



Lois de newton

Réalisé par :

Hiba MAAYOUFI.
Imane LOGTEB.
Hajar ZEROUAL.

Nada MAHDAOUI.
Othmane KARKOUR.
Ayman ZHIRI.

Encadré par : Mr TAMANI.

Sommaire :

I. Objectif.

II. Introduction.

III. Etude théorique.

1^{ère} partie.

2^{ème} partie.

IV. Etude expérimentale.

Matériel expérimental.

Manipulation et interprétation des résultats :

a. 1^{ère} loi de newton.

b. 2^{ème} loi de newton.

c. 3^{ème} loi de newton.

V. Conclusion.

I. Objectif

L'objectif de ce travail pratique vise à mettre en évidence les 3 lois de Newton, et ceci sera étudié en 3 étapes concernant les 3 lois.

En premier lieu, nous allons s'intéresser à traiter le mouvement d'un corps lancé avec une vitesse en variant les cas de frottements sur le comportement (0, moyen, max) par analyser l'influence sur le comportement dynamique du corps. En 2ème lieu, on va appliquer, les méthodes analytiques pour le calcul de l'accélération d'un corps soumis à une force F . Et en dernier cette partie va être révisé à expérimenter le principe d'action-réaction énoncés par la 3ème loi de Newton.

II. Introduction

Les lois de Newton représentent les piliers de la mécanique classique et plus particulièrement de la dynamique. Ces trois énoncés décrivent les relations entre les forces agissantes sur un corps et le mouvement du corps. Elles étaient introduites par le physicien et mathématicien Isaac Newton (1642-1727). Ce sont des lois parfaitement adaptées pour décrire des phénomènes relatifs à l'astronomie, la biomécanique, la géologie et l'ingénierie.

Ces trois lois sont les suivantes:

- **1ère loi de Newton** (ou principe d'inertie) : l'énoncé original de la première loi de Newton est le suivant :

« Tout corps conserve son état de repos ou de mouvement uniforme rectiligne, à moins que des forces extérieures ayant une résultante non-nulle n'agissent sur lui et le contraignent de changer d'état ».

- **2ème loi de Newton** (ou principe fondamental de la dynamique) : l'énoncé original de la deuxième loi de Newton est le suivant :

« Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force motrice ; et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée. »

Cette loi est une description quantitative des changements qu'une force peut produire sur le mouvement d'un corps.

La 2ème loi de Newton est l'une des plus importantes de toute la physique. Pour un corps dont la masse m est constante on l'écrit

sous la forme : $\vec{F} = m\vec{a}$,

- **3ème loi de Newton** (ou principe des actions réciproques) :

L'énoncé original est le suivant :

« L'action est toujours égale à la réaction ; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et de sens contraires. ».

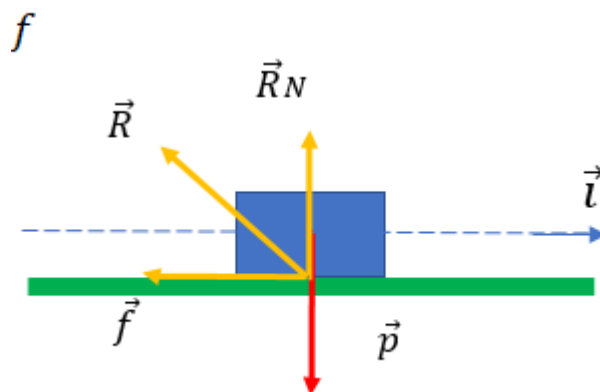
De manière moderne, on exprime que tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B.

$$\mathbf{F}_{A/B} = - \mathbf{F}_{B/A}$$

III. *L'étude théorique :*

1^{ère} Partie :

Soit un corps de masse m lancé avec une vitesse initiale (figure v_0 ci-dessous). On veut déterminer l'expression de l'accélération a du corps en fonction de la masse m et des frottement .



Bilan des forces :

$\vec{P}$: Poids du corps.

$\vec{T}$: La tension du fil.

$\vec{R}_N$

: La réaction normale du plan.

$\vec{f}$: La force de frottement.

D'après la 2^{ème} loi de Newton on a :

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{\gamma}$$

Donc :
$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R}_N + \vec{f} = m\vec{\gamma}$$

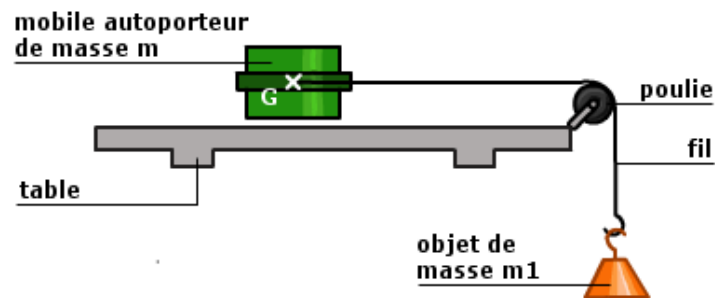
La projection sur (OX) donne :

$$T - f = m \cdot \gamma$$

D'où l'expression de l'accélération a est :

$$\gamma = T - f / m$$

2^{ème} Partie :



Bilan des forces :

$\vec{P}$: Poids du corps.

$\vec{T}$: La tension du fil.

$\vec{R}$: La réaction normale du plan.

On applique la 2ème loi de Newton :

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{F} &= m\vec{\gamma} \\ \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} &= m\vec{\gamma} \end{aligned}$$

On projette sur l'axe (OX) :

$$P_x + T_x + R_x = m \cdot \gamma$$

Donc : $T = m \cdot \gamma$

Bilan des force : (Poulie/objet de masse ma) :

$\vec{P}$: Poids du corps.

$\vec{T}$: Force exercée par le fil sur l'objet de masse m.

On a d'après la 2ème loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{\gamma}$$

Alors : $\vec{P}' + \vec{T}' = m\vec{\gamma}$

On projette sur (oz) : $P'_z + T'_z = m \cdot \gamma$

Donc : $m_1 \cdot g - T' = m_1 \cdot \gamma$

En appliquant le principe fondamental de la dynamique :

$$\Sigma M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}$$

$$M_{\Delta}(\vec{P}) + M_{\Delta}(\vec{R}) + M_{\Delta}(\vec{T}) + M_{\Delta}(\vec{T}') = J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}$$

$$M_{\Delta}(\vec{R}) = 0 \text{ et } M_{\Delta}(\vec{p}) = 0, M_{\Delta}(\vec{T}) = -Tr, M_{\Delta}(\vec{T}') = T'r$$

On a:

$$-Tr + T'r = J\Delta.\dot{\theta}$$

$$m_1.(g - \gamma) - m.\gamma = J\Delta.\dot{\theta} / r$$

Donc :

$$(1 - m).\gamma = \left(J\Delta.\frac{\dot{\theta}}{r}\right) - m_1.g$$

Alors :

$$(m_1 - m - J\Delta.\dot{\theta} / r).\gamma = -m_1.g$$

D'où :

$$\gamma = \frac{m_1.g}{-m_1 + m + J\Delta.\dot{\theta} / r^2}$$

IV. La partie expérimentale :

Dans ces travaux pratiques, on a essayé de vérifier expérimentalement les 3 lois de Newton, on se servant du matériel suivant :

1. Le chariot + Piste:

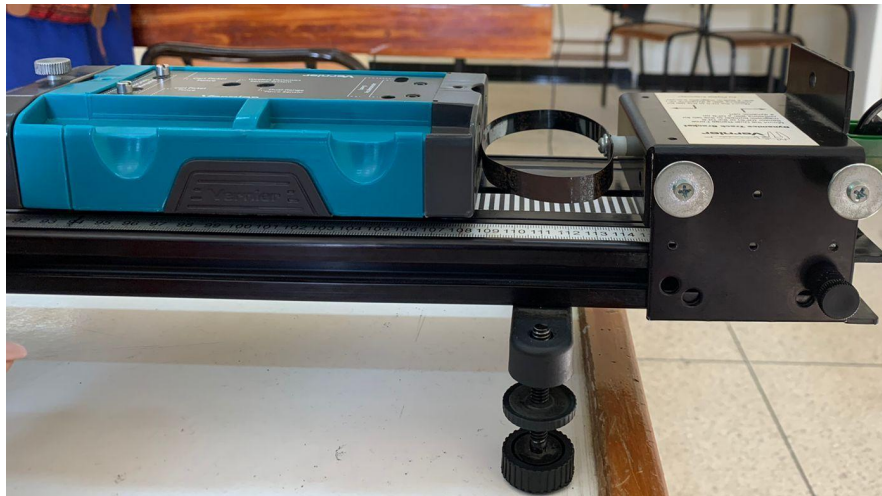


2. Capteur de force :

3.



L'ensemble lanceur :



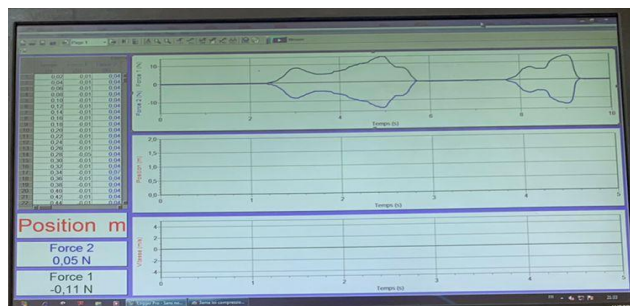
4. La poulie :



5. Détecteur de mouvement :



6. Le logiciel (LOGGER PRO3) :



7. Interface d'acquisition des données :

a. La 1^{ère} loi de Newton :

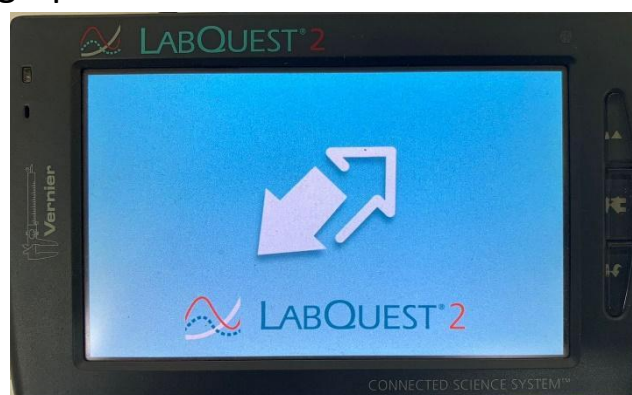
▣ Le but de la manipulation :

- Déterminer les variations de la vitesse en fonction du temps, avec et sans frottement, d'un chariot lancé par un ressort sans vitesse initiale.

- Analyser les graphes de la variation de la vitesse en fonction de temps avec et sans frottement.

▣ Mode

On place un chariot dans l'extrémité de la piste et on s'assure que le détecteur est bien branché avec l'interface d'acquisition et bien fixé, de telle façon



et sans

opérateur :

chriot dans de la piste et on le détecteur est

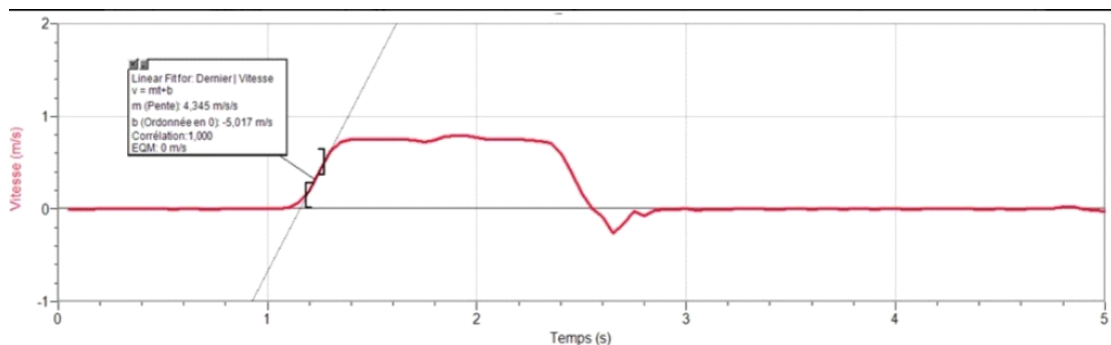
bien branché avec l'interface d'acquisition et bien fixé, de telle façon

qu'il nous permette de collecter les données de la vitesse du chariot en fonction du temps tout en étudiant l'influence des forces de frottements sur le mouvement. Pour cela on exécute 3 essais:

Premier essai:

On règle la vis de friction de manière qu'elle ne soit pas en contact avec la piste (pas de frottements) et on suppose que la vis de friction soit la seule source de frottements. On place le chariot d'une manière à ce qu'il touche simplement le ressort (On a pris la graduation 112cm comme origine de lancement du chariot dans tous les essais), après on attend entre une et deux secondes après le lancement de la collecte des données puis on relâche le chariot.

Cet essai nous donne la courbe ci-dessous:



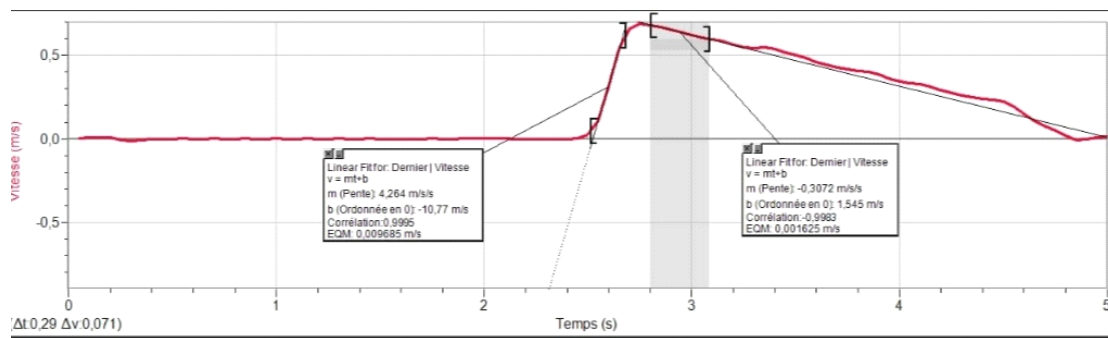
On remarque que la vitesse en fonction du temps devient linéaire dans un intervalle, ce qui entraîne que l'accélération est constante. En effectuant un ajustement linéaire, on obtient une valeur de l'accélération $a = 4,345 \text{ m.s}^{-2}$.

Deuxième essai :

On ajuste la vis à friction de telle façon qu'on obtient des frottements moyens, toujours en supposant que la vis de friction est la seule

source des frottements.

On obtient la courbe suivante:

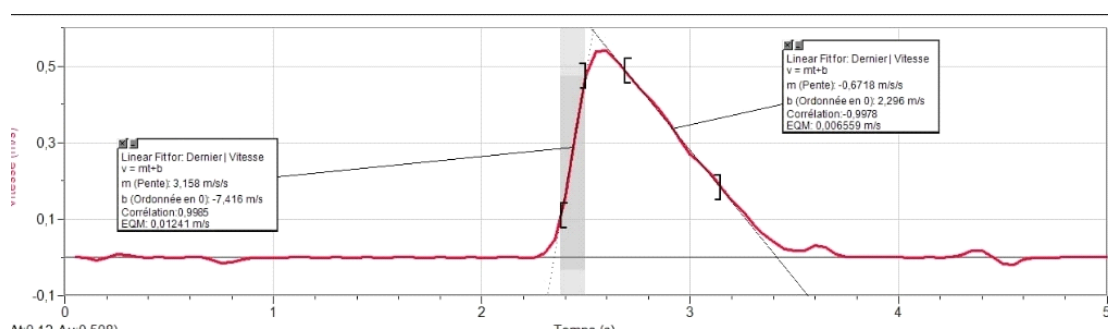


On effectue un ajustement linéaire et on obtient une valeur d'accélération $a = 4,264 \text{ m.s}^{-2}$.

Cette valeur est moins que celle de l'essai sans frottement, à cause des effets de frottements obtenus avec l'ajustement de la vis à friction.

Troisième essai :

On essaie d'encore ajuster la vis à friction mais pour obtenir des frottements plus élevés. On obtient la courbe suivante:



En effectuant un ajustement linéaire, on obtient une accélération de $a = 3,158 \text{ m.s}^{-2}$. Cette valeur est inférieure aux autres valeurs obtenues pendant les deux essais précédents à cause des effets de frottements qui sont plus élevés.

b. La 2^{ème} loi de Newton :

▣ Le but de la manipulation :

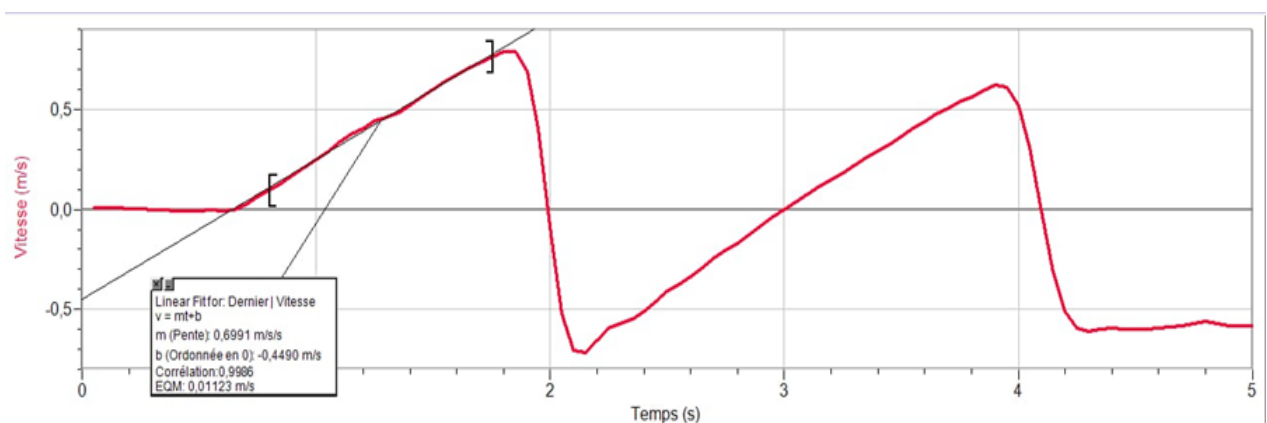
Cette manipulation vise à éclaircir la relation entre l'accélération et la force ainsi que déterminer l'effet de la masse sur cette dernière.

▣ Mode opératoire :

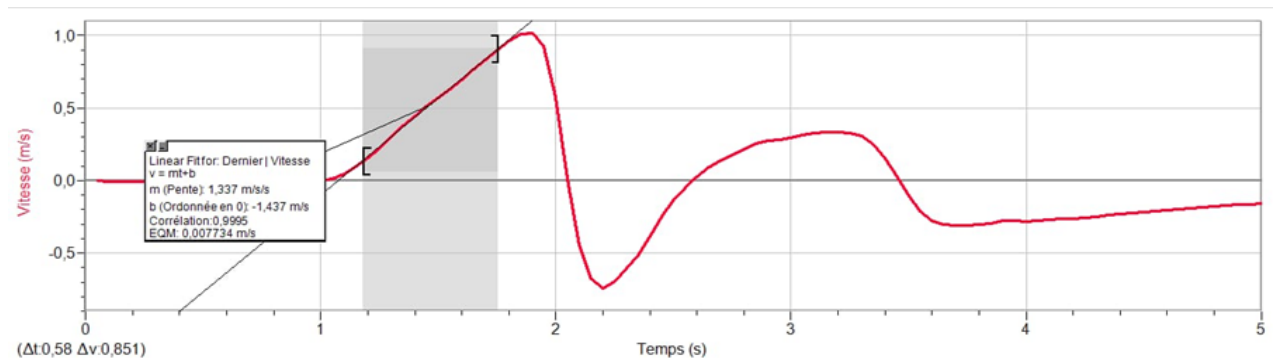
On garde le même montage expérimental utilisé pour la 1^{ère} loi, de plus, On accroche un fil au chariot sur lequel une masse m est suspendue, et on effectue un ajustement linéaire sur le graphique $V(t)$ pour pouvoir déterminer l'accélération du chariot.

▣ Résultats :

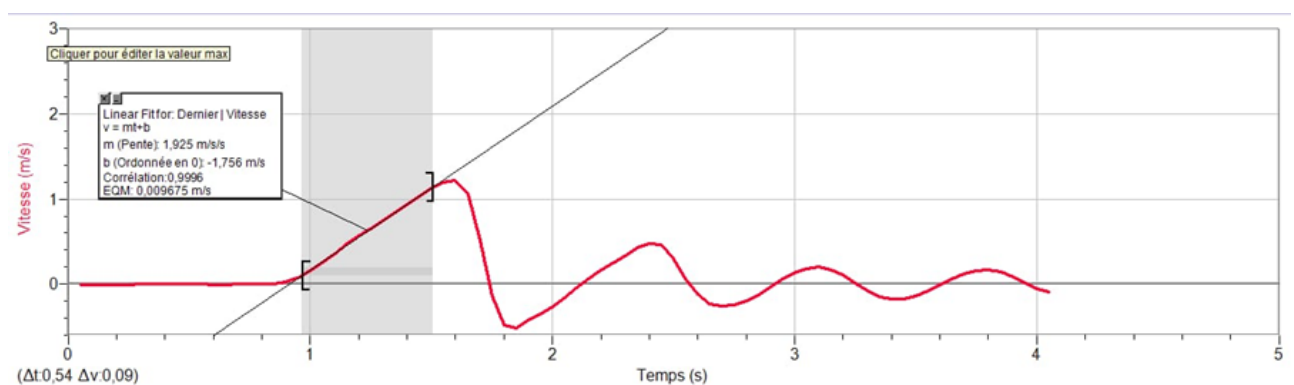
Pour $m=25g$



Pour $m=50g$



Pour $m=75g$



Les résultats de cette manipulation sont assemblés dans le tableau ci-contre :

Masse suspendue (g)	Accélération expérimentale (m/s^2)
25	0,6991
50	1,337
75	1,925
100	2,442

□ Interprétation des données :

La relation entre la force $\vec{F}$ agissante sur le chariot et l'accélération a du chariot est représentée par la relation suivante:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Une fois la force constante on aura l'accélération inversement proportionnelle à la masse.

L'unité de force peut être exprimée en kg.m.s^{-2} car :

$$[F] = [M] \cdot [\gamma]$$

Alors : $[F] = M \cdot L \cdot T^{-2}$

Donc : $N = \text{Kg} \cdot m \cdot s^{-2}$

c. La 3ème loi de Newton

▣ Le but de la manipulation :

- Mettre en évidence le principe des actions réciproques.
- Trouver les caractéristiques des forces réciproques.

▣ Mode opératoire :

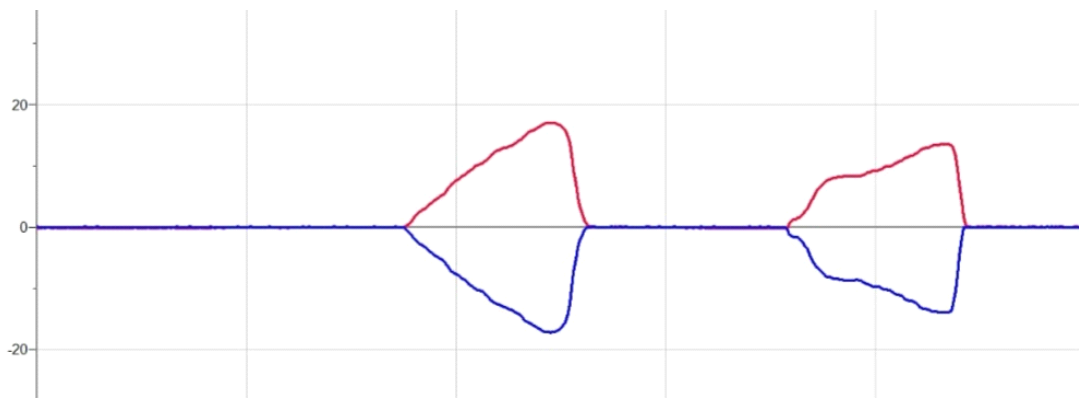
On a connecté les 2 capteurs de force à l'interface d'acquisition, ce qui nous a permis à l'aide de l'unité de traitement de données de tracer la courbe de la force exercée sur l'objet étudié en fonction du temps, puis on a lancé le programme de collecte de données, sachant que la force est une grandeur vectorielle, on a changé la direction d'un des capteurs pour mieux observer la symétrie entre les 2 courbes correspondantes aux 2 capteurs.

Pour vérifier la 3^{ème} loi de Newton, on a besoin de prouver qu'il y a une force de compression et de traction à la fois. C'est pour cela, dans

un premier lieu, on a fixé des pars chocs sur les capteurs de force, pour étudier le phénomène de compression, puis on fixe le premier capteur et on applique la force par le 2^{ème} en rapprochant les 2 pars chocs puis on inverse. Après, on remplace les pars chocs par des crochets et on applique une force de traction en tirant les capteurs suivant les mêmes étapes que pour la compression.

Essai de traction:

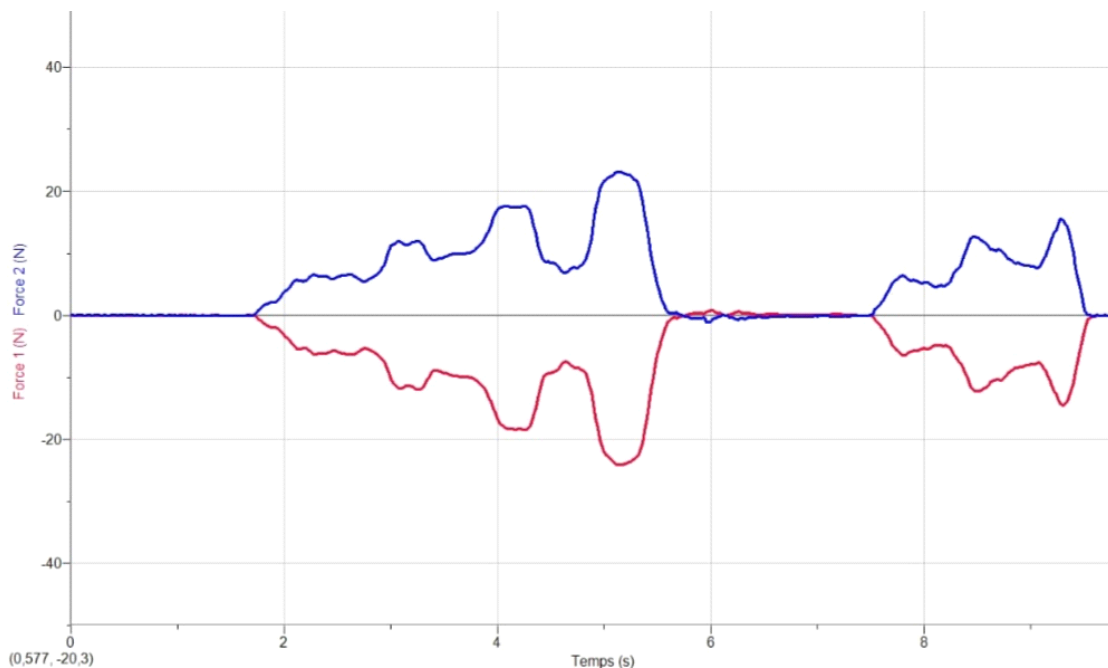
On relie les deux capteurs par des crochets et on commence à tirer les capteurs de façon à ne pas changer leur position initiale. On a obtenu la courbe suivante:



On peut conclure à partir de la courbe que les modules des forces sont égaux car les amplitudes sont égales à tout moment avec deux sens différents, on peut écrire : $\vec{F}_2 = - \vec{F}_1$.

Essai de compression:

On relie les deux capteurs par des pars chocs cette fois puis on fixe le premier et on commence à exercer une force avec le deuxième, de façon à ne pas changer la position des capteurs. On obtient la courbe suivante:



Les résultats sont les mêmes que ceux du premier essai

$$\vec{F}_2 = - \vec{F}_1$$

IV. *Conclusion :*

À travers ce TP on a pu mettre en valeur les 3 lois de mouvement de Newton, en réalisant les expériences précédentes et analysant leurs graphes et plus la comparaison de leurs résultats.

On trouve que dans:

- **La 1^{ère} loi :** La conservation de l'état de repos du corps ou son mouvement rectiligne uniforme lorsqu'il n'est soumis à aucune force résiliante extérieure.
- **La 2^{ème} loi :** L'accélération est proportionnelle à la force et

inversement proportionnelle à sa masse.

- **La 3ème loi :** Si un corps exerce une force $\vec{F}_1$ sur un autre corps, ce dernier exerce simultanément une force $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$ sur lui.