



Du Big Bang au Système solaire

1/ Quel est l'âge du début de l'expansion de l'Univers autrement dit, quand a eu lieu le Big-Bang ?

L'âge de l'Univers est estimé à 13,7 milliards d'années. Cette phase marque le début de l'expansion de l'Univers. Elle est comparée à une explosion de façon abusive. Une explosion possède un centre et ce n'est pas le cas du Big Bang. C'est le début de la structuration de notre Univers qui passe d'un état très dense à un état de dilution. Le Big Bang ne doit pas être considéré comme le temps zéro où tout à commencer. Peut-on concevoir aujourd'hui un avant le Big Bang ? Ce qui est sûr, c'est qu'il y a un après Big Bang et qui est expliqué par les théories cosmologiques actuelles. Le modèle du Big Bang, même encore imparfait, est le seul modèle théorique qui relate actuellement correctement les observations liées au rayonnement 3K.

2/ Au-delà de quelle température les lois de la physique actuelle ne fonctionnent-elles plus (température dite de Planck) ?

Les lois de la physique sont actuellement incapables d'expliquer ce qui s'est passé au-delà de 10^{32} K. Au-delà, il serait nécessaire de passer par la théorie de la relativité générale en y incluant les concepts de la mécanique quantique. Une nouvelle théorie doit être mise en place (théorie de la gravité quantique) qui pourrait être issue de la théorie des cordes actuellement développée. Stephen Hawking a proposé des pistes de recherches pour tenter de décrire l'ère dite de Planck.

3/ Quelles particules élémentaires apparaissent 10^{-32} seconde après le Big-Bang ?

C'est les électrons et les photons qui apparaissent à cette époque. Ces particules étaient très énergétiques. Dans un jeu de billard cosmologique, elles empêchaient d'autres apparitions de particules.

4/ A partir de cet instant, les 4 forces connues de la physique entrent en jeu (interaction forte, interaction faible, interaction électromagnétique et gravitation). Quand et à quelle température ?

C'est à 10^{-12} s et à une température de 10^{16} K. Les quarks apparaissent. La structuration de l'Univers continue.

5/ Un millionième de seconde après le Big-Bang, les particules composant les noyaux des atomes apparaissent. Donnez leurs noms. Quelle était la température ?

Ce sont les neutrons et les protons qui apparaissent. La température est encore de 10^{13} K.

6/ Quand apparaissent les premiers noyaux atomiques ?

3 minutes après le Big Bang, la nucléosynthèse primordiale débute. Les atomes les plus légers - hydrogène et hélium – sont désormais présents. Protons et neutrons ont tendance à vouloir s'associer pour former des noyaux atomiques simples comme le deutérium, l'association d'un proton et d'un neutron. Mais tant que les photons sont suffisamment énergétiques pour casser les liaisons ainsi créées, ces regroupements ne sont pas stables. L'Univers voit ainsi une succession de créations et de dissociations de noyaux simples. Mais, lorsque la température de l'Univers descend sous le milliard de Kelvins, les photons deviennent trop peu énergétiques pour casser la liaison interne des noyaux qui se forment. A partir de ce moment, les fusions

successives donnent naissance à des structures de plus en plus complexes : deutérium, hélium-3 (avec deux protons et un neutron), et hélium-4 (avec deux protons et deux neutrons).

7/ Citez les noms de quelques noyaux d'atomes présents à cette époque.

Hydrogène (1 proton), deutérium (1 proton, 1 neutron), hélium 3 (2 protons et 1 neutrons) et hélium 4 (2 protons et 2 neutrons)

8/ A la température de 4000 Kelvin, les premiers atomes se forment. Le découplage matière–lumière s'opère. Quel est alors l'âge de l'Univers ?

L'Univers est âgé de 300000 ans. L'univers passe de « l'invisible » à l'état visible à nos sens.

9/ Le rayonnement émis à cette époque peut être détecté sous la forme d'un rayonnement dit 3K. Comment les physiciens le nomment-ils ?

Ce rayonnement dit 3K est appelé fond diffus cosmologique ou rayonnement fossile. C'est la première image visible de notre Univers. Les photons pouvaient alors s'éloigner car le milieu était de moins en moins dense : les interactions étaient moins importantes.

10/ Quels satellites étudient actuellement ce rayonnement ? (en C sur le plan)

Il y a en fait plusieurs satellites. Le satellite Planck (nom du célèbre physicien allemand – prix Nobel pour sa théorie sur les quanta) est celui de l'ESA (Agence Spatiale Européenne). Il remplace WMAP lancé en 2001 par la NASA. Son objectif est d'étudier le fond diffus cosmologique et ses anisotropies (petites fluctuations), les amas de galaxies et le milieu interstellaire. Ses premiers résultats ont été présentés le 11 janvier 2011. La nouvelle carte du rayonnement 3K est spectaculairement détaillée.

L'autre est le satellite WMAP (Wilkinson- nom d'un physicien - Microwave Anisotropy Probe). L'objet de sa mission était de cartographier avec la meilleure précision possible les fluctuations de température du rayonnement thermique cosmologique, ainsi que sa polarisation. Les informations de ces deux satellites sont cruciales pour la cosmologie, car elles permettent de reconstituer avec une grande précision le contenu matériel de l'Univers.

11/ Donner le nombre d'étoiles d'une galaxie ?

Les petites galaxies (galaxies naines) comptent environ 10^7 étoiles. Les galaxies géantes peuvent en contenir 10^{12} . Notre Voie lactée compte entre 100 à 300 milliards d'étoiles. Les astrophysiciens ne sont pas d'accord sur les chiffres qui font encore débat. Il existe trois grands types de galaxies : les elliptiques, les spirales et les irrégulières.

12/ Donner le diamètre d'une galaxie ?

Le diamètre de Notre Galaxie est d'environ 100 000 années-lumière. On peut considérer qu'une galaxie peut s'étendre jusqu'à 500 000 al. (al = année-lumière)

13/ Quelle est la masse d'une galaxie (en milliards de fois la masse du Soleil)

L'ordre de grandeur de la masse de Notre Galaxie est de 2×10^{41} kg ou 10^{11} masses solaires soit 100 milliards de masses solaires. La masse de la galaxie du Sombrero, M104, est d'environ 800 milliards de masses solaires.

14/ A quelle distance se trouve :

M 15 est le magnifique amas globulaire dans la constellation de Pégase. Visible à l'œil nu par temps clair, il est situé à environ 33 000 al.

51 Pégasi b est la première planète extrasolaire découverte par l'homme. Elle se situe à 40 al de la Terre. C'est une planète gazeuse deux fois moins grosse que Jupiter située assez proche de son étoile ($1/20^{\text{ème}}$ de la distance Terre- Soleil). Elle effectue une révolution complète autour de son étoile en 4 jours environ.

La galaxie d'Andromède, notre plus proche voisine, est située à 2,1 millions al de notre Soleil. Elle est très semblable à Notre Galaxie. Elle est visible à l'œil nu ou avec une simple paire de jumelles, par temps clair, dans la constellation d'Andromède. Les mesures réalisées par les astrophysiciens nous indiquent que cette galaxie fonce sur nous à la vitesse de 300 km/s et pourrait rentrer en collision avec Notre Galaxie dans quelques milliards d'année.

15/ L'une des bornes, dans cette salle, nous indique les distances qui nous sépare d'autres étoiles. A quelle distance se trouve :

- *Proxima du Centaure : La plus proche étoile de la Terre (Proxima dans la constellation du Centaure)*

On l'appelle aussi Alpha Centauri C. C'est une petite étoile (1/10 de la masse du Soleil environ) - une naine rouge - de faible magnitude (11). Elle n'est pas visible à l'œil nu. Pour l'observer, vous devez installer votre télescope dans l'hémisphère Sud et connaître parfaitement le ciel austral. Elle se trouve à 4,22 a.l de nous.

- *L'Etoile Polaire : Ce n'est pas l'étoile la plus brillante du ciel boréal. Par un heureux hasard, l'axe de rotation sud-nord de la Terre pointe presque en direction de cette étoile. Le mouvement apparent des corps célestes semble avoir pour centre l'Etoile Polaire. Elle est donc perçue comme immobile. Elle se situe à 430 a.l de la Terre. On la trouve à l'extrémité de la queue de la constellation de la petite Ourse.*

- *L'étoile la plus brillante du ciel boréal, Sirius : ou alpha Canis Majoris – Alpha de la constellation du Grand Chien - Cette étoile de magnitude -1,5 est l'étoile la plus brillante de notre ciel. Visible l'hiver essentiellement, elle se situe à 8,6 a.l. C'est une étoile blanche deux fois plus grosse environ que notre Soleil. Sa température en surface est voisine de 10000 Kelvins*

- *Rigel est située à 773 a.l. C'est la septième étoile la plus brillante du ciel. C'est une super géante bleue, 60000 fois (environ) plus lumineuse que notre Soleil.*

- *Bételgeuse est une super géante rouge située entre 430 et 640 a.l. Dans le diamètre de cette étoile, nous pourrions mettre côte à côte plus de 2000 soleils !*

16/ Une autre borne de cette salle indique les distances actuelles des planètes à la Terre. Elle précise aussi si la planète s'éloigne ou se rapproche de la Terre. Précisez la distance de la planète et si elle s'éloigne ou si elle s'approche. (Barrer les mentions inutiles).

La réponse dépend de la date de la visite. Vous pouvez consulter les éphémérides sur le site de l'IMCCE (<http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/>)

17/ Quel est l'âge du Soleil ?

Notre Soleil est âgé de 4,6 milliards d'années environ. Il est à la moitié de sa vie.

18/ Combien de Terre peut-on mettre côte à côte dans le diamètre du Soleil ?

Le rayon moyen du Soleil est de 1 300 000 km. La Terre, c'est 12 800 km environ. On peut donc mettre une centaine de Terre côte à côte (109) dans le diamètre du Soleil.

19/ Quelle est la température à la surface du Soleil ?

La température à la surface du Soleil est de 5700 K. C'est une étoile jaune.

20/ Le Soleil se déplace dans la Galaxie. A quelle vitesse ?

Notre Soleil tourne autour du centre de Notre Galaxie et entraîne dans son mouvement les autres corps du Système solaire à la vitesse de 250 km/s.

21/ Sélectionnez le diamètre de la planète. Précisez les diamètres des planètes suivantes en km :

<u>Mercury</u>	<u>4878 km</u>	<u>Venus</u>	<u>12102 km</u>
<u>Terre</u>	<u>12742 km</u>	<u>Mars</u>	<u>6786 km</u>

Jupiter 142 984 km

Saturne 120 536 km

22/ Sélectionnez la période de rotation des planètes. La rotation de la planète correspond au temps mis par le corps céleste pour faire un tour sur elle-même par rapport aux étoiles.

Précisez ces périodes et les unités (jours, heures, minutes).

Mercur 26 jours
Terre : 23h 56 min 4 s
Jupiter 9,83 h

Venus 243 jours en sens rétrograde
Mars 24,61 h
Saturne 10,23 h

23/ Sélectionnez la période de révolution des planètes. La révolution d'une planète correspond à la durée mis par ce corps céleste pour faire un tour autour de son étoile. Précisez ces périodes et les unités (années terrestres, jours, heures, minutes).

Mercur 87,97 jours
Terre 365 jours 5h 49 min
Jupiter 11,87 ans

Venus 224,7 jours
Mars 686,96 jours
Saturne 29,45 ans

24/ Que remarquez-vous pour la planète Vénus concernant sa période de rotation et sa période de révolution ?

Vénus tourne sur elle-même très lentement et dans un sens indirect dit rétrograde. D'une façon très simpliste, nous pouvons affirmer que la journée sur Vénus est plus longue que l'année.

La période de rotation de la planète est connue depuis 1962. Les journées et nuits vénusiennes s'étendent sur près de 2 mois (59 jours terrestres environ)

25/ Que se passe-t-il pour la période de révolution des planètes si elles sont de plus en plus éloignées du Soleil ?

Plus les planètes sont éloignées du Soleil moins elles tournent vite. C'est une première approximation qui nous semble évidente. Les vitesses de déplacement des planètes sont énormes et dépendent des lois dites de Kepler et en particulier de la loi dite des aires. La Terre se déplace à la vitesse moyenne de 110000 km/h environ. Lorsque vous observez la pleine Lune, 3 heures plus tard, la Terre sera à cette place. Mars se déplace à 80000 km/h environ et Jupiter à 50000 km/h : ces vitesses sont énormes.

26/ Observez la période de rotation de la Terre : elle est de 23 h 56 min et 4 s. Pourquoi, selon-vous, les jours sur Terre font-ils 24 h ?

Il y a la combinaison entre la période de rotation de la Terre sur elle-même et sa période de révolution. En même temps que la Terre tourne sur elle-même, elle poursuit sa route autour du Soleil. Un même point de la Terre pointera au même endroit dans le ciel après 24 heures.

27/ Le diamètre de la Lune est à l'équateur d'environ 3474 km. Combien de fois la Lune est diamétralement plus petite que la Terre.

On pourrait mettre 4 lunes environ côte à côte dans le diamètre de la Terre (12742 / 3474 = 3,7).

Questionnaire, version corrigée, proposé par Bruno Evrard , enseignant détaché au PLUS

Contact : bruno.evrard@ac-lille.fr

Sur le site du PLUS : www.le-plus.fr



PALAIS
DE L'UNIVERS
ET DES
SCIENCES