactement. On pense que l'énergie noire est une propriété de l'espace, et à mesure que l'espace s'étend, elle apparaît en plus grande quantité, poussant l'univers à s'étendre plus rapidement. Cela ressemble à une idée qu'Einstein a eue en 1917, appelée la constante cosmologique.



Élève 2 :

De quoi s'agissait-il?



Professeur :

Einstein a proposé que cette énergie mystérieuse dans l'espace contrebalance la gravité, empêchant ainsi l'univers de s'effondrer. À l'époque, il croyait que l'univers était statique et immuable, et la constante cosmologique semblait expliquer cela.



Élève 3 :

Mais l'univers n'est pas statique, n'est-ce pas?



Professeur :

Exactement ! En 1929, Hubble a découvert que l'univers était en expansion, ce qui contredisait l'idée d'Einstein d'un univers statique. Cela a amené Einstein à reconsidérer sa constante cosmologique, qu'il a même qualifiée de la plus grande erreur de sa vie.



Élève 3 :

Mais d'une certaine manière, l'« erreur » d'Einstein a trouvé un nouveau souffle dans notre compréhension de l'énergie noire.



Professeur :

En effet ! Maintenant, parlons d'autres idées. Certains scientifiques pensent que l'énergie noire pourrait provenir de particules virtuelles temporaires qui apparaissent et disparaissent dans l'espace. Une autre idée est que l'énergie noire pourrait être ce que nous appelons la « quintessence », un type inconnu d'énergie dynamique fluide ou de champ qui imprègne l'univers entier, mais qui a en quelque sorte l'effet inverse sur l'univers que l'énergie et la matière normales.



Élève 1 :

Est-ce que ces théories tiennent la route?



Professeur :

Les calculs relatifs à ces théories ne correspondent pas bien à nos observations. Soit elles nous donnent trop d'énergie, soit elles suggèrent que l'énergie noire change au fil du temps, ce qui ne correspond pas à ce que nous observons actuellement dans l'univers.



Élève 2 :

Donc, nous essayons toujours de clarifier le concept?



Professeur :

Oui, et c'est ce qui rend la science passionnante. Il y a toujours plus à découvrir et à comprendre sur notre univers. Comme l'a dit Albert Einstein, « La chose la plus belle que nous puissions vivre est le mystère. Il est la source de tout art et de toute science véritables. Celui qui ne connaît pas l'émotion, qui ne peut plus s'arrêter pour s'émerveiller et rester enveloppé de crainte respectueuse, est comme mort; ses yeux sont fermés. »



Bibliothèque Cosmique (en anglais)



Videos :

[The Dark Side Of The Universe – Brian Green](#)
[What Is Dark Energy?](#)
[What is Dark Matter and Dark Energy?](#)
[Unraveling the Mysteries of Dark Energy with NASA's WFIRST](#)
[What is Dark Energy made of? Quintessence? cosmological constant?](#)
[Dark Energy, Cosmology part 2: Crash Course Astronomy](#)
[Will the Universe Expand Forever?](#)
[Why the Universe Needs Dark Energy](#)
[What Does Dark Energy Really Do?](#)
[Neil deGrasse Tyson: What is Dark Matter? What is Dark Energy?](#)
[Mapping the universe: dark energy, black holes, and gravity](#)



Interactive & Infographics :

[Dark Energy simulation](#)
[Dark Matter and Dark Energy Explained \(infographic\)](#)



Websites & Articles :

[The Five Ways The Universe Might End](#)
[Different articles and news about Dark Energy](#)
[Four Ways That Our Universe Might End](#)
[Dark Energy, Dark Matter - NASA](#)
[Accelerating the Expansion of the Universe](#)
[Dark Matter and Dark Energy – National Geographic](#)
[Dark Energy: The Biggest Mystery in the Universe](#)



Books :

[physics-for-21st-century-dark-energy-online-textbook](#)



Documentaries :

[Dark Energy: The Biggest Mystery In The Universe](#)

Most of the Universe is Missing



Quiz :

Dark Energy Quiz

The Mystery of Dark Energy



Glossaire

Big Bang: Théorie qui décrit le commencement de l'univers comme un point singulier, extrêmement chaud et dense, qui s'est depuis expandu pour former le cosmos tel que nous le connaissons.

Big Crunch: Scénario hypothétique dans lequel l'expansion de l'univers finirait par s'inverser, entraînant un effondrement vers un point unique.

Big Freeze: Destin potentiel de l'univers, qui continuerait à s'expandre jusqu'à atteindre un état de froid absolu et où les galaxies s'éloigneraient les unes des autres.

Big Rip: Fin théorique de l'univers où l'énergie noire se renforce au fil du temps, finissant par déchirer toute la matière, même les galaxies et les atomes.

Baryons: Particules telles que les protons et les neutrons qui, avec les électrons, forment les atomes et constituent la matière ordinaire de l'univers.

Constante cosmologique: Concept introduit par Einstein, représentant une densité d'énergie constante remplissant l'espace de manière homogène.

Décalage vers le rouge cosmologique: Décalage vers le rouge (allongement de la longueur d'onde) de la lumière provenant de galaxies lointaines, indiquant que l'univers est en expansion.

Énergie noire: Forme mystérieuse d'énergie qui provoque l'accélération de l'expansion de l'univers.

Matière noire: Forme invisible de matière qui n'émet ni n'absorbe la lumière, mais exerce des effets gravitationnels sur la matière visible.

Vitesse de libération: Vitesse minimale nécessaire à un objet pour échapper à l'attraction gravitationnelle d'un corps massif.

Galaxies: Grands systèmes d'étoiles, de poussière et de gaz liés entre eux par la gravité, comme la Voie lactée.

Gravité: Force par laquelle une planète ou un autre corps attire les objets vers son centre.

Omega Ω : Paramètre cosmologique représentant le rapport entre la densité réelle de l'univers et la densité critique.

Quintessence: Forme hypothétique d'énergie noire, décrite comme un fluide ou un champ d'énergie dynamique.

Étoiles standard: Objets astronomiques, tels que les supernovae de type Ia, dont la luminosité est connue et qui peuvent être utilisés pour mesurer les distances dans l'univers.

Supernovae: Événements explosifs marquant la fin du cycle de vie d'une étoile, en particulier les supernovae de type Ia utilisées pour mesurer les distances cosmiques.

Type Ia Supernovae: Sous-catégorie de supernovae résultant de l'explosion d'une naine blanche dans un système binaire.

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

