NOM : YAMAKI
PRENOM : SIDOINE

SITUATION 1 : APPROCHE HISTORIQUE

THEME :
Mesurer une durée.

CLASSE : Seconde générale

Durée de la séance : 1h30

- Plan de la séquence.
- Les activités.
- La situation s'appuyant sur l'histoire des sciences.
- Les points forts de l'approche historique.
- Nécessité d'introduire l'histoire des sciences.
- Conclusion

I. Plan de la séquence

Séances	Compétences mises en jeu
Cours : La mesure du temps Activité : Appareils de mesures de durée	Trier des informations.
Situation **Travaux pratiques :** **Pendule simple**	Faire le schéma d'une expérience. Faire l'étude d'une série de mesure en utilisant un tableur. Utiliser un vocabulaire scientifique.
Activités : Phénomènes astronomiques périodique ; calendriers	Décrire un phénomène.

II. Les activités

1. Suite au cours sur les unités de temps et les notions de période et de fréquence, la projection d'une vidéo (« c'est pas sorcier ») sur les appareils de mesures de durée et sur la définition de la seconde au cours de l'histoire, permet une introduction du concept de temps, sous forme épistémologique.

   Les objectifs:
   - ✓ Susciter l'attention et éveiller la curiosité de l'élève, à l'aide d'un support attractif.
   - ✓ Réaliser une frise chronologique des dispositifs mesurant une durée.
   - ✓ Montrer que les dispositifs employés sont de plus en plus précis.
   - ✓ Qu'ils ont été élaborés par paliers de rectification, voire avec des modifications profondes.
   - ✓ Qu'ils se basent tous sur un phénomène périodique.
   - ✓ Décrire l'évolution de la définition de la durée étalon : la seconde

2. Les activités suivantes reposent sur les phénomènes périodiques astronomiques.

   Les objectifs:
   - ✓ Retrouver le nom des phases de la Lune et de la Terre lors de leur révolution.
   - ✓ Répondre à plusieurs interrogations :
     - Pourquoi les saisons ?
     - Pourquoi la Lune change d'aspect ?
     - Pourquoi a t on modifié les calendriers ?
   - ✓ Implicitement, maquer la place importante de l'observation dans les sciences.

L'enjeu de ces activités est de montrer que l'évolution d'un concept s'effectue par « bond » et souvent suite à l'élaboration d'un outil de mesure plus perfectionné.
Les élèves apprécient le voyage dans le temps proposée par l'activité d'introduction en énumérant les appareils mesurant une durée. De plus, ils découvrent l'évolution de la définition de la seconde et les moyens de la mesurer.

III. La situation s'appuyant sur l'histoire des sciences.

1. Objectif.

   Réaliser un pendule qui marque la seconde.

2. Le matériel.

   Un pendule à paramètres réglable, un chronomètre, logiciel de traitement de données.

3. Déroulement de la séance :

   - ✓ Exposer l'objectif de la séance.
   - ✓ Etude de documents écrit par Galilée sur le pendule.
   - ✓ Vérifier expérimentalement les observations et les conclusions de Galilée.
   - ✓ Interpréter les résultats expérimentaux et les commenter.
   - ✓ Exploiter les résultats afin d'élaborer un modèle exploitable.
   - ✓ Utiliser le modèle.
   - ✓ Vérifier expérimentalement ses conclusions.

4. Compétences.

   4.1 Compétence expérimentales.

   - ✓ Formuler une hypothèse leur les paramètres pouvant jouer un rôle dans un phénomène.
   - ✓ Proposer une expérience susceptible de valider ou d'infirmer une hypothèse.
   - ✓ Analyser des résultats expérimentaux puis les confronter à une publication d'un scientifique.
   - ✓ Déterminer le domaine de validité d'un modèle.

   4.2 Compétences transversales.

   - ✓ Trier des informations.
   - ✓ Décrire une expérience, un phénomène.
   - ✓ Utiliser un vocabulaire scientifique.
   - ✓ Utiliser un logiciel dédié au traitement de résultats expérimentaux et les représenter graphiquement.

IV. Les points forts de l'approche historique.

- ✓ L'activité expérimentale permet d'établir un lien entre des récits historiques et le monde réel.
  L'élève suit les pas de Galilée qui donne une dimension plus humaine de l'étude d'un phénomène qu'une approche purement théorique. L'élève réalise une « vrai » expérience qui à permis d'améliorer la mesure du temps.

- ✓ Etudier les publications de scientifiques puis les confirmer expérimentalement.
  Le texte de Galilée guide l'élève dans la résolution de son problème.

- ✓ Utilisiez des instruments mesurant une durée (le pendule, chronomètre)

- ✓ Mise en évidence de la démarche de Galilée.
  - Observation : la lampe effectue un mouvement d'allé et venu.
  - Son hypothèse : Elle semble effectuer des oscillations périodiques quelques soit l'amplitude.
  - Sa démarche en plusieurs étapes:
    Il simplifie l'objet d'étude en utilisant un modèle, le pendule simple.
    Il recherche les paramètres pouvant influencer la période des oscillations.
    Afin d'étudier l'influence d'un paramètre, il doit fixer les autres.
    Le résultat de ses expériences confirme son hypothèse.
    Finalement il établit une relation mathématique entre période et longueur du fil.
    Ses travaux sont publiés dans un ouvrage « *Discours concernant deux sciences nouvelles* (1638) »

L'élève a des aprioris sur l'évolution des oscillations du pendule. Le mouvement de celui-ci ne lui semble pas périodique. L'approche historique, l'oblige à revenir sur sa conception de ce phénomène.
Galilée introduit le temps comme grandeur à suivre pour décrire une expérience. L'élève se forme à en faire autant.

- ✓ Huygens utilise les découvertes de Galilée.
  Galilée ne cherche pas à réaliser un pendule qui bat la seconde dans le document proposé.
  Pourtant, quelques années plus tard, Huygens améliore la précision des horloges mécaniques en ajoutant un balancier (un pendule) en reprenant la loi mathématique découverte de Galilée.
  Huygens fait évoluer la technologie des appareils de mesures du temps en utilisant les conclusions d'un scientifique.

  L'objectif est de montrer que l'étude de Galilée influence des scientifiques et permet l'évolution de la technologie, en publiant ses recherches.

- ✓ Montrer la démarche scientifique :
  - *Problème* : réaliser un pendule qui marque la seconde.
  - *Expérimentation* : utiliser le matériel mis à disposition.
  - *Interprétation et élaboration d'un modèle mathématique* : tracé de la courbe $T^2=f(L)$
  - *Confirmation du résultat par l'expérience* : réaliser un pendule d'un mètre et vérifier sa période.

  L'élève se retrouve dans une situation valorisante en vérifiant ses résultats.

- ✓ La modélisation.
  Utilisée afin de « prédire » la longueur du fil d'un pendule dont la période des oscillations est de 2 secondes.
  Le tracer de la représentation de $T^2= f(L)$ permet soit une exploitation graphique soit calculatoire.

  La modélisation est présentée comme un moyen mathématique d'analyser et de prévoir des résultats d'expériences et de formuler une théorie. En utilisant des moyens que ne disposait pas Galilée ou Huygens, l'élève poursuit l'étude du pendule. Il se sert de moyens modernes comme l'informatique, le chronomètre.

- ✓ *Pour aller plus loin :* $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$

  L'évolution des sciences permet de constater que la période du pendule dépend également de l'intensité de pesanteur. Aucune démonstration n'est faite car hors du champ de compétences exigé au niveau de la classe de seconde.
  Ceci peut faire le lien avec la partie du programme traitant l'interaction gravitationnelle.

V. Problèmes rencontrés.

1. Le langage.

Le vocabulaire utilisé à l'époque de Galilée ou de Huygens est parfois difficile à comprendre. Donner un lexique ou réécrire le texte sont des solutions. Une réflexion, à l'oral, sur les synonymes des mots est également possible.

2. Modélisation mathématiques.

La détermination de l'équation de la droite $T^2 = f(L)$ peut poser problème. En utilisant un logiciel de traitement de données, il est possible de retrouver plus rapidement l'équation de la droite et de l'exploiter.

3. Notion de temps.

Donner une définition du temps est relativement difficile. L'étude de la notion de temps dans de nombreux domaine de la physique et de la chimie (étude de mouvement, cinétique…) permet de conceptualiser cette notion qui pourtant est familière.

4. Au niveau pédagogique.

- ✓ Ne pas faire un cours d'histoire des sciences mais bien montrer la démarche d'un scientifique.
- ✓ L'approche historique implique un temps supplémentaire en classe pouvant nuire à l'approfondissement et la compréhension du concept. Toutefois intégrée dans la structure d'un cours, tel que le temps, contenant peu de notions nouvelles pour une classe de seconde, l'approche historique est fort appropriée.

VI. Nécessité d'introduire l'histoire des sciences.

1. Référence au programme.

L'Histoire de la mesure du temps par l'Homme remonte à ses origines. La mesure du temps a toujours été une de ses préoccupations majeures, notamment pour organiser la vie sociale, religieuse et économique.
Dans la partie « l'univers en mouvement et le temps » du programme de seconde générale, « le temps » apparait comme une notion permettant de réinvestir les connaissances étudiées dans les parties « Mesures de distance » et « Mouvements et forces ».

2. Les appareils de mesures.

Les progrès de la science sont souvent liés à l'élaboration de nouveaux appareils d'observations ou de mesures (la lunette de Galilée…). En élaborant une frise chronologique où figurent les appareils de mesures de durée, l'élève fait un premier point sur ses connaissances. Il constate que l'évolution technologique, apportée par les sciences, ne se fait pas sur une courte durée mais prend du temps.

3. La démarche scientifique.

L'approche historique des travaux de Galilée marque la place importante de l'observation et de l'expérimentation pour étudier un phénomène. Ses observations l'amène à formuler des hypothèses qu'il vérifie expérimentalement. Il n'invente pas des lois pour décrire un phénomène.

VII. Conclusion

Il semble difficile de faire redécouvrir les lois établies par Galilée sur le pendule en leur faisant refaire le parcours complet et les démarches de Galilée. Par contre, l'utilisation d'une partie des textes historiques qu'il publie donne un exemple de la démarche scientifique. Une bonne observation est à la base de la compréhension d'un phénomène. Et les outils de mesures ou d'observations créés, développent considérablement la vision du monde.
D'autre part, l'approche historique permet de développer la culture scientifique de l'élève. Ainsi il mesure la difficulté que l'homme a eu à rencontre pour résoudre des problèmes qui peuvent aujourd'hui sembler élémentaires.

ANNEXES

TP- Etude du pendule simple

Objectif : réaliser un pendule qui « bat » la seconde

En 1583, un jeune homme de 19 ans nommé Galileo Galilei assistait à la prière à la cathédrale de Pise lorsque, dit la tradition, son attention fut soudain attirée par le balancement de la lampe au-dessus de l'autel. Quelle que fut *l'ampleur de l'oscillation* (1), il semblait que la lampe *mettait toujours le même temps pour effectuer un déplacement complet* (2). Bien sur, Galilée n'avait pas de montre, mais il mesura la *durée d'un balancement* (3) d'après sont pouls.

- Quelle hypothèse formule Galilée ?

Dans le texte suivant tiré des *Discours concernant deux sciences nouvelles* (1638), Galilée décrit ses deux premières expériences sur l'étude des oscillations d'un pendule.

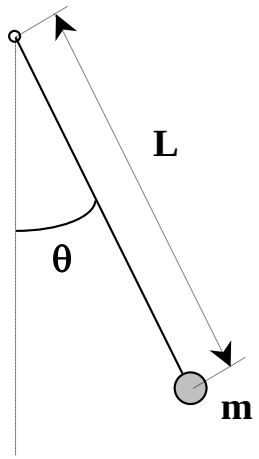
J'ai pris deux sphères égales, l'une de plomb, l'autre de liège, celle-là bien plus de cent fois plus lourde que celle-ci, toutes deux attachées à des fils fins et égaux, long de 4 à 5 coudées, fixés par le haut.
Puis, les ayant éloignées l'une de l'autre de la verticale, je les ai laissées aller en même temps ; et toutes deux descendant le long des circonférences, des cercles décrits par les fils et de rayons égaux, délassèrent la verticale ; puis elles revinrent en arrière par le même chemin et répétant bien cent fois les mêmes allées et venues, elles ont montré d'une manière évidente que la boule lourde marche tellement dans le même temps que la légère, qu'elle ne dépasse pas ce temps ni en cent oscillations, ni en mille, du plus petit intervalle, mais elle marche d'un pas tout à fait égal…. Chacune de ces oscillations se fait dans des temps égaux.

« Ensuite, quant à la proportion des temps des oscillations des mobiles suspendus à des fils de différentes longueurs, des expériences répétées, que chacun peut faire, m'ont démontré que, si l'on veut que le temps des oscillations d'un pendule soit double du temps des oscillations d'un autre, il faut que la longueur de la corde du second soit quadruple de la longueur de la corde du premier. Et alors dans le temps d'une oscillation d'un pendule, un autre en fera trois, si sa corde est neuf fois moins longue que celle de l'autre. »

1. Schématiser et légender l'expérience réalisée par Galilée.
2. Représenter, sur le schéma, la trajectoire de la boule au cours des oscillations, dont la durée est la période du mouvement. Comment cette périodicité est elle évoquée dans le texte ?
3. Que veut dire Galilée lorsqu'il par de « sphères égales » ? En quoi ces sphères ne sont elles pas égales ? Traduire cette expression en langage scientifique moderne.
4. En utilisant le mot période, résumer d'une phrase la propriété du pendule mise en évidence par l'expérience de Galilée lorsqu'il utilise deux sphères différentes

I. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Paramètres du pendule



Un pendule simple est constitué d'un fil inextensible de masse négligeable et de longueur L auquel est accroché un objet considéré comme ponctuel de masse m.

L : longueur de fil (en m).
θ : angle d'inclinaison par rapport à la verticale.
m : masse du solide (en kg).

Écarté de sa position initiale d'un petit angle θ et lâché sans vitesse initiale, il effectue un mouvement périodique d'allée et venue, d'une durée T appelée période.
Remarque : un aller retour correspond à une oscillation.

Description du matériel

Le dispositif permet :

- de contrôler l'angle d'inclinaison du pendule de 0 à 40° ;
- de modifier et de mesurer la longueur du fil. A chaque tour de l'enrouleur, la longueur du fil varie de 10 cm.
- de disposer de trois solides de même volume et de masse connue :
  solide en PVC m = 8 g ; solide en aluminium m = 14 g ; solide en laiton m = 40 g.

II. RECHERCHE EXPERIMENTALE DE L'EXPRESSION DE LA PERIODE T

1. MANIPULATIONS

Influence de l'angle θ

- ☐ Régler le dispositif de manière à ce que L = 40 cm et m = 14 g
- ☐ Lâcher le pendule après l'avoir écarté d'un angle de 5 ° par rapport à la verticale (le fil doit être tendu).
- ☐ Déclenchez le chronomètre après que le pendule a effectué une première oscillation et mesurez la durée de 10 oscillations.
- ☐ Recommencez en faisant varier l'angle de 5 ° en 5 ° jusqu'à 30°

Citer les paramètres fixes de cette expérience :

θ : angle (en degrés)						
T : période (en s)						

Influence de la masse.

- ☐ Recommencez l'expérience avec une longueur de fil fixe L = 40 cm, un angle d'inclinaison fixe θ = 15 °, et faire varier la masse.
- ☐ Mesurer la durée de 10 oscillations pour des masses variables et compléter le tableau.

Citer les paramètres fixes de cette expérience :

Masse (en g)			
T : période (en s)			

Influence de la longueur du fil

- ☐ Recommencez l'expérience avec la masse en aluminium et un angle d'inclinaison fixe $\theta = 15°$ mais en faisant varier la longueur du fil de 10 cm en 10 cm en commençant à 20 cm.
- ☐ Mesurer la période d'une oscillation.

Citer les paramètres fixes de cette expérience :

L : (en m)									
T : période (en s)									
T^2									

2. OBSERVATIONS

- Parmi les trois paramètres étudiés (θ, m et L), quels sont ceux ayant une influence sur la durée des oscillations ?
- Préciser les conditions d'expérimentation pour que les observations de Galilée soit verifiées.

3. EXPLOITATION DES RESULTATS

- Tracer le graphe de la période au carré T^2 en fonction de la longueur du fil L à l'aide d'un tableur ou sur papier millimétré.
- Donner la nature de la représentation graphique de la courbe tracée. Conclure.
- En déduire l'équation de la courbe.
- Comparer la valeur du coefficient directeur avec celle de $\frac{4\pi^2}{g}$ (où $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$: intensité de pesanteur).
- En déduire l'expression de T^2 en fonction de L et g.
- Déterminer, les conditions pour que le pendule puisse « battre » la seconde puis vérifiez vos calculs par l'expérience.

4. UN PENDULE QUI « MARQUE» LA SECONDE

*Il faut d'abord avoir déterminé la longueur du pendule, laquelle est facilement déduite de la règle que les longueurs des pendules sont entre elles comme le carré des périodes. De sorte que la longueur du pendule qui mesure deux secondes étant d'après notre définition de trois pieds, sa quatrième partie *, c'est-à-dire neuf pouces, conviennent au pendule qui marquera la seconde.*

Extrait des œuvres complètes de Huygens, Société Hollandaise des sciences, 22e volume, la Haye, 1888-1950

Données : un pied (à l'époque de Huygens) = 33,14 cm

* Quatrième partie : le quart.

- Déterminer la longueur du pendule qui « marquera la seconde » selon Huygens puis conclure.

5. REGLAGE DES HORLOGES MECANIQUES

Une horloge mécanique bien réglée a un balancier qui « bat la seconde » . Lorsque l'horloge avance ou bien retarde, on fait coulisser le disque métallique sur la tige verticale pour régler la durée des oscillations.

- A partir des résultats expérimentaux expliquer comment agir sur le disque de l'horloge si la pendule retarde.

Cours - La mesure du temps

Savoirs :

- Connaitre les définitions de la période et de la fréquence d'un phénomène périodique.

Savoirs faire théoriques :

- Passer des années aux mois, aux jours aux heures aux secondes et réciproquement.
- Savoir calculer la fréquence d'un phénomène à partir de sa période et réciproquement.
- Nommer quelques dispositifs permettant de mesurer une durée.

I. Unité du Système International (SI)

La seconde de symbole (s)

Les unités usuelles :

La minute : 1 min = 60 s.
L'heure : 1 h = 60 min = 3600 s.
Le jour : 1 j = 24 h = 1440 min = 86400 s.

II. Utiliser les unités de durée.

- Exprimer la durée d'une rotation de la Terre autour du Soleil (365,242 j) en jours, heures et minutes (à 1 min près)

  1 année contient 365 j entiers
  Partie décimale en heures : 0,242 j = (0,242 x 24,0) h = 5,81 h , soit 5 h entières
  Partie décimale en minutes : 0, 81 h = (0,81 x 60) min (= 48, 6 min) = 49 min
  1 an = 365 j 5 h 49 min

- convertir la durée de 15 ms en s puis h et en j

t =15 ms = 15.10^{-3} s
on sait que 1 h = 3600 s soit 1 s = 1/3600 s donc 15.10^{-3} s = 15.10^{-3} /3600 =$4,2 .10^{-6}$ h
on sait que 1 j = 24 h d'où $4,2 .10^{-6}$ h = $4,2 .10^{-6}$ /24 = $1,7.10^{-7}$ j

III. Période et fréquence

Un phénomène périodique se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers.

Définition de la période :
Le plus petit intervalle de temps au bout duquel un phénomène périodique se reproduit identique à lui-même s'appel la période notée T. Elle s'exprime en secondes (s).

Définition de la fréquence :
Le nombre de fois où ce phénomène se répète par seconde s'appelle la fréquence notée f. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

avec T en seconde (s) et f en hertz (Hz)

Exemples:

Phénomène périodique	Rythme cardiaque de l'huitre	Pouls d'un adulte	Opérations effectuées par un processeur	courant alternatif délivré par EDF
Période, T	10 s	1 s	$4,2.10^{-10}$ s = 0,42 ns	0,020s = 20 ms
Fréquence, f	0,1Hz	1 Hz	2,4 GHz	50 Hz

Activité- Approche historique de la mesure d'une durée.

But de l'activité:

- Montrer et justifier les diverses techniques de mesure de durée.
- Exploitation d'une vidéo :
  - Nécessité de la mesure du temps.
  - Classement chronologique des instruments de mesure.

✓ Questions sur la vidéo:

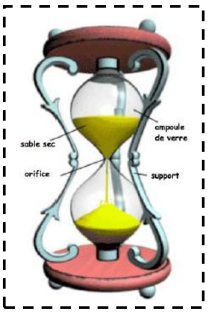
1. Donner « la première » définition de la seconde.
2. La Terre tourne-t-elle sur elle-même exactement en 24 h ?
3. En 1960, à partir de quel phénomène astronomique, la seconde est elle définit ?
4. Sur quel élément chimique les scientifiques se basent –ils pour reproduire la seconde très précisément ?
5. Quelle grandeur caractérise une onde ?
6. Donner des exemples qui justifient la nécessité de la mesure d'une durée.

✓ Classement chronologique des instruments de mesures.

Travail à rendre :

- ☐ Sur une feuille de format A4 tracer l'axe du temps de l'antiquité à nos jours puis placer dans l'ordre chronologique les différents appareils de mesures du temps.
- ☐ Nommer ces appareils.
- ☐ Préciser sur l'axe l'année ou le siècle de la première utilisation de ces appareils.
- ☐ Faire un bref descriptif du principe de fonctionnement de ces appareils.
- ☐ Donner les avantages et les inconvenants de ces appareils.
- ☐ Justifier le perpétuel besoin d'élaborer de nouveaux appareils de mesures du temps.

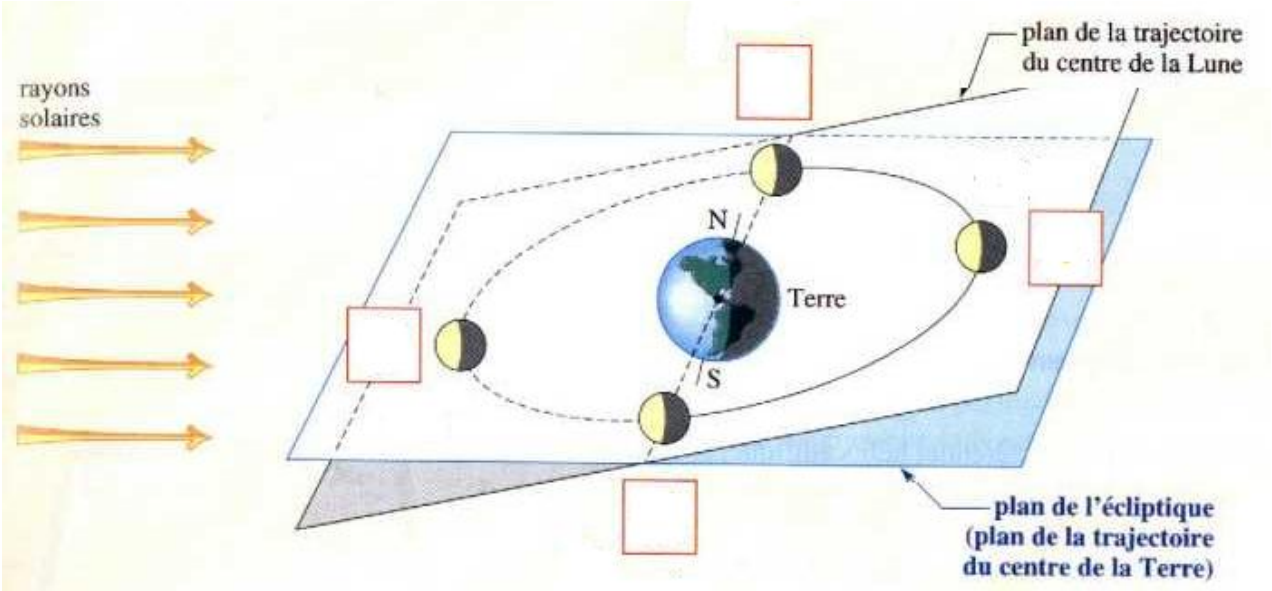
✂ Images d'appareils de mesures du temps à découper et à placer sur votre axe chronologique.



Activité- Phénomènes astronomiques périodiques

I. Phases de la Lune

On appelle phases de la Lune, les différents aspects qu'elle présente et qui s'expliquent par le fait que la Lune tourne autour de la Terre. L'intervalle entre deux phases identiques de la Lune est aussi une unité de temps : le mois lunaire ou lunaison qui est de 29,5 jours.



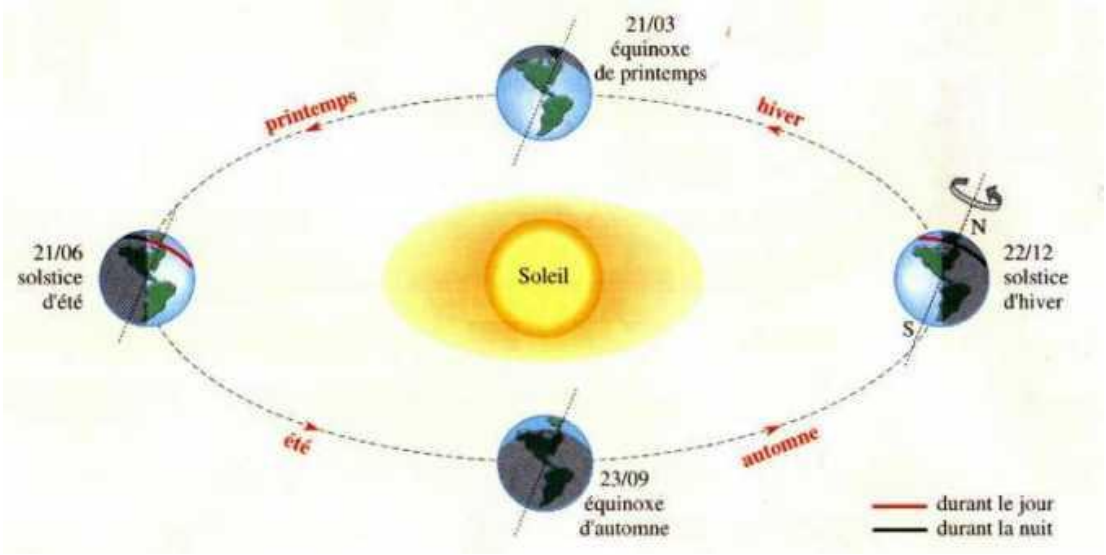
1.1 Déterminer la période de révolution de la Lune autour de la Terre. En déduire la fréquence de révolution de la Lune.

1.2 Représenter la Lune vue depuis la Terre dans les quatre positions du schéma ci-dessus.

1.3 Nommer les phases de la Lune dans ces positions.

II. Saisons

Le mouvement de la Terre s'effectue dans un plan appelé plan de l'écliptique. L'axe des pôles de la Terre est incliné par rapport à ce plan, ce qui explique les saisons.



2.1 Nommer les moments de l'année où la durée des jours et des nuits est égale.

2.2 Nommer les moments de l'année où l'inégalité des jours et des nuits est maximum.

2.3 Compléter la phrase : Plus les rayons arrivent proches de la (c'est-à-dire plus le Soleil est proche du), plus il fait

De Jules César à Grégoire XIII

Le pape Grégoire XIII réforma le calendrier julien en 1582.

En 46 avant J.C., Jules César fait appel à l'astronome grec Sosigène d'Alexandrie pour concevoir un calendrier cohérent. Sosigène décide de ne pas tenir compte du cycle de la Lune, mais de s'ajuster à l'année des saisons, voisine de 365,25 jours. L'année calendaire comporte donc 365 jours, et pour compenser le quart de jour manquant, on ajoute un jour tous les quatre ans. Le début de l'année est fixé au 1er janvier, l'équinoxe de printemps au 25 mars. Mais l'année julienne excède l'année solaire de 11 min 14 s, ce qui crée une différence de 1 jour en 128 ans. Le début du printemps se décale alors inexorablement vers le début de l'année.

Pour remédier à cela, le pape Grégoire XIII, à partir des travaux d'une commission de savants, décide que toutes les années séculaires non divisibles par quatre ne seront plus bissextiles (l'année 2000 est bissextile, 2100 ne le sera pas).
Mais il faut également remettre le calendrier en accord avec le cycle solaire. Le pape décrète que le jeudi 4 octobre 1582 sera directement suivi du vendredi 15 octobre.
Ce saut brutal n'est pas accepté d'emblée partout. Les pays protestants ne suivront la directive pontificale qu'au 18e siècle. Les pays ortho-

Questions :

1. Les calendriers julien et grégorien sont dits « calendriers solaires » . Justifier cette appellation.
2. Quelle modification a apporté le calendrier grégorien au calendrier julien ?
3. D'après les données du texte, calculer, à deux jours près, la date approximative de l'équinoxe de printemps en 1582. Le résultat est il en accord avec la décision de Grégoire XIII ?