



SIDEREUS NUNCIUS

Fiches des élèves

TEMPS & GRAVITATION



Pour toute information/remarque sur le contenu de ces fiches
prière de contacter ama09@obs.univ-lyon1.fr

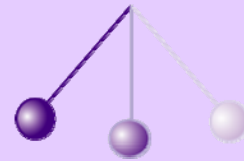
EXPÉRIENCES

<i>Chute des corps</i>	
Chute verticale	p. 2
Chute le long d'un plan incliné	p. 5
Composition des vitesses	p. 7
Système en rotation	p. 8
<i>Isochronisme des pendules</i>	
Période d'un pendule simple	p. 9
Paramètres influençant la période	p. 10
La pendule de Galilée	p. 11
<i>Les mouvements</i>	
Rotation de la Terre sur elle-même	p. 13
Révolution de la Terre autour du Soleil	p. 14
Observation des étoiles	p. 15

MATERIEL (contenu dans le compartiment "physique")

- Pendule simple et ses masses (boulons),
- Pendule de Foucault,
- Colonne à chutes, sa boîte à chutes et ses masses (boulons),
- Plan incliné avec ses billes en verre, son mécanisme de lâcher et le stylo de lancement,
- Boîte "horizon" servant de rangement des fournitures,
- Sphère céleste miniature avec les gommettes "Soleil",
- Tube de cuivre et son aimant cylindrique,
- Boule "Terre",
- Chronomètre,
- DVD "Archives des "Cahiers Clairaut",
- DVD "notice et explications",
- Manuel du professeur (avec l'original de la carte céleste).

Chute des corps



Chute verticale

But

Trouver la loi reliant la hauteur de chute au temps de chute

Matériel

- colonne à chutes avec son chronomètre à commande électrique
- boulons (vissés sur la plaque) et clavette (petites fournitures)
- tube de cuivre et aimant cylindrique



Questions

1. Comparer la chute de deux masses différentes depuis votre hauteur (par exemple une gomme et un papier froissé en boule). Les corps tombent-ils tous en un même temps ?
2. Quels sont les paramètres qui influencent le temps de chute (masse, compacité, frottement) ?
3. Si on augmente les frottements, la vitesse de chute suit-elle la même loi ? Trouver une façon d'augmenter les frottements pour faire tomber par exemple une feuille de papier.
4. Analyser le fonctionnement du système de "colonne à chutes".
Consulter la notice d'utilisation de la colonne à chutes avant de vous en servir.
5. Si un corps tombe d'une hauteur quatre fois plus grande, comment change le temps de chute ?
6. Tracer la hauteur de chute en fonction du temps. A-t-on proportionnalité entre les deux ?
7. Essayer de trouver la loi reliant la hauteur H et le temps de chute t .
8. La chute d'un aimant dans un tube métallique est-elle aussi rapide ? S'il y a une différence, trouvez la ou les causes ? Imaginer des applications pratiques ?



Notice d'utilisation de la "colonne à chutes"

La "colonne à chutes" permet de mesurer les temps de chute d'un objet avec une précision de l'ordre du centième de seconde. Les objets seront des boulons de masses différentes.

Fonctionnement

Une petite boîte, pourvue d'un mécanisme à ressort, permet de libérer la masse d'essai à un instant précis. C'est au moment où le **clapet** s'ouvre que le contact s'établit pour faire démarrer le chronomètre. Ce contact produit l'équivalent d'une pression sur le bouton de droite du chronomètre (contact marche/arrêt). Ce contact est établi pendant quelques millisecondes.

Quand le corps en chute libre arrive sur la **plaque de réception**, un autre microcontact provoque l'arrêt du chronomètre.

La colonne doit être bien horizontale pour que la masse en chute libre tombe près du centre de la plaque de réception; au besoin régler les pieds du plateau ou le caler.

Mise en œuvre

Pour faire une mesure il faut effectuer les opérations suivantes :

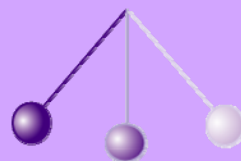
- armer la plaque de réception en la soulevant jusqu'à ce que le microcontact du bas soit ouvert.
- remettre le compteur à zéro en appuyant sur le bouton de gauche du chronomètre (au besoin, arrêter le chronomètre par une pression sur le bouton de droite).
- armer le clapet en le faisant pivoter sur son axe et en le bloquant par la **clavette** attachée au bâti de l'appareil.
- régler la hauteur de chute en dévissant légèrement la vis de blocage du boîtier.
- insérer la masse de plomb dans le boîtier.

Le système est prêt pour mesure le temps de chute :

- Tirer doucement sur la clavette pour libérer le clapet. Attention, le mouvement doit être doux pour ne pas déstabiliser l'ensemble du montage. Il peut être bon d'appuyer sur le haut de la colonne pour la stabiliser.
- Effectuer plusieurs mesures et ne garder que les mesures qui concordent à 1 ou 2 centièmes de seconde. Prendre pour valeur du temps de chute la moyenne des mesures.

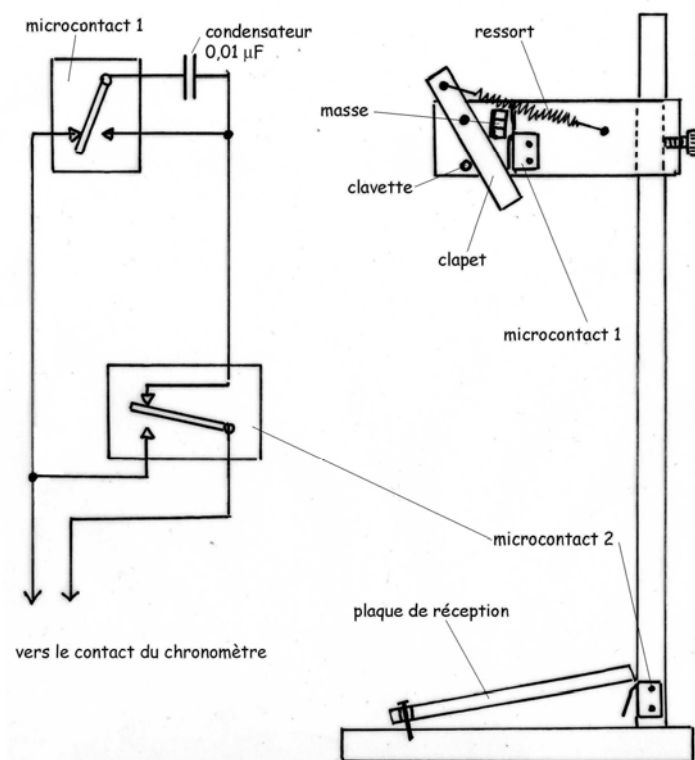
Le schéma de branchement et le principe du fonctionnement sont donnés ci-dessous.

Chute des corps



Chute verticale

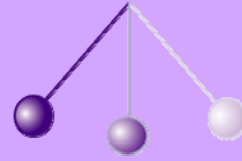
Fonctionnement de la colonne à chute



Note : Le schéma électrique représente le clapet non armé.

Explication du fonctionnement du circuit électrique. Quand le clapet est fermé par la clavette, le condensateur est déchargé (il est en court-circuit). Quand le clapet s'ouvre, le condensateur se trouve alors connecté, par le microcontact numéro 1, aux bornes du bouton de démarrage du chronomètre. Le contact s'établit pendant le temps que le condensateur met à se charger (quelques millisecondes). Quand la masse en chute libre arrive sur la plaque de réception, le microcontact numéro 2 se ferme et arrête le chronomètre.

Chute des corps



Chute le long d'un plan incliné

But

Le but de cette expérience est de montrer l'équivalence entre la chute verticale et la chute le long d'un plan incliné.

Matériel

- chronomètre simple
- billes en verre
- plan incliné réglable



Questions

1. Deux billes de masses différentes descendent-elles à la même vitesse ?
2. Pourquoi cette vitesse semble-t-elle dépendre un peu de la masse des billes ?
3. Si la longueur de descente est multipliée par quatre, comment le temps de descente varie-t-il ?
4. Comment le temps de descente varie-t-il en fonction de la longueur de descente ?
5. La chute d'un corps le long d'un plan incliné suit-elle la même loi que la chute libre, comme l'affirme Galilée ? (voir ci-dessous)
6. Trouver l'accélération le long du plan incliné en fonction du rapport H/L (hauteur H sur longueur L du plan incliné). En déduire l'accélération verticale. Pourquoi le résultat est-il plus faible que ce qui avait été trouvé lors de l'étude de la chute verticale ?
7. Pourrait-on trouver une méthode pour corriger des frottements ?

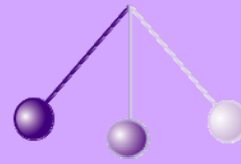
Voici ce qu'écrivait Galilée :

"Ce qui vient d'être démontré dans le cas de mouvements verticaux doit s'entendre également pour des mouvements sur des plans inclinés quelconques : on a admis, en effet que sur de tels plans le degré d'accélération augmente toujours dans la même proportion, c'est-à-dire selon l'accroissement du temps.."

Galilée (Discours concernant deux sciences nouvelles)

Lisez le texte historique ci-dessous. Vous verrez que Galilée utilisait un curieux chronomètre.

Chute des corps



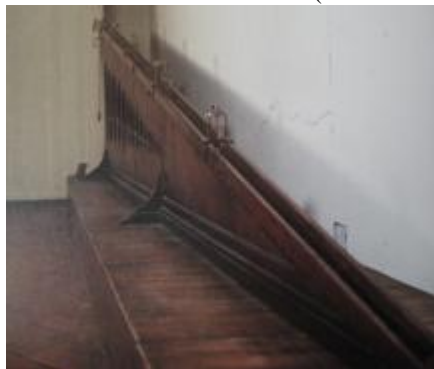
Chute le long d'un plan incliné

Un texte de Galilée

"Dans une règle, ou plus exactement un chevron de bois d'environ 12 coudées, large d'une demi coudée et épais de 3 doigts, nous creusions un petit canal d'une largeur à peine supérieure à un doigt, et parfaitement rectiligne; après l'avoir garni d'une feuille de parchemin bien lustrée pour le rendre aussi glissant que possible nous y laissions rouler une boule de bronze très dure, parfaitement arrondie et polie. Plaçant alors l'appareil dans une position inclinée, en élevant l'une de ses extrémités d'une coudée ou deux au-dessus de l'horizon, nous laissions, comme je l'ai dit, descendre la boule dans le canal, en notant, selon une manière que j'exposerai plus loin, le temps nécessaire à une descente complète ; l'expérience était recommencée plusieurs fois afin de déterminer exactement la durée du temps, mais sans que nous découvrîmes jamais de différence supérieure au dixième d'un battement de pouls."

La mise en place et cette première mesure étant accomplies, nous faisons descendre la même boule sur le quart du canal seulement. Le temps mesuré était toujours rigoureusement égal à la moitié du temps précédent. Nous faisons ensuite varier l'expérience, en comparant le temps requis pour parcourir la longueur entière du canal avec le temps requis pour parcourir sa moitié, ou les deux tiers, ou les trois quarts, ou toute autre fraction; dans ces expériences répétées une bonne centaine de fois, nous avons toujours trouvé que les espaces parcourus étaient entre eux comme les carrés des temps, et cela quelle que soit l'inclinaison du plan".

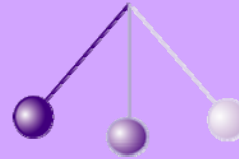
Galilée (Discours concernant deux sciences nouvelles)



Le plan incliné utilisé par Galilée. Des petites clochettes donnaient par leur tintement au passage de la boule et selon leur position, le rythme de la descente.

(Photo : "Galilée l'expérience sensible" de P. Galluzzi, G. Micheli, A. Porta, L. Rosino, G. Tadorelli, Editions Vilo, Paris)

Chute des corps



Composition des vitesses

But

Le but est de montrer que les vitesses dans différentes directions peuvent se composer, afin d'expliquer la trajectoire d'un corps lancé.

Matériel

- billes en verre
- stylo à ressort
- chronomètre
- plan incliné



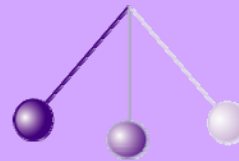
Questions

1. Est-il nécessaire, en l'absence de frottement, d'appliquer une force sur un corps pour qu'il garde une vitesse constante en se déplaçant sur une surface horizontale?
2. Pourquoi semble-t-il nécessaire d'appliquer une force pour maintenir le mouvement.
3. Si on lâche un objet (par exemple une gomme) alors qu'on se déplace rapidement, l'objet tombe-t-il en arrière de nous, devant nous, ou à nos pieds ?
4. Pendant sa chute, l'objet a-t-il gardé la vitesse horizontale (vitesse mesurée par rapport à un point du sol) ?
5. En vous servant des résultats de l'étude de la chute des corps, tracer la forme de la trajectoire de l'objet ?
6. Essayez de trouver une solution pour enregistrer la trajectoire d'une bille lancée sur un plan incliné (exemple : bille frottée avec un feutre qui enregistre sa trace sur une feuille de papier ; bille trempée dans de l'encre ; papier carbone ...). Montrer que cette trajectoire résulte de la composition des vitesses horizontale et verticale.

"Je prends une boule de bronze parfaitement ronde et pas plus grande qu'une noix, et je la lance sur un miroir de métal, tenu non pas perpendiculairement, mais un peu incliné, de telle façon que la boule puisse rouler sur sa surface et la presser légèrement dans son mouvement : elle laisse alors la trace d'une ligne parabolique très précise et très nette."

Galilée (Discours concernant deux sciences nouvelles)

Chute des corps



Systeme en rotation

But

Le but de l'expérience est de comprendre le pendule de Foucault.

Matériel

- Pendule monté sur un socle tournant

Questions

Galilée avait compris que la Terre tournait sur elle-même et qu'elle tournait autour du Soleil. Foucault fit une expérience pour prouver la rotation de la Terre. Nous allons simuler cette expérience.

1. Imaginez un pendule simple situé juste au pôle nord de la Terre. La rotation de la Terre est simulée par la rotation du support du pendule. Que voit l'observateur qui tourne avec la Terre ?
2. Quel sera le sens de la rotation apparente du plan d'oscillation ? Combien de temps faudra-t-il pour que ce plan tourne d'un tour ?

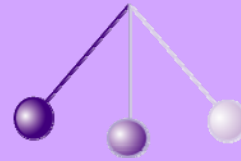
On admet qu'une rotation peut se représenter par un vecteur, dont le **module** est la vitesse de rotation, le **support**, un axe parallèle à l'axe de rotation, et le **sens** celui de la rotation par la règle de la main droite (voir dessin).



1. Imaginer le même pendule en un point de latitude donnée, sur la Terre. Décomposer la rotation terrestre en deux rotations. En déduire le temps que mettra le plan d'oscillation pour faire un tour en ce lieu.
2. Que se passerait-il à l'équateur ?

Pour plus de détails, voir les Cahiers Clairaut sur le DVD (CC101, page 17) et la vidéo sur le deuxième DVD.

Isochronisme des pendules



Mesure de la période

But

Le but est d'étudier expérimentalement l'oscillation d'un pendule simple constitué d'une masse au bout d'un fil.

Matériel

- potence support
- objet suspendu à un fil par la potence
- chronomètre



Histoire

"J'ai pris deux balles, 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 égaux, longs de quatre à cinq coudées*, fixés par le haut. Puis, les ayant éloignées l'une et 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 dépassèrent 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'il ne dépasse pas ce temps ni en cent oscillations, ni en mille du plus petit intervalle, mais elles marchent d'un pas tout à fait égal."

Galileo Galilei, Dialogues, 1632

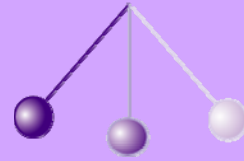
* Une coudée est égale à 0,5 m environ

Questions

Un pendule simple est constitué d'un fil inextensible de masse négligeable auquel est accroché un objet de petite dimension par rapport à la longueur du fil. Réaliser et commenter l'expérience effectuée par Galilée.

1. Définir les termes « oscillation » et « période »
2. A l'aide du matériel proposé, réaliser un pendule simple.
3. Faire osciller le pendule puis mesurer la durée d'une période.
4. Comment mesurer le plus précisément possible la période du mouvement ?
5. Comment procéder pour diminuer l'incertitude sur la mesure ?
6. Quand est-il préférable de déclencher le chronomètre : à un moment quelconque, au moment du passage à la verticale, au moment où la bille passe à une position extrême ?
7. Essayer de montrer que le temps t de descente dans une direction (ou de montée dans une direction) de l'objet suspendu est le quart de la période (éventuellement utiliser un pendule de grande longueur).

Isochronisme des pendules



Paramètres influençant la période

But

Le but est de trouver les paramètres qui influencent la durée de la période d'un pendule simple et d'étudier empiriquement la loi qui donne cette période.

Matériel

- pendule simple avec un fil de longueur modifiable, une masse suspendue modifiable

Questions

1. Faire la liste de tous les paramètres qui peuvent, selon vous, influencer la valeur de la période des oscillations. [masse ; longueur ; frottements ; amplitude]
2. Proposer pour chaque paramètre une expérience permettant de valider l'hypothèse proposée. Conclure : de quoi dépend la période du pendule simple ? Trouver empiriquement une expression qui donne la période d'oscillation.

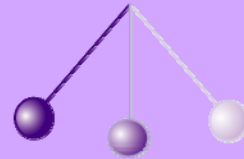
Idées d'expériences

Mesurer la période d'un pendule en immergeant la masse suspendue dans un bol d'eau.

Faire rouler une bille dans une demie sphère et mesurer la période d'oscillation. On peut comparer cette oscillation à celle d'un pendule.



Isochronisme des pendules



La pendule de Galilée

But

On veut montrer qu'un pendule simple peut servir pour mesurer un temps, comme Galilée l'a suggéré.

Matériel

- matériel habituel pour le pendule.
- schéma du mécanisme d'échappement de la "pendule" de Galilée.

Questions

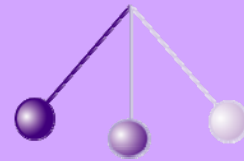
1. On souhaite construire un pendule simple ayant une période de une seconde. Quel paramètre faut-il ajuster ? Calculer la valeur du paramètre à ajuster. Réaliser le pendule et vérifier la valeur de sa période.
2. Quel est le défaut majeur de cette « horloge » ?
3. Expliquez comment marche le mécanisme de Galilée pour réaliser UNE pendule ? (voir le schéma simplifié ci-dessous). Trouver le mécanisme moderne le plus simple et, éventuellement, essayer de réaliser une copie du mécanisme, en carton.



Modèle de la pendule de Galilée

(Photos : "Galilée l'expérience sensible" de P. Galluzzi, et al., Editions Vilo, Paris)

Isochronisme des pendules



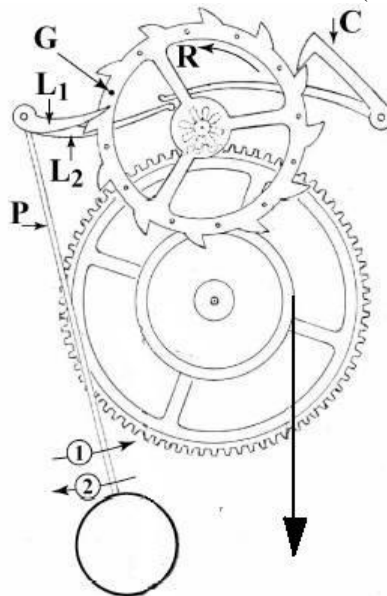
La pendule de Galilée

Schéma de la "pendule" de Galilée

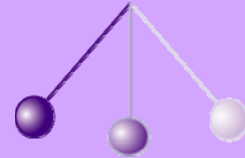


Projet par Galilée de réalisation d'une pendule

Le principe de fonctionnement est illustré ci-dessous (schéma de Ch.-H. Eyraud):



Les mouvements



La rotation de la Terre sur elle-même

But

Le but est de trouver le sens de rotation de la Terre.



Matériel

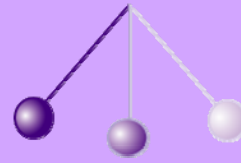
- Une boule en polystyrène matérialisant la Terre sur son axe
- Une lampe puissante (expérience d'optique) représentant le Soleil

On rappelle la convention qui fixe le nom des quatre directions principales. Le nord est la direction de l'étoile polaire. L'est, le côté de l'horizon où se lève le Soleil. L'ouest, celui où il se couche. Le sud est à l'opposé du nord.

Questions

1. Trouver le nord, l'est, l'ouest et le sud sur la boule représentant la Terre.
2. Trouver la position du plan de l'équateur.
3. Dans quel sens la Terre doit-elle tourner pour que le Soleil paraisse se lever du côté de l'est ?
4. En regardant l'étoile polaire, dans quel sens voyons-nous tourner les étoiles, dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens opposé ?
5. Pourquoi est-il préférable de lancer les fusées françaises depuis la base de Kourou en Guyane ?

Les mouvements



Révolution de la Terre autour du Soleil

But

Le but 'est de comprendre pourquoi le Soleil ne se lève pas toujours dans la même direction et pourquoi il y a des saisons.

Matériel

- Une petite sphère céleste et son axe avec la Terre au centre,
- Une boîte en carton matérialisant l'horizon d'un point de la Terre,
- gommettes autocollantes pour représenter le Soleil.

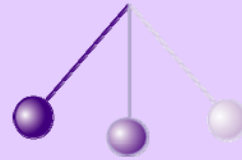


Questions

1. Montrer que la latitude terrestre d'un lieu (angle que fait la verticale du lieu avec le plan de l'équateur) est aussi l'angle que fait la direction de l'axe de rotation de la Terre avec l'horizon du lieu.
2. Régler la sphère céleste pour que la latitude du lieu d'observation soit à peu près 30 ou 40 degrés. Quand la Terre tourne sur elle-même, dans quel sens voyons nous tourner les étoiles ? Qu'en est-il vu de l'extérieur ?
3. Quand la Terre tourne autour du Soleil en un an, nous voyons, depuis la Terre, le Soleil se déplacer sur un plan, le plan de l'écliptique (dessiné en rouge sur la sphère céleste). Placez le Soleil à différentes positions sur l'écliptique et faites tourner la sphère d'un tour pour représenter l'écoulement d'un jour. Que constatez-vous ?
4. Le Soleil, se lève-t-il toujours exactement à l'est ; se couche-t-il exactement à l'ouest ?
5. Le Soleil reste-t-il toujours aussi longtemps au-dessus de l'horizon ? Monte-t-il toujours aussi haut dans le ciel ?
6. Recommencez pour d'autres lieux (près du pôle nord et près de l'équateur). Commentez les observations.



Les mouvements



L'observation des étoiles

But

Le but est d'apprendre à manipuler la carte du ciel

Matériel

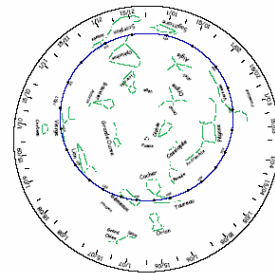
Une carte du ciel à reproduire par photocopie ou reproduction numérique ("scan") et à fabriquer (la carte est fournie dans le livret du professeur).

Questions

Placer la date en face de l'heure

Mettre la carte au-dessus de sa tête : on voit alors le ciel visible ce jour-là à cette heure-là. Attention, les heures sont les heures au Soleil. Il faut rajouter 2 heures en été (ou 1 en heure d'hiver) pour avoir approximativement l'heure de la montre.

- Régler la carte pour le 1er mars à 20 heures.
 - Quelle étoile brillante voit-on au sud ?
 - Où est située la constellation du Lion ?
 - Où est situé la grande Ourse ? Cassiopée ?
- Placer la constellation d'Orion au sud.
 - A quelle date peut-on voir Orion au sud à 20 h ?
 - Peut-on voir Orion au sud en juin ?
- Tourner la carte du ciel.
 - La Grande Ourse peut-elle être sous l'horizon ?
 - Orion peut-il être sous l'horizon ?
- Régler la carte pour le 1er mars à 17 h 30.
 - Où est situé le Soleil ?
 - Peut-on voir la Grande Ourse ?
- À quelle heure se lève le Soleil le 1er mars ?
- Dans quelle constellation est le Soleil le 1er mars ?



Remarques à propos de la carte du ciel :

- Les noms en italique sont des noms d'étoiles, les autres sont des noms de constellations.
- La position du Soleil est notée pour le 1^{er} et le 15 de chaque mois.
- Les graduations extérieures correspondent au 1er, 8, 15 et 22 de chaque mois.
- Pour passer de l'heure solaire à l'heure légale, il ne suffit pas d'ajouter 2 heures (ou 1 h en heure d'hiver). Si on veut être précis, il faut aussi enlever 10 minutes (décalage entre l'heure de Paris et l'heure de Greenwich) et ajouter une correction appelée équation du temps qui varie entre - 16 minutes à + 14 minutes suivant la date.