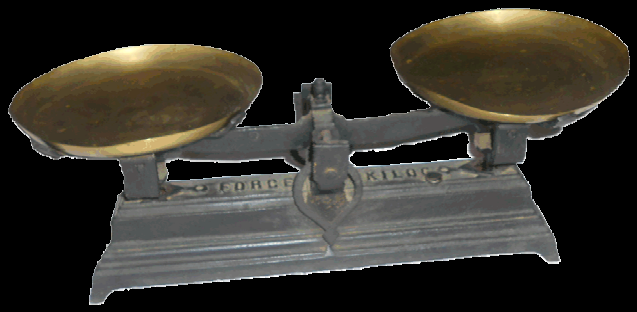
Alain DURAN
Alain ROBERT

Balances et Leviers



Attention : Ce document est déposé.

Son usage est libre dans tous les établissements d'enseignement.

Si vous souhaitez le dupliquer sur un site internet ou l'incorporer à une publication (sur papier ou numérique), vous devez obtenir préalablement l'accord de l'auteur ou des auteurs.

Introduction

Ce dossier donne des pistes pour animer quelques ateliers autour du thème « Balances et leviers » et les rappels théoriques destinés aux animateurs qui auraient un peu oublié les années lycée et les cours de Sciences Physiques. En effet, si dans la vie courante nombre de gens confondent allègrement poids et masses, il convient avec les élèves d'éviter ce travers. S'il n'est pas question à l'école élémentaire d'introduire $P_{(N)} = m_{(kg)} \times g_{(m \times s-2)}$, il est peut-être utile de se remettre tout cela en tête pour éviter d'introduire des idées fausses dans ces cervelles en devenir. Cela permettra aussi de mieux maitriser l'atelier « Balances ou Pesons ? ».

Ateliers :

Fabrication d'une balance à bras égaux. Page 4

Fabrication de masses marquées de 0,1 g à 5 g Page 6

Balances ou Pesons ? Page 7

Leviers Page 8

Ces quatre ateliers sont conçus pour durer environ 25 à 30 minutes et donc pouvoir être tous réalisés en une demi-journée de classe (ateliers tournants, deux avant la récréation, deux après).

Nota 1 : ces ateliers sont conçus pour être utilisés au CM2, ou au CM1 en fin d'année scolaire.

Nota 2 : l'atelier « Fabrication d'une balance» est le plus long des quatre. Il est possible de coupler les deux ateliers fabrication sur deux séquences de 30 minutes et donc de faire deux ateliers « Fabrications » parallèles avec une moitié de la classe (2 groupes) durant 1 heure pendant que l'autre moitié de la classe suit les deux autre ateliers avec permutation des groupes au bout d'une demi-heure..

Séquence	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
1	Fabrications : Balance Masses marquées Essais	Fabrications : Balance Masses marquées Essais	Balances diverses	Leviers
2			Leviers	Balances diverses
	Récréation	Récréation	Récréation	Récréation
3	Balances diverses	Leviers	Fabrications : Balance Masses marquées Essais	Fabrications : Balance Masses marquées Essais
4	Leviers	Balances diverses		

Il est aussi bon de prévoir deux adultes par atelier « Fabrications » et de percer les bouchons avant la séance.

Rappels théoriques :

Page 10

Les notions de poids et de masse sont, dans la vie courante, sujettes à confusion. Les années lycée étant, pour certains d'entre nous un peu lointaines, l'objet de ce rappel est de remettre en mémoire des notions simples, souvent oubliées .

Annexes : Page 13

Vous trouverez en fin de dossier des annexes pour les ateliers (gabarit de centrage, masses marquées) et les photos de quelques types de balances pour illustrer ce travail. Une recherche sur internet vous permettra de compléter la collection.

Construction d'une balance à bras égaux

Matériel nécessaire :
Balance :
1 bocal haut d'environ 12 cm (ou plus)
2 couvercles identiques
1 bouchon en liège
2 piques à brochette en bois
Ficelle fine

Outillage :
Photocopie sur papier de l'annexe 1
Feutre « permanent » fin
1 clou 50 à 70 mm de long
Marteau
Ciseaux
Percerette 3 mm
Colle liquide

Fabrication de la balance : suivez les indications données page suivante.

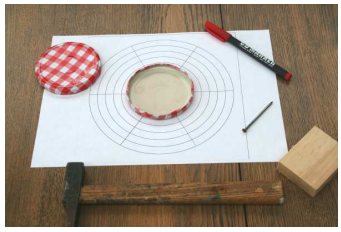
Après avoir aussi fabriqué les masses marquées, vous pourrez utiliser votre balance.
Portée 10 g
Sensibilité : 0,1 g

Utilisez votre balance et vos masses marquées pour faire des mesures.
Par exemple quelles sont les masses des pièces de 1, 2 ou 5 centimes ?

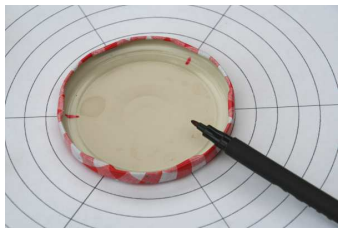
Fabrication de la balance

Fabrication des plateaux :

Prenez deux couvercles identiques.
Placez un couvercle sur la gabarit de perçage (annexe 1)



A l'aide d'un crayon feutre « permanent », faites trois marques à 120°



Placez le couvercle sur un morceau de bois. A l'aide d'un marteau et d'un clou, percez 3 trous en face des marques à 120°

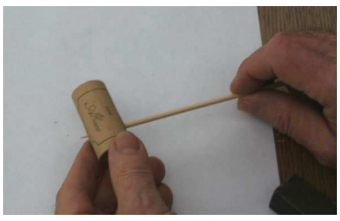
Limez l'extérieur des trous pour que l'on ne risque pas de s'écorcher la main lors de l'utilisation.

Passez dans chaque trou un morceau de ficelle fine (ficelle à rôti). Faites un nœud double ou triple, bien serré.

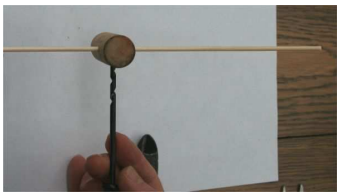
Rassemblez les trois ficelles au dessus du centre du couvercle et faites un nœud.
Faites de même avec le deuxième couvercle.

Prenez un bouchon de liège. A l'aide d'une percerette, percez le bouchon à peu près au tiers de la hauteur, en restant bien perpendiculaire à l'axe du bouchon.

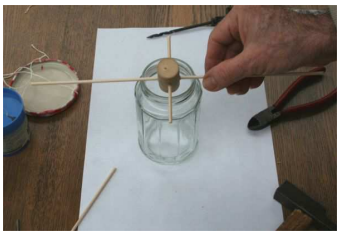
Introduisez une pique à brochette dans le trou, coupez la pointe puis centrez la pique par rapport au bouchon. Ce sera le fléau de la balance.



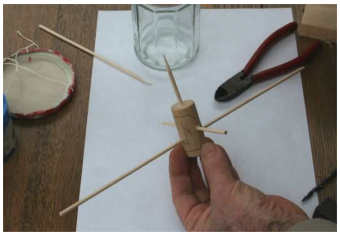
Percez un deuxième trou environ 5 mm en dessous, perpendiculairement au premier.



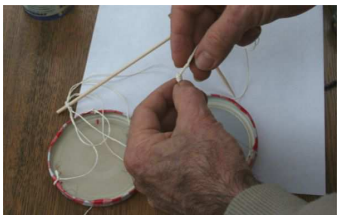
Introduisez dans ce trou un morceau de pique à brochette de longueur un peu supérieure au diamètre de l'ouverture du bocal. Ce sera l'axe de la balance



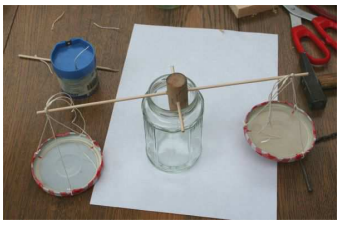
Faites un dernier trou dans l'axe du bouchon, du côté du petit morceau de pique à brochette et placez-y un morceau de pique avec pointe.



Fixez les plateaux aux extrémités du fléau.



Coupez les morceaux de ficelle en trop, bloquez les nœuds sur le fléau et sur les plateaux à l'aide d'une goute de colle, Centrez bien le bouchon

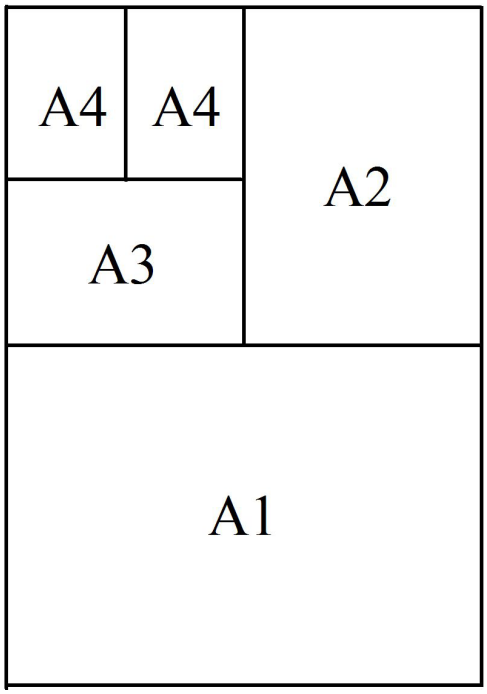


Votre balance est terminée

Fabrication des masses marquées :

Matériel nécessaire :
Photocopies sur papier 80 g/m^2 des annexes 2a et 2b

Masse de 5 g : photocopies sur papier 80 g/m^2 de l'annexes 2a
Autres masses (0,1 g à 2 g) : photocopies sur papier 80 g/m^2 de l'annexes 2b

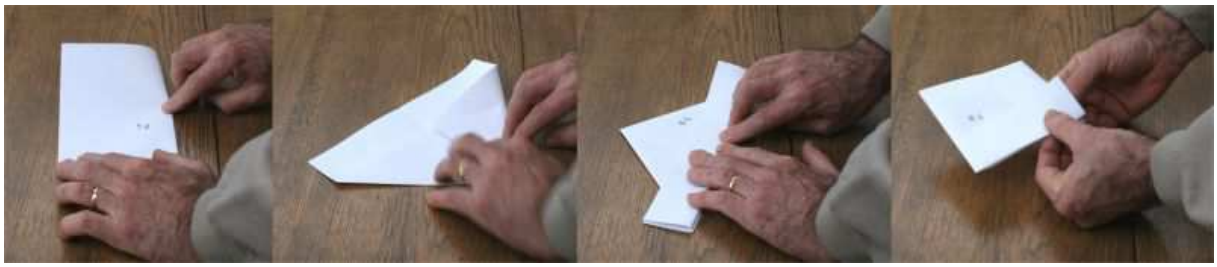


Une feuille format A0 (841 x 1189 mm) a une surface d'1 m2.
Par découpes successives en deux, on va obtenir les formats A1, puis A2, A3, A4

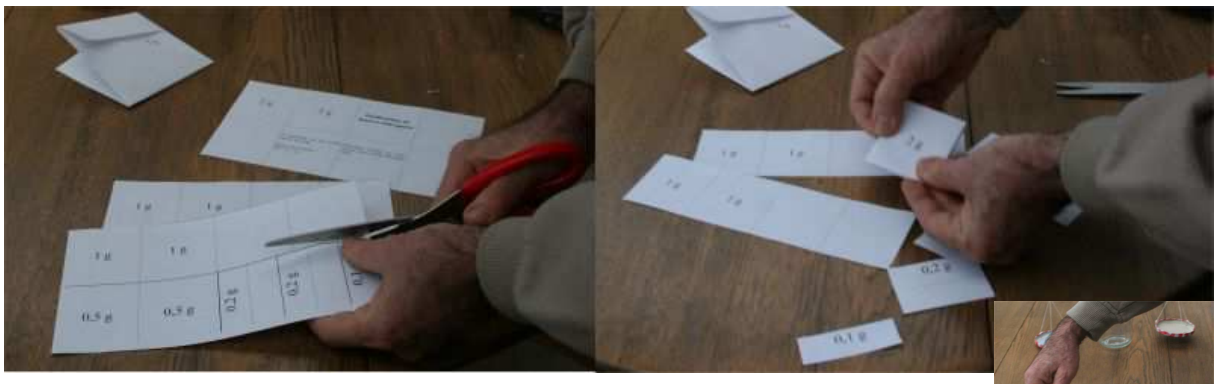
Dans une feuille de format A0 on peut donc obtenir :
2 feuille A1
Ou 4 feuilles A2
Ou 8 feuilles A3
Ou 16 feuilles A4

Si l'on utilise du papier 80 g/m^2 , la feuille A0 aura une masse de 80 g, la feuille A4 aura une masse de :
80 / 16 = 5 g

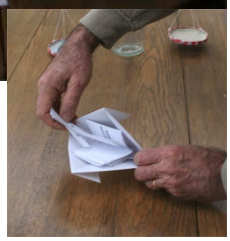
Masse marquée 5 g : prenez la photocopie de l'annexe 2a, pliez-la en suivant les traits pointillés en veillant à laisser l'indication de masse visible.



Autres masses (0,1 g à 2 g) : prenez la photocopie de l'annexes 2b
Découpez le long des traits pleins, puis pliez le long des traits pointillés, en veillant à laisser les indications de masse visible.



Vous pourrez ranger les masses de 0,1 g à 2 g à l'intérieur de la masse 5 g



Balances ou Pesons ?

Matériel nécessaire : quelques balances différentes et des photographies ou dessins d'autres modèles (illustrations présentes en fin de ce dossier + recherches sur internet)

Il existe de fait deux types d'instruments de pesages (les balances en langage courant) :

Instruments de pesage de type 1 : la balance Roberval

On pose l'objet dont on veut mesurer la masse sur l'un des plateaux. L'attraction que la Terre exerce sur cet objet (son poids) entraîne le plateau vers le bas.
On pose sur l'autre plateau des objets de masse connue (les masses marquées) jusqu'au retour du fléau à l'horizontale. La masse de l'objet est égale à la somme des masses placées sur l'autre plateau (balance à bras égaux).
A ce moment, l'attraction exercée par la Terre sur l'objet étudié est la même que celle exercée sur l'ensemble des masses marquées utilisées pour réaliser l'équilibre.
Si l'on va faire la même mesure dans un lieu ou l'attraction est différente, par exemple sur la Lune, l'attraction de la Lune sur l'objet étudié sera six fois plus faible que sur Terre, l'attraction sur les masses marquées sera aussi six fois plus faible, l'équilibre sera obtenu avec les mêmes masses marquées que sur Terre.

Conclusion : cette balance est aussi utilisable sur la Lune !

C'est vrai de toutes les balances utilisant une masse d'équilibrage variable (balance à bras égaux, masses marquées) ou unique et mobile (effet levier) comme la balance Romaine.

Instruments de pesage de type 2 : le peson à ressort

On pose l'objet dont on veut mesurer la masse sur le plateaux. L'attraction que la Terre exerce sur cet objet (son poids) entraîne le plateau vers le bas et allonge le ressort.
On lit la masse de l'objet sur une graduation à l'aide d'un index mobile accroché à l'extrémité du ressort.
Si l'on va faire la même mesure dans un lieu ou l'attraction est différente, par exemple sur la Lune, l'attraction de la Lune sur l'objet étudié sera six fois plus faible que sur Terre, le ressort sera six fois moins allongé, l'indication de masse sera fausse !

Conclusion : cette balance est inutilisable sur la Lune !

C'est vrai de toutes les balances n'utilisant pas de masse d'équilibrage, mais basées sur la déformation d'un ressort ou d'un capteur électronique (balances électroniques).

Sans aller sur la Lune ou sur Mars, une balance électronique calibrée pour être utilisée à Paris et que l'on promènerait avec un objet de masse 1 000 g donnerait les indications suivantes :

A Paris : 1 000 g Au pôle Nord : 1 002 g A l'équateur : 997 g

La différence est faible, mais peut avoir de l'importance si l'on fait des mesures de précision.

Etudiez les balances présentes (réelles ou photographies) et classez-les en « Type 1 » et « Type 2 »

Leviers

Avertissement :

On peut faire une étude des leviers sur la table, avec une règle, une gomme servant de point d'appui et quelques objets de masses diverses à soulever. Nous avons choisi une autre voie, plus encombrante mais que nous estimons plus performante pour « frapper les esprits » et permettre une meilleure mémorisation du principe.

Fabrication du matériel :

La taille intérieure des plateaux est 20 x 40 cm afin de pouvoir y placer 3 bidons de 5 litres. Ces plateaux sont réalisés en contre-plaqué de 15 mm d'épaisseur, bordé de tasseau (section 13 x 38 mm) pour éviter la chute des bidons.

La longueur totale est de 1,42 m (pour être transportable dans une voiture), les deux tasseaux de liaison ont une section de 30 x 45 mm et sont espacés de 34 cm (pour que l'ensemble soit solide et stable).

Le support est réalisé avec deux gonds de portail (un droit, un gauche) coincés entre deux morceaux de tasseau. Un morceau de tube en acier solidement fixé sur une planche peut aussi convenir.

Ces valeurs sont indicatives, à chacun de faire en fonction de ses possibilités en s'assurant de la solidité et de la stabilité de l'ensemble : un enfant doit pouvoir monter sur un plateau sans risque de casse ou de basculement.

Un marquage au tiers d'un côté, au quart de l'autre entre les milieux des plateaux à l'aide de peinture ou de ruban adhésif de couleur permettra aux enfants d'approcher expérimentalement la formule régissant l'équilibre d'un fléau.

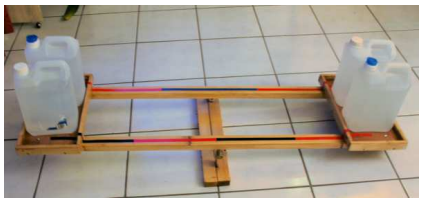
Pour compléter l'ensemble, récupérez quatre bidons plastiques de 5 litres (bidons d'eau déminéralisée par exemple).

Utilisation :

Remplissez les bidons aves de l'eau. La masse de chaque bidon sera alors d'environ 5 kg.

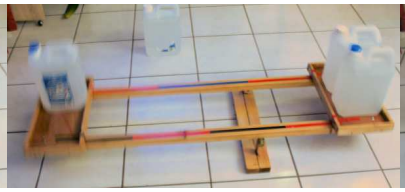
Mettre le matériel en place (ensemble plateaux– fléau sur le support), placez un bidon sur chaque plateau et demandez aux enfants de régler la position du fléau sur le support pour obtenir un basculement avec une faible impulsion.

Nota : l'équilibre stable est impossible car le centre de gravité de l'ensemble mobile (fléau + bidons) se trouve au dessus de l'axe du support. On obtient seulement un équilibre instable (basculement facile d'une position à l'autre).



Mettre un deuxième bidon sur chaque plateau.
Où est le support par rapport au fléau ?
Conclusion : si le support se trouve au milieu du fléau, il faut que les masses dans chaque plateau soient égales pour obtenir l'équilibre. C'est sur ce principe que sont construites les balances à bras égaux.

Enlever un bidon de l'un des plateaux et demandez aux enfants de régler la position du fléau sur le support pour rétablir l'équilibre.

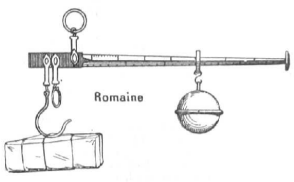


Où est le support par rapport au fléau ?
Le marquage au tiers devrait les aider.

Ajoutez un troisième bidon sur le plateau et demandez aux enfants de régler la position du fléau sur le support pour rétablir l'équilibre.

Où est le support par rapport au fléau ?
Le marquage au quart devrait les aider.

Conclusion : on peut obtenir l'équilibre avec des masses différentes, mais dans ce cas les bras du fléau ne seront pas de même longueur : le petit bras sera du côté de la grosse masse, le grand du côté de la petite.
C'est sur ce principe que sont construites les balances à contrepoids mobile (balance romaine par exemple)



Donnez-moi un point d'appui, et je soulèverai le monde
Archimède (287 av JC - 212 av JC)

Placez le support à proximité d'un plateau et demandez à un élève de s'asseoir sur ce plateau. Demandez ensuite à un autre élève d'appuyer avec le pied sur l'autre plateau.
Il n'est pas interdit de choisir les acteurs : le « gros dur » de la classe assis sur le plateau, le plus « petit gabarit» à la manœuvre de l'autre côté !
Sans changer la position du support, on demandera ensuite au « petit » de s'asseoir sur le plateau situé devant lui et à son camarade d'essayer de le décoller du sol.

Conclusion ?

Rappels théoriques pour les animateurs d'ateliers et les enseignants

1- Introduction

Les notions de poids et de masse sont, dans la vie courante, sujettes à confusion. Les années lycée étant, pour certains d'entre nous un peu lointaines, l'objet de ce rappel est de remettre en mémoire des notions simples, souvent oubliées :

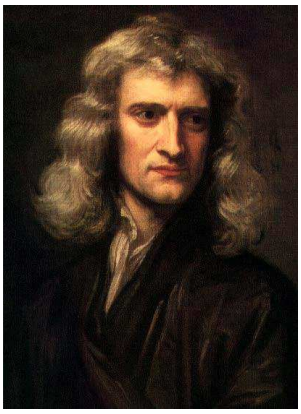
- le poids, les forces, la masse, les unités de mesure des forces et des masses, les leviers ,
- les instruments de pesage : balances et dynamomètres.

2- POIDS, MASSE

2.1 LE POIDS D'UN CORPS

L'EXPERIENCE DE NEWTON : LA NOTION D'ATTRACTION TERRESTRE, LE POIDS D'UN CORPS

Cette notion est une des multiples applications d'une loi physique appelée loi de l'attraction universelle ou loi de la gravitation mise en évidence puis formulée par le physicien écossais Isaac Newton, né en 1643, mort en 1727.
La légende retient l'incident causé par la chute d'une pomme sur la tête du savant. Le physicien explique que la pomme est tombée de l'arbre parce que n'étant plus retenue à l'arbre (par le pédoncule du fruit), la terre exerce sur la pomme une force appelée attraction terrestre ou gravitation qui la fait tomber.
Cette force de gravitation s'appelle aussi attraction terrestre parce que le centre de la terre attire vers lui tous les objets qui ne sont pas retenus par un support (sol, tige des fruits, chaise, …).


Isaac Newton

CETTE FORCE DE GRAVITATION EST APPPELEE POIDS DU CORPS

<u>Un poids est une force</u>

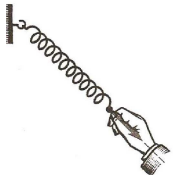
LE POIDS EST VARIABLE SELON LE LIEU OÙ L'ON SE TROUVE :

Sur le globe, selon la latitude, ou position par rapport aux pôles
Si la valeur d'un poids à Paris est égale à P, alors au pôle nord cette valeur est égale à 1, 002 P
Si la valeur d'd'un poids à Paris égale à P, alors cette valeur à l'équateur est égale à 0,0997 P
Ainsi la variation du poids P du pôle nord à l'équateur est donc de l'ordre de 0,5 %, ce qui n'est pas négligeable si l'on veut faire des mesures de précision.

Du pole nord à l'équateur la valeur d'un Poids varie de 0,5 %

En hauteur par rapport au niveau du sol
Si la valeur d'un poids au niveau du sol de Paris est égale à P, à une hauteur de 300 kilomètres au dessus de Paris cette valeur est égale à 0, 906 P.

EXEMPLE D'UNE FORCE MECANIQUE AUTRE QUE LE POIDS
La traction de la main sur un ressort



UNITE DE POIDS OU UNITE DE FORCE
Dans le Système International des unités de mesure (SI), l'unité de poids est le **NEWTON**
Le Newton est défini comme ***La force qui communique a un corps de masse égale à 1 kilogramme une accélération de 1 mètre par seconde carrée***
Mais qu'est ce que la masse d'un corps ?

2.2 LA MASSE D'UN CORPS

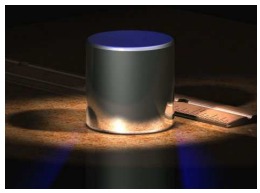
DEFINITION
Pour ne pas avoir à calculer, selon le lieu où l'on se trouve, le poids de chaque objet (une tablette de chocolat, un paquet de bonbons, il faut une référence dont la valeur soit la même, quel que soit le lieu où l'on se trouve

Cette référence invariable, la quantité de matière, s'appelle la masse de l'objet

Ainsi une tablette de chocolat de 100 grammes à Paris contient toujours 100 grammes, que l'on soit au pôle

nord, à l'équateur ou à 300 kilomètres au dessus de Paris.

UNITE DE MASSE



Le kilogramme (au départ masse de 1 dm^3 d'eau) est la masse du prototype en platine qui a été validé par la conférence générale des poids et mesures tenue à Paris en 1989 et qui a été déposé au Bureau International des Poids et Mesures à Paris.

2.3 LE POIDS D'UN CORPS EST PROPORTIONNEL A SA MASSE : P= m . g

La valeur du coefficient de proportionnalité g est variable selon le lieu où le corps se trouve ; il exprime l'influence de l'attraction terrestre, appelée pesanteur en ce lieu.

C''est pourquoi **le coefficient g s'appelle intensité de la pesanteur au lieu considéré.** A Orléans il est approximativement égal à 9,81 $m.s^{-2}$

2.4 MESURES DE LA MASSE ET DU POIDS D'UN CORPS

Des l'antiquité, on s'est préoccupé de rendre loyales les transactions commerciales en utilisant un **arbitre** garantissant la quantité de marchandises achetée, **c'est un instrument de mesure : LA BALANCE**.

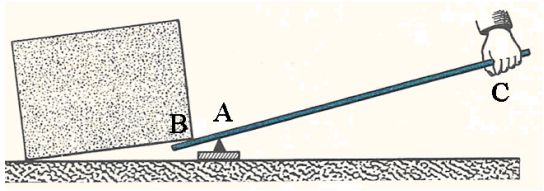
L'image qui suit montre que la balance était connue des Egyptiens, il y a 4 à 5 000 ans

3 LEVIERS

La manipulation simple, ci-dessous décrite met en évidence très simplement les notions de leviers et d'équilibre des forces mécaniques

UNE MANIPULATION SIMPLE :

SOULEVER UN OBJET AVEC UNE REGLE



Soulever un objet (gomme, …) avec une règle plate graduée

Positionner un doigt à l'extrémité de la règle, notée C
Noter B le point de contact de la règle avec le paquet
Placer une cale en A
A partir de C lever l'objet avec la main

Rapprocher ensuite la main du point A

plus on se rapproche du paquet (distance CA de plus en réduite) plus l'effort a exercer avec la main sur la règle est grand.

plus on s'éloigne du paquet (distance CA de plus en grande) plus l'effort a exercé avec la main sur la règle est faible.

Cette dernière propriété est utilisée dans la vie quotidienne pour lever avec moins d'effort un objet lourd.

La levée de l'objet se produit dès que la valeur de la multiplication de l'intensité de la force exercée sur l'objet

par la distance AB dépasse la valeur de la multiplication du poids de l'objet par la distance CA.

Le système est en équilibre lorsque la valeur de la multiplication de l'intensité de la force exercée sur l'objet par la distance AB est égale à la valeur de la multiplication de l'intensité du poids de l'objet par la distance CA

Vocabulaire :

Dans le cas de l'expérience la règle s'appelle un levier

Les distances CA et AB s'appellent les bras de levier

4 LES INSTRUMENTS DE PESAGE : BALANCES ET DYNAMOMÈTRES

Selon l'article 1 du décret 91-330, du 27 mars 1991 relatif aux instruments de pesage à fonctionnement non automatique, ces instruments servent à déterminer la masse d'un corps en utilisant l'action de la pesanteur sur ce corps. Un instrument de pesage peut, en outre, servir à déterminer d'autres grandeurs, quantités liées à la masse comme le poids d'un corps

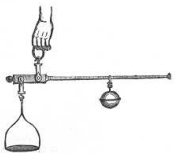
La balance

Elle se caractérise par l'équilibre d'un corps solide mobile autour d'un axe horizontal : le fléau.

La balance Roberval est une balance avec des bras égaux. L'objet dont on veut mesurer la masse est placé dans un des plateaux fixés sur un des couteaux, l'équilibre est rétabli par des masses marquées, qui permettent ainsi de connaître la masse de l'objet (et son poids en multipliant la masse par g).

La balance romaine

La balance romaine est une balance avec des bras inégaux. C'est le déplacement du contrepoids sur le fléau gradué qui rétablit l'équilibre. D'autres balances, ou l'on rétabli l'équilibre en déplaçant un ou plusieurs contrepoids le long de curseurs fonctionnent suivant le même principe.



Le Dynamomètre

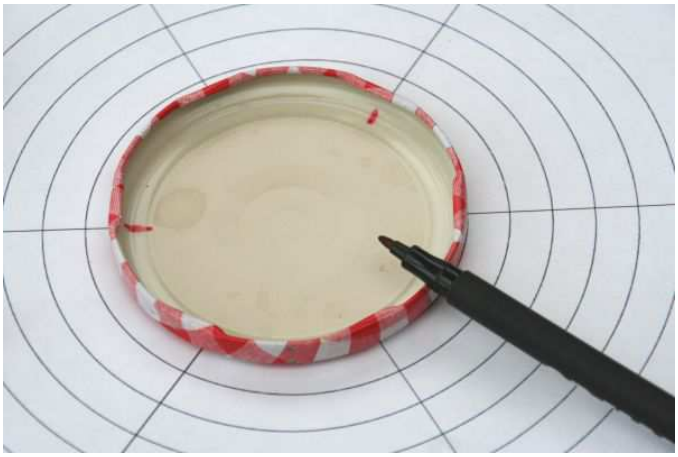
Le dynamomètre est un instrument par lequel on mesure la déformation d'un corps solide sous l'effet d'un poids ou d'une force. Certains instruments de pesage sont réalisés sur ce principe. Ce sont en réalité des pesons.

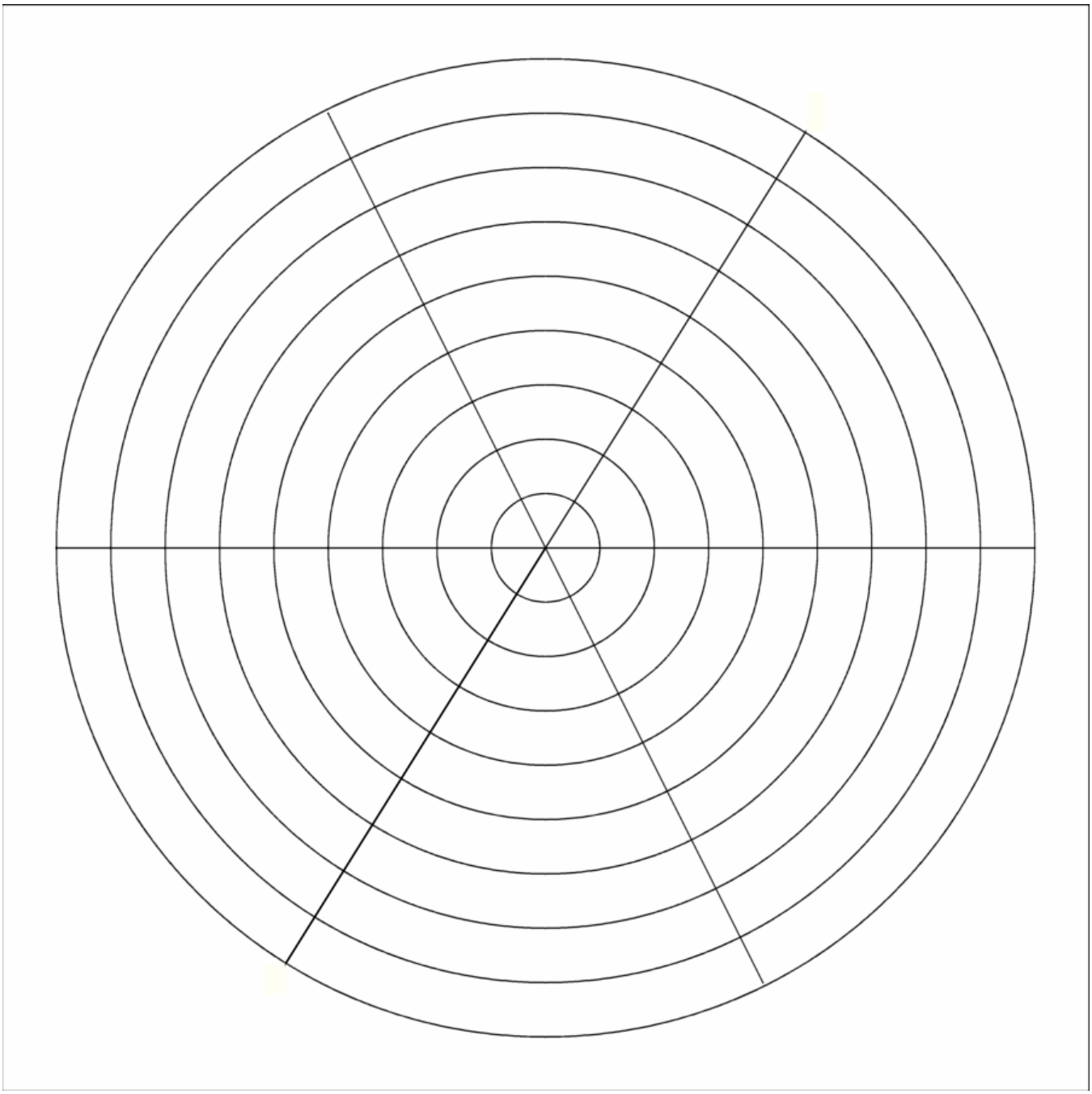
Un objet de masse et de poids inconnu est suspendu au crochet, sous l'effet du poids, le ressort se déforme.
Un dynamomètre est gradué en Newtons, un peson en kg, mais la conversion n'est strictement valable que pour un lieu donné (une valeur de g).
Tous les instruments de pesage sans masse d'équilibre sont en réalité des pesons.
C'est le cas de nos « balances » électroniques modernes.

Annexes

Annexe 1 : gabarit de perçage des plateaux

Utilisez ce gabarit pour faire des marques régulièrement espacées sur les couvercles qui serviront de plateaux à votre balance.





5 g

A imprimer sans marges sur une feuille format A4, 80g

Masse de la feuille =
80 / 16 = 5 g

Réalisation de masses marquées

Pliez suivant les pointillés

2 g

2 g

Réalisation de masses marquées

A imprimer sans marges sur une feuille format A4, 80g

Masse de la feuille =
80 / 16 = 5 g

Découpez suivant les traits pleins, pliez suivant les pointillés

1 g

1 g

1 g

1 g

0,5 g

0,5 g

0,2 g

0,2 g

0,1 g

Illustrations

18

Trébuchet
Balance de laboratoire

Portée : 50 g
Sensibilité : 0,01 g

(Balance à bras égaux)

Photos A.ROBERT

Balance à bras égaux

Photo A.ROBERT

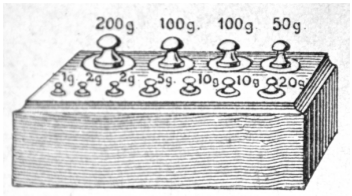
Balance à bras égaux et masses empilables « pile à godet »

Photo A.ROBERT

Balance ROBERVAL
et ses masses marquées

Portée : 5 kg
Sensibilité : 0,1 g

(Balance à bras égaux)



Photos A.ROBERT

Photos J.NEDELEC

Balance de cuisine
d'autrefois
Portée : 10 kg
F 10 K
Photos A.ROBERT

Balance de ménage

Portée : 10 kg
Sensibilité : 2 g

Photos A.ROBERT

Pèse-lettres

Photos A.ROBERT

Photo B.AUTSON

Balance électronique

Portée : 2 kg
Sensibilité : 2 g

Photos A.ROBERT

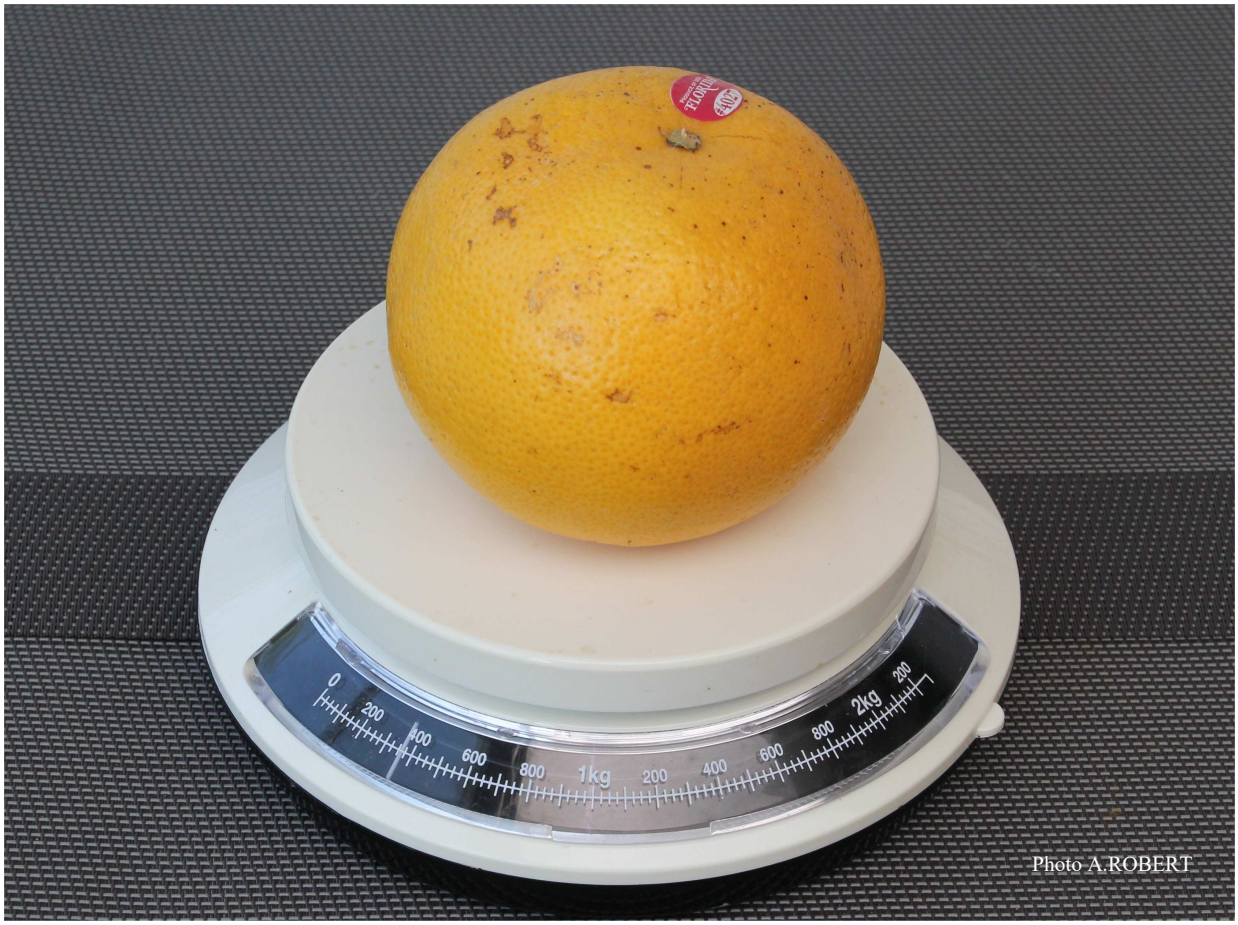
Pesons à ressort

Photos A.ROBERT

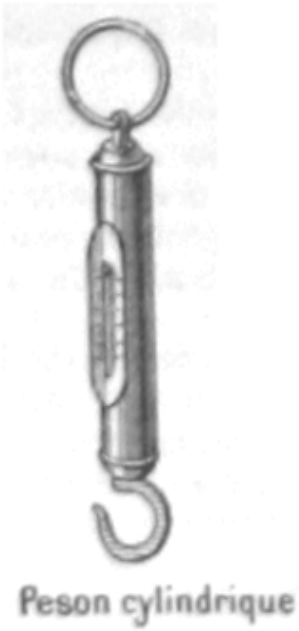
Peson à ressort portée : 100kg (utilisé en meunerie pour mesurer la masse de sacs de farine)

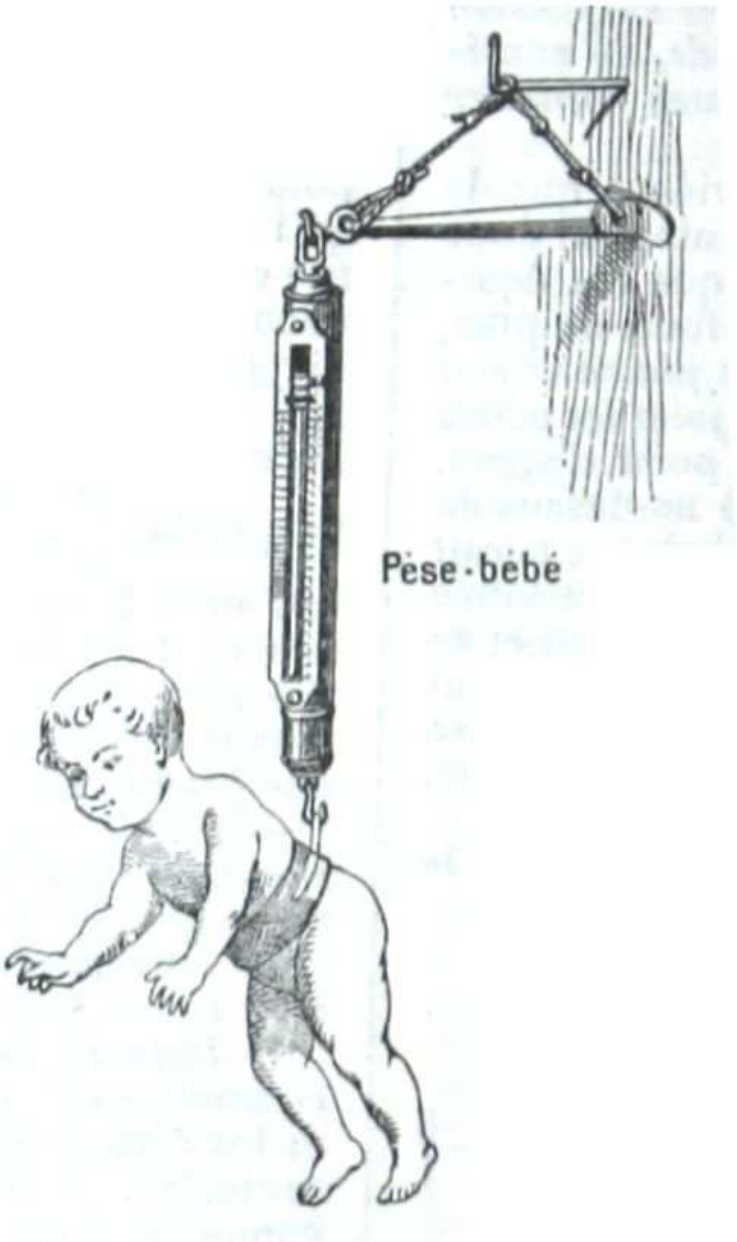
Photos A.ROBERT

Pesons à ressort, suite



Pesons à ressort (suite)

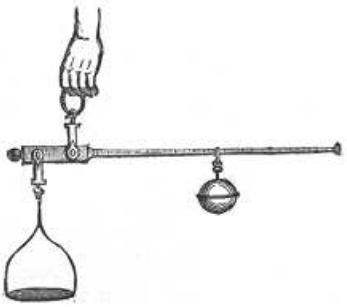




Illustrations extraites d'une encyclopédie datant du début du XXème siècle

Balance romaine

Photos B.AUTSON

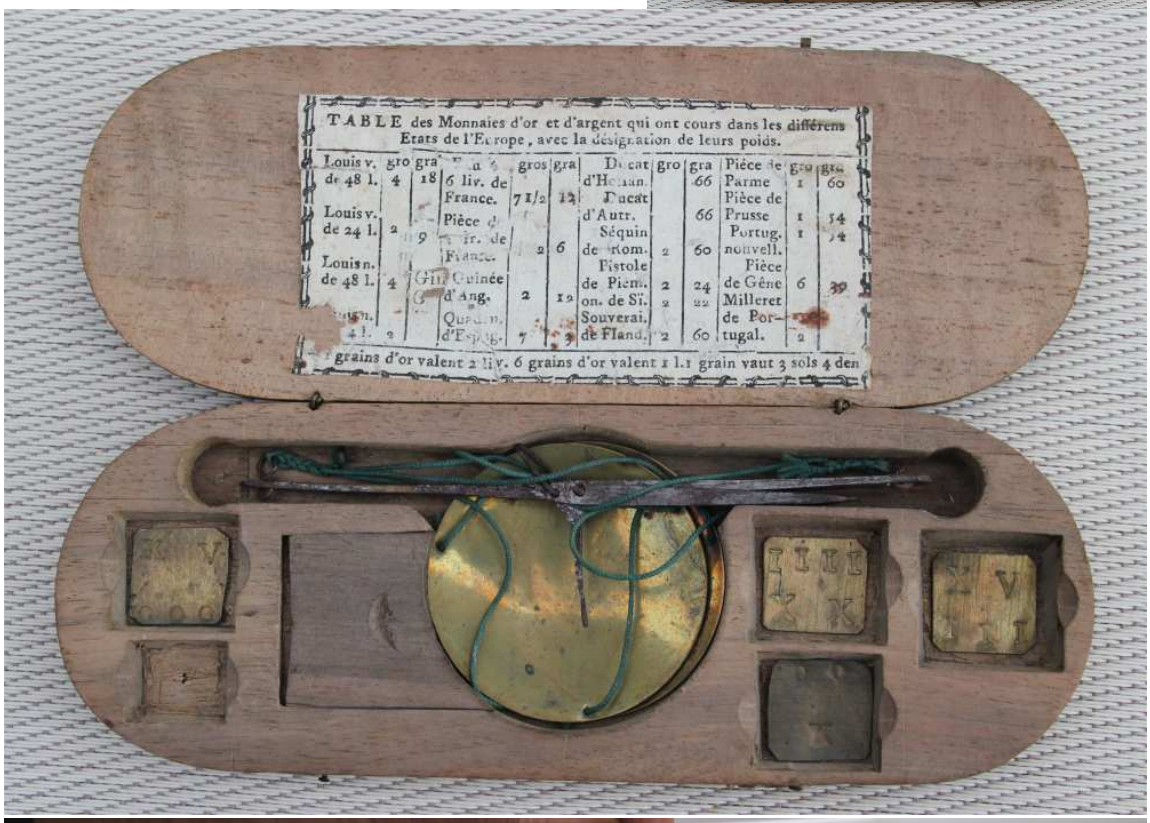


La masse d'équilibrage coulisse le long de la tige graduée. Plus la masse de l'objet accroché à la balance est importante, plus il faut éloigner la masse d'équilibrage de l'axe pour obtenir l'équilibre (effet de levier).

Sur la photo ci-contre, on a accroché une masse marquée de 10 kg à la balance.

Balance de changeur pour les monnaies

(pliée, elle tient dans la poche)



Photos A.ROBERT

Cela servait à mesurer la masse d'une pièce de monnaie (en or ou en argent) et donc à permettre le « change » d'une province à l'autre.

Pour utiliser cette balance, le changeur de monnaies s'asseyait sur un banc…

… c'est de là que vient le mot « banquier » !

Il en est d'autres plus encombrantes…

Grande balance au musée de la marine de Loire

Châteauneuf sur Loire

Photos A.ROBERT

Balance à poissons
au musée de la marine de Loire

Châteauneuf sur Loire

Photos A.ROBERT

Pèse-barrique au musée de la marine de Loire

Châteauneuf sur Loire

Photos A.ROBERT

Photo prise dans le cellier du château de Bussy-Rabutin. Cette balance servait à peser les pommes et les poires qui étaient conservées dans ce cellier. (aile ouest du château).

Ancien manoir du XIV ème le château a connu divers propriétaires de grandes familles et c'est en 1602 que François de Rabutin achète la baronnie de Bussy et en fait son patronyme.

Balance romaine avec plateau
Musée de Saint Paul sur Ubaye

Photo A.ROBERT