

# Histoire et épistémologie de la physique

L2 – Seconde session – 3 juillet 2008

---

## I

### La Forme de la Terre

*Le XVII<sup>e</sup> siècle européen verra deux grandes conceptions mécaniques s'opposer: la première, celle de René Descartes, qui est une mécanique du choc, conduit à penser que le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même induit une déformation de la sphère terrestre qui produit un renflement aux pôles et un écrasement à l'équateur. Une personne située à la surface de la Terre et à proximité de l'équateur serait alors plus proche du centre de la Terre qu'une personne située au pôle Nord ou au pôle Sud. La seconde conception, celle d'Isaac Newton, qui est une mécanique de l'action à distance, conduit aussi à penser que le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même induit une déformation de la sphère terrestre. Mais à l'inverse de la mécanique cartésienne, la mécanique newtonienne conduit à inférer un renflement à l'équateur et un écrasement aux pôles. Dans ce cas, une personne située à proximité de l'équateur serait plus éloignée du centre de la Terre qu'une personne située au pôle Nord ou au pôle Sud. Des expéditions vont être envoyées en Amérique du Sud et aux pôles pour faire des observations et trancher entre ces deux conceptions rivales, opposant les français aux anglais...*

« M. Richer, étant allé à Cayenne en 1672 faire des observations astronomiques, trouva que son horloge à pendule, qui avait été réglée à Paris sur le mouvement du Soleil, après avoir été transportée dans cet [endroit], qui n'est éloigné de l'équateur que d'environ cinq degrés [de latitude], y retardait de deux minutes et vingt huit secondes chaque jour... »

Maupertuis, *Éléments de géographie*, Paris, 1740.

1. Dans une horloge à pendule, le décompte des secondes se fait mécaniquement à partir du nombre d'oscillations effectuées par le pendule. L'heure affichée est donc uniquement fonction de ce nombre d'oscillations. Déduire du texte de Maupertuis que la période d'oscillation du pendule de l'horloge de M. Richer ne peut pas être la même à Cayenne et à Paris. (1,5 point)

2. Soient alors  $T_p$  et  $T_c$  les périodes d'oscillations du pendule et soient  $N_p$  et  $N_c$  les nombres d'oscillations effectuées en une journée (c'est-à-dire en  $24 \times 3600$  secondes) par le pendule de l'horloge de M. Richer, respectivement à Paris et à Cayenne.

a, Montrer que  $N_c \times T_p = 24 \times 3600 - 148$  secondes (*Il sera tenu le plus grand compte de la clarté des explications*). (2 points)

b, En déduire que  $T_c / T_p > 1$  (*indication: on calculera préalablement  $N_c \times T_c$* ). (1 point)

3. Dans la suite, on considère que le pendule de l'horloge de M. Richer est constitué d'une bille sphérique de masse  $m$  attachée à un fil  $l$  supposé rigide et de masse nulle, lui-même fixé à un support rigide par son autre extrémité. Au repos, la bille est à la verticale de la fixation. On écarte légèrement la bille de sa position d'équilibre et on appelle  $\theta_0$  l'angle que fait alors le pendule avec la verticale. On lâche la bille qui se met alors à osciller autour de sa position d'équilibre. On appelle enfin  $\theta(t)$  l'angle que fait le pendule avec la verticale à l'instant  $t$  et on appelle  $T$  la période de l'oscillation.

a, Après avoir fait un dessin de ce dispositif et dressé un bilan des forces s'appliquant sur la masse  $m$  – et en négligeant la résistance de l'air –, montrer que pour de petits mouvements autour de la position d'équilibre,  $\theta(t)$  vérifie l'équation différentielle:

$$\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta(t) = 0 \quad (3 \text{ points})$$

b, Déterminer alors l'expression de  $\theta(t)$  en fonction de  $\theta_0$ , de  $l$  et de  $g$  (où  $g$  représente le champ gravitationnel là où se déroule l'expérience), puis en déduire que

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \quad (2 \text{ points})$$

4. On néglige l'éventuelle dilatation thermique du balancier du pendule, c'est-à-dire que l'on suppose que la longueur du fil du pendule reste inchangée que l'on soit à Paris ou à Cayenne. Montrer dès lors que le champ de pesanteur n'est pas identique à Paris et à Cayenne, et que  $g_c/g_p < 1$  (où  $g_p$  et  $g_c$  désignent respectivement les champs de pesanteur à Paris et à Cayenne) (1,5 point).

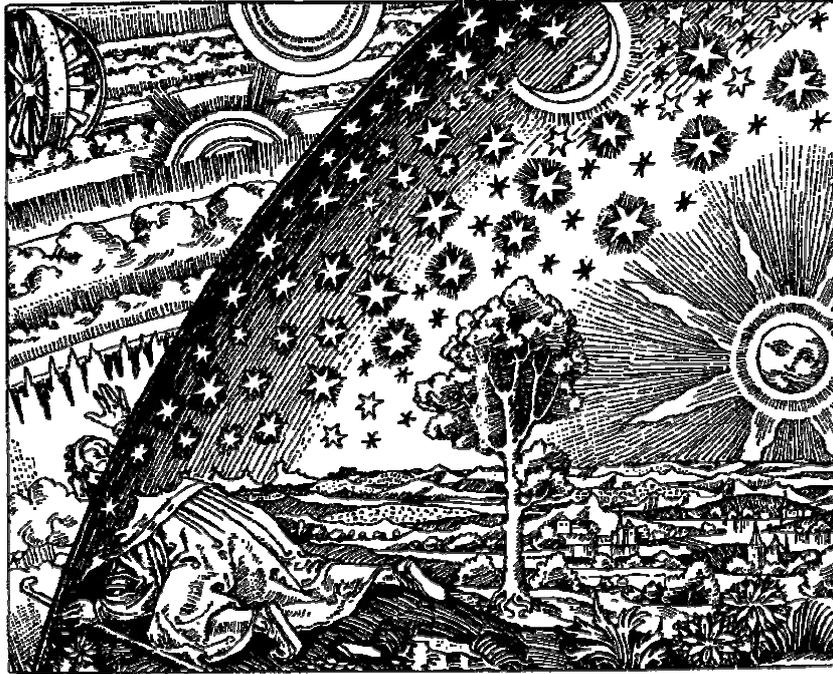
*Complément : Le champ de pesanteur  $g$  mesuré en un point  $M$  situé à la surface de la Terre peut dépendre de plusieurs facteurs. Les deux principaux sont~: (1) la distance entre ce point et le centre de la Terre et (2) la vitesse linéaire de rotation de la Terre évaluée au point  $M$ . Le facteur (2) est loin d'être négligeable en réalité, et son évaluation numérique dépend de la latitude du point  $M$  considéré. Dans la suite nous ferons cependant l'hypothèse que le fait de négliger le facteur (2) ne change pas fondamentalement la conclusion, et nous supposons donc dans la suite que  $g$  dépend uniquement du facteur (1).*

5. En reprenant l'ensemble des étapes développées dans les questions qui précèdent, expliquer pourquoi l'expérience rapportée par Maupertuis montre que Cayenne est plus éloigné du centre de la Terre que Paris ? (1,5 point)

6. Montrer en quelques mots que le relief de l'écorce terrestre et donc la différence d'altitude entre les deux villes (c'est-à-dire la différence entre leurs hauteurs respectives par rapport au niveau de la mer) ne peut pas être la cause du phénomène observé (*indication: On pourra utiliser le résultat obtenu dans la question n°4 et remarquer que Cayenne est un port de Guyane et que Paris est à près de 35 mètres au-dessus du niveau de la mer*). (1,5 point)

7. Dédire des questions qui précèdent que la Terre n'a pas la forme d'une sphère mais d'un ovoïde, légèrement « renflé » à l'équateur. Qui avait donc raison, Descartes ou Newton? (1 point).

## II Sur l'espace et la matière



*Gravure anonyme. Certains l'attribuent à l'astronome Camille Flammarion (1842-1925)*

1. Décrire la gravure ci-dessous. (2,5 points)
2. Expliquer en quoi cette représentation du monde hérite de deux conceptions radicalement opposées des rapports entre l'espace et la matière? Décrire ces deux conceptions. (2,5 points)

-----