

La force centrifuge (quantification)

Objectif général:

En réponse à une hypothèse formulée par les enfants (se référer au document traitant de la force centrifuge) - l'objet qui s'élève plus haut que l'autre reçoit une force centrifuge plus importante parce qu'il monte plus haut - essayer de définir des grandeurs quantifiables de la force centrifuge à partir du modèle expérimental étudié.

Objectif spécifique:

Représenter graphiquement les forces de gravité, les forces centrifuges et les forces résultantes et effectuer une comparaison afin de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse émise par les enfants.

Matériel nécessaire

L'expérience:

-  un morceau de bois servant d'axe moteur
-  deux objets de masses différentes
-  de la ficelle souple
-  un peson ou une balance
-  un appareil photo (ici numérique pour l'instantané)
-  une feuille de papier blanc légèrement transparente
-  le matériel nécessaire en géométrie

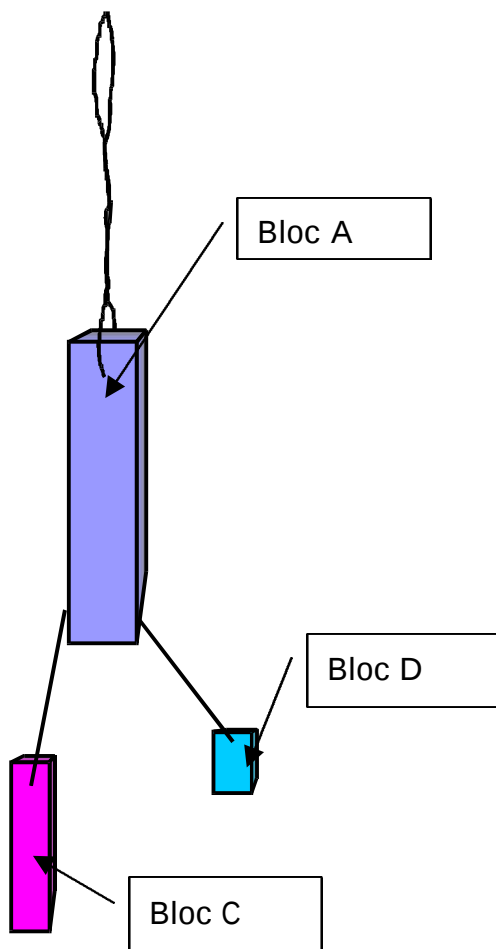
Protocole expérimental:

Rappel de l'expérience précédente: explicatif et schéma.

Les deux blocs C et D tournent dans le même sens que le bloc A.

Les deux blocs C et D s'écartent mais le plus lourd s'élève moins que le plus léger.

Ils ont l'air de tourner sur eux-mêmes moins vite également que lorsque les deux blocs C et D étaient de même masse.



Particularités de cette nouvelle expérimentation:

Pesage des deux objets représentés par les blocs C et D à l'aide d'un peson :

Le plus léger: 1,7N (pesée effectuée en Newton)

Le plus lourd: 5N

Les fils tenant les deux objets étant de longueur identique par rapport au bloc A, l'hypothèse émise par les enfants le fut en réponse à la question posée:

Pourquoi le bloc D s'élève-t-il plus haut que le bloc C?

L' hypothèse émise par les enfants fut:

Le bloc D s'élève plus haut que le C parce qu'il est plus léger et parce que la force qui le tire vers l'extérieur (la force centrifuge) est plus forte. (proposition de Kévin)

Quel élément pourrait permettre la mesure de cette force centrifuge?

Quelles sont les forces en présence dans ce système en rotation?

Réflexions:

La force de gravité connue:

Tout objet ayant une masse tombe au sol quand il est lâché.

Le sens de cette force de gravité est la verticale.

Le fil souple tendu par un objet subissant une force de gravité prend la même direction que cette force de gravité. (le fil à plomb)

Même si la force qui tend n'est pas verticale, la corde souple prend la même direction que la force.

La force est graphiquement représentée par une flèche dans le sens où tire la force.

La force centrifuge : elle tire vers l'extérieur du mouvement de rotation (ressentie sa réaction dans les bras) sur l'expérience de rotation avec l'élastique et un seul objet.

La différence de masse sur les deux objets choisis est quantifiable: 5N et 1,7N

Il est possible de les représenter graphiquement: 5N → 10cm 1,7N → 3,4cm

Il est possible de les dessiner (sur des lignes parallèles: verticales)

Comment savoir à quelle hauteur exacte se situent les deux objets en mouvement de rotation?

Hypothèses émises par les enfants:

→ coller une règle entre les deux objets (proposition de Léa)

→ arrêter tout à coup le mouvement avec les mains et prendre les mesures (Christilline)

Les deux premières ne pouvant être possibles ou ne permettant pas une mesure réelle d'un instant du mouvement, une troisième hypothèse est apparue:

Prendre une photo de l'expérience et voir les positions des objets et des fils: effectuer ensuite des mesures. (plusieurs enfants de la classe)

Mise en œuvre:

Un expérimentateur: un élève debout sur une chaise (Pierre-Olivier)

Un écran de couleur (afin de faciliter la vision des masses et des fils ultérieurement).

Un appareil photo numérique

Un élève preneur-de-vue. (Baptiste)

Documents ci-joint:

Première photo peu concluante:



Mouvement de rotation pas assez rapide et observation un peu difficile. Rotation donnée au bloc A pas assez importante.

2° photo:



Observations:

Ecartement assez important des deux masses. Pas d'enroulement des fils de support.

Une masse (la plus légère s'élevant au dessus de l'autre)

Rotation rapide des différentes éléments.

Comment transcrire ces données photographiques en données graphiques uniquement?

Recopier sur une feuille blanche la photocopie de cette photo couleur.

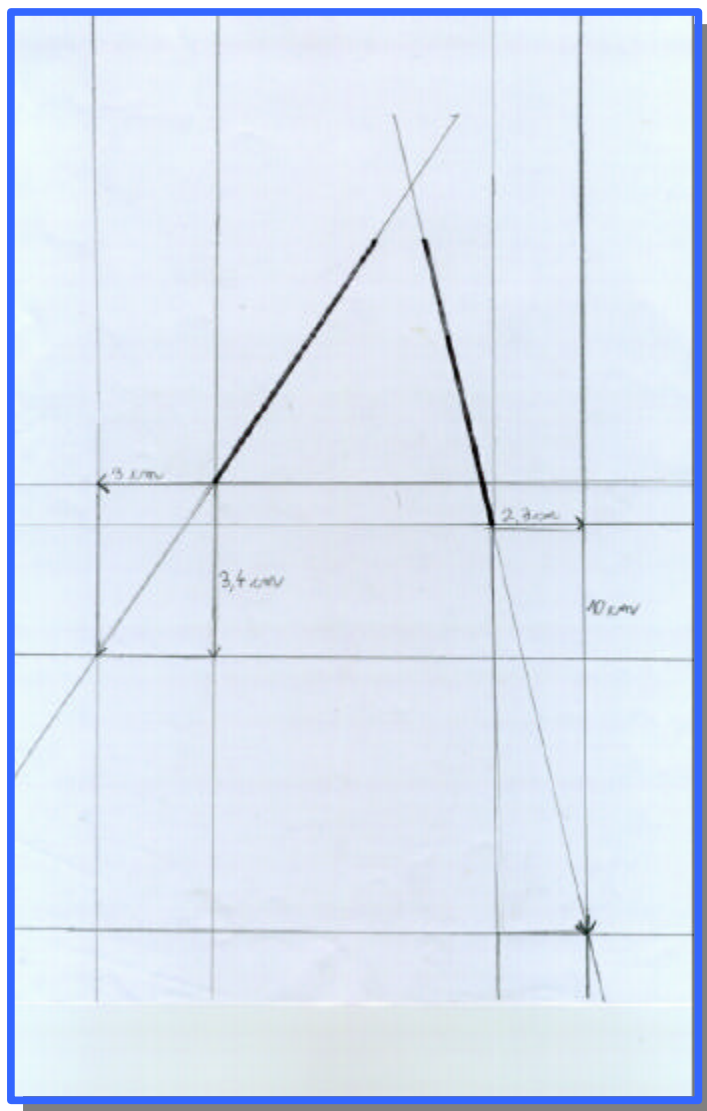
Photo couleur travaillée pour faciliter la reprographie des enfants.

Document ci-joint:



Tracé par recopie par transparence sur feuille blanche:

Obtention du document élève ci-joint, après représentation des forces de gravité et de leur rapport de grandeur, des forces résultantes (forces qui tirent les fils souples dans la direction qu'ils prennent sur la photo et sur le schéma) et tracé des forces centrifuges qui tirent vers l'extérieur du mouvement de rotation.



Données statistiques des résultats au niveau des élèves de la classe:

Tableau ci-dessous:

Résultats statistiques de l'analyse graphique des forces centrifuges

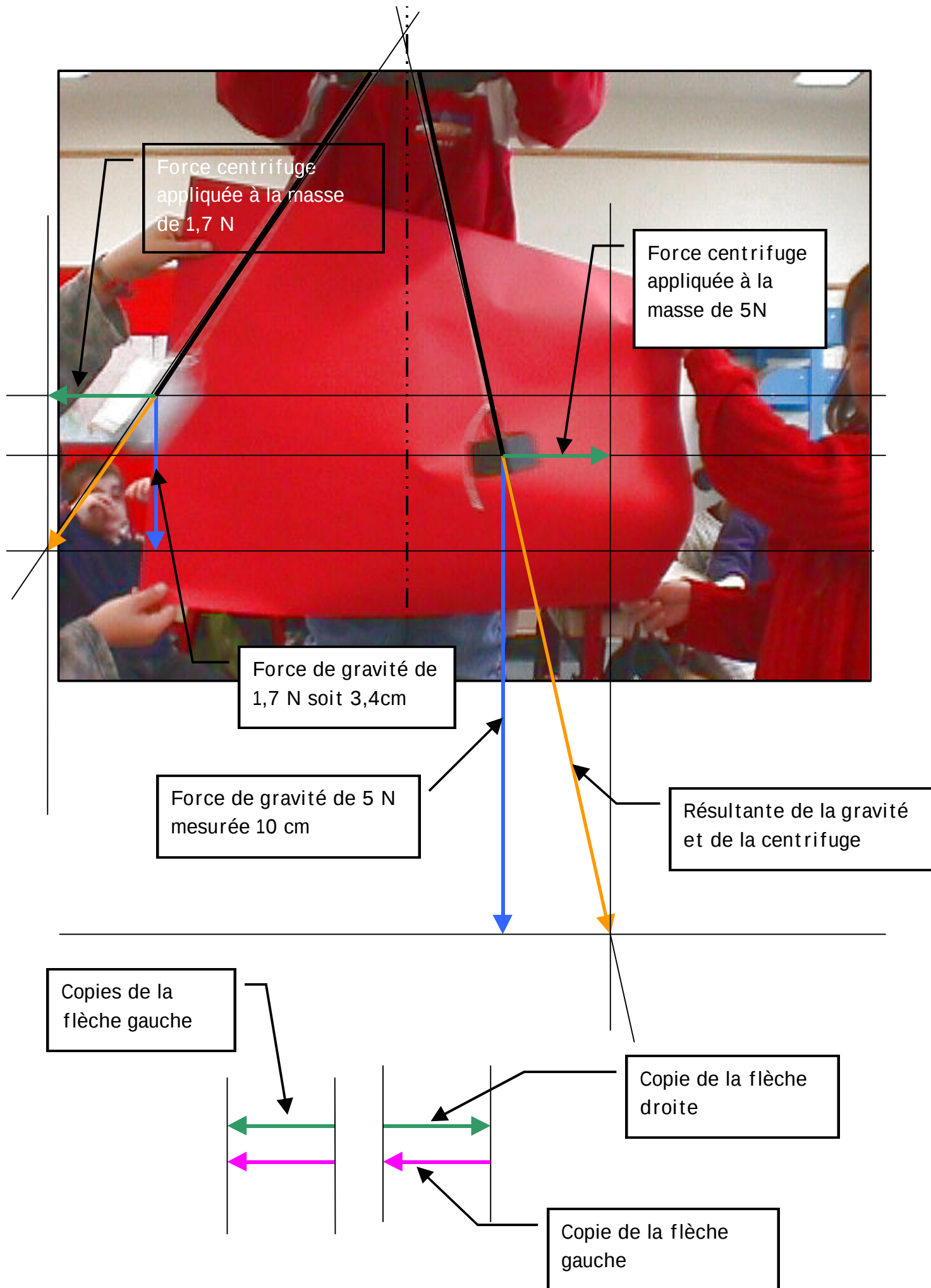
Prénoms	F1 (cm)	F2 (cm)
Arnaud	1,90	3,50
Guillaume	2,30	3,00
Mathieu	2,70	2,70
Thibaud	2,00	2,50
Marine	3,40	5,00
Rachel	1,50	2,10
Justine	1,00	2,00
Christilline	2,50	1,00
Emilie	2,60	1,80
Maxime	2,20	2,30
Olivier	1,70	4,00
Romuald	1,90	3,10
P Olivier	1,90	2,50
Baptiste	1,70	2,70
Cyril	1,90	4,60
Léa	2,40	2,30
Sophie	2,20	1,90
Béatrice	2,00	2,50
Laëtitia	2,70	2,50
Laura	2,00	2,10
Laure	2,50	2,00
Martin	1,10	1,40
Kévin	1,40	1,50
Stéphane	2,40	2,50
Angy	3,00	2,00
Moyenne	2,12	2,54

F1 force appliquée à la masse de 5 N

F2 force appliquée à la masse de 1,7N

A l'analyse statistique de ces résultats, il apparaît que la force centrifuge reçue par la masse la plus légère (F2) est légèrement plus importante que celle appliquée à la masse la plus lourde.

Une donnée graphique un peu plus précise que celles des enfants apporte les résultats suivants:



Il apparaît d'après le schéma ci-dessus que les deux forces centrifuges appliquées aux deux masses sont quasiment identiques.

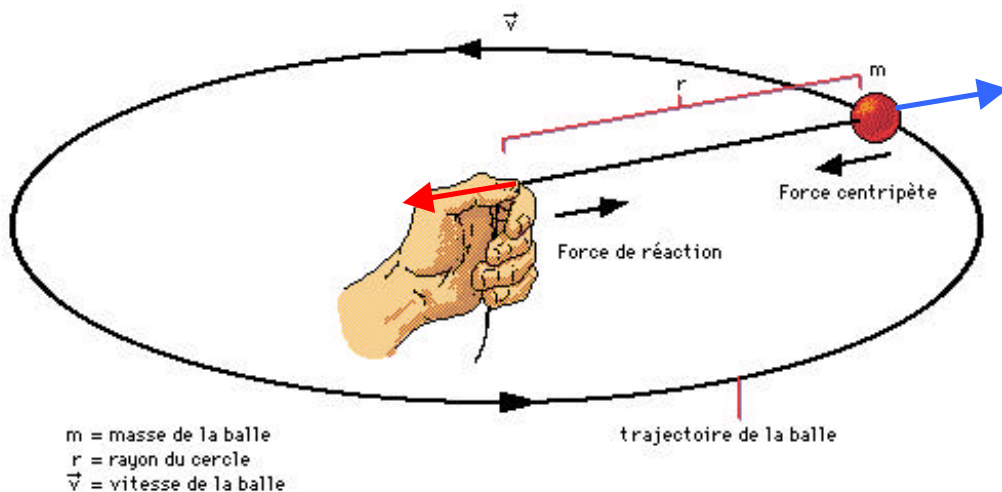
Poursuite du questionnement et des recherches avec les enfants:

1) Pourquoi alors le plus léger s'élève-t-il plus que l'autre (répondre à la question des enfants)?

2) Après recherche livresque de données scientifiques sur la force centrifuge, que conclure?

A partir de la documentation livresque sur les éléments concernant la force centrifuge (égale à la force de réaction due à la force centripète, l'analyse collective après des recherches individuelles permet d'apporter les conclusions suivantes (menées avec les enfants en réponse à leurs questionnements)

Document encyclopédique adapté avec les enfants



Force que nous avons appelée centrifuge

La formule mathématique qui permet de calculer l'intensité de la force centrifuge donnée par les scientifiques est la suivante:



Force donnée par le bras pour retenir la balle

$$F = \frac{m \times v^2}{r}$$

Conclusions:

- 1- La masse la plus légère s'élève plus haut
- 2- Les deux forces centrifuges sont-elles égales?
Oui sur notre document, ou bien quasiment.
- 3- Les scientifiques nous disent que la force centrifuge est plus importante sur la masse la plus lourde:

$$F = \frac{m \times v^2}{r}$$

Un exemple: $v=5\text{m/s}$ et $r=1\text{m}$

F_1 sur notre masse la plus lourde: après les calculs $F_1=125\text{ u}$

F_2 sur notre masse la plus légère: après les calculs $F_2=42,5\text{u}$

On peut donc en conclure que $F_1 > F_2$ car $125 > 42,5$ et $5\text{N} > 1,7\text{N}$

- 4- Notre expérience est-elle vraie ou fausse (Rachel)?
Oui, elle est vraie, car on a pris une photo instantannée pendant l'expérience
- 5- Pourquoi trouve-t-on que les deux forces centrifuges sont égales alors qu'elles s'appliquent sur deux masses différentes (5N et 1,7N)

La force centrifuge dépend:

- de la masse de l'objet: elle est différente dans notre expérience (5N et 1,7N)
- de la vitesse de rotation: on ne connaît pas sa valeur mais...
- le rayon de la trajectoire de l'objet:

Nouvelle question:

Comment tourne chaque objet dans notre expérience?

Nouvelle expérimentation:

Un groupe compte le nombre de tour de la masse de 5N pendant q'un autre groupe compte ceux de la masse de 1,7N.

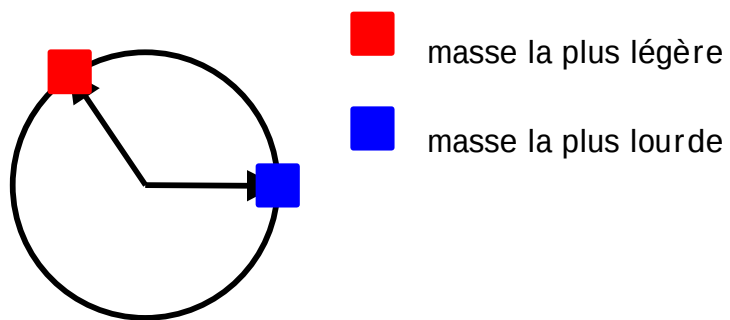
Résultats de cette expérience: en 30 secondes, les deux masses font toutes les deux 23 tours.

Hypothèse avancée par Baptiste pour essayer de comprendre le système:

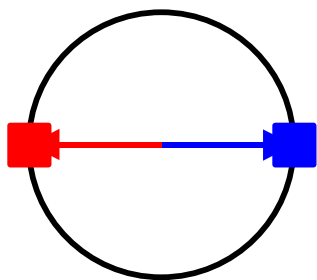
Il faut imaginer regarder du dessus l'expérience:

Recherche de schémas individuels et collecte des réponses:

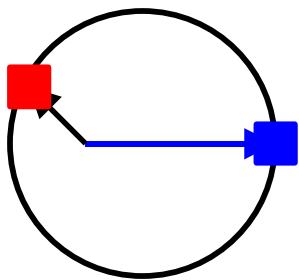
1^{ère} hypothèse de Guillaume:



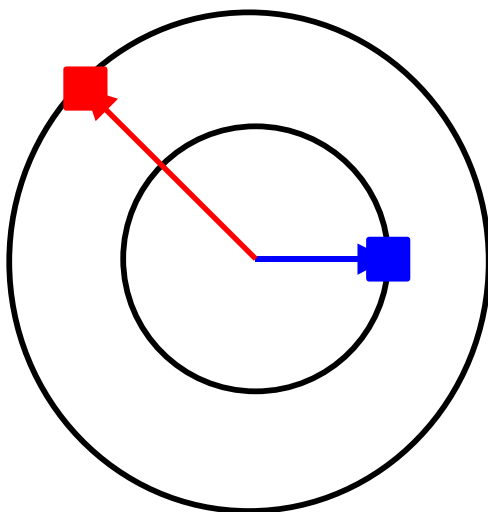
Hypothèse de Kévin:



2^{ème} hypothèse de Guillaume:

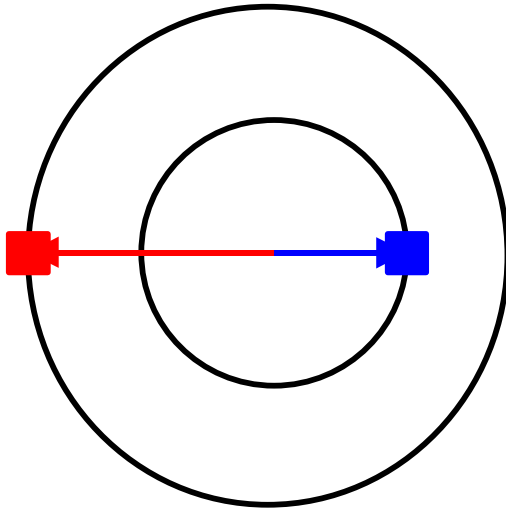


Hypothèse de Thibaud:



Après confrontation des différents avis des enfants et sur les remarques faites à partir de l'expérience: ils ont trouvé le schéma suivant:

Schéma final:



Pourquoi ce schéma?

Parce que les deux masses font le même nombre de tours et que leur position est diamétralement opposée.

D'autre part, la masse la plus lourde tourne sur un plus petit cercle que la plus légère:
D'autre part, la masse la plus légère a l'air d'aller plus vite que la plus lourde.

Pourquoi la plus légère va-t-elle plus vite?

Elle parcourt plus de distance (23 fois le périmètre du cercle extérieur en 30s contre 23 fois le périmètre du cercle intérieur), donc elle va plus vite que la plus lourde.

Compte tenu des différences de vitesses des deux masses, de la différence de masse des deux objets, de la différence de rayon de la trajectoire suivie par chacun, il se peut que les résultats expérimentaux tombent sur deux forces centrifuges opposées égales, mais ceci est dû au hasard.

Au final, avec les expériences menées sur la rotation de la même masse avec le fil élastique (nous avons fait varier la vitesse de rotation), avec cette expérience de rotation de deux masses différentes autour d'un axe, nos résultats expérimentaux sont conformes aux données découvertes par les scientifiques:

A savoir:

La force centrifuge est dépendante de la vitesse de rotation, de la masse de l'objet et de la distance à laquelle elle tourne.

Maintenant, il ne nous reste plus qu'à appliquer nos connaissances à la compréhension des équilibres des planètes dans le système solaire.

Les élèves de la classe du Cm2 de Le Meux
Et leur instituteur: Gérard CLAVET.