

(Examen – 1 h 30)

Les deux parties sont indépendantes

PARTIE I : DÉCOUVRIR “PAR HASARD”

(8 points)

“1. Très habile expérimentateur, Sir William Crookes (1832–1919) se mit, en 1878, à étudier le passage du courant dans des tubes [de verre] où le gaz se réduisait à quelques molécules. L’intérieur [du tube], dans ces conditions, ne donne plus aucune lumière *alors que ses parois s’illuminent d’une vive clarté verte*. Par une série d’expériences ingénieuses, Crookes finit par démontrer qu’il s’agissait là d’un rayonnement particulier émis par l’électrode négative (cathode).

2. En 1895, Wilhelm Röntgen (1845–1923) se livrait, pour son propre compte, à des expériences sur ces nouveaux rayons – dits *cathodiques* – quand, par hasard, il observa que le tube de Crookes émettait un autre genre de rayonnement, [...] ces nouveaux rayons – appelés rayons X – se propageant exactement en ligne droite, traversant les corps opaques et permettant de photographier à travers la chair, le squelette d’un être vivant. [...] Mais par quelle partie de l’appareil [ces nouveaux rayons] étaient-ils émis ?

3. Henri Poincaré exprima l’idée que peut-être, l’émission des rayons X était liée à la fluorescence du verre frappé par les rayons cathodiques. [...] Si tel était bien le cas, des substances naturellement fluorescentes, comme par exemple le sulfate double d’uranium, devait spontanément dégager des rayons X. C’est ce dont Henri Becquerel (1852–1908) voulut d’assurer.

4. Il prit [d’une part] une boîte opaque, en carton noir, contenant une plaque photographique et [d’autre part] une lamelle de sulfate double d’uranium [...]. Entre [la] lamelle et la boîte, il fixa une pièce d’argent et le tout fut exposé au Soleil¹. En développant la plaque photographique, Henri Becquerel constata que des traces apparaissaient, correspondant à l’emplacement de la pièce d’argent qui absorbait en partie le rayonnement des sels d’uranium.

5. [Souhaitant alors rééditer l’expérience] et attendant une journée ensoleillée qui tardait à venir, Becquerel enferma tout son attirail dans un tiroir obscur. Quelle surprise ne fut pas la sienne lorsque, le 1^{er} mars 1896, il voulut s’assurer que sa plaque photographique était encore vierge ? Poussé par on ne sait quelle curiosité, il la développa et la trouva impressionnée. [...] Les sels d’uranium émettaient donc des rayons X en pleine obscurité comme en pleine lumière. La fluorescence n’était pour rien dans le phénomène.”

Charles-Albert REICHEN, *Histoire de la physique*, Lausanne, 1963, pp. 76–77.

¹ La fluorescence des sels d’uranium est due à une émission spontanée d’énergie lumineuse issue des molécules qui composent ces sels. L’exposition régulière au soleil – et donc l’acquisition d’énergie solaire par les sels – assure l’entretien du phénomène.

1.a. Décrire les deux expériences rapportées dans ce texte. Dans la première Wilhelm Röntgen découvre les rayons X, que découvre Henri Becquerel dans la seconde ? (2,5 points)

b. Expliquer, à partir du texte, en quoi l'hypothèse émise par Henri Poincaré a joué un rôle paradoxal dans cette seconde découverte (2 points).

2.a. Dans le § 2, l'auteur signale la présence du "hasard" au coeur du processus de la découverte. Expliquer pourquoi cette allusion rend bien compte de la représentation que la plupart des gens se font de la notion de "découverte scientifique". (2 points)

b. Pensez-vous que, pour l'une et l'autre expériences décrites ici, il soit totalement justifié de parler de "hasard" ? Pourquoi ? (1,5 points)

PARTIE II : LA FORME DE LA TERRE

(12 points)

Le *XVII^e* 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, 1740.²

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. Dédire 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 points)

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 24×3600 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 (*remarque : 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)

² Cité dans ÉMILE CALLOT, *Maupertuis, Le savant et le philosophe*, Bibliothèque philosophique, Marcel Rivière et Cie, Paris, 1964, pp. 47-48.

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 θ_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 :

$$\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta(t) = 0. \quad (1, 5 \text{ points})$$

b, Déterminer alors l'expression de $\theta(t)$ en fonction de θ_0 , de l et de g (où g représente le champ gravitationnel là où se déroule l'expérience), puis en déduire que

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}. \quad (1, 5 \text{ points})$$

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 point).

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 points)

6. Expliquer en quelques mots pourquoi le relief de l'écorce terrestre – et donc la différence d'altitude entre les deux villes ³ – ne peut pas être la cause du phénomène observé (*indication : On pourra utiliser le résultat obtenu dans la question 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 point)

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

³ C'est-à-dire la différence entre leurs hauteurs respectives par rapport au niveau de la mer