

REPONSES AU QUESTIONNAIRE SUR LE MOUVEMENT DE LA LUNE, LE GEOCENTRISME
L'HELIOCENTRISME ET LA GRAVITATION UNIVERSELLE

I) Questions sur le texte de Newton :

1) Définir le référentiel dans lequel est représenté le mouvement du centre de la Lune.

Le mouvement de la Lune est représenté dans le référentiel Géocentrique. Dans ce référentiel, la Lune met 27 jours 7h et 43 minutes pour faire le tour de la Terre.

2) Pourquoi n'étudie-t-on pas ce mouvement dans le référentiel terrestre ?

Dans le référentiel Terrestre, la Lune fait le tour de la Terre en 1 jour et en plus se décale dans le ciel un peu chaque jour. C'est un mouvement plus complexe que dans le 1 avec une combinaison de la rotation de la Terre autour de son axe et la rotation de la Lune autour de la Terre. Dans le Référentiel Géocentrique, on s'affranchit du mouvement de rotation de la Terre autour d'elle-même, ce qui est plus simple pour décrire le mouvement de la Lune.

3) Quelle est la nature du mouvement du centre de la Lune dans le référentiel géocentrique ?

La Lune possède une orbite elliptique autour de la Terre, distance maximale de la Terre (demi grand axe de l'ellipse : 406 720 km), distance minimale de la Terre (demi petit axe de l'ellipse : 356 375 km). On peut assimiler cette orbite à un cercle de rayon égal à la moyenne du demi grand axe et du demi petit axe soit 381 547 km sur lequel la Lune avance à vitesse constante de 1km/s environ. On assimile le mouvement de la Lune à un mouvement circulaire uniforme.

4) Dans son texte, avec quel autre mouvement Newton compare-t-il le mouvement de la Lune ?

Newton compare le mouvement de la Lune au mouvement d'un projectile.

5) Quelle serait la trajectoire de la Lune si elle n'était soumise à aucune force ? À quel principe Newton fait-il référence ?

Si la Lune n'était soumise à aucune force, son mouvement serait rectiligne uniforme dans le référentiel géocentrique, conformément au principe d'inertie : « Tout système isolé (pas de forces) ou pseudo-isolé (toutes les forces exercées sur lui se compensent) persiste dans son immobilité ou dans son mouvement rectiligne uniforme dans un référentiel galiléen ».

Remarque :

On considère comme galiléen tout référentiel dans lequel le principe d'inertie est bien vérifié. De plus tout référentiel ayant un mouvement rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen est encore un référentiel galiléen. Le référentiel géocentrique peut être considéré comme galiléen même s'il n'a pas un mouvement de translation puisque la Terre tourne autour du Soleil, mais comme le rayon de l'orbite est très grand (150 millions de km), on peut assimiler la trajectoire de la terre à un segment de droite sur une durée d'étude relativement courte par rapport à l'année. Il en est de même pour le référentiel Terrestre, pour une durée d'étude relativement courte par rapport à une journée, car la Terre tourne autour de son axe (rayon terrestre : 6400 km)...

6) Comment Newton nomme-t-il la force à laquelle la Lune est soumise ?

Newton nomme cette force : « la force de la gravité ».

7) Préciser « l'auteur » et le « receveur » pour cette force.

L'auteur de la force de gravité est la Terre et le receveur de cette force de gravité est la Lune.

Remarque :

On sait que l'on a à faire à une interaction mutuelle. C'est à dire que si la Terre attire la Lune, la Lune attire la Terre de manière égale. Les deux forces sont égales et opposées en vertu du premier principe de Newton (l'action est égale et opposée à la réaction). La dénomination « auteur » et « receveur » est relative à l'objet choisi comme système d'étude : si on prend la Lune comme système, la Lune est « receveur » et la Terre est « auteur » par contre si on prend la Terre comme système, la Terre est « receveur » et la Lune est « auteur ». On voit donc bien que auteur et receveur sont équivalents et ne dépendent que du système arbitrairement choisi par le physicien.

Cependant, le physicien ne choisit jamais arbitrairement son système : il choisit comme système le corps qui bouge le plus car le corps qui ne bouge pas n'a aucun intérêt. La Terre est environ 83 fois plus massive que la Lune donc elle est 83 fois plus inerte et pour la même force, elle réagira 83 fois moins, donc la Lune bouge beaucoup plus que la Terre qui reste pratiquement immobile (un peu comme la pierre tournant dans une fronde bouge beaucoup plus que le lanceur et on s'intéressera naturellement au mouvement et à la trajectoire de la pierre et non pas à celle du lanceur, qui espérons le restera immobile, bien stable sur ses points d'appui au sol).

8) Quel est son effet : attractif ou répulsif ? En déduire le sens de cette force.

La force de gravité est toujours attractive, jamais répulsive, par conséquent, elle est appliquée au centre de la Lune, a comme direction la droite passant par le centre de la Lune et celui de la Terre et est dirigée de la Lune vers la Terre.

II) Questions sur le texte de Feynman :

- 1) À quel principe Feynman fait-il référence pour affirmer que la Lune aurait une trajectoire rectiligne si elle n'était soumise à aucune force ?

Feynman fait référence au principe d'inertie : « Tout corps isolé ou pseudo isolé persiste dans son immobilité ou son mouvement rectiligne uniforme, dans un référentiel galiléen. ».

- 2) À quelle force la Lune est-elle soumise ? Pourquoi peut-on considérer la Lune comme un projectile en chute libre ?

La Lune est soumise à son poids, correspondant à la force de gravitation Universelle, exactement de la même façon qu'un projectile. Tous deux sont attirés par la Terre et tombent sous l'effet de leur poids.

- 3) Pourquoi la Lune ne s'écrase-t-elle pas sur la Terre ? Comment interpréter le verbe tomber ?

La Lune ne s'écrase pas sur la Terre comme le projectile, car elle tombe et avance en même temps, avec une grande vitesse (1km par seconde). Comme la Terre est ronde, le sol descend et s'il descend de la même hauteur que la hauteur de chute de la Lune pendant le même intervalle de temps, alors la Lune ne touchera jamais le sol et ne s'écrasera jamais au sol et pourtant, elle tombe, indéfiniment ... Elle suivra une courbe fermée (ou orbite) autour de la Terre sans jamais la toucher. On dit que la Lune est satellisée autour de la Terre. On dit également que la Lune est un satellite naturel de la Terre, par opposition à tous les satellites artificiels envoyés par l'homme en orbite autour de la Terre grâce à des fusées.

Peut-on dire que la Lune tombe sur la Terre ?

- *Oui, si on considère qu'elle est attirée par la Terre de la même façon qu'une pierre. Cela va à l'encontre de la théorie d'Aristote qui sépare un monde imparfait sublunaire, entre Terre et Lune, et supralunaire parfait avec la Lune, les planètes et la sphère des fixes, soumises à des lois divines. Pour Newton pierre et Lune sont soumises exactement aux mêmes lois qu'il qualifie d'Universelles, il souligne que la Lune n'a pas un régime de faveur (perfection) par rapport à la pierre, mais que tous deux suivent exactement les mêmes lois physiques : le « moteur » qui fait bouger donc tomber la Lune est le même que le « moteur » qui fait bouger donc tomber la pierre. On répond oui si on veut souligner les similitudes entre la pierre et la Lune.*
- *Non, si on considère que la Lune ne s'écrase jamais sur le sol alors que la pierre finit toujours par toucher le sol. La Lune est satellisée alors que la pierre ne l'est pas. On pourrait satelliser la pierre si on la lançait à 8 km par seconde vers l'avant (sans tenir compte des frottements de l'air) mais c'est impossible en pratique. On répond donc non si on veut souligner la différence entre le mouvement de la pierre et le mouvement de la Lune.*

On voit que la réponse n'est pas tranchée, les deux sont vraies. Tout dépend si on veut insister sur les similitudes des lois physiques ou sur les différences des mouvements, donc du contexte dans lequel on se trouve et du débat philosophique ou physique sous-jacent.

III) Questions sur le géocentrisme, l'héliocentrisme et la gravitation Universelle :

- 1) Quels sont parmi les philosophes, astronomes et physiciens cités, ceux en accord avec le géocentrisme ?

Aristote, Eudoxe, Ptolémée, Tycho Brahé sont en accord avec le géocentrisme.

- 2) Quels sont ceux en accord avec l'héliocentrisme ?

Aristarque de Samos, Nicolas Copernic, Galilée, Kepler, Newton sont en accord avec l'héliocentrisme.

- 3) Quelle était la position de l'Eglise à ce sujet à l'époque de l'Inquisition ? Pourquoi ?

L'église est en accord avec les idées d'Aristote dans lequel l'homme, créature principale de Dieu, est au centre du monde. Il y a une place pour Dieu, derrière la sphère des fixes et une place pour l'enfer, dans les entrailles de la Terre. Dans la Bible, Josué a arrêté la course du Soleil autour de la Terre. Cette représentation géocentrique du monde est une théorie achevée, dogmatisée, une réalité indiscutable ... qui pourtant est discutée ! ...

La rigidité de l'Eglise Catholique à l'époque de Galilée peut s'expliquer par sa réaction contre la Réforme Protestante au XVI^{ème} siècle. Elle n'hésita pas à se servir de moyens diplomatiques et militaires contre les protestants afin d'assurer sa survie. Le Saint-Office ou congrégation de l'Inquisition, nommée également congrégation de la Suprême et Universelle Inquisition a été créé en 1542 par Paul III pour veiller à l'orthodoxie doctrinale telle qu'elle était définie dans les écrits des théologiens et des hommes d'Eglise alors que l'Inquisition médiévale se concentrait sur des croyances populaires génératrices de troubles de l'ordre public. Le Saint-Office condamna Galilée en 1633.

- 4) Quelle est l'hypothèse du système du monde acceptée aujourd'hui ?

Le système du monde accepté aujourd'hui est l'héliocentrisme. Toutes les planètes du système solaire tournent autour du Soleil (elles sont beaucoup plus petites que lui, comparables à des grains de sable tournant autour d'une orange). Le Soleil n'est qu'une petite étoile parmi les milliards d'étoiles de la galaxie, elle même parmi des milliards de galaxies. Il n'y a pas de point plus central que d'autres dans l'Univers. A la question : est-ce que c'est la Terre qui tourne autour du Soleil ou est-ce que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre ? Nous pouvons répondre que cela dépend du référentiel choisi. Dans le référentiel géocentrique ou terrestre, c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre, par contre, dans le référentiel

héliocentrique, c'est la Terre qui tourne autour du Soleil. Donc le mouvement ou l'immobilité n'est pas absolu mais relatif au référentiel choisi donc tout le monde avait raison !!!

Cependant, comme nous l'avons dit précédemment, les physiciens vont naturellement privilégier l'étude du mouvement des objets moins massifs et placer à l'origine du référentiel d'étude l'objet le plus massif, considéré comme immobile. Etant donné que le Soleil est de loin l'objet le plus massif du système solaire, il est considéré comme immobile à l'origine du référentiel héliocentrique et c'est donc le référentiel naturel pour étudier le mouvement des planètes qui tournent bel et bien autour du Soleil (cf. homme et fronde).

5) Quel sont les hommes ayant joué un rôle crucial dans la vision que nous avons du monde aujourd'hui ? Pourquoi ?

Une avancée importante vers l'héliocentrisme a été franchie grâce à Aristarque, Copernic, Galilée, Kepler et enfin Newton, grâce à la remise en question de certitudes que nul ne remet en cause et qui pourtant sont fausses et dont on a énormément de mal à se défaire pour des raisons idéologiques politiques ou économiques. En effet, le danger ne vient pas de ce que l'on ne sait pas mais que l'on tient pour certain et qui ne l'est pas.

6) Qu'appelle-t-on « méthode scientifique » ou « esprit scientifique » ? Quel personnage l'illustre le mieux ?

La méthode scientifique est une méthode expérimentale. On doit prouver ce que l'on avance grâce à une preuve qui est une observation, une mesure ou une expérience. Cette preuve expérimentale doit être reproductible et améliorable grâce à l'évolution des techniques. On parle également de méthode hypothético-déductive. On fait une hypothèse, on en déduit des conséquences théoriques, on observe si ces conséquences se vérifient expérimentalement. S'il n'y a pas de vérification expérimentale, on modifie les hypothèses et/ou les théories, on en déduit les nouvelles conséquences et on vérifie expérimentalement si cela fonctionne. Il y a toujours un aller-retour entre des hypothèses, donc une modélisation et une expérience qui corrobore ou qui ne corrobore pas le modèle. On garde un modèle tant qu'il est vérifié expérimentalement. Parfois, on affine le modèle pour tenir compte de petits écarts à l'expérience en modifiant quelques détails théoriques, parfois on abandonne totalement le modèle théorique s'il n'y a pas accord avec l'expérience.

C'est le personnage de Galilée qui illustre le mieux cette méthodologie. Il a pour la première fois observé le ciel avec une lunette astronomique qu'il a améliorée et a observé les cratères de la Lune, les tâches solaires, les phases de Vénus et les satellites de Jupiter. Il a également étudié expérimentalement les mouvements des corps en chute libre et sur plan incliné. Tout cela n'avait jamais été fait avant lui. Il a ainsi vu de ses yeux que la Lune et le Soleil n'étaient pas parfaits comme le pensait Aristote. Il a vu de ses yeux que tout ne tournait pas autour de la Terre puisque des satellites tournaient autour de Jupiter. Galilée a vu cela comme un système solaire miniature avec un objet central beaucoup plus gros que ses satellites (comme le Soleil, beaucoup plus gros que la Terre). L'observation des phases de Vénus est une preuve expérimentale que Vénus tourne autour du Soleil et que c'est une planète interne, c'est à dire située entre le Soleil et la Terre donc cela prouve que la Terre tourne autour du Soleil et est la troisième planète après Mercure (n°1) et Vénus (n°2) (planètes internes) viennent ensuite les planètes externes Mars (n°4), Jupiter (n°5), Saturne (n°6) dont Galilée a découvert les anneaux. Uranus (n°7), Neptune (n°8) et Pluton (n°9 puis déclassée) n'ont été découvertes que plus tardivement.

Avec ses expériences de mécanique, il a pu montrer que tous les corps lancés d'une même hauteur arrivaient au sol en même temps, quelle que soit leur masse et a pu montrer expérimentalement, les hommes ne seraient pas éjectés de la Terre même si celle-ci était en mouvement, détruisant du coup la nécessité de l'immobilité de la Terre pour Aristote.

On observe une énorme avancée scientifique pour un seul homme qui a fait une grande foison de découvertes.

7) Quelle est la différence fondamentale entre Science et Religion ? D'où provient le conflit entre l'Eglise (l'Inquisition) et Copernic ou Galilée ?

Dans la religion, il y a des dogmes. Les dogmes sont des vérités absolues, non prouvées, qu'il faut croire, sans chercher à remettre en question. Dans la Religion, la référence idéologique est fermée et entièrement contenue dans les Ecritures (La Bible pour les Chrétiens). A l'homme d'utiliser librement les préceptes des Ecritures pour améliorer sa vie et ses relations avec les autres. La religion sert à améliorer la vie de l'homme.

En science, il n'y a pas de dogmes, il n'y a pas de vérités absolues. Il n'y a que des hypothèses, des modèles, des théories, considérées comme valides tant qu'ils ne sont pas remis en question par l'expérience. Si la technologie progresse et que des appareils permettent d'affiner les mesures et de contredire le modèle ou la théorie, ceux-ci devront être abandonnés ou améliorés ou remplacés immédiatement ou plus tard en fonction des progrès dans le développement des outils mathématiques, informatiques et en fonction des ressources intellectuelles présentes (jeunes chercheurs). En science, il n'y a pas de référence idéologique fermée, tout est ouvert à toutes les hypothèses et n'est limité que par l'imagination humaine, son génie, le hasard des découvertes inattendues. La science est un livre toujours en train de s'écrire, de génération en génération, un livre sans fin, plein de ramifications et de développements

et sans plan préétabli. La science sert à comprendre l'Univers dans lequel nous vivons. Elle sert à améliorer les connaissances de l'homme.

Le conflit entre Eglise et Religion provient de collusions entre dogmes de l'Eglise et théories scientifiques. Si un dogme dit que la Terre est immobile alors qu'une expérience scientifique prouve le contraire, il y aura forcément conflit. Dans ce cas c'est la science qui emportera le combat. Même si la Religion résiste un certain temps, elle finira par perdre, et cela se retournera contre sa propre crédibilité.

8) Qu'induit la démarche scientifique quant à notre vision et notre compréhension du monde ?

La démarche scientifique implique une éternelle remise en question et à une méfiance vis à vis des idées reçues. Elle implique de la modestie, du travail, de la rigueur et de la curiosité qui incite à toujours et toujours se poser des questions tout en sachant que l'on obtiendra bien souvent beaucoup moins de réponses que de questions, mais que ces quelques réponses pourront être utiles à la communauté scientifique et peut être aussi à la communauté des hommes.

9) Y a-t-il une différence entre Eglise et Religion ?

L'Eglise est faite par les hommes (Pape, évêques, prêtres, ordres religieux)

La Religion correspond à un système de croyances.

10) Donnez des exemples de bonne utilisation de la Science. Donnez des exemples de mauvaise utilisation de la Science.

Bonne utilisation de la Science :

- Médecine, chirurgie, pharmacie
- Amélioration des connaissances
- Amélioration du confort alimentaire, vestimentaire et habitat
- Lutte contre les incendies (secours, sauvetage), contre les épidémies
- Eau potable
- Moyens de communication
- Partage de ses découvertes par des publications dans des revues scientifiques ouvertes à tous
- Etc.

Mauvaise utilisation de la science :

- Bombe atomiques
- Armes chimiques, armes en général
- Manipulations génétiques douteuses, clonage, trafic d'organes
- Pollutions de l'air, de l'eau du sol, marées noires
- Réchauffement climatique
- Création de biens de consommation à renouveler sans-cesse, valorisant l'avoir au détriment de l'être et générant le travail des enfants, la pollution, etc...
- Dépôts de brevets sur des plantes médicinales (êtres vivants) pour en tirer profit au détriment des populations indigènes
- Dépôts de brevets qui permettent de gagner de l'argent en faisant payer pour les utiliser ou achetés par des lobbies afin d'empêcher le développement de technologies moins polluantes
- Etc.

11) Donnez des exemples de bonne utilisation de la Religion. Donnez des exemples de mauvaise utilisation de la Religion.

Bonne utilisation de la religion :

- Amour de son prochain
- Lutte contre la haine grâce au pardon
- Création de liens sociaux et de convivialité
- Secours Catholique
- Aide aux sans-abris
- Ouverture aux autres, lutte contre l'égoïsme
- Valorisation de l'être plutôt que de l'avoir
- Etc.

Mauvaise utilisation de la religion :

- Intégrisme visant à instrumentaliser la religion pour justifier la guerre, la vengeance, la haine, la discrimination, le terrorisme (contraires au message évangélique)
- Guerres de Religion
- Inquisition
- Manipulations psychologiques à but lucratif ou d'abus des personnes (sectes)
- Etc.

12) Qui est responsable des mauvaises utilisations de la science ou de la religion ?

C'est toujours l'homme qui en est responsable. On ne peut pas dire la science est bonne ou la science est mauvaise. On ne peut pas non plus dire la religion est bonne ou la religion est mauvaise. Cela n'a aucun sens. C'est l'utilisation de la science ou de la religion qui est bonne ou mauvaise, en fonction de la personne, bonne ou mauvaise qui l'utilise.

13) Dans une société moderne, la Science et la Religion devraient-elles être contradictoires ou complémentaires ? Argumentez.

A priori il n'y a aucune contradiction entre science et religion, les deux sont indépendantes. Les deux peuvent même être complémentaires comme en bioéthique où scientifiques, religieux et citoyens débattent pour le bien de tous (science sans conscience n'est que ruine de l'âme ...).

14) Quelles sont les conditions nécessaires pour qu'il n'y ait pas de contradiction entre science et religion ?

La religion doit évoluer en prenant en compte et en intégrant les découvertes scientifiques afin que les dogmes ne soient pas en contradiction avec la science et que le message de l'Eglise soit plus efficace et plus moderne. Par exemple le dogme qui dit que la Terre est immobile au centre du monde a dû être abandonné car il était inutile et en plus c'était une erreur objective. Il faut donc une interprétation symbolique, intelligente, et non pas « au pied de la lettre » des Ecritures.

Actuellement, les dogmes de l'Eglise sont du type : « Dieu est Amour » ou « l'Amour est plus fort que la haine ». C'est bien un dogme car il n'a pas à être remis en question (même si c'est faux, cela constitue une sorte de pari). Il constitue une croyance, un engagement à part entière. C'est une philosophie de vie, parfaitement respectable et nullement en contradiction avec la science.

15) Quel est le mouvement dans l'univers d'un homme, immobile à la surface de la planète ?

L'homme est-il le centre du monde ?

Un homme à la surface de la planète tourne autour de l'axe de la Terre en même temps que la Terre tourne autour du Soleil à la vitesse de 30km par seconde. Nous sommes sur un véritable bolide.

L'homme n'est pas du tout le centre du monde, c'est une toute petite poussière à la surface d'un minuscule grain de sable tournant autour d'une toute petite étoile perdue parmi des milliards d'étoiles de la Galaxie elle-même perdue parmi des milliards de Galaxies.

16) Quel est l'intérêt de la physique pour l'humanité ?

La physique permet de

- *changer la vision de l'homme sur l'Univers donc sur nous-mêmes.*
- *nous montrer tels que nous sommes, c'est à dire minuscules.*
- *nous donner une leçon d'humilité.*
- *s'émerveiller devant l'ingéniosité de l'Univers dans ses processus de complexification.*
- *de contempler la beauté de l'Univers dans ses moindres détails.*
- *D'éveiller notre curiosité et de contribuer à se poser des questions.*
- *D'aborder objectivement à certaines de nos questions philosophiques et métaphysiques comme « que faisons nous là ? », « Sommes nous seuls dans l'Univers ? », « Y-a-t-il d'autres Univers ? ».*
- *De nous aider à prendre soin de notre planète pour que nous-mêmes et nos enfants puissions continuer à vivre dessus le plus longtemps possible dans des conditions viables*

Il y a donc dans la physique une véritable dimension philosophique et métaphysique. Il ne faut donc pas la réduire à ses simples applications industrielles dans notre société de consommation, même si celles-ci sont immenses et fondamentales :

- *machine à vapeur*
- *révolution industrielle*
- *pétrole, pétrochimie*
- *électronique, informatique, moyens de communication*
- *laser*
- *imagerie*
- *armements*

Sans physique, pas d'industries, pas de société de consommation, pas d'argent, pas d'économie.

Donc la physique est au service de l'économie et de la politique et l'économie (des états et de certains privilégiés) profite de la physique. Si l'économie et la politique dérapent à cause de la cupidité d'un petit nombre en mettant en danger la survie de toute l'Humanité (réchauffement climatique et baisse de la biodiversité), il faudra réagir. La physique est un excellent levier de réaction qui permet :

- *de développer des moyens d'utiliser l'énergie renouvelable et de développer de nouveaux emplois dans l'industrie verte et la chimie verte, d'alerter et de dresser un diagnostic sur les pollutions de l'eau, de l'air et de la Terre et de trouver des solutions pour y remédier*
- *de servir de conseil au pouvoir exécutif pour qu'il prenne les bonnes décisions en expliquant pourquoi il faut privilégier certaines industries non polluantes au détriment de celles qui polluent*

La physique ou plutôt la science (avec les mathématiques, les sciences et les techniques en général) n'est pas un sous-ensemble de l'économie et de la politique, c'est l'inverse. Elle se situe au-dessus, au même niveau que la philosophie, l'art et la religion. Aujourd'hui, le combat n'est plus un combat science contre religion mais un combat entre le pouvoir du Dieu Argent, détenu par un tout petit nombre d'hommes et l'Humanité tout entière ayant droit à une planète propre, vivable où chacun a droit à la dignité, au respect à la nourriture et à l'éducation. Pour gagner un tel combat, philosophie, art, science et religion ayant une dimension internationale ont plutôt intérêt à s'allier plutôt qu'à se diviser car l'union fait la force.