

## Des galaxies aux étoiles

1/ Combien de temps après le « Big-Bang », début de l'expansion de l'Univers, les premières étoiles et galaxies sont-elles apparues ?

*Notre Univers est devenu transparent, 380000 ans après le Big Bang. Avant, il était tellement dense que les photons et autres particules étaient en interaction les uns avec les autres. Les premières galaxies sont apparues environ 400 millions d'années après le Big Bang. Les analyses des données des satellites WMAP et Spitzer nous laissent supposer qu'à 500 – 700 millions d'années des galaxies existaient déjà. L'incertitude sur les mesures restent encore importantes et l'intervalle 200 à 600 millions d'années semble cohérent à l'ensemble des astrophysiciens*

2/ Dans l'Univers, ce sont de longs filaments qui s'étirent sur des centaines de millions d'années-lumière et rassemblant des milliers de galaxies. Comment les appelle-t-on ?

*Ce sont des super-amas. Ce sont les plus grandes structures de notre Univers connues. La distribution des galaxies n'est pas uniforme dans l'espace. L'espace entre ces super-amas est presque dépourvu de toute matière.*

3/ On les trouve aux nœuds de ces filaments. Dans ces parties de l'espace, la gravitation s'oppose à l'expansion. Comment appelle-t-on ces objets.

*Ce sont les amas de galaxies constitués de plus d'une centaine de galaxies liées par la gravitation. Ces amas se sont formés il y a 10 milliards d'années environ. Ce sont des structures stables. La répartition de ces amas n'est pas homogène. Des régions vides de toute matière côtoient des zones assez denses.*

4/ Dans ces objets célestes cités ci-dessus, seul 10% de la matière est observable par les méthodes astrophysiques habituelles. La majeure partie n'est pas observable : c'est la matière dite « sombre ». Comment se manifeste-t-elle ?


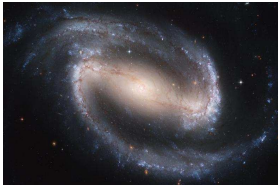

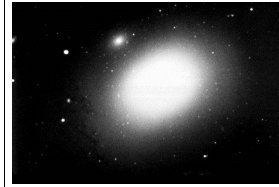

*La matière sombre en anglais se dit « Dark Matter » et dark ne veut pas dire noire. Les physiciens français ont traduit cela par matière noire. Nous préférons ici : sombre. Il suffit d'utiliser un adjectif traduisant que cette matière est invisible par nos moyens classiques : (visible, IR, UV, X, gamma ...).*

*Cette matière sombre se manifeste par son action gravitationnelle qui s'oppose à l'expansion. Ces amas contiennent d'énormes quantités de gaz.*

5/ Que permet d'expliquer la matière « sombre » ?

*Cela explique la cohésion des galaxies sur plusieurs milliards d'années et leur vitesse de rotation. C'est en effet à partir des vitesses de rotation des étoiles et galaxies (au niveau des amas) qu'il a été possible de mesurer la masse de la matière noire. De ces mesures, les astrophysiciens ont déduit la répartition de cette matière. Cette matière semble former un halo englobant la totalité de la galaxie. Cela explique la stabilité de ce système d'étoiles. Des cartes de la répartition de la matière sombre dans l'Univers sont en cours d'étude*

6/ Il existe différents types morphologiques de galaxies. Les elliptiques, les lenticulaires, les spirales, les irrégulières et les spirales barrées. Relier ces noms aux photos.

				
<b>Galaxie Irrégulière</b> <i>M 82 de la constellation de la Grande Ourse</i>	<b>Galaxie Spirale Barrée</b> <i>NGC1300 de la constellation de l'Eridan</i>	<b>Galaxie Spirale</b> <i>M 63 ( dite galaxie du Tournesol) de la constellation des Chiens de chasse</i>	<b>Galaxie lenticulaire</b> <i>M86 de la constellation de la Vierge</i>	<b>Galaxie elliptique</b> <i>NGC1132 de la constellation de la Baleine</i>

7/ Un satellite a travaillé dans le visible et a fourni depuis plus de 570 000 images. C'est le plus célèbre des observatoires en orbite autour de la Terre. Comment s'appelle ce satellite ?

**C'est le satellite Hubble** (En anglais le *HST pour Hubble Space Telescope*). Lancé le 24 avril 1990, c'est le premier télescope spatial. Il observe dans différents domaines du spectre électromagnétique : le visible, l'ultra-violet (UV) et le proche infrarouge (IR). D'une masse de 11 tonnes et mesurant 13,2 mètres de long, il possède un miroir de 2,4 mètres de diamètre. Possédant au début un défaut de courbure du miroir primaire, il a pu être corrigé par des traitements d'images adaptés et par une première mission d'entretien pour la mise en place d'un système correctif en 1993 (STS 61). D'autres missions se sont succédées pour améliorer les performances du télescope (Missions STS 82, STS 103, STS 109 et STS 125). Le remplacement de Hubble est prévu en 2014 par le JWST (James Webb Space Telescope).

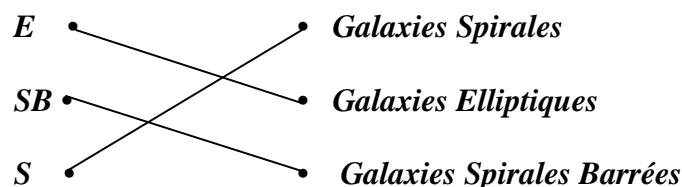
8/ L'astronomie n'observe pas que dans le visible. Le satellite Herschel étudie entre autre les nuages de molécules et de poussières à l'origine des étoiles et des galaxies. Dans quels domaines de longueurs d'ondes œuvre-t-il ?

**C'est un satellite de l'ESA (Agence Spatiale Européenne).** Il œuvre dans l'infrarouge lointain et le domaine radio submillimétrique. Lancé le 14 mai 2009, ce satellite possède un miroir primaire de 3,5 m de diamètre, ce qui fait de lui le plus grand télescope en orbite. L'étude de ce type de rayonnement nécessite un refroidissement des caméras avec de l'hélium liquide à une température de 0,3 K au-dessus du zéro absolu (Le zéro absolu, 0 K, est égale à -273,15°C. C'est une température limite physique).

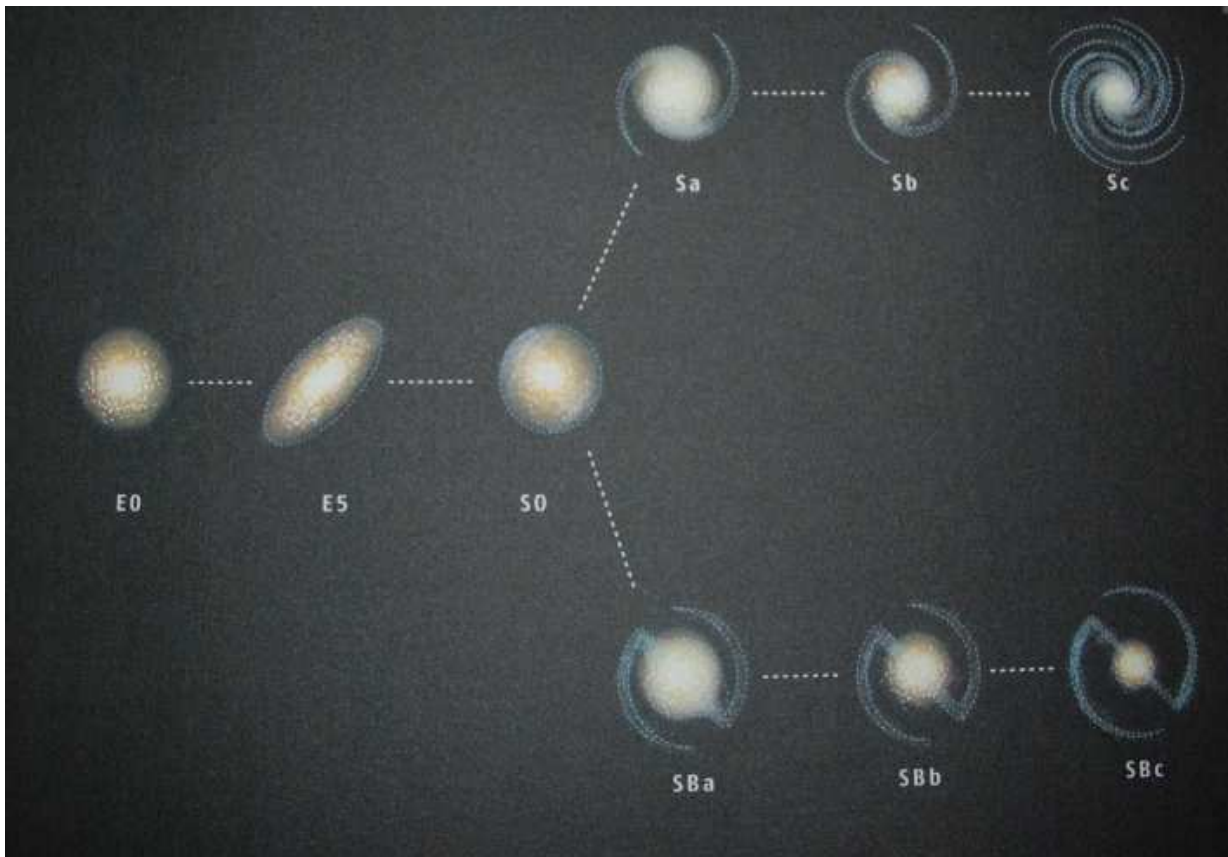
Ce satellite permet d'apporter des réponses aux questions suivantes : Comment se forment et évoluent les galaxies lors de la jeunesse de l'Univers ? Comment se forment et évoluent les étoiles dans le milieu interstellaire ? Comment la matière contenue dans les galaxies est-elle recyclée ? Quelle chimie primaire existe-t-il dans les nébuleuses et le milieu interstellaire ?

9/ Les galaxies ont été classées par Edwin Hubble en trois types : E, SB et S

Relier les lettres aux types de Galaxies



10/ Replacer correctement les types de galaxies dans le schéma de classification de Hubble  
E0, Sc, Sba, E5, S0, Sbc, Sa, Sbb, Sb.



11/ Il ne faut pas confondre une galaxie avec une nébuleuse.

Une nébuleuse, c'est (choisir la bonne réponse):

**Une nébuleuse est un objet céleste composé de gaz et/ou de poussières interstellaires. Il y a deux grandes familles de nébuleuses : les nébuleuses diffuses qui émettent ou diffusent de la lumière d'étoiles environnantes et des nébuleuses obscures qui bloquent la lumière à cause d'une densité accrue de matière à cet endroit de l'espace.**

12/ Regardez le film dans le puits. Les galaxies sont en mouvement les unes par rapport aux autres.

Comment s'appelle notre Galaxie ?

**Elle s'appelle la « Voie Lactée ». Notre Galaxie a pris le nom de cette traînée laiteuse et diffuse de notre ciel nocturne. C'est un bras de Notre Galaxie spirale que nous observons dans le ciel, la nuit, composé de millions d'étoiles proches (dans le ciel) les unes des autres.**

**Nous n'avons pas vu Notre Galaxie de l'extérieur car la technologie existante ne nous permet pas de le faire. Ce sont des mesures astrométriques (satellites Hipparcos, Tycho et Tycho2) qui ont permis de reconstituer en 3D Notre Galaxie et nous en donner une image très probable.**

13/ Dans environ 3 milliards d'années, avec quelle galaxie la Voie Lactée entrera-t-elle en collision ?

**Notre Galaxie, la Voie Lactée, se rapproche de la Galaxie d'Andromède. Le décalage spectral nous précise la vitesse radiale de cette galaxie par rapport à la nôtre et, il est établi, que cette vitesse est de l'ordre de 120 km/s environ. Cependant, la vitesse transversale (ou mouvement propre) de la galaxie d'Andromède ne peut être mesurée directement et il demeure une incertitude notable sur le choc annoncé de ces deux galaxies. La mission Gaïa, lancée en décembre 2013, mesurera les positions des étoiles dans la galaxie d'Andromède avec suffisamment de précision pour déterminer cette vitesse transversale estimée à moins de 100 km/s.**

14/ Quel type de galaxies est-elle ?

**C'est une spirale barrée. Nous n'avons pas vu encore la Voie Lactée de l'extérieur. Étant en son sein et à sa périphérie, on sait par des observations directe (satellite Spitzer) que Notre Galaxie est une type Sbc dans la classification de Hubble. Le disque galactique présente des structures formant une spirale logarithmique. De**

*plus, ces bras spiraux semblent en partie morcelés.*

15/ Combien comporte-t-elle d'étoiles ?

***200 à 300 milliard d'étoiles. On ne peut pas observer chaque étoile individuellement et comptabiliser le tout. Le nombre d'étoiles d'une galaxie est déduit de la lumière rayonnée par la galaxie. On traduit cette lumière en masse. Nous comptons 78 milliards de masses solaires dans la Voie Lactée. Il faut tenir compte aussi du rayonnement propre à chaque étoile et connaître la proportion de chaque type d'étoiles (Bref faire une étude statistique). La dernière valeur avancée est de 234 milliards d'étoiles dans la Voie Lactée.***

16/ Quel est son diamètre ?

***130 000 al (al : année-lumière) – Les limites de la Voie Lactée sont diffus. Il faut retenir l'ordre de grandeur : 100 000 al.***

17/ A quelle distance se situe notre Soleil du centre de la Galaxie.

***28 000 al.***

18/ En combien de temps, notre Soleil effectue-t-il sa révolution autour du centre de la Galaxie ?

***220 à 230 millions d'années. La vitesse de déplacement du Soleil est estimée à 217 km/s. En 8 jours, nous avons parcouru, avec le Soleil une distance égale à une unité astronomique (distance moyenne Terre-Soleil : environ 150 millions de km).***

19/ Dans quel type d'endroit de l'espace, les étoiles viennent-elles au monde ?

***Les étoiles apparaissent dans de vastes nuages froids de gaz et de poussières, des nébuleuses. La contraction gravitationnelle de la nébuleuse engendre une accumulation de gaz en son centre formant une étoile. La matière restant se retrouve en périphérie de l'étoile, formant un disque de poussières et de gaz qui peut donner naissance à des planètes.***

20/ Qu'est-ce qui détermine, dès le départ, l'évolution et la vie d'une étoile ?

***C'est sa masse initiale. La masse est l'élément déterminant de l'évolution d'une étoile. Plus l'étoile est massive, plus elle consommera rapidement l'hydrogène. Cela s'explique par le fait que la température est plus élevée au centre de l'étoile du fait d'une compression plus forte due à la gravité. La fusion nucléaire y est donc beaucoup plus rapide.***

21/ Les naines brunes se situent à la jonction entre les étoiles et les planètes. A partir de quelle masse parle-t-on de naine brune ?

***La masse d'une naine brune doit être comprise entre 13 fois la masse de Jupiter (soit 0,013 masse solaire) et 0,07 masse solaire (soit 70 fois la masse de Jupiter - Le Soleil étant 1000 fois plus lourd que Jupiter environ -). En raison de cette faible masse, la température et la pression en son cœur ne sont pas suffisantes afin que des réactions de fusion puissent s'y maintenir. Si les réactions de fusion n'ont pas lieu, la chaleur de l'astre provient de l'effondrement gravitationnel lié à sa phase de formation.***

22/ Quelle est la durée de vie d'une naine brune ?

***Cette durée de vie est sans doute supérieure à 100 milliards d'années. On avance aussi le chiffre de 1000 milliards d'années : bref, c'est l'éternité ou presque.***

23/ Comment se terminera la vie d'une naine brune ?

***Il n'y a pas ou peu de réaction de fusion nucléaire en son sein. La naine brune évolue peu. Elle restera peut-être toujours naine brune.***

24/ Quelle est la durée de vie d'une étoile de type solaire ?

***10 milliards d'années. Notre Soleil est âgé de 4,6 milliards d'années. Il est à un peu moins de la moitié de sa vie sur la séquence principale.***

25/ Quelle est la température en surface d'une étoile type solaire ?

***Entre 5000 et 7000 °C. En comparaison avec la température régnant au cœur du Soleil ( 15 millions de °C ),***

*c'est froid... Tout est relatif !*

26/ Expliquez comment se terminera la vie de notre Soleil

*Durant les 7,6 milliards d'années à venir, il épuisera son stock d'hydrogène. Sa brillance augmentera ainsi que le rythme de la fusion nucléaire . Vers 10 – 12 milliards d'années, l'équilibre hydrostatique sera rompu. Le noyau se contractera tandis que les couches superficielles se dilateront sous l'effet du flux thermique. Le Soleil sera alors une géante rouge. Lorsque le cœur aura transformé l'hélium en carbone et oxygène, le cœur s'effondrera sur lui-même de nouveau et les couches supérieures rejetées dans l'espace. Une naine blanche apparaîtra ainsi que la nébuleuse planétaire .*

27/ A partir de quelle masse considère-t-on qu'une étoile est massive ?

*On considère qu'une étoile est massive lorsque sa masse est supérieure à 8 masses solaires.*

28/ Au début de sa vie, quelle est la couleur de ce type d'étoiles ?

*La couleur de ces étoiles est bleue . Ces sont parfois des géantes bleues ( plus de 18 masses solaire ). Nous pouvons citer Rigel dans la constellation d'Orion et de Deneb dans la constellation du Cygne.*

29/ Quelle est la durée de vie de ce type d'étoiles ?

*La durée de vie est très courte : 5 à 100 millions d'années. Les pressions sont telles au centre de ces étoiles que la nucléosynthèse est très rapide. Les énergies produites sont colossales.*

30/ Expliquez comment se terminera la vie d'une étoile super-massive.

31/ Les étoiles sont classées de la plus chaude à la plus froide. Un codage spécial, permet de les classer : O,B, A, F, G, K, M . Quelle phrase (en anglais) permet de retenir cette classification spectrale ?

*Ces étoiles termineront leur cycle en supergéantes rouges puis supernova. Deux cas restent alors possible selon la masse initiale : une fin en trou noir si l'étoile était particulièrement massive ou en étoiles à neutrons.*

32/ Complétez le tableau suivant :

Type d'étoile	O	B	A	F	G	K	M
Température de surface	<b>Sup à 25000</b>	<b>10000-25000</b>	<b>7500-10000</b>	<b>6000-7500</b>	<b>5000-6000</b>	<b>3500-5000</b>	<b>Moins de 3500</b>
Couleur	<i>Bleue</i>	<i>Bleue blanche</i>	<i>blanche</i>	<i>Jaune blanc</i>	<i>jaune</i>	<i>Jaune orange</i>	<i>rouge</i>

33/ Complétez le tableau en donnant le type spectral des étoiles suivantes (Borne : « Destins d'étoiles »)

Nom de l'étoile	61 du Cygne	Notre soleil	Spica	δ de Céphée	Arcturus	Deneb	Sirius B
Type	<b>K</b>	<b>G</b>	<b>B</b>	<b>G</b>	<b>K</b>	<b>A</b>	<b>B</b>