

Jean Richer à Cayenne (1672-1673)

Cayenne

Lycée Léon Gontran Damas

Philippe Lavrand

Françoise Capus

Lyon

ENS-Lyon

Denis Le Tourneau

René Tardieu

Gérard Vidal

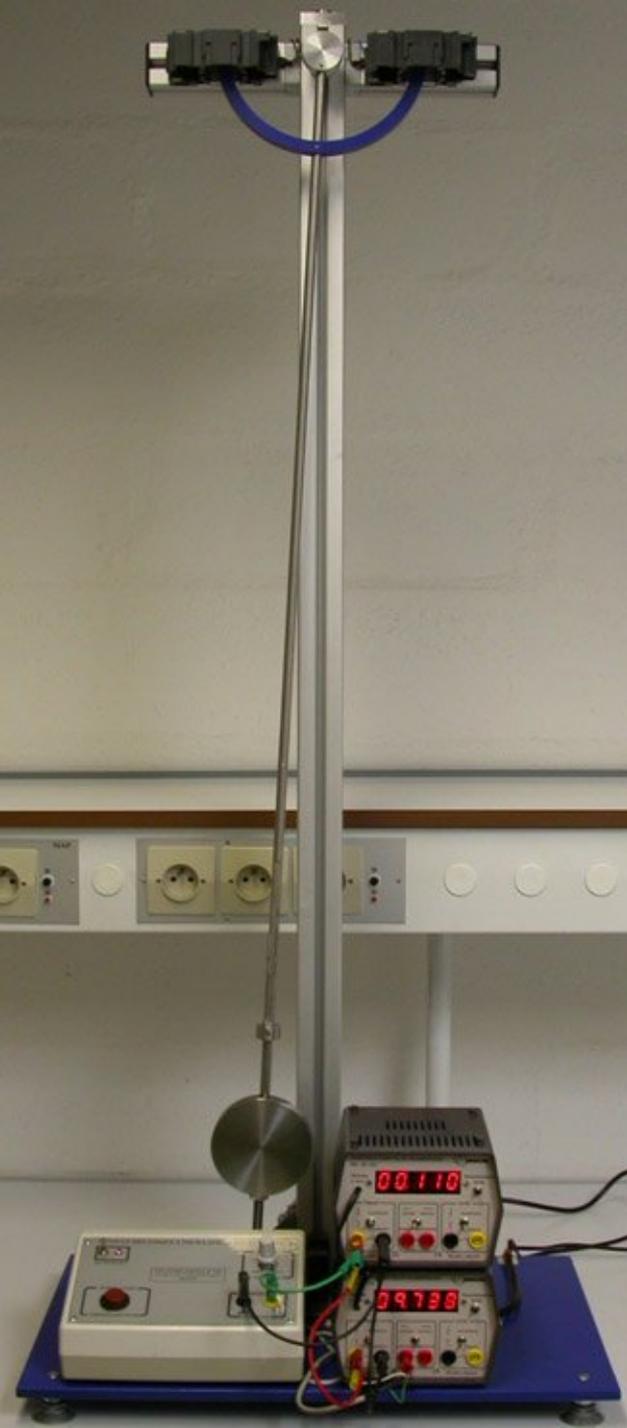
Sébastien Pilloz

IUFM de Lyon

Charles-Henri Eyraud



« *Le pendule* »



**Lycée
Léon Gontran Damas
Cayenne**



16 Octobre 2004

Synthèse de *Philippe Lavran* (Lycée de Cayenne)

- Etaient présents à cette manifestation des élèves de première S à la recherche de sujets d'étude pour leur TPE (travaux personnels encadrés).
- Je pense qu'ils ont été très intéressés par cette "rencontre en direct". Par contre, nous nous sommes rendu que certains n'avaient pas bien compris l'expérience réalisée ... (en particulier, le rôle de la masselotte ...)
A leur décharge, il faut reconnaître qu'ils n'avaient pas pu participer à la préparation de l'expérience, le pendule n'étant arrivé au lycée que très tardivement, à J-3 ... (caisse restée bloquée en douane plusieurs jours ...)
- Parmi les élèves concernés, plusieurs ont ensuite orienté leur choix de TPE vers des sujets liés au thème de la Terre. L'expérience du pendule n'y est pas étrangère.
 - Causes et effets en Guyane du mouvement de la plaque sud-américaine
 - Comment la Terre devint ronde
 - (étude de l'évolution de la représentation de la Terre au cours des âges)
 - Techniques employées et résultats obtenus par Richer au cours de son expédition à Cayenne
 - Au cours de l'année, ce dernier groupe a travaillé sur le pendule en renouvelant les mesures effectuées (avec plus ou moins de difficultés ...).
 - La non-sphéricité de la Terre
 - Ce groupe a aussi fait référence aux résultats obtenus dans leur rapport de TPE mais n'a pas fait de mesures directes.

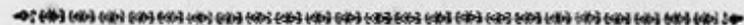
Observations Physiques
faites en L'Isle de Caienne
par le S.^r Richer de L'Academie
des sciences en 1672, & 1673.

Une de ces observations la plus con-
siderable est celle qui a esté faite tou-
chant la longueur du pendule à secondes
de temps, laquelle s'est trouvée plus ^{courte} en
Cajenne qu'à Paris, et la mesme me-
sure de jér qui avoit esté faite en ce lieu
la suivoit la longueur qui estoit necessaire
pour fêr un pendule à secondes de temps,
ayant esté apporté en France, et confron-
té avec celle dont on se sert à L'Academie
des sciences pour représenter la longueur d'un
pendule à secondes, la difference a esté
trouvée d'une ligne, et un quart dont celle
de Cajenne est plus courte que celle de
Paris de sorte qu'une horloge qui auroit
esté bien réglée à Paris, et qui seroit
transportée en Cajenne s'y trouveroit
tarder chaque jour de deux minutes
de temps.

Cette



OBSERVATIONS
ASTRONOMIQUES
ET PHYSIQUES
FAITES
EN L'ISLE
DE CAÏENNE.



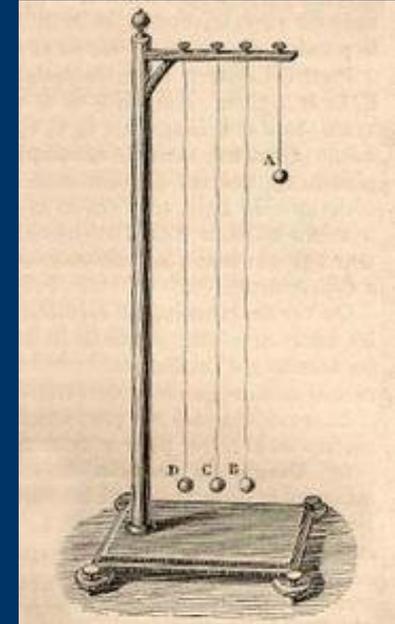
CHAPITRE I.
DESSEIN DU VOYAGE EN L'ISLE
de Caienne.



L'ACADEMIE Royale des Sciences, qui s'ap-
plique particulièrement à de nouvelles des-
couvertes dans la Physique & dans les Mathe-
matiques, résolut en l'année 1671. pour la per-
fection & l'avancement de l'Astronomie, d'é-
claircir les doutes que les Astronomes anciens
& modernes ont eus jusques icy touchant les
principaux fondemens de cette Science, & d'é-
tablir par ce moyen des regles plus certaines, & qui pussent ap-
procher plus près de la verité, que celles que nous avons eues

A

Galilée (1568-1642)



- 1583: Pise, la tradition raconte que Galilée observe les oscillations d'une lampe dans la cathédrale de Pise et ...
- 1632: « Dialogue sur les deux systèmes du monde »
- 1637: « Discours concernant deux sciences nouvelles »
 - Isochronisme des oscillations du pendule
 - $T^2 = k * l$

La longueur du pendule...

Longueur universelle?

- 1620: Bacon (1561-1626) dans son livre « *Novum organum* »
 - « Il faut expérimenter si la même horloge à poids (et foliot) ira plus vite vers le haut d'une montagne ou au fond d'un puits »
- 1661 Robert Moray, secrétaire de la Royal Society
 - lettre à Huygens proposant la longueur du pendule comme mesure universelle
- 1661 Lord Brouncker et Robert Boyle, Royal Society
 - Problème proposé: « Examiner au moyen d'un sablier si le pendule va plus vite ou plus lentement au sommet du pic »



Gian Domenico Cassini

Perinaldo 1625

Paris 1712

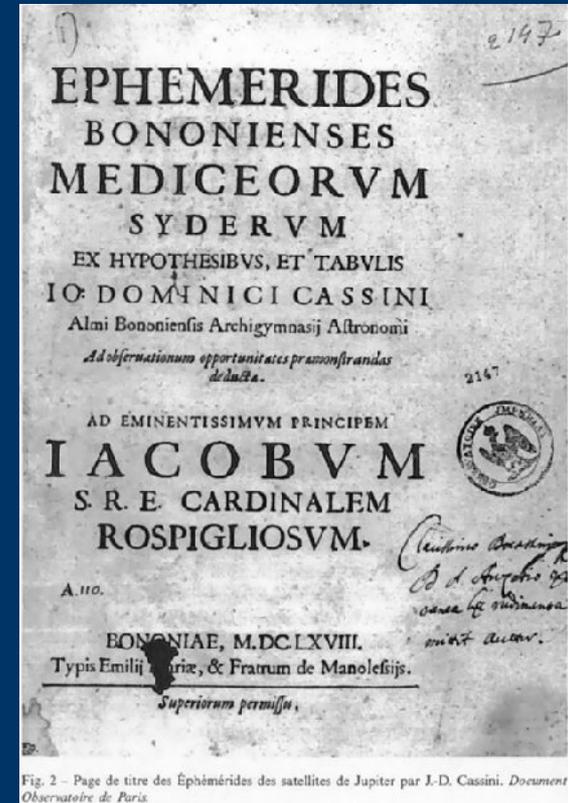


Fig. 2 - Page de titre des Éphémérides des satellites de Jupiter par J.-D. Cassini. Document Observatoire de Paris.

- 1665: Jupiter est aplatie aux pôles
- 1668: Ephémérides des satellites de Jupiter (1668)
- 1669: Cassini est appelé en France par Colbert
- 1693 : Tables plus précises des satellites de Jupiter
 - Voir bibliothèque de Clermont en Beauvaisis et de Thury

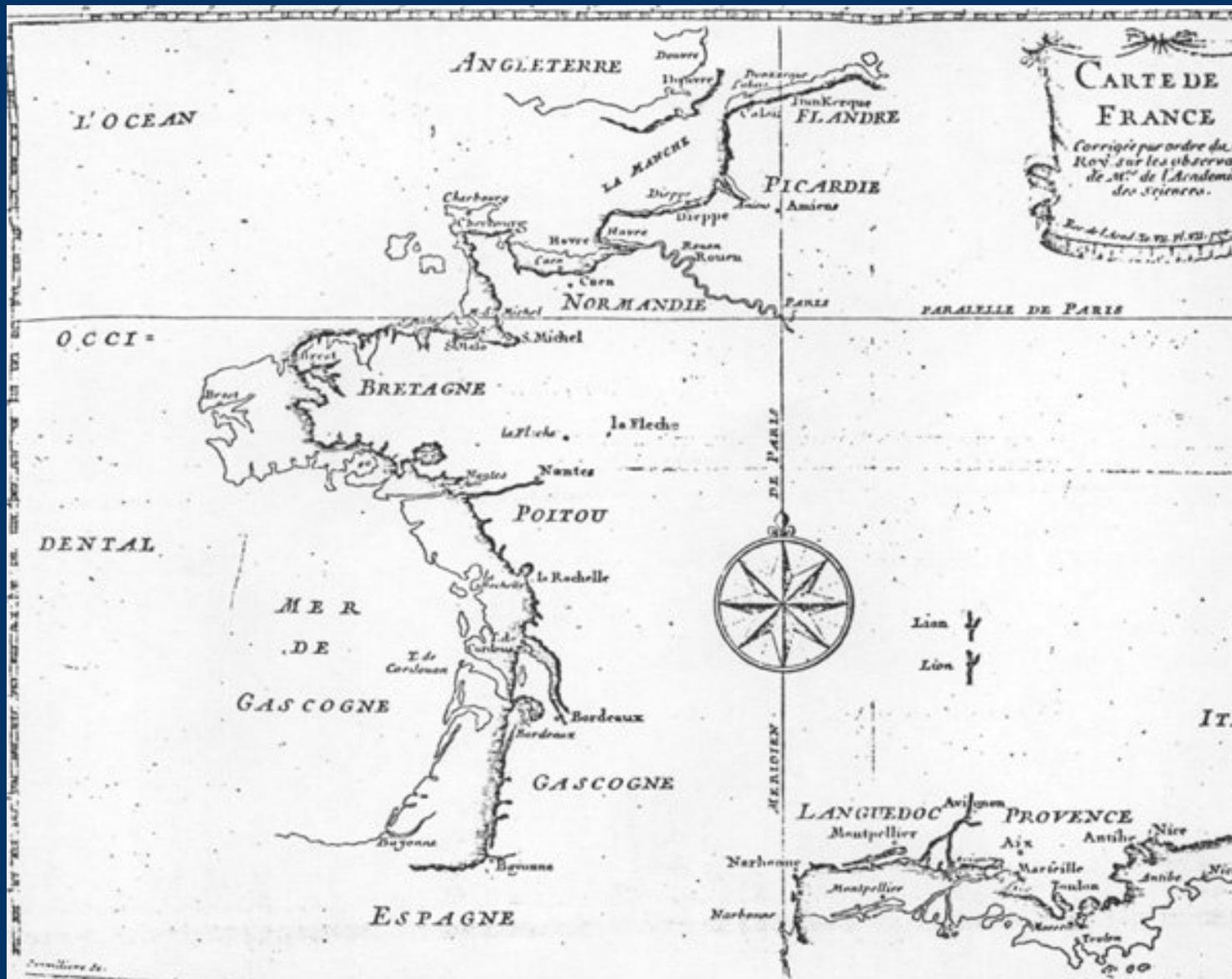


Jean Picard

(1620-1682)

- 1669: mesure du degré de méridien entre Sourdon, près d'Amiens, et Malvoisie près de Paris: 111, 21 km
- 1671: Picard à Uraniborg (Juillet 71-Avril 72)
 - Mesure de longitude entre Uranieborg et Paris
 - Mesure de longueur du pendule
 - Fait la connaissance de Römer qu'il ramène à Paris
- Picard dresse la carte de France (1672-1682)

Carte de France de Picard



Richer (1630?-1696)

1666: élève astronome

1670: La Rochelle

Mesure des hauteurs des marées aux instants des équinoxes de printemps et d'automne

1670: Canada

Test des horloges de Huygens pour mesurer des longitudes: Les horloges s'arrêtent en mer

Sept 1671-juin 1673: Voyage à Cayenne

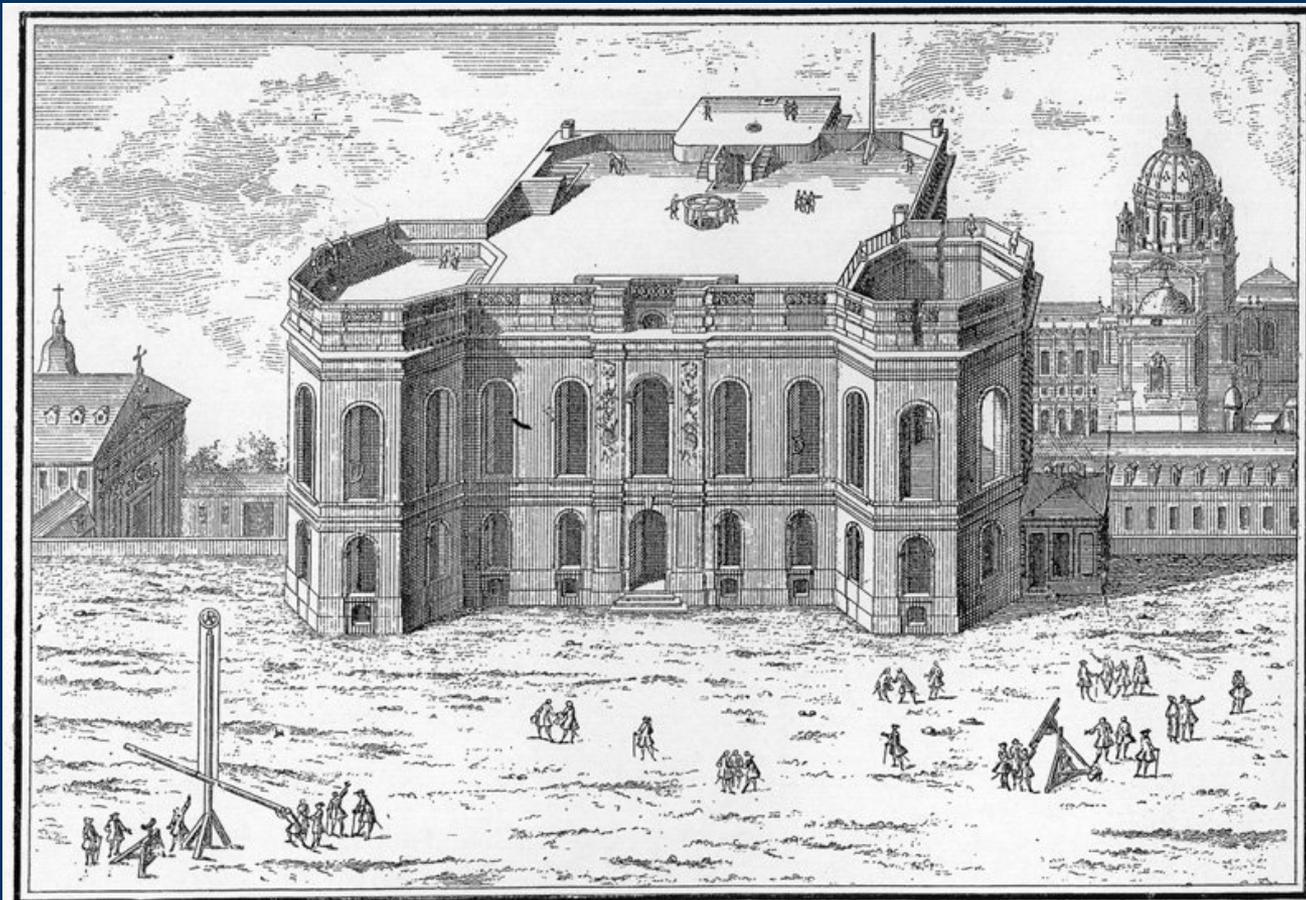
- ✓ septembre 1671: mesures à l'Observatoire de Paris
- ✓ 15 novembre 1671: départ de Paris
- ✓ décembre 1671 et janvier 1672: mesures à La Rochelle
- ✓ 8 février 1672: Départ de La Rochelle
- ✓ 22 avril 1672: Arrivée à Cayenne
- ✓ 25 mai 1673: Départ de Cayenne
- ✓ A son retour, Ingénieur Royal chargé des fortifications
- ✓ Samedi 3 avril 1677: bref compte-rendu à l'académie des sciences

1679: Parution de "Observations astronomiques et physiques faites en l'isle de Caienne"

1696: mort à Paris

Richer à l'Observatoire de Paris

- “Le mardy 21 juin 1667, M^{rs} Auzout, Frenicle, Picard, Buot et Richer furent dès le matin à l'Observatoire pour tracer une ligne méridienne....”
- Sept 71: mesure de la plus grande hauteur méridienne de la polaire avec l'octans



L'OBSERVATOIRE ROYAL COMMENCÉ EN 1667 ET ACHEVÉ EN 1672.

Richer en mission

- “L'intention du Roy est qu'ils donnent les ordres nécessaires pour faire embarquer le sieur Richer sur le premier vaisseau qu'ils enverront à l'isle de Cayenne; que de plus ils lui fassent donner un logement en cette isle et toutes les assistances dont il pourra avoir besoin.”

•Lettre de Colbert aux directeurs de la Compagnie occidentale du 7 octobre 1671

Richer, son matériel

Mesure angulaires

Un octant de 6 pieds (1,9 m) fabriqué par Gosselin

Un quart de cercle de 28 pouces (0,76 m)

“ces instruments étaient de fer bien battu et le limbe de l'un et de l'autre, sur lequel on avait tracé la division, était de cuivre, chaque degré étant divisé en minutes par des lignes transversales, de telle sorte que sur chaque minute de l'octans, je pouvais aisément estimer la grandeur de huit ou dix secondes”

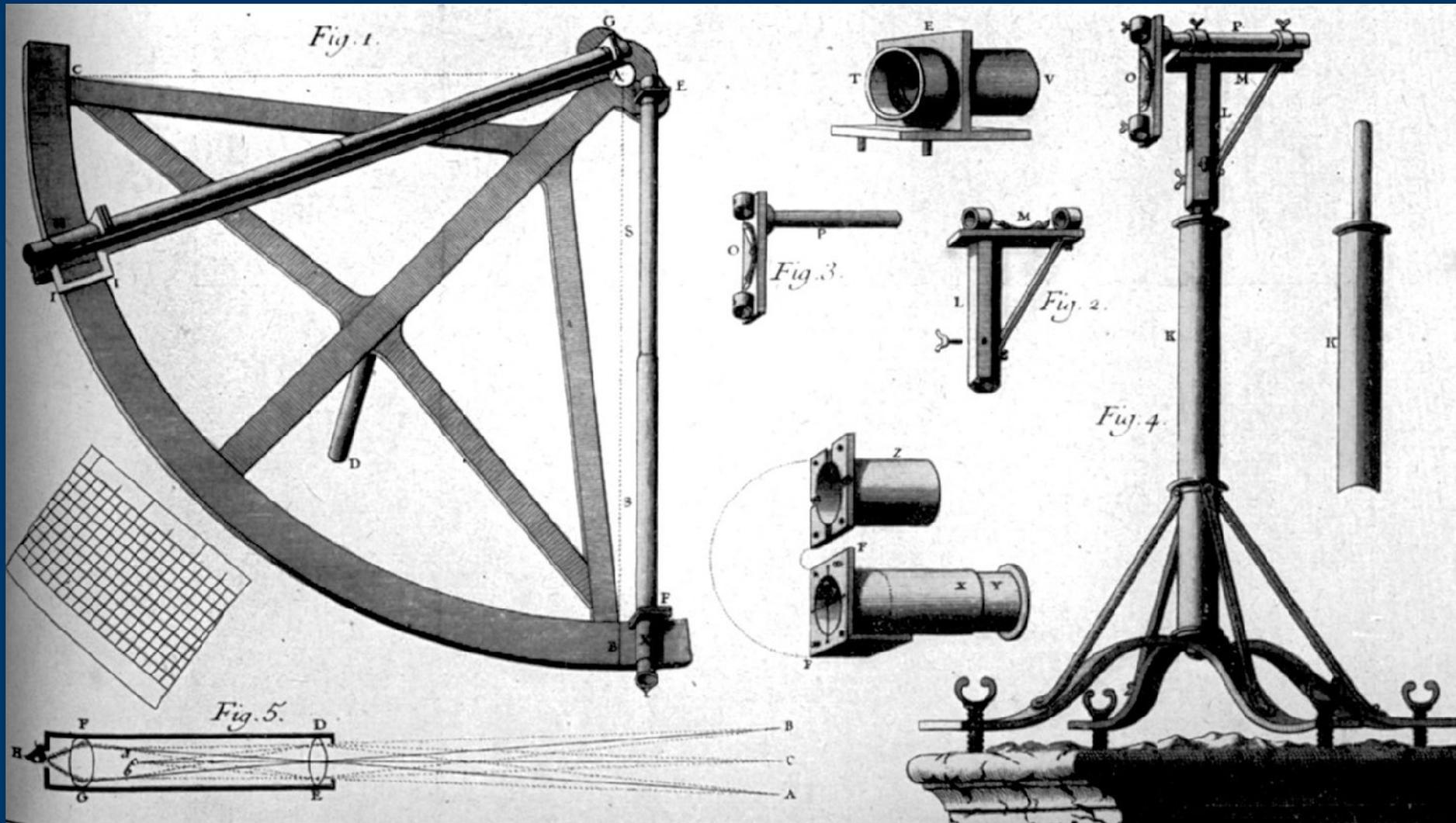


Service des Collections de l'Université Montpellier 2

Quart de cercle mobile

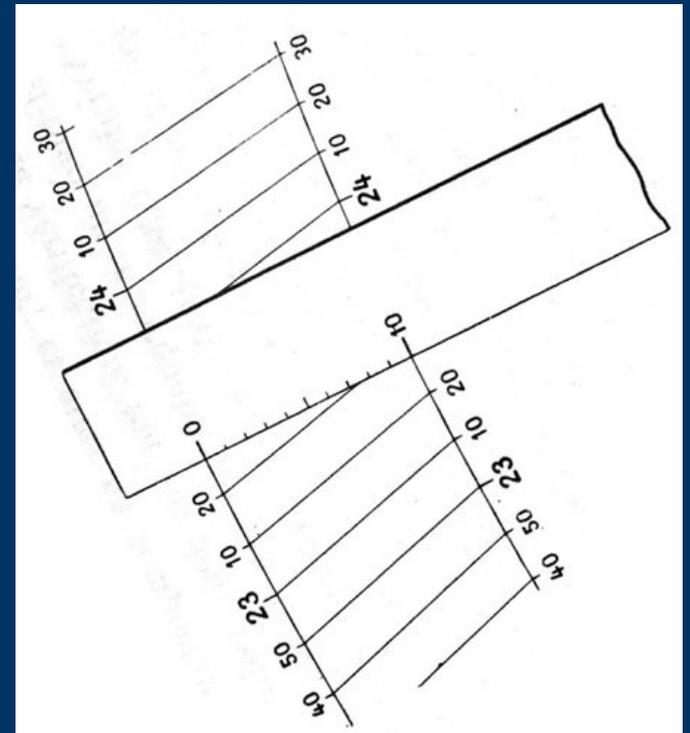
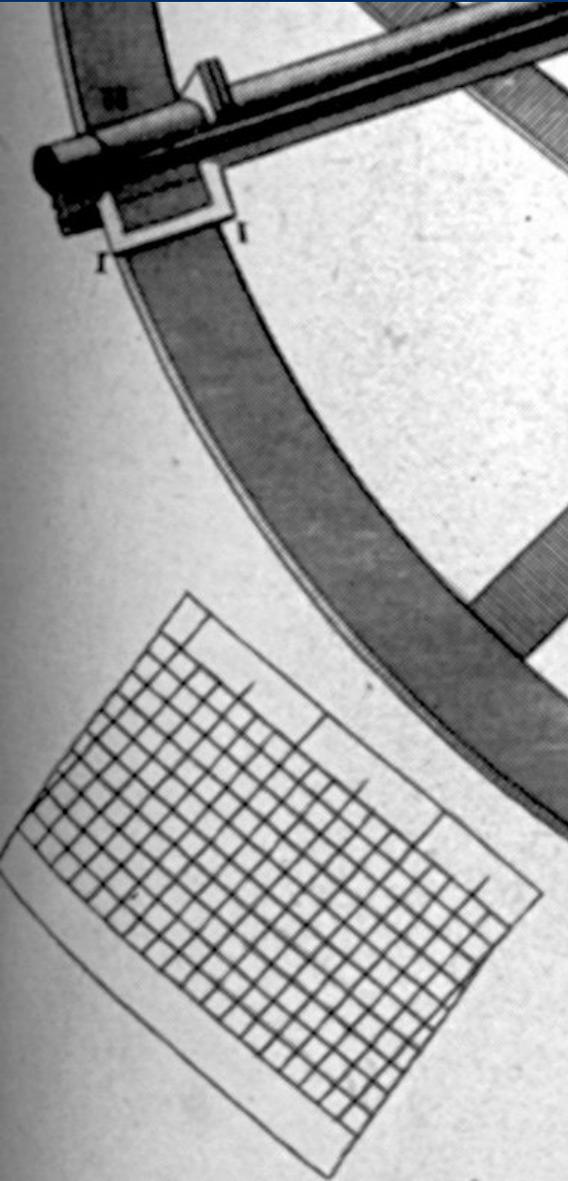
- Remplacement de la visée par pinnules par une lunette

Secteur de Picard (1668)

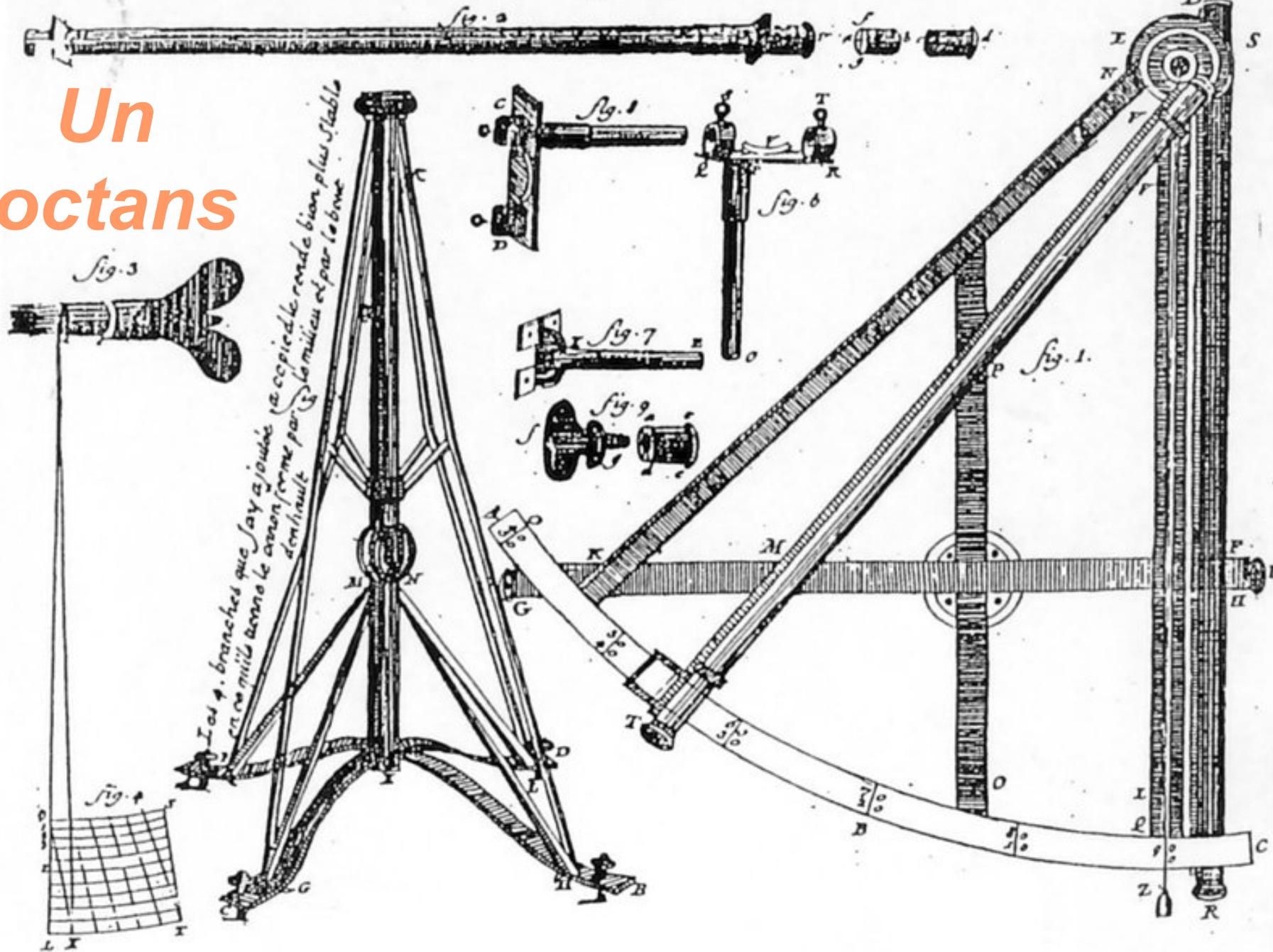


Graduation du limbe

- Transversales
- Lecture en face d'un cheveu fixé sur le petit chassis I I'
- À la loupe, précision de $1/6$ minute



Un octans



Les lunettes

- 1590: premières lunettes d'approche
- 1609: Galilée observe le ciel avec une lunette...
- 1611: oculaire convergent de Kepler
- 1634: Morin adapte une lunette sur un secteur
- 1666: micromètre d'Auzout (1622-1691)

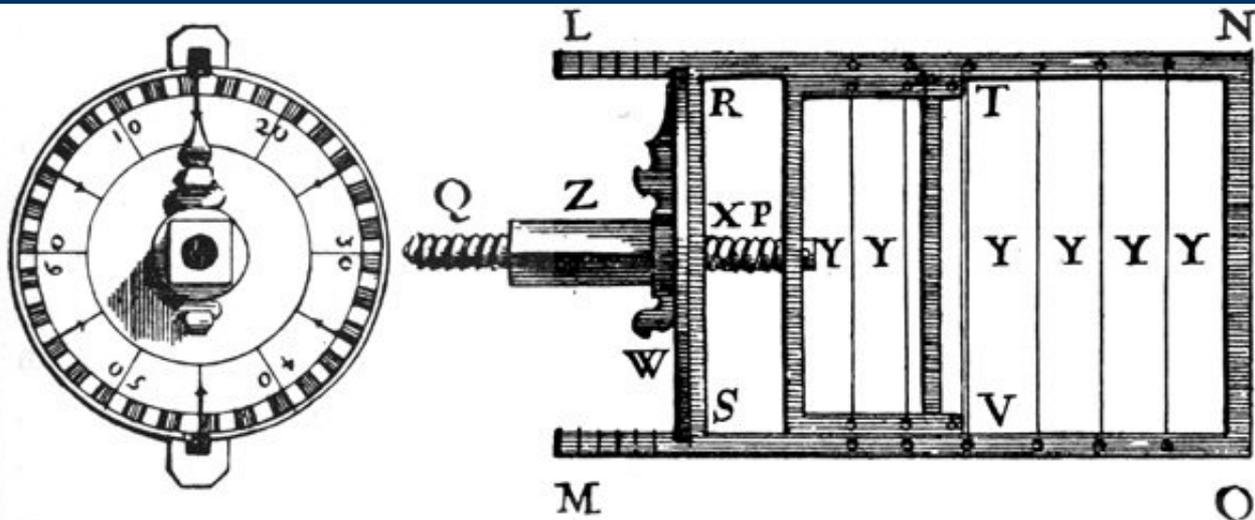


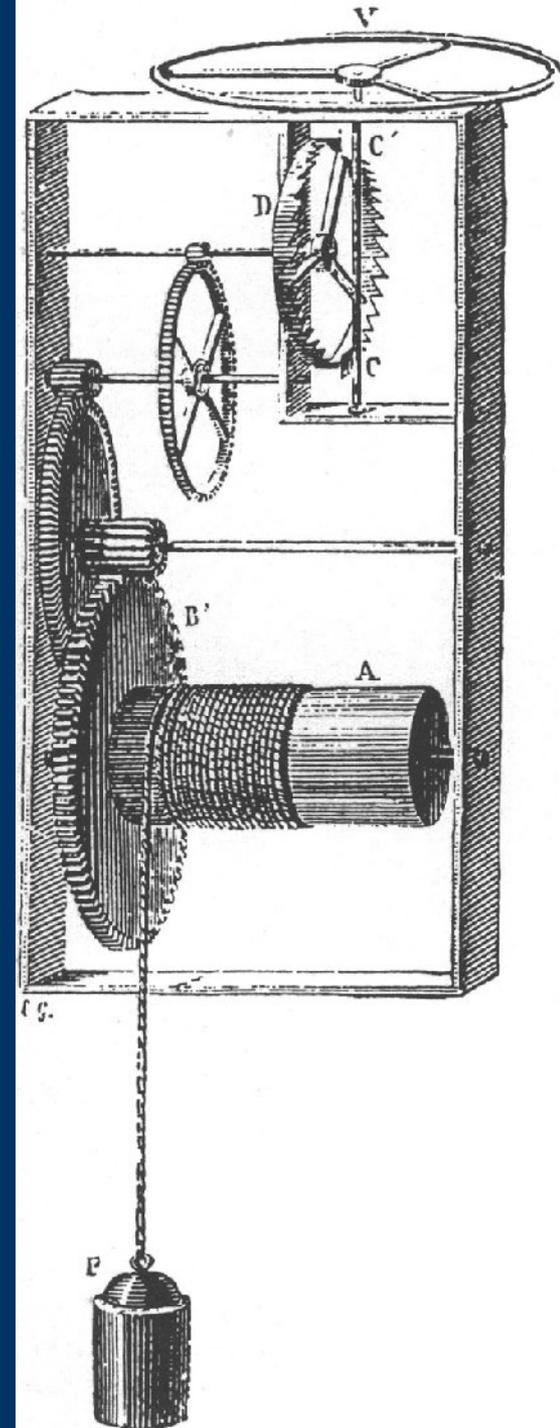
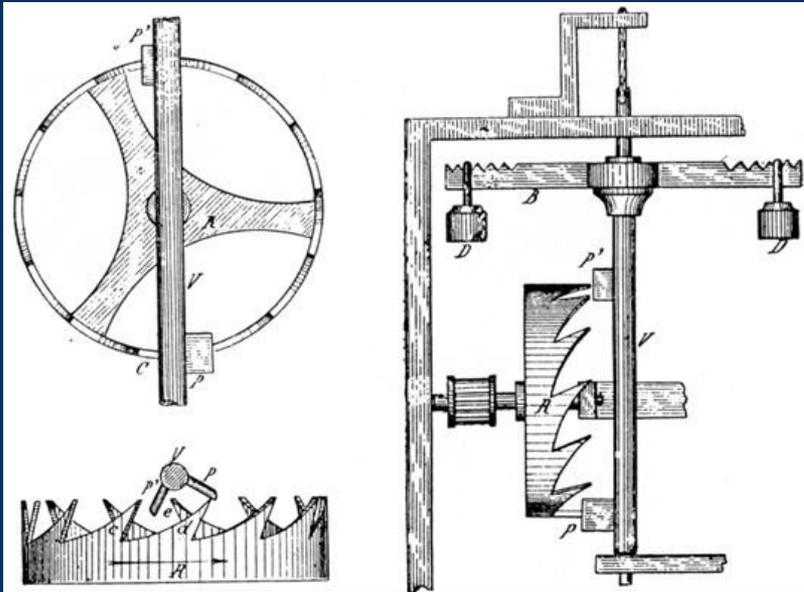
FIG. 314. — Micromètre d'Auzout. Manière exacte pour prendre le diamètre des Planètes, la distance entre les petites Etoiles, la distance des lieux, etc. Paris, 1667 [sans nom d'auteur]. (Fac-simile.)

Lunettes

- “Je me suis servi dans les observations des éclipses (de Lune) d’une lunette de 5 pieds de long et d’une autre de 20 pieds, de laquelle l’objectif était très bon et qui est encore présentement entre mes mains, a été fait par M. Borelli de la même académie Royale” (*Richer, 1679*)

Entre 1270 et 1330

- Echappement à foliot
verge et roue de rencontre



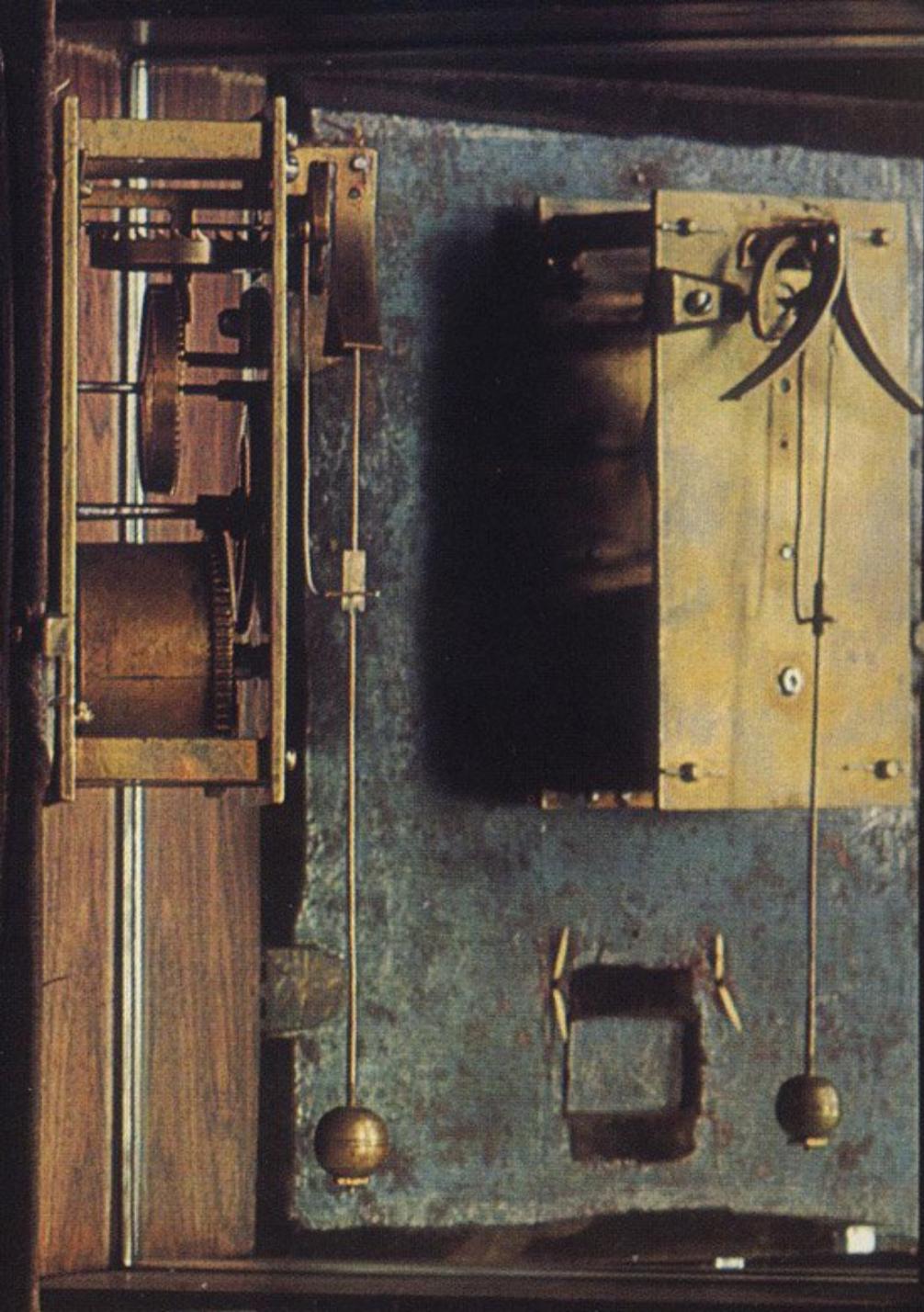
Les horloges de Richer

- deux horloges à pendule
 - une battant la seconde
 - l'autre la demi-seconde
 - “horloges fabriquées par le sieur Thuret, Horloger ordinaire du Roi qui par son exactitude et la délicatesse de ses ouvrages a surpassé jusqu'à présent tous ceux qui se mettent à la fabrique des horloges à pendule”
- une verge de fer sur laquelle était marquée la longueur nécessaire à l'Observatoire pour faire un pendule à seconde de temps

Huygens

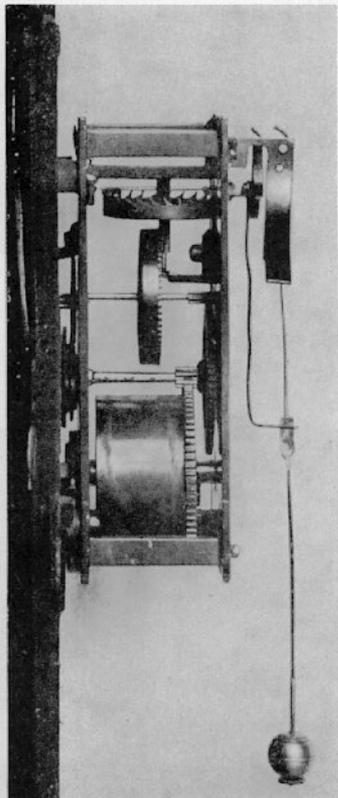
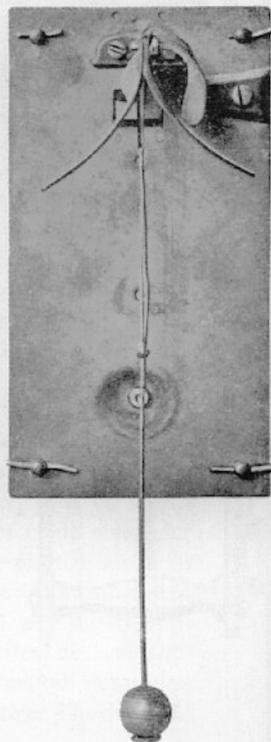
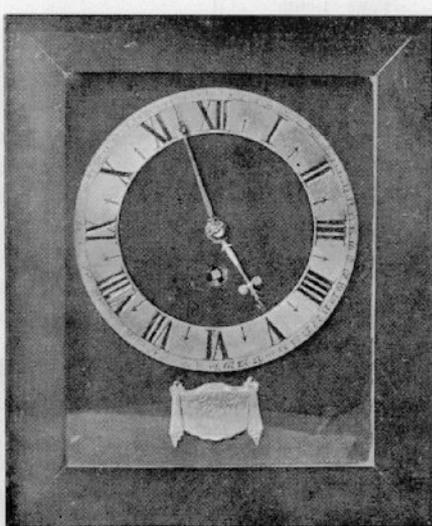
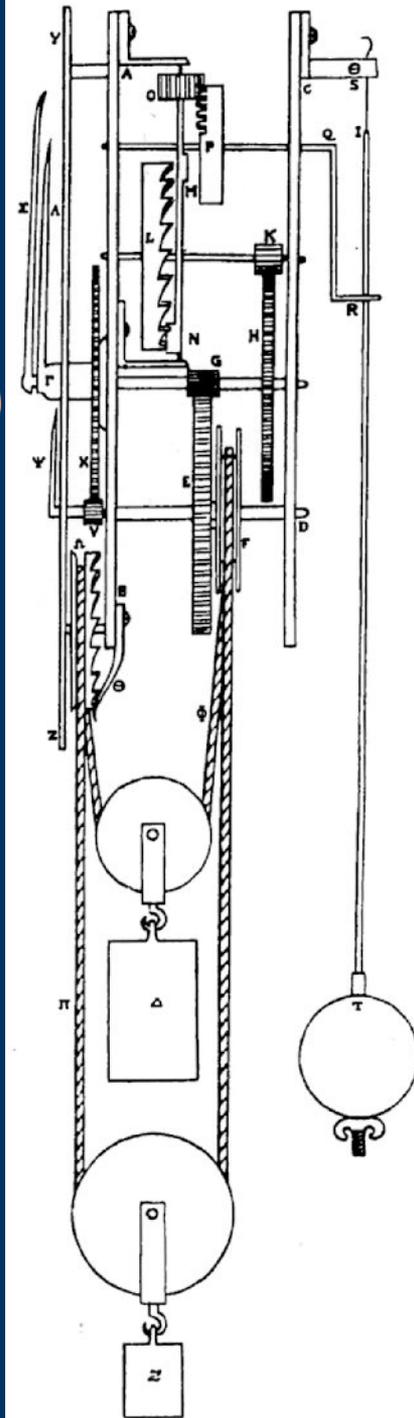
1626-1695

- 1657: horloge à pendule
- 1665: appelé en France par Colbert



Horloges de Huygens (1629-1695)

1657

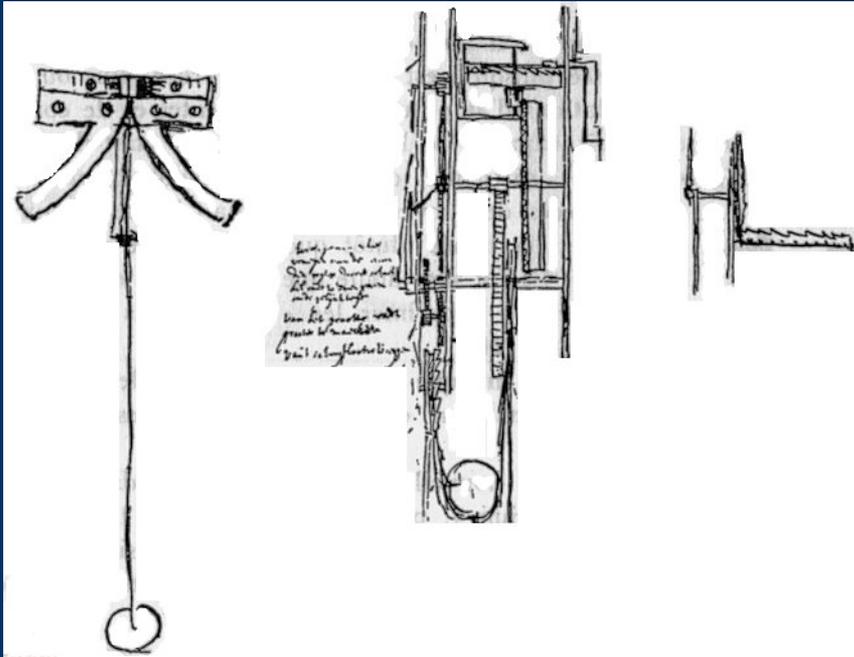


*Première horloge à pendule de Ch. Huygens,
construite en 1657 par Salomon Coster*

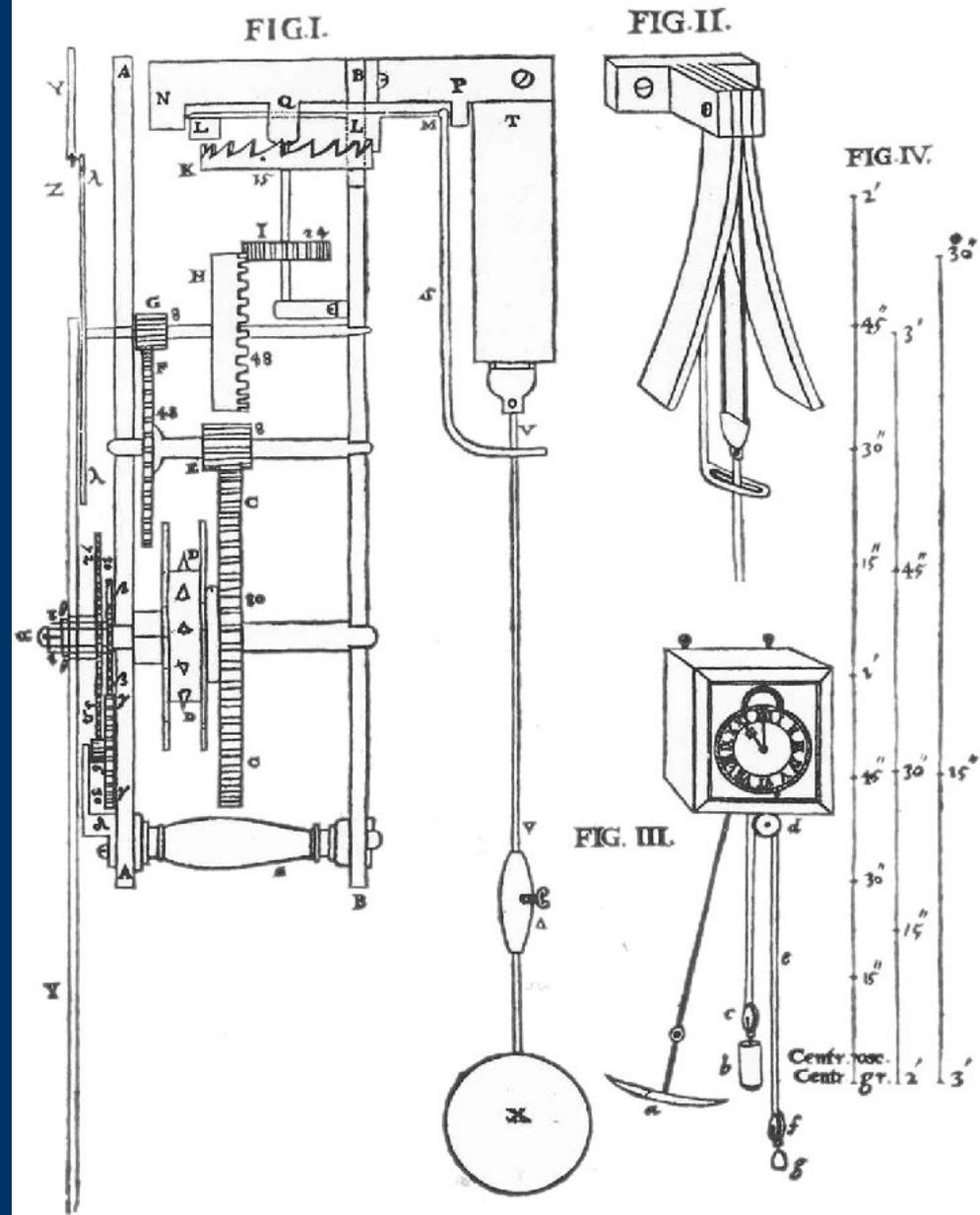
(Oeuvres de Christian Huygens)

Horologium
1658

Horloges à pendule

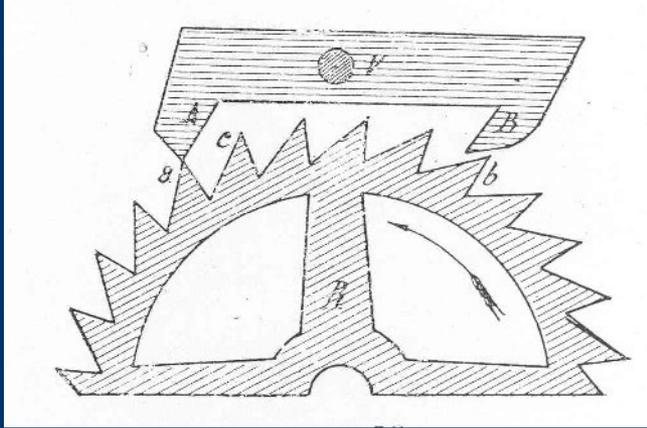


1659: Lames cycloïdales

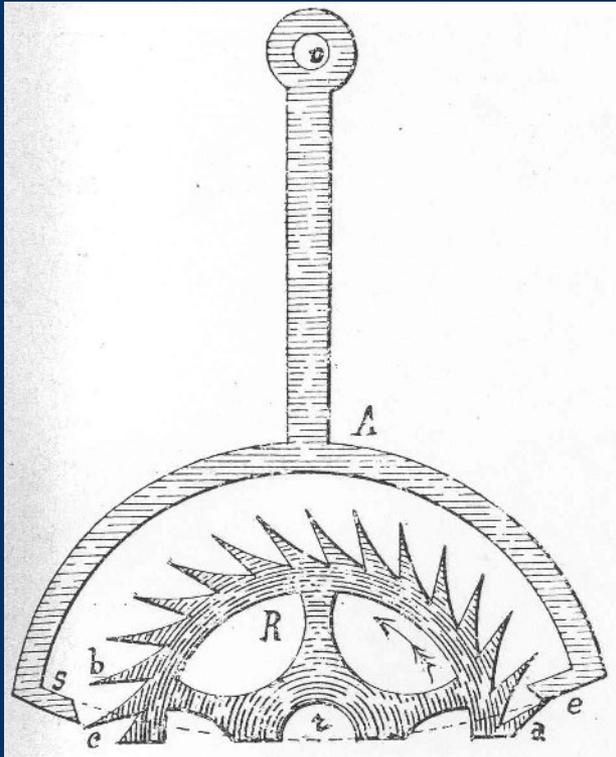


1673: Horologium oscillatorum

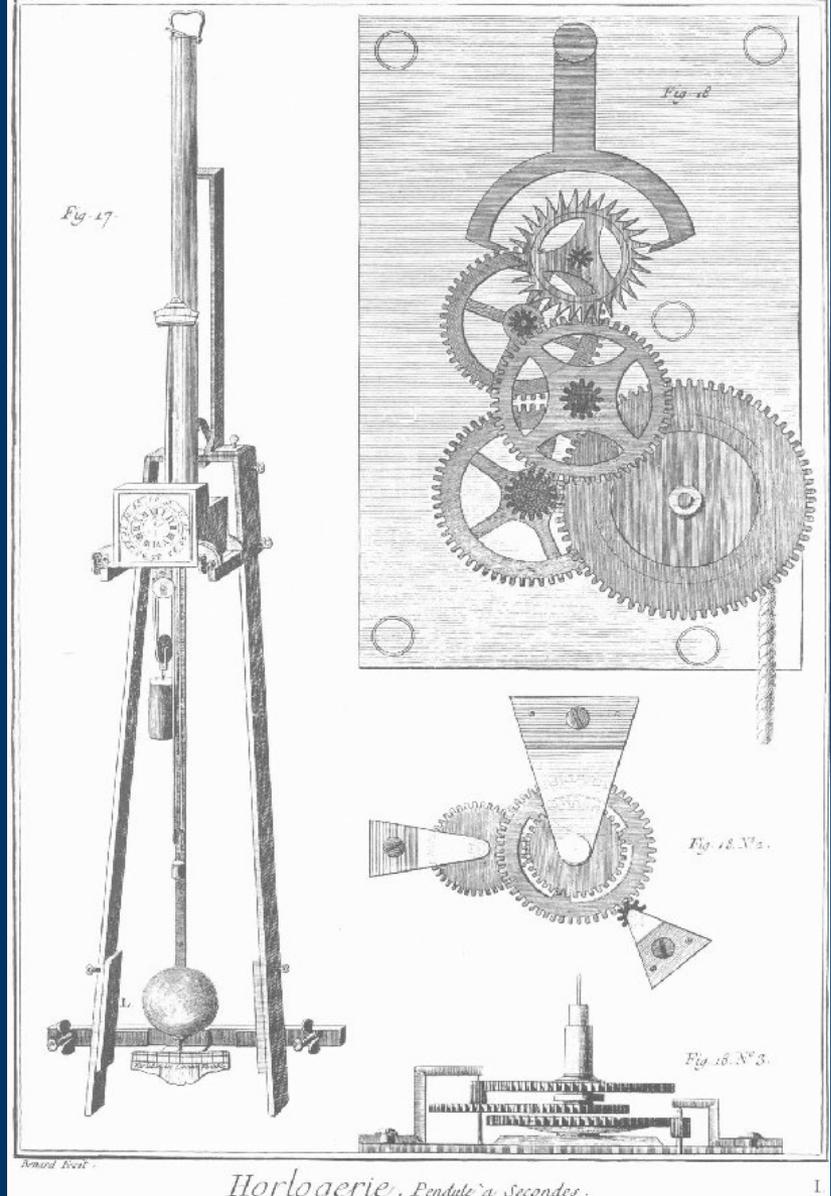
E
c
h
a
p
p
e
m
e
n
t
s



Echappement à ancre
Robert Hooke, 1666
William Clement, 1670



Graham
1715



Pendule à seconde pour les
observations astronomiques
Encyclopédie, 1751-1772

Richer à La Rochelle: Déc 71-Janvier 1672

- Mesures “À La Rochelle proche l’église Cathédrale (L’Oratoire?)”
- Départ le 8 février 1672 pour Cayenne



Cayenne: Avril 1672-Mai 1673



- Vers 1500 découverte
- 1643: Poncet de Brétigny « achète » une colline en bordure de mer au chef indien Cépérou.
- 1652-1676: conflits entre français, hollandais, anglais
- 1689: fort dessiné par Vauban

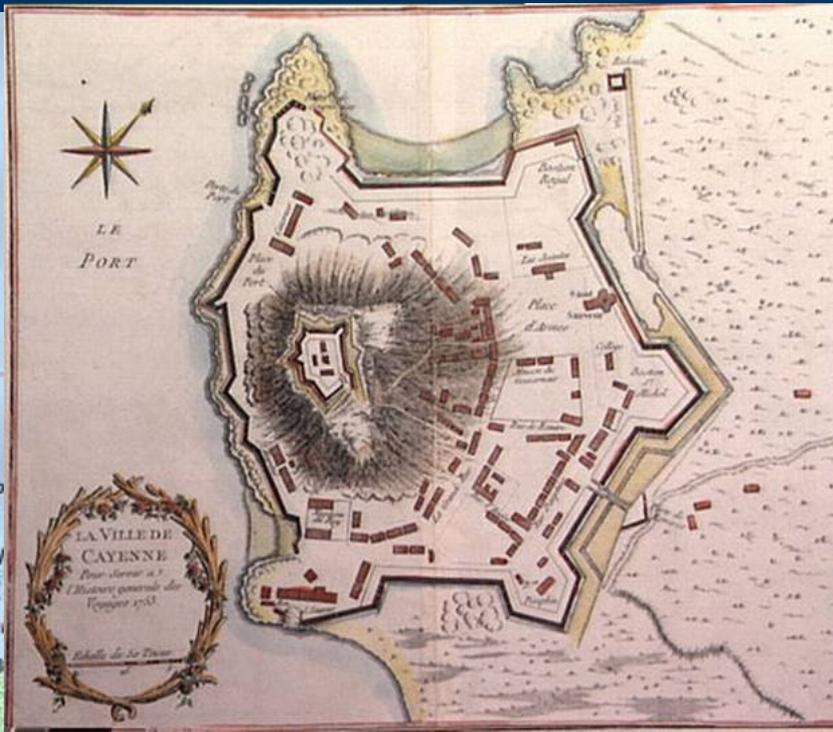
Richer à Cayenne: son programme

- Observations astronomiques
 - Obliquité de l'écliptique
 - Instants des équinoxes
 - Parallaxe du Soleil, de Vénus et Mars (opposition en août et en sept. 1672)
 - Mouvement et parallaxe de la Lune
 - Mouvements de Mercure
 - Coordonnées, grandeur d'étoiles australes
- Autres observations concernant la physique
 - durée des crépuscules en un lieu proche de l'équateur
 - grandeur des réfractions de la lumière dans l'air
 - hauteur du vif-argent dans les baromètres
 - longueur du pendule à seconde
 - marées sur les côtes de l'Amérique

22 avril 1672: Arrivée à Cayenne

- « Ce lieu est éloigné de l'Equateur vers le septentrion d'environ $4^{\circ}56'$ et son méridien est plus oriental que l'Observatoire d'environ 3h38min »

Richer, 1679

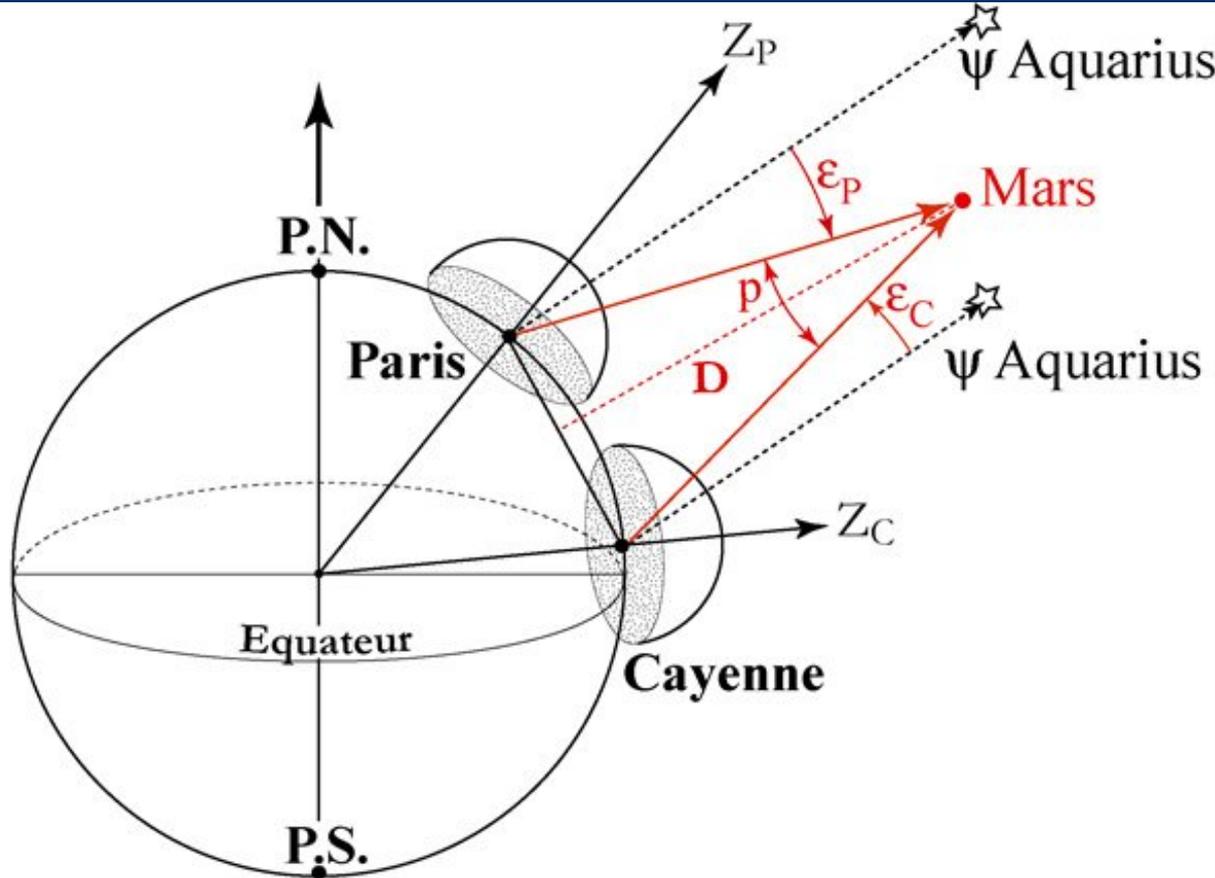


Installation à Cayenne (mai-juin 1672)

- Mai 1672: Vérification des instruments
 - 14 may: plus basse hauteur de la polaire: $2^{\circ} 43' 50''$
 - 19 may: immersion de Mars derrière la Lune
 - 29 may: hauteur méridienne du Soleil
- Juin: Construction de son observatoire:
 - Placement de sa pierre méridienne avec un niveau d'eau
 - Creuse un trou pour mettre l'octans



Richer et la planète Mars



« Le 5 septembre 1672 trois jours avant l'opposition du Soleil à Mars, nous observâmes à Paris trois Etoiles dans l'Eau Aquarius marquées par Bayerus Ψ , vers lesquelles Mars alloit par son mouvement particulier rétrograde, de sorte que l'on jugeoit qu'il en auroit pu cacher une. Il étoit alors un peu plus septentrional que la plus septentrionale des trois. On prit la hauteur Méridienne de celle-ci qui passoit la première; & celle de la moyenne vers laquelle le mouvement particulier de Mars s'adressoit. Par le choix des Observations les plus exactes & les plus conformes entre elles, on fixa à 15" la parallaxe que fait Mars de Paris à Caïenne, & par conséquent la totale à 25" ... »

Cassini, Mémoires Ac. Roy. Sciences

Valeur déduite par Cassini pour la parrallaxe du soleil $p=9,5''$ soit

$$D_{\text{Terre-Soleil}} = 142 \text{ Mkm}$$

Valeur admise aujourd'hui $p=8,79''$ soit

$$D_{\text{Terre-Soleil}} = 150 \text{ Mkm}$$

Le vrai pendule de Richer

- L'une des plus considérables observations que j'ay faites, est celle de la longueur du pendule à secondes de temps, laquelle s'est trouvée plus courte à Caienne qu'à Paris, car la mesme mesure qui avait esté marquée en ce lieu-là sur une verge de fer, suivant la longueur qui s'estoit trouvée nécessaire pour faire un pendule à secondes de temps, ayant été apportée en France, et comparée avec celle de Paris, leur différence a esté trouvée d'une ligne et un quart (2,81 mm), dont celle de Caienne est moindre que celle de Paris, laquelle est de 3 pieds 8 lignes $\frac{3}{5}$ (99,39cm).
- Les vibrations du pendule dont on se servait étoient fort petites et duraient sensiblement jusqu'à cinquante deux minutes de temps et ont été comparées à celles d'une horloge très excellente dont les vibrations marquaient les secondes de temps.

Picard et le pendule

- La toise dont nous venons de parler et que nous avons choisie comme la mesure la plus certaine et la plus usitée en France est celle de six pieds; mais de peur qu'il n'arrive à notre toise comme à toutes les mesures anciennes dont il ne reste plus que le nom, nous l'attacherons à un original, lequel étant tiré de la nature même doit être invariable et universel
- Par cet effet, on a déterminé très exactement avec deux grandes horloges à pendule, la longueur d'un pendule simple dont chaque vibration était d'une seconde de temps conformément au moyen mouvement du Soleil, laquelle longueur s'est trouvée de 36 pouces 6 lignes $\frac{1}{2}$.
- S'il se trouvait par expérience que les pendules fussent de différentes longueurs en différents lieux, la supposition que nous avons faite touchant la mesure universelle tirée des pendules, ne pourrait subsister mais cela n'empêcherait pas que dans chaque lieu, il y eut une mesure perpétuelle et invariable
1671, « Mesure de la Terre »

Description du pendule par Picard

- On sait communément que pour faire un pendule simple...Le haut du filet était passé dans une pincette carrée qui le tenait et le terminait exactement. Par ce moyen le mouvement du pendule était plus libre et la longueur plus facilement mesurée avec une verge de fer exactement comprise entre la pincette et la boule
- Les deux horloges dont on s'est servi étaient de ces grandes dont le pendule marque les secondes entières. Elles étaient exactement réglées selon le mouvement moyen du Soleil et tardaient de 3'56'' sur chaque retour d'une même étoile fixe au méridien avec tant de régularité qu'elles ne se trouvaient pas de différence l'une de l'autre de la valeur d'une seconde pendant plusieurs jours.
- On mettait en mouvement un pendule simple, le faisant aller et venir du même côté que les pendules de ces horloges ... et on revenait voir de temps en temps, car pour peu que ce pendule simple fut plus long ou plus court de 36 pouces, 8 lignes $\frac{1}{2}$ on s'apercevait en moins d'une heure de quelque discordance....

Réglage d'une horloge à pendule

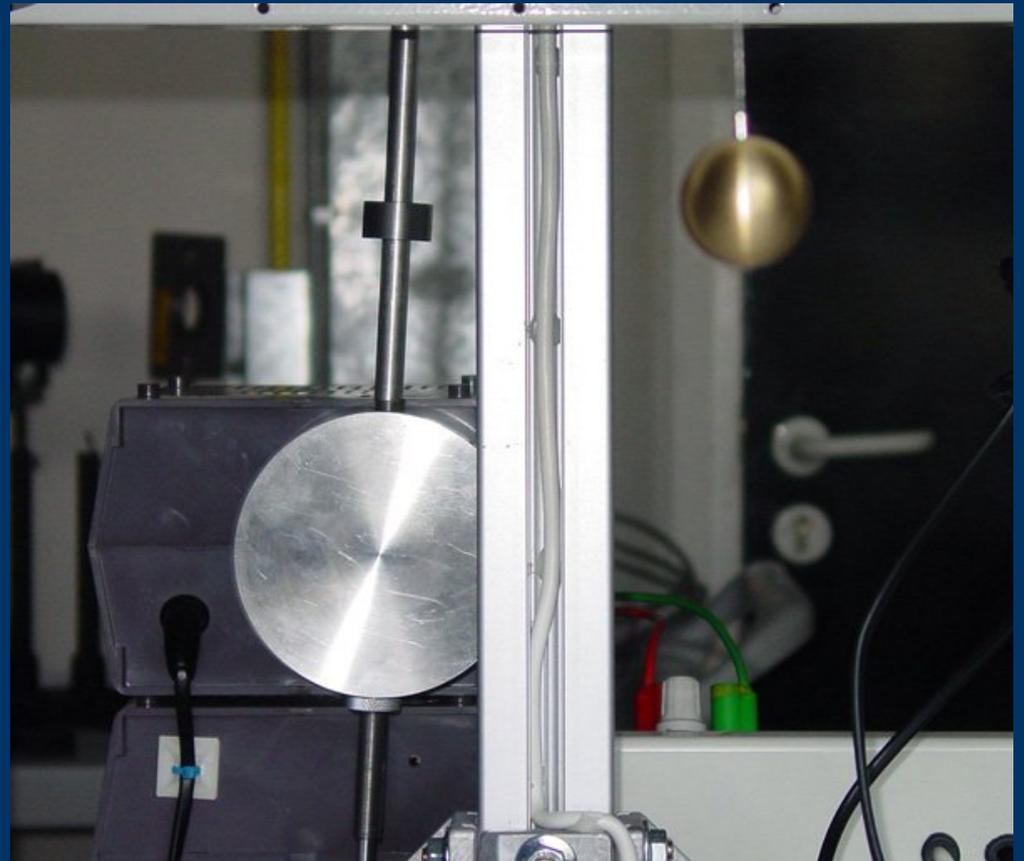
Synchronisation du pendule

Varin, des Hayes, et de Glos en 1681 à Gorée (Cap Vert)

« ... ayant réglé avec beaucoup de soin la pendule au moyen mouvement du Soleil selon la table des équations et suivant le passage des étoiles fixes de sorte que depuis le 18 avril 1682 jusqu'au 25 allant sans interruption, elle n'accélérait que d'une seconde ou deux en 24h...

On observa le mouvement d'un pendule simple dont la boule de cuivre était d'un pouce de diamètre et le fil de pite sortait d'une pincette qui le terminait exactement. On régla la longueur du fil de sorte que depuis le 18 jusqu'au 28, il allait exactement avec l'horloge, faisant de petites vibrations tout au moins de 4 lignes environ. Le 28, on le mesura exactement et on trouva 36 pouces 6 lignes $\frac{5}{9}$, deux lignes de plus qu'on ne l'avait trouvé en France par la même méthode... »

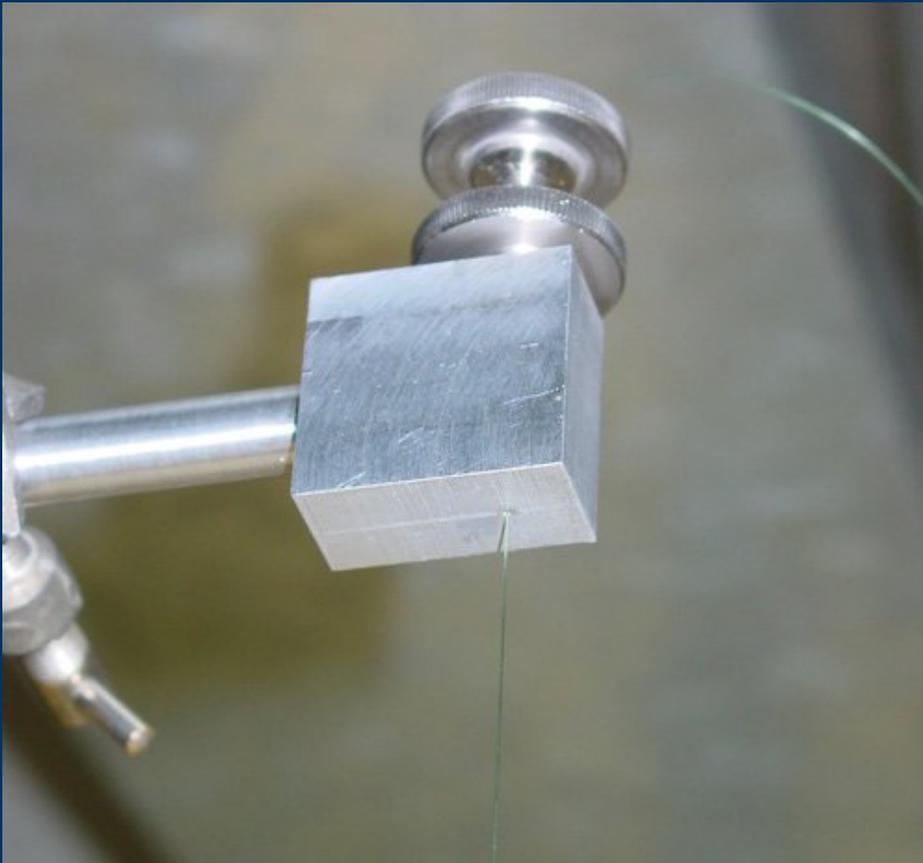
L'horloge de Huygens et le pendule de Richer



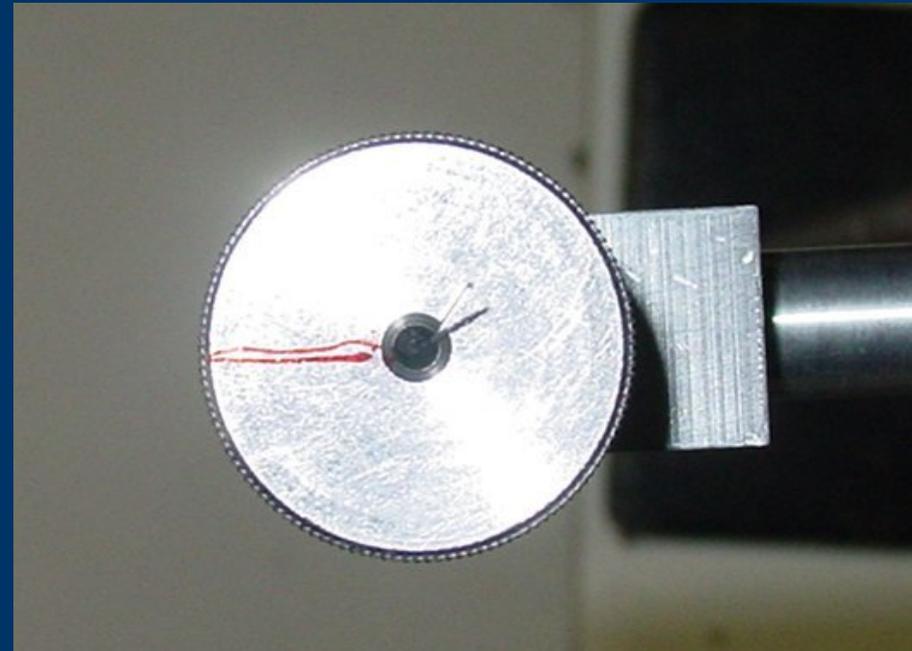
Le pendule de Richer

“On sait communément que pour faire un pendule simple...” Picard

Ce n'est pas si simple!



Vis vue de dessus

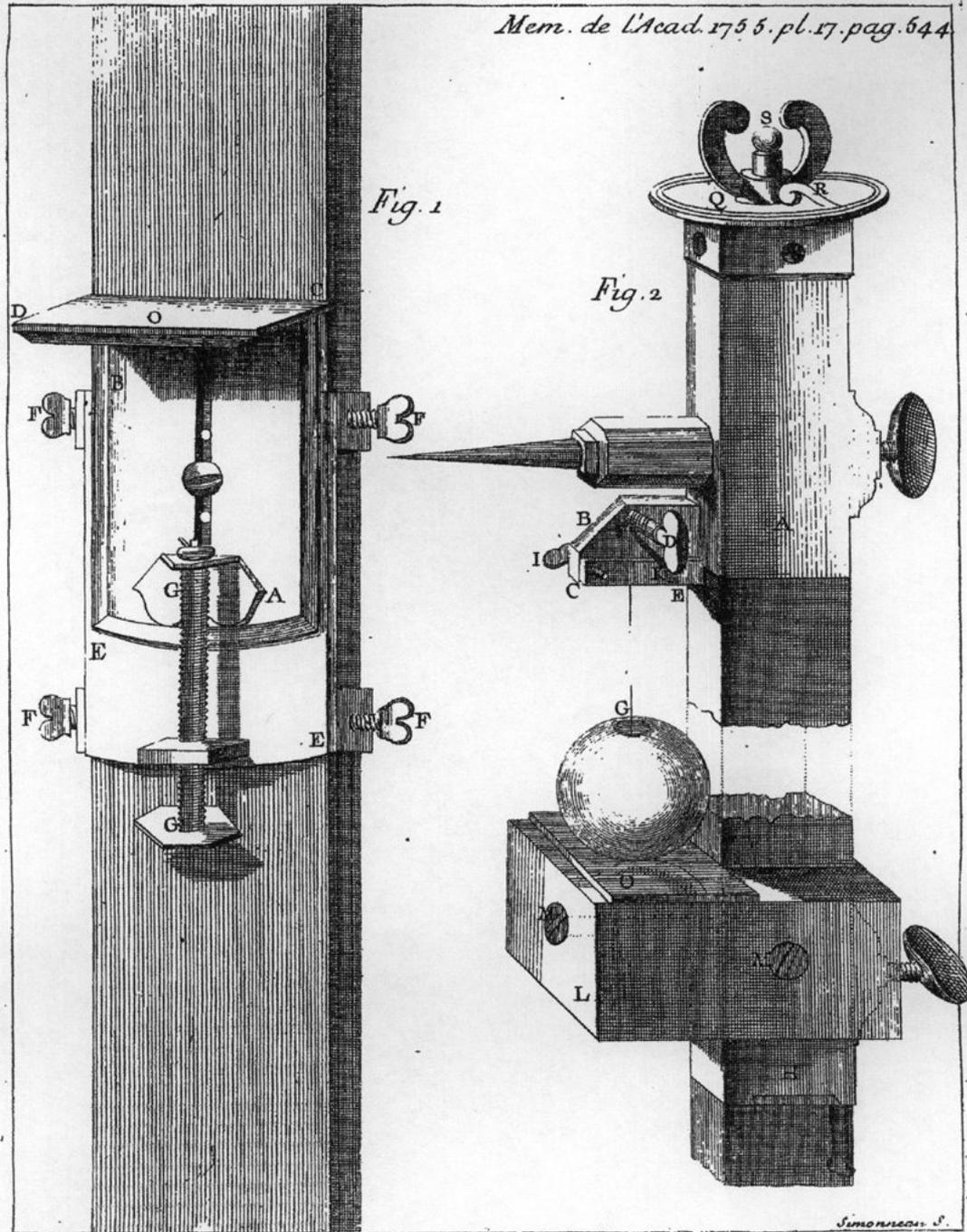


Valeur de la longueur du pendule à seconde

Lieu	Latitude	g	longueur (cm)
Uranieborg	55°54'	9,815 6	99,453
Paris	48°50'	9,809 4	99,392
Lyon	45°48'	9,806 9	99,365
Cayenne	04°57'	9,780 7	99,099

Fig. 1

Fig. 2



La Condamine

Orthous de Mairan

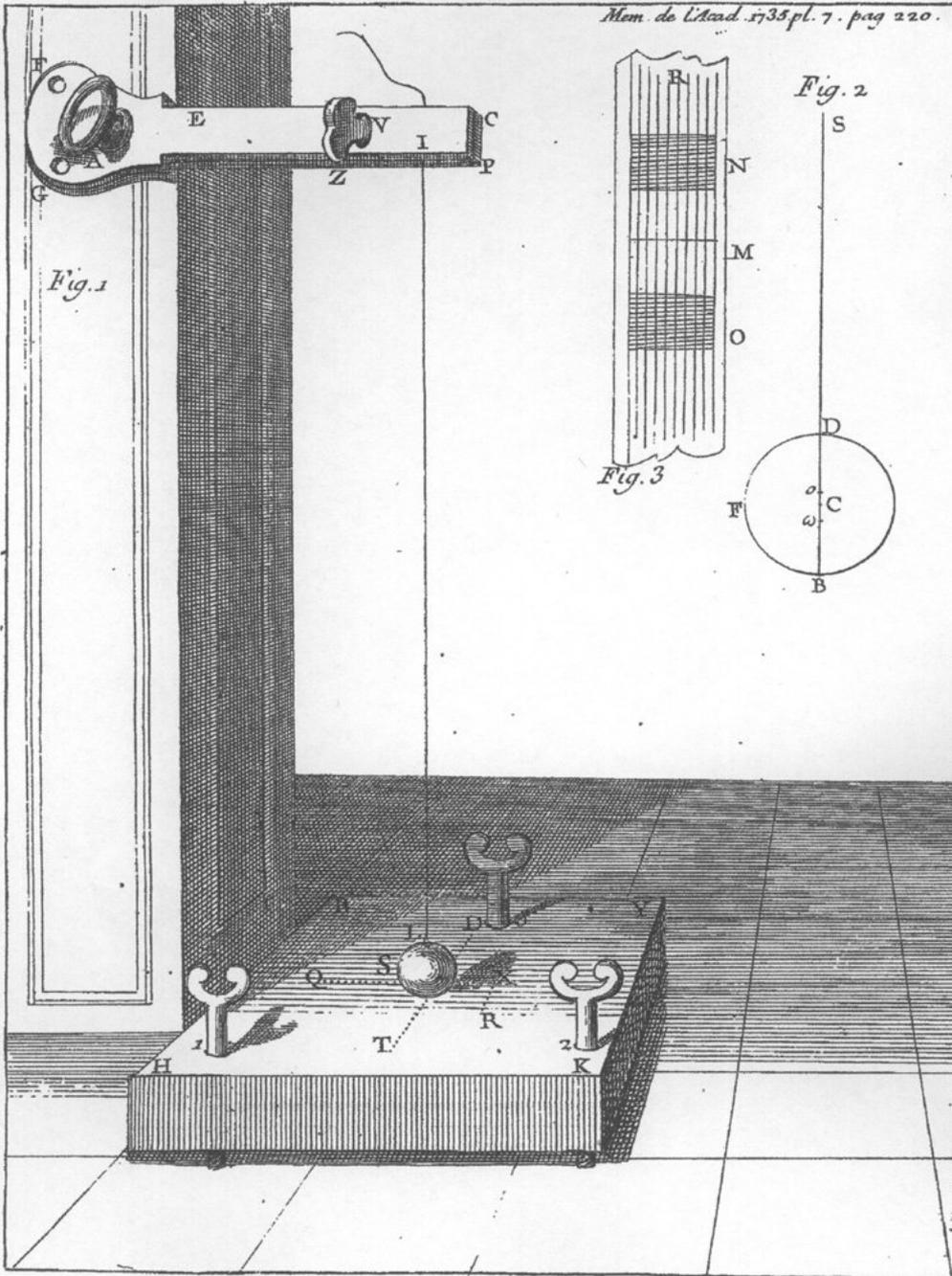


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

À suivre le Mardi 24 octobre 2006

***Merci
de votre
attention***

