

Descente de tubes

Présentation de la problématique :



→ Au Canada, les descentes en tubes sont très populaires

→ On souhaite réaliser une course de tubes sur piste donnée. Avec départ à l'arrêt obligatoire

PROBLÈME

→ Comment gagner une course de tube ?
Quels sont les paramètres ajustables au départ de la course ?

Nos hypothèses :

Hypothèse 1 : Plus on est lourd, plus on va vite
Hypothèse 2 : Plus c'est incliné plus on va vite
Hypothèse 3 : Plus on part de haut plus on va vite

Situation

Au Canada, les descentes en tubes sont très populaires.

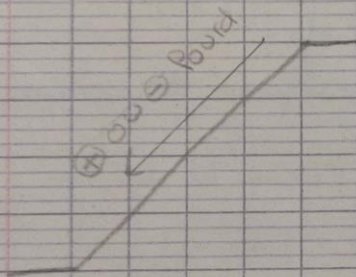
On souhaite réaliser une course de tubes sur piste donnée. Avec départ à l'arrêt obligatoire.

Problème

Comment gagner une course de tube ? Quels sont les paramètres ajustables au départ de la course ?

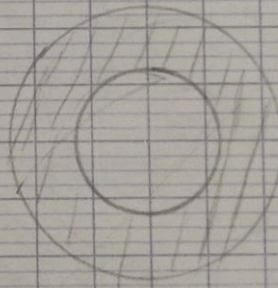
1^{er} schéma :

le poids



2^{ème} schéma :

le frottement



zone de frottement

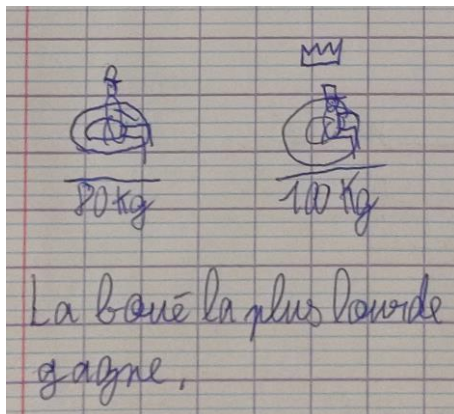
hypothèse :

plus le poids est élevé
plus ça ira vite au
contraire plus c'est léger
moins ça ira vite.

hypothèse :

moins il y a de frottement plus ça
ira vite.

Pour gagner une course de tube, il faut être le plus rapide. Avec une piste imposée, les paramètres doivent être adaptés à la piste donnée (inclinaison, glisse de la neige, longueur de la piste...). Il est donc impératif de s'adapter à ces conditions, pour cela il faut adapter le poids du descendeur, l'adhérence de la boue... On peut aussi agir pendant la descente en ayant une position aérodynamique ou bien en poussant au départ.

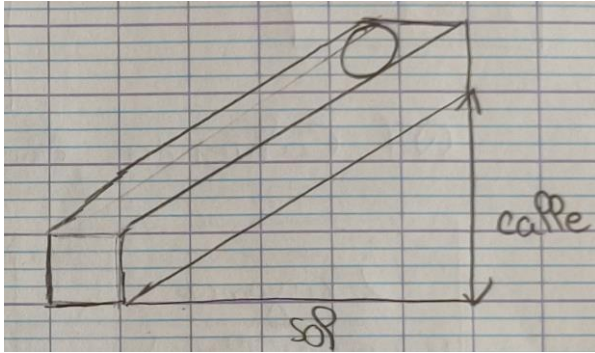


Comment vérifier ces hypothèses ?

On souhaite réaliser une maquette à échelle réduite (70 cm de long) afin de modéliser la situation. Pour cela on utilisera un rail pour faire glisser dessus différentes billes. La maquette aura une zone horizontale pour simuler l'arrivée.

On souhaite réaliser une maquette à échelle réduite (70 cm de long) afin de modéliser la situation. Pour cela on utilisera un rail pour faire glisser.

Exemple de solutions pour modéliser notre maquette.

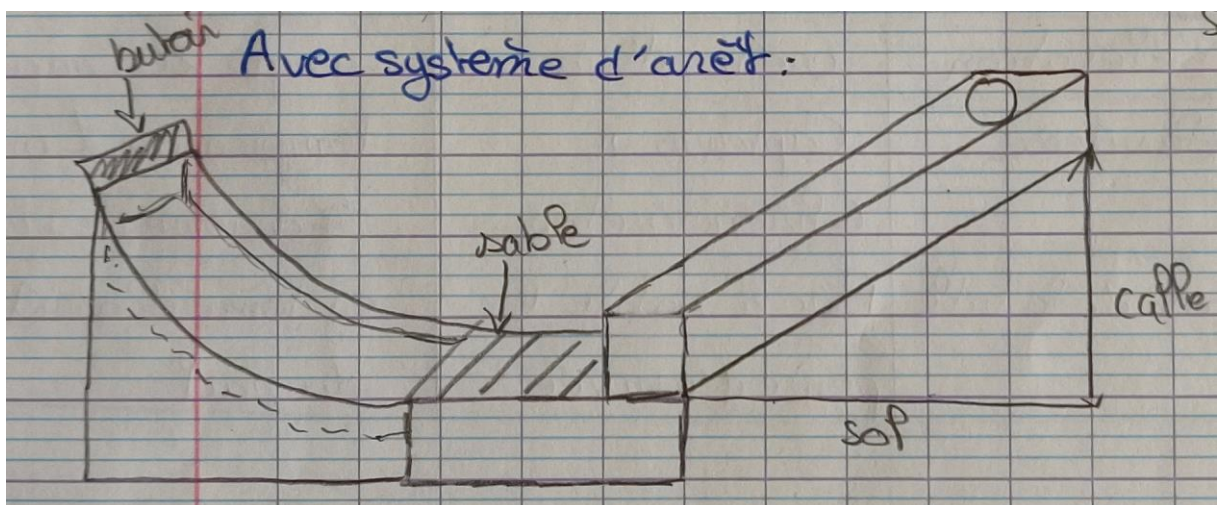
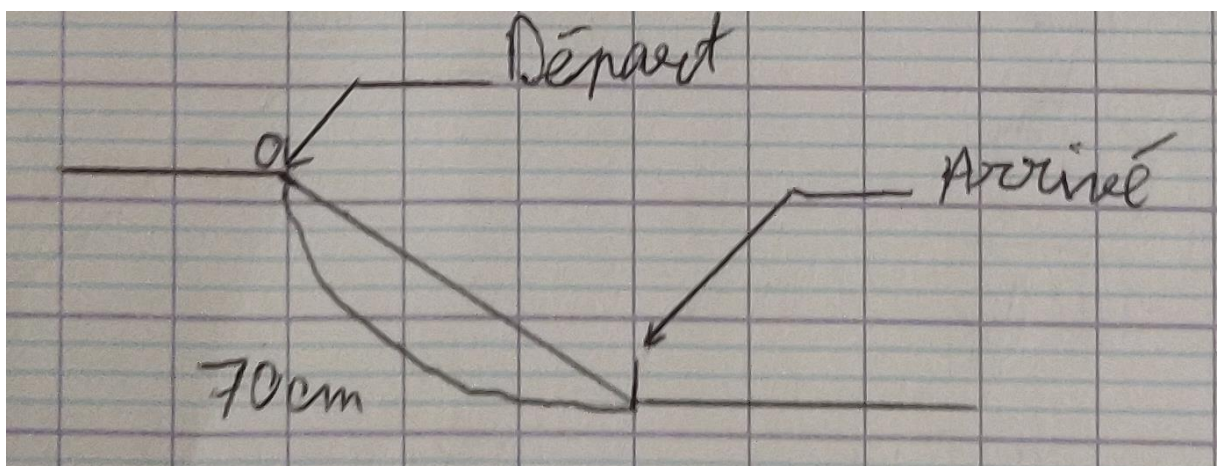


La bille va représenter le descendeur avec la bouée.

Les paramètres ajustables de la bille sont le poids et le diamètre.

Il faudra mesurer le temps parcouru depuis le début de la descente.

Exemples de nos solutions :



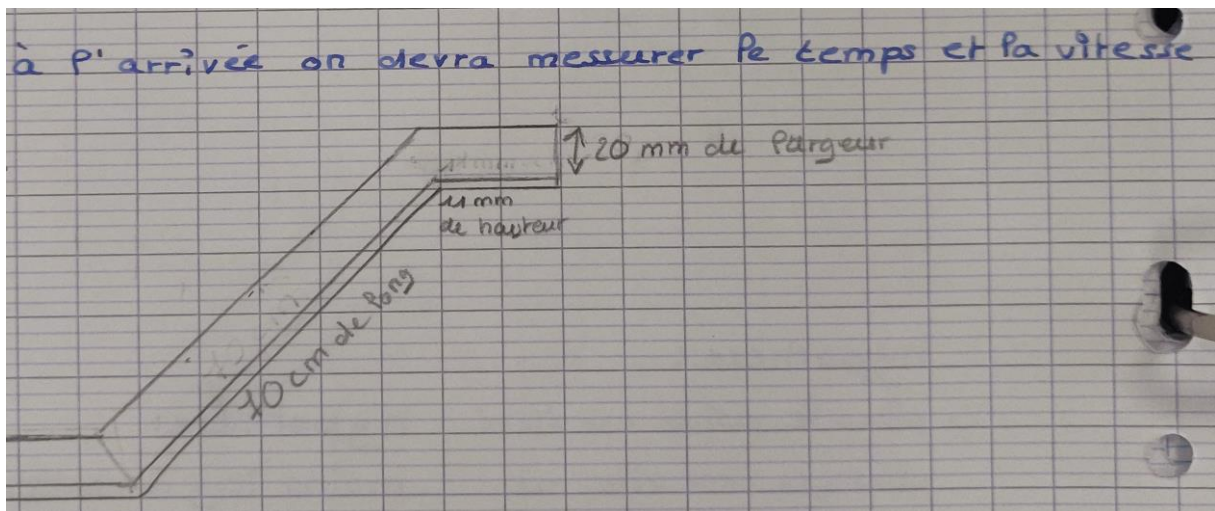
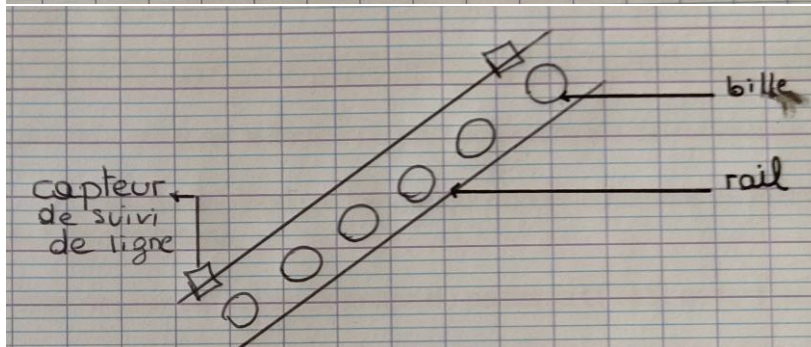
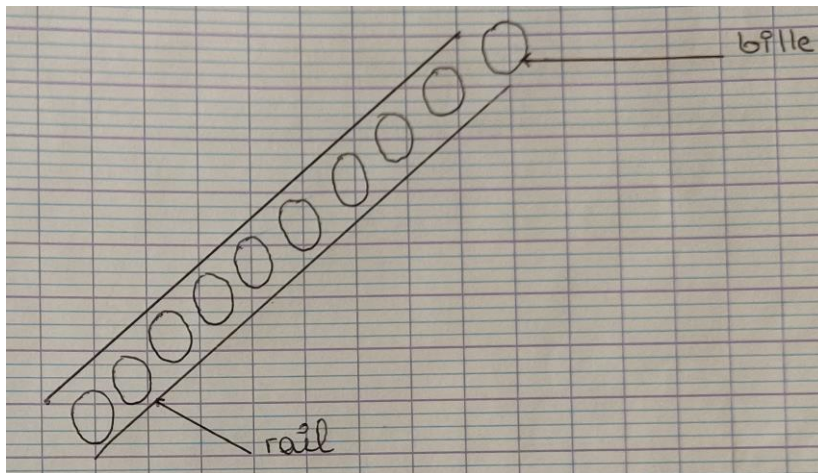


Diagramme de contexte du système :

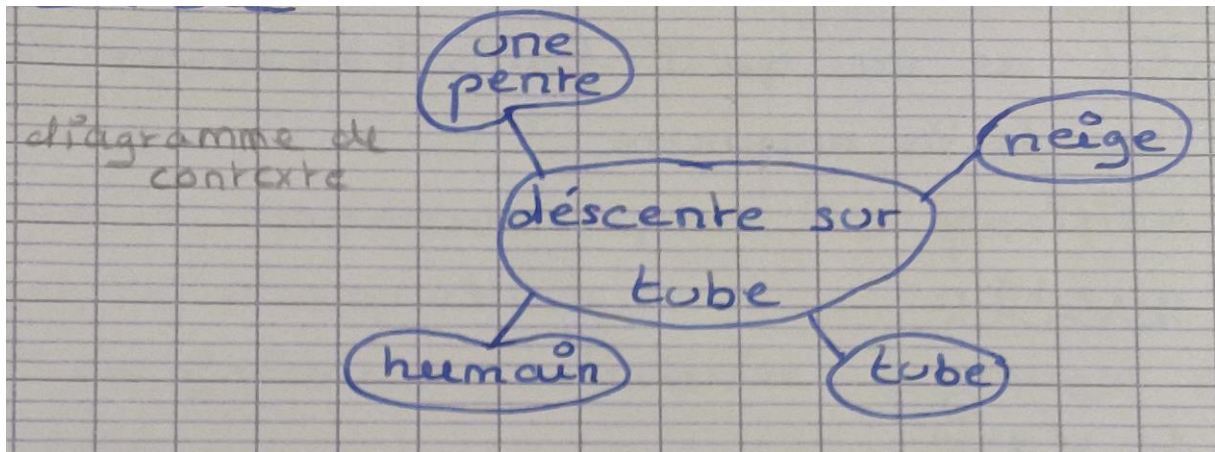


Diagramme de cas d'utilisation

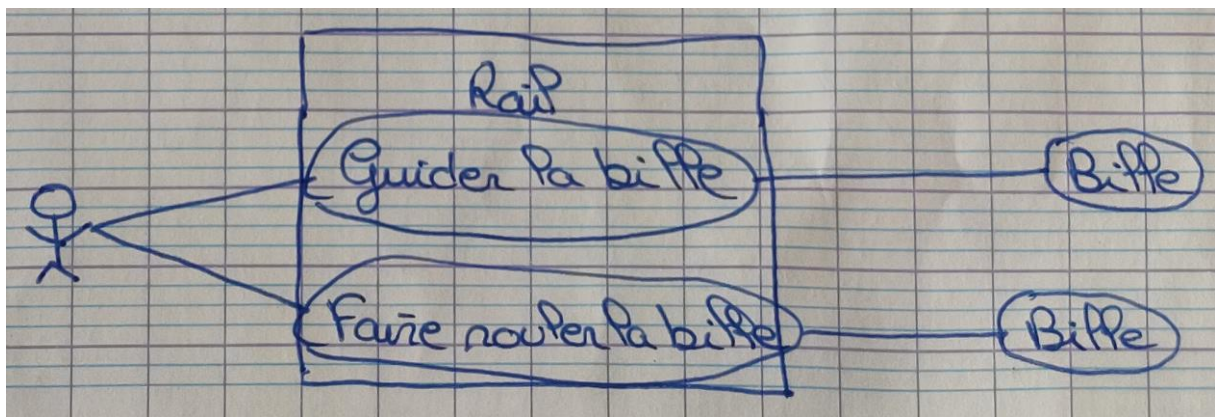
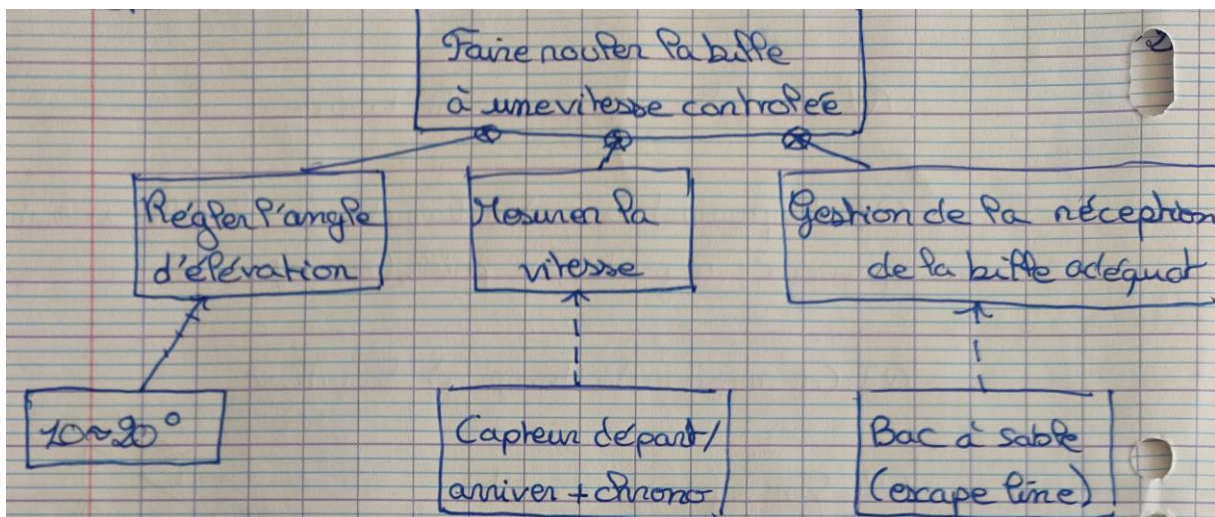


Diagramme d'exigences du système de mesure de la maquette



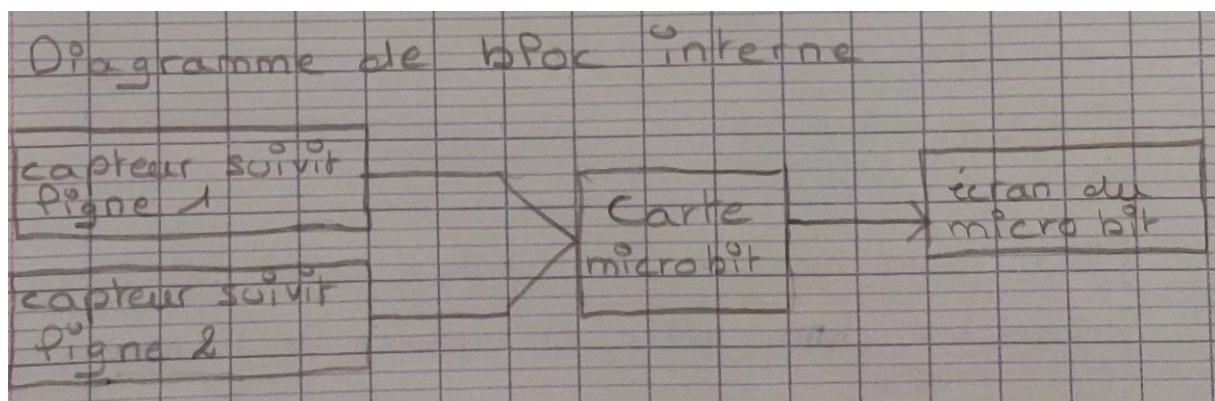
Cahier des charges de la maquette

Exigence	Détails	Limites
Régler l'élévation	crémaillère	angle 20° max
Mesurer la vitesse	Capteurs + Chronomètre	temps max 2 min, 1/10 dixième de seconde
Réception de la bille	Bar à sable + pente d'arrivée	système d'arrêt - 25% du rail

Pour mesurer la vitesse, il faut connaître la distance de parcours et le temps de parcours.

Q1. La relation mathématique de la vitesse est $v = \frac{d}{t}$
en km/h ou m/s, etc...

Diagramme de bloc interne de la maquette :

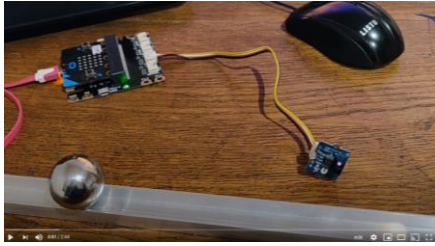


On utilise un capteur qui va détecter la bille, voici son fonctionnement.



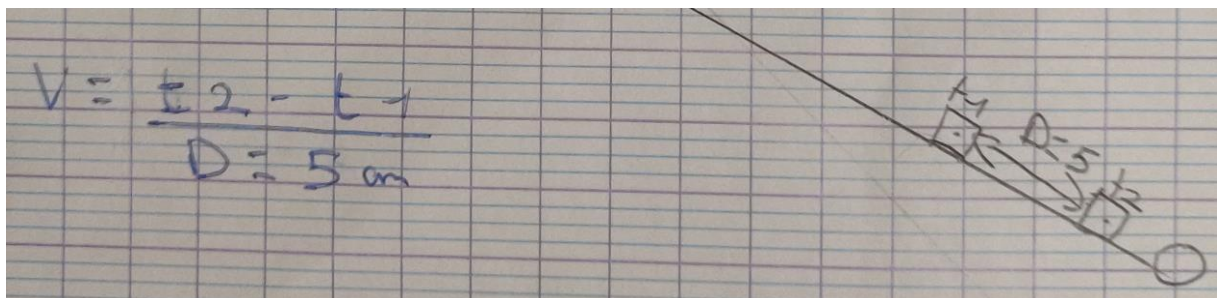
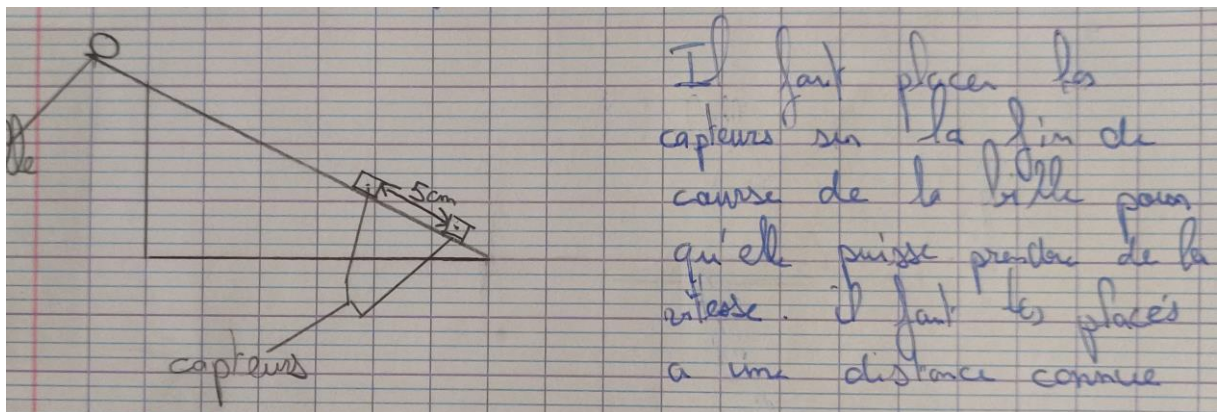
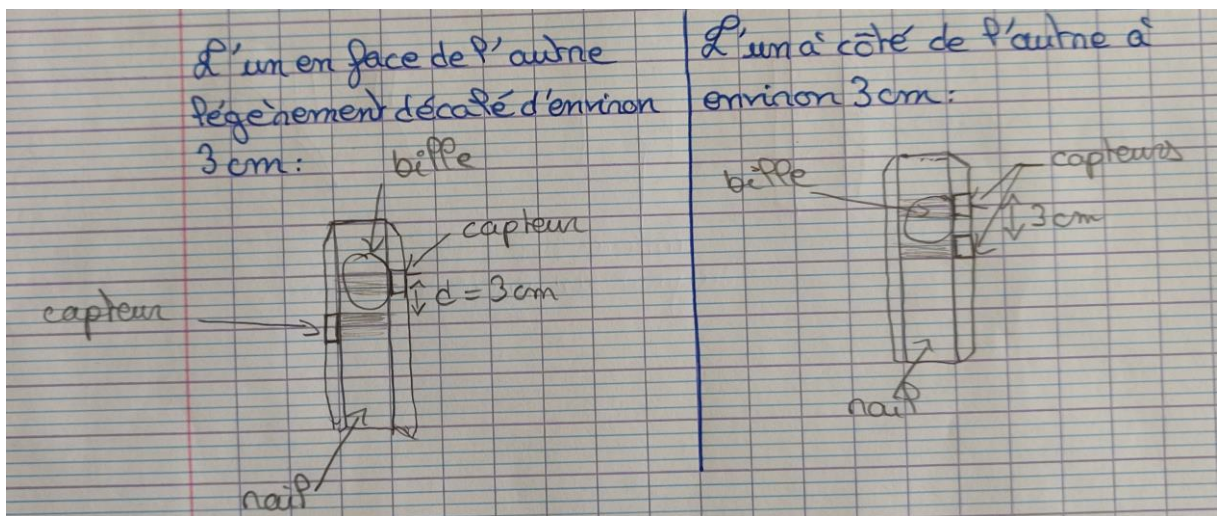
Ce capteur va donc permettre de détecter le passage de la bille à un endroit donné.

Q2: Le capteur fournit un signal logique avec deux états: 0 si il y a un objet devant et 1 si il n'y a rien.

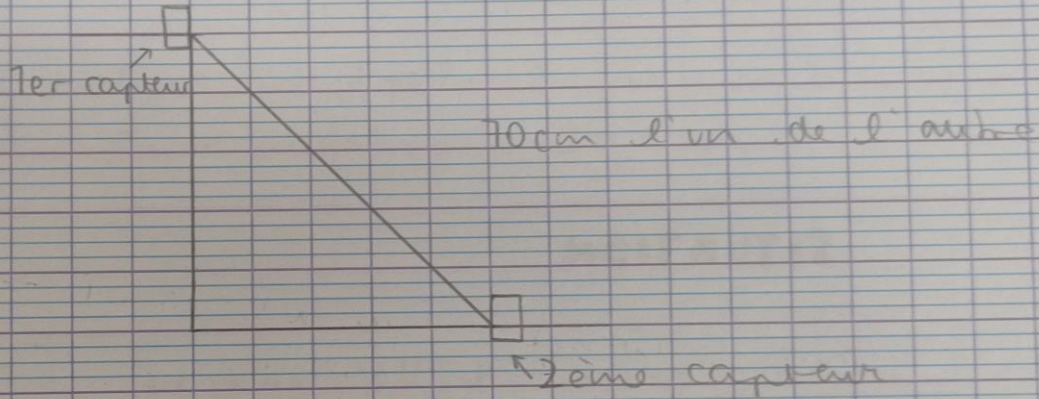


Ce capteur de suivi de ligne fournit un signal logique car il ne peut y avoir que 2 états possibles (il y a un objet devant le capteur ou non).

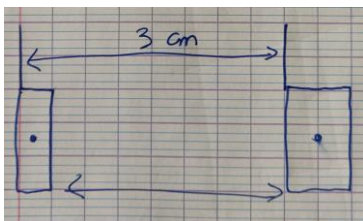
Deux solutions possibles :



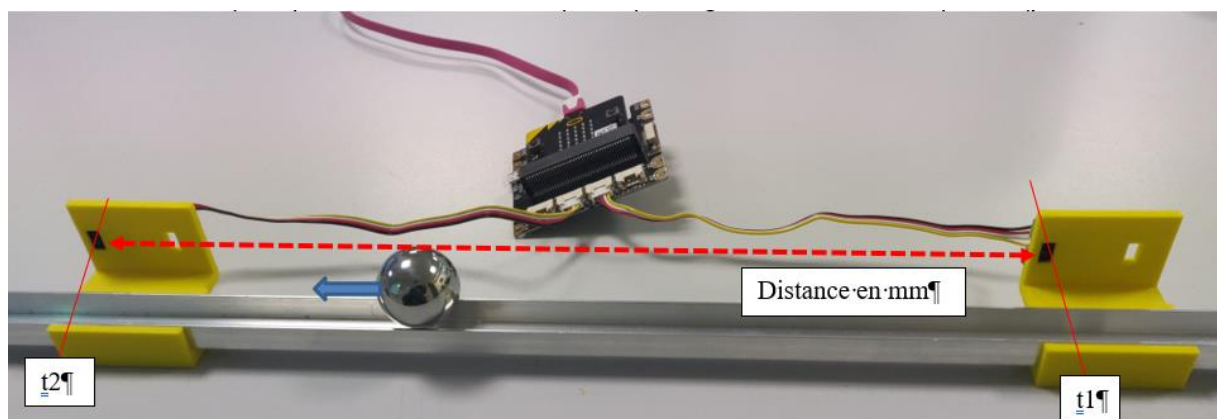
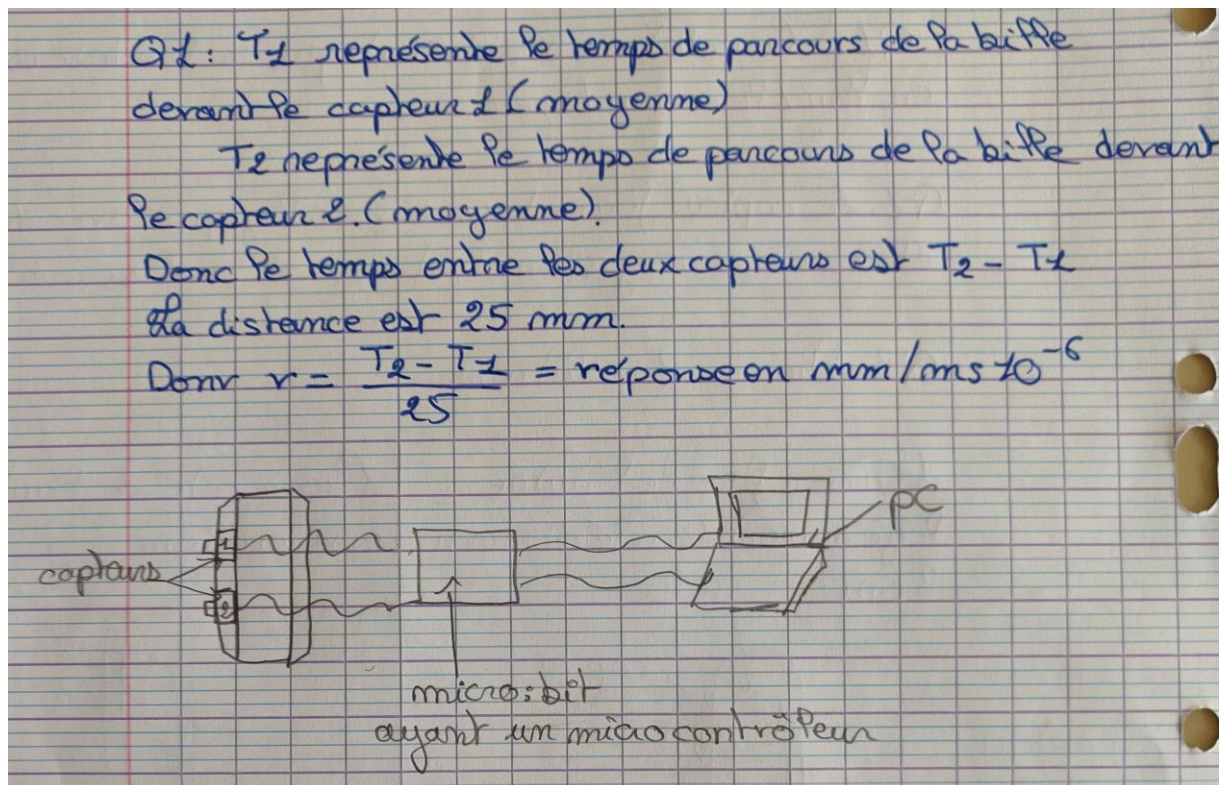
On souhaite utiliser deux de ces capteurs, et les positionner l'un à côté de l'autre pour avoir une meilleure précision de la vitesse instantanée du mobile sur rail.



Positionnement des deux capteurs :



Principe de mesure avec la Carte Microbit :



Etude du capteur. Analyse des valeurs renvoyées par le capteur.

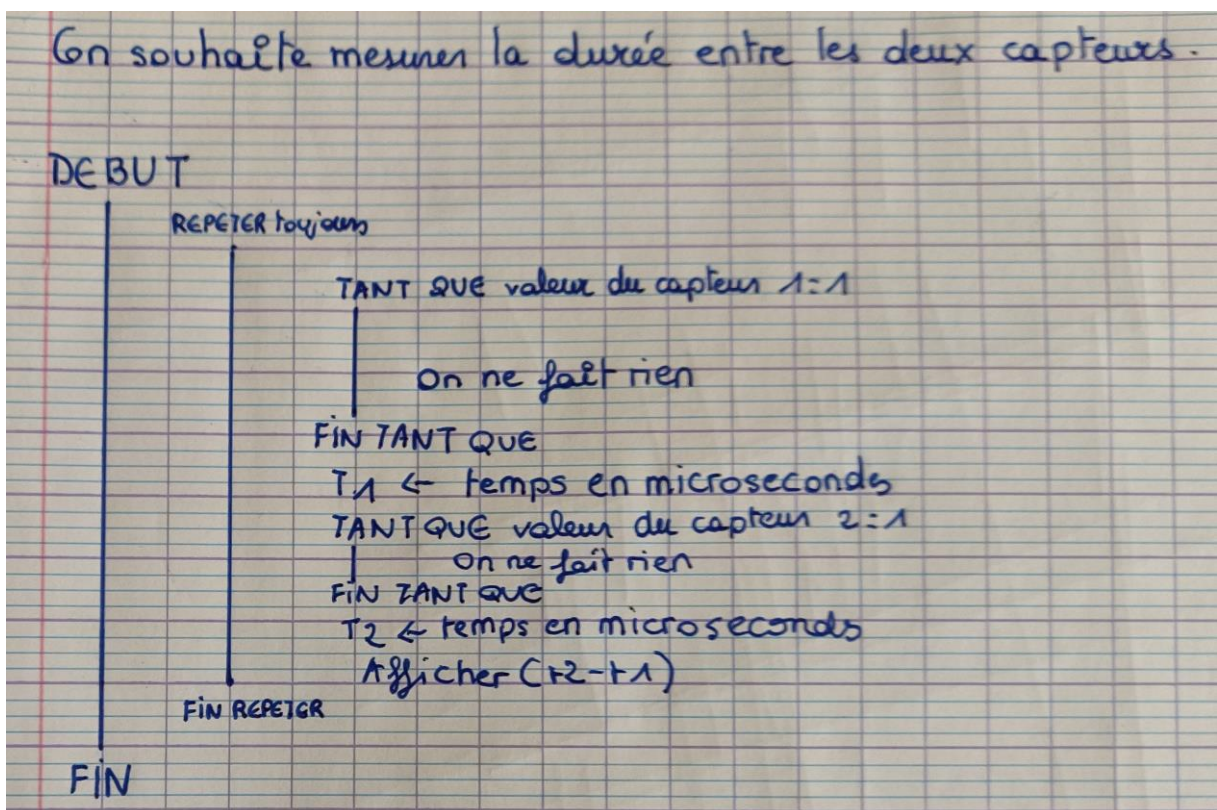
Programme sur Microbit pour lire la valeur renvoyée par le capteur :



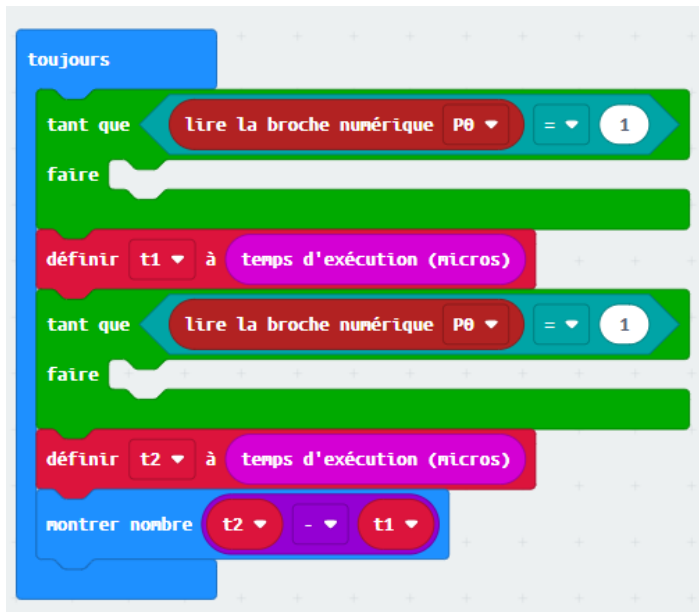
Bille	Valeur du capteur
Absente	1
Présente	0

Test du programme de mesure du temps entre les deux capteurs :

Pour cela mesure la distance entre les deux capteurs, puis prend un chronomètre et mesure le temps que met la balle pour se déplacer entre les deux capteurs.



Programme sur la carte Microbit



Vérifions notre programme.

Nous avons lancé notre bille sur notre rail à l'horizontal de 1m de long. Nous avons placé nos deux capteurs avec une distance entre les deux de 3cm. Puis nous avons pris un chronomètre sur une montre et mesurer le temps de la bille sur le mètre (1m).

Nous avons alors comparé nos mesures avec notre chronomètre et la valeur affichée sur la carte Microbit par notre programme.

Handwritten calculations on graph paper:

Microbit	Montre
$T_{ordi} = 44786$	$T_{ordi} = 40467$
$T_{montre} = 1,32s$	$T_{montre} = 4,23s$
$V = \frac{d}{t} = \frac{3cm}{44786} = \frac{3 \times 10^{-2}}{44786} = \frac{3 \times 10^{-4}}{44786} = 0,67 m/s$	$V = \frac{d}{t} = \frac{3cm}{4,23} = 0,75 m/s$

Nous sommes rassurés, nous trouvons des valeurs proches.

On mesure le temps en micro secondes, il faut alors le convertir en m/s.

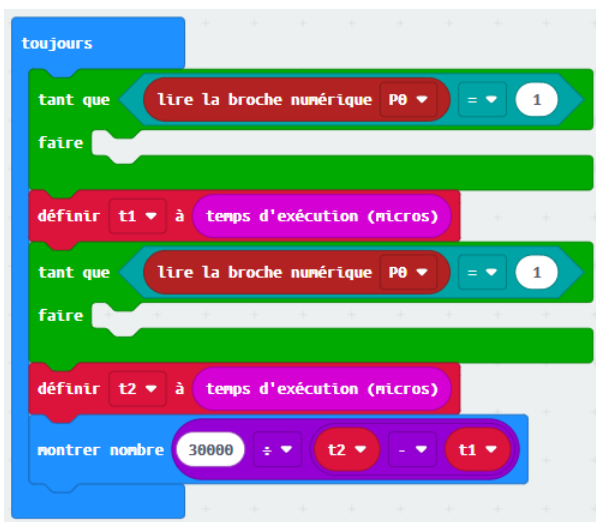
Handwritten formula for converting time from microseconds to seconds:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3cm}{t(\mu)} = \frac{3 \times 10^{-2}}{t \times 10^{-6}}$$

Maquette utilisée :



Nous avons modifié le programme pour afficher la vitesse en m/s

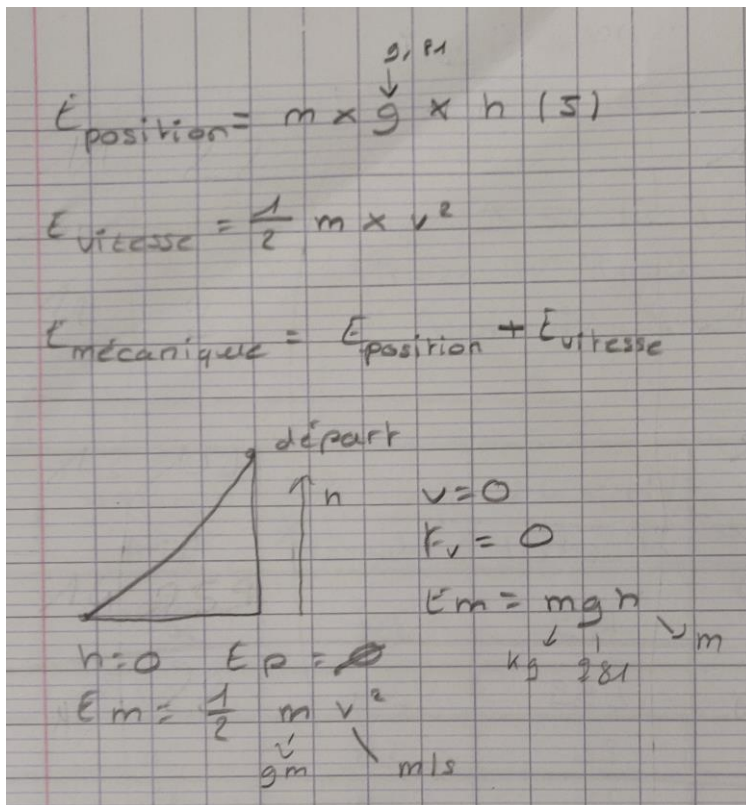
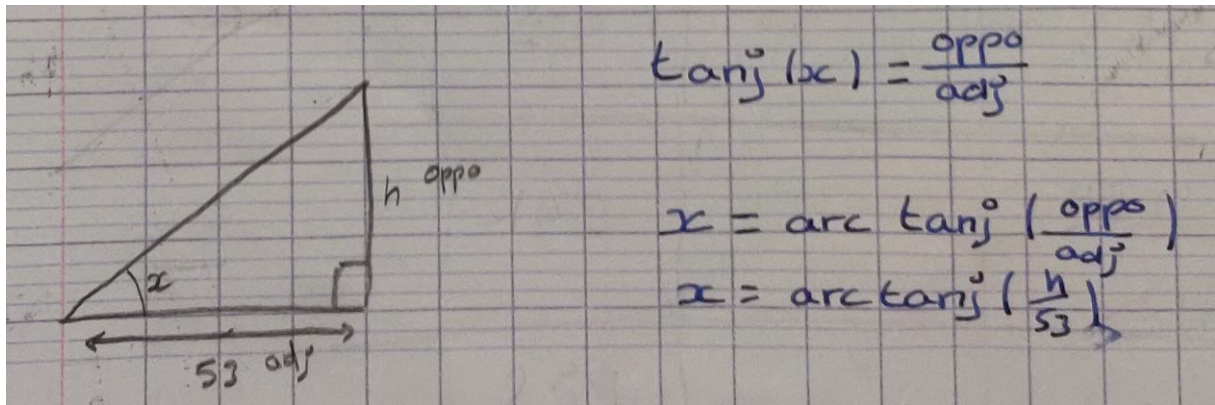


Résultats de nos mesures avec plusieurs inclinaisons, plusieurs masses, plusieurs hauteurs de départ.

N° mesure	Masse du départ (g)	inclinaison (degré)*	hauteur (cm)	Vitesse (m/s)
1	109	34	36	2,1
2	259	34	36	2,11
3	22	34	36	2,16
4	2	34	36	1,96
5	109	22	21,2	1,63
6	259	22	21,2	1,63
7	22	22	21,2	1,65
8	2	22	21,2	1,6
9	109	12	11,1	1,15
10	259	12	11,1	1,14
11	22	12	11,1	1,14
12	2	12	11,1	1,04
13	109	9	8,1	0,94
14	259	9	8,1	0,96
15	22	9	8,1	0,96
16	2	9	8,1	0,92

n° mesures	Masse (g)	inclinaison	hauteur (cm)	vitesse (m/s)
1	109	34	36	2,1
2	259	34	36	2,11
3	22	34	36	2,16
4	2	34	36	1,96
5	109	34	21,2	1,63
6	259	34	21,2	1,63
7	22	34	21,2	1,65
8	2	34	21,2	1,6
9	109	12	11,1	1,15
10	259	12	11,1	1,14
11	22	12	11,1	1,14
12	2	12	11,1	1,04
13	109	22	21,1	1,54
14	259	22	21,1	1,5
15	22	22	21,1	1,57
16	2	22	21,1	1,44

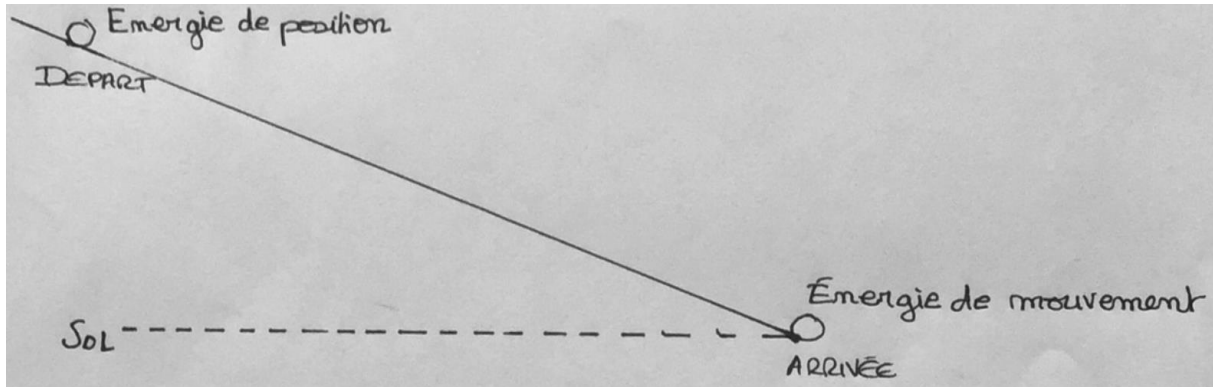
Calcul de l'angle d'inclinaison



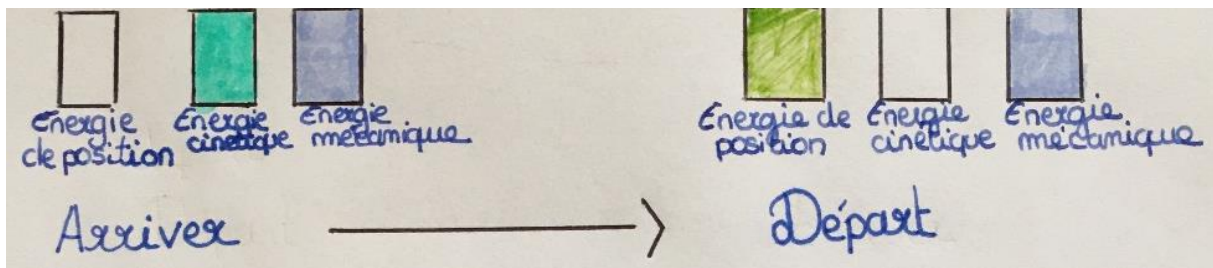
Résultats des calculs des énergies mécaniques au départ et à l'arrivée.

La principale forme d'énergie mise en jeu dans cette course de tube est l'énergie mécanique = EM

L'énergie mécanique peut être décomposée en deux autres formes d'énergie: l'énergie de mouvement (cinétique) = E_c / E_m et l'énergie de position = E_p ($E_M = E_p + E_m$ (E_c))



$E_M = E_p + E_m$ $E_p = 0$ donc $E_M = E_m = \frac{1}{2} \times \text{masse en kg} \times \text{la vitesse au carré } (v^2)$



n° mesures	Masse (g)	inclinaison	hauteur (cm)	vitesse (m/s)	Energie mécanique départ (J)	Energie mécanique arrivée (J)
1	109	34	36	2,1	0,385	0,240
2	259	34	36	2,11	0,915	0,577
3	22	34	36	2,16	0,078	0,051
4	2	34	36	1,96	0,007	0,004
5	109	34	21,2	1,63	0,227	0,145
6	259	34	21,2	1,63	0,539	0,344
7	22	34	21,2	1,65	0,046	0,030
8	2	34	21,2	1,6	0,004	0,003
9	109	12	11,1	1,15	0,119	0,072
10	259	12	11,1	1,14	0,282	0,168
11	22	12	11,1	1,14	0,024	0,014
12	2	12	11,1	1,04	0,002	0,001
13	109	22	21,1	1,54	0,226	0,129
14	259	22	21,1	1,5	0,536	0,291
15	22	22	21,1	1,57	0,046	0,027

16	2	22	21,1	1,44	0,004	0,002
----	---	----	------	------	-------	-------

Conclusion :

De Mathis :

je vois que a chaque fois l'énergie mecanique de départ et plus forte que l'énergie mécanique d'arriver mais aussi que l'énergie de position était elle aussi plus forte que l'énergie de mouvement à chaque fois. la masse, l'inclinaison mais aussi la hauteur joue sur la vitesse de l'objet car plus on est lourd, plus on est inciliner, et plus on est haut plus la vitesse sera grande.

De Juliette :

Bilan des mesures ? Que constatez vous ?

Je vois que même si l'on a pas la même masse de départ et la même vitesse on peut obtenir la même inclinaison.

Exemple : avec la masse de départ 109 g, de hauteur 36 cm et de vitesse 2,22 km/h on obtient une inclinaison de 34,19°.

Avec la masse de départ 2 g, de hauteur 36 cm et de vitesse 2,07 km/h on obtient la même inclinaison de 34,19°.

Comment alors aller plus vite ?

On va le plus vite lorsque que la hauteur est de 36 cm et l'inclinaison de 34,19°.

La masse de départ n'est pas importante pour aller plus vite car même si nous avons une masse de départ très élevée nous allons pas forcément plus vite.

D'Alix :

Je constate que plus l'angle a une mesure de degrés plus élevée alors la vitesse augmente aussi et donc pour aller le plus vite possible il faut de grands angles.

De Théo :

La masse n'a pas d'importance dans la vitesse de la bouée. Ce qui a son importance est l'inclinaison plus l'inclinaison est importante plus la vitesse est élevé.

Conclusion d'Emma :

La vitesse dépend de l'inclinaison et non de la masse.

Analyse des hypothèses.

Hypothèse 1 : Plus on est lourd, plus on arrive vite en bas.

Nos résultats de mesures nous montrent que cette hypothèse semble fausse. En effet, on voit que les mesures de vitesse en changeant de masse ne donne pas des valeurs différentes, mais proches.

Hypothèse 2 : plus la descente est inclinée, plus on ira vite.

La encore les différences ne sont pas énormes. Par exemple 2 inclinaisons (22° et 34°) avec la même hauteur de départ (21cm) les vitesses sont proches (1.63m/s et 1.54m/s) avec une bille de 109g. Mais plus on incline, plus on va vite.

De Juliette :

On va le plus vite lorsque que la hauteur est de 36 cm et l'inclinaison de $34,19^\circ$.

La masse de départ n'est pas importante pour aller plus vite car même si nous avons une masse de départ très élevée nous allons pas forcément plus vite.

Hypothèse 3 : plus on part de haut, plus on arrivera vite.

Cette hypothèse est vérifiée. Pour une bille de 109g avec une hauteur de 36cm la bille va plus vite (2.1 m/s) qu'à une hauteur de 21.2cm avec une vitesse plus faible de 1.63m/s avec la même inclinaison.

Un peu d'histoire :

Aristote pense que les objets plus lourds tombent plus vite.



<https://youtu.be/ereqx8KiPX4?t=13> jusqu'à 2mn30s

Qui la loi d'Aristote correspond à ce que nous pouvons mesurer en réalité car sur la vidéo on voit que la boule la plus lourde tombe plus vite.



<https://www.youtube.com/watch?v=dIDWHIX-c5M>

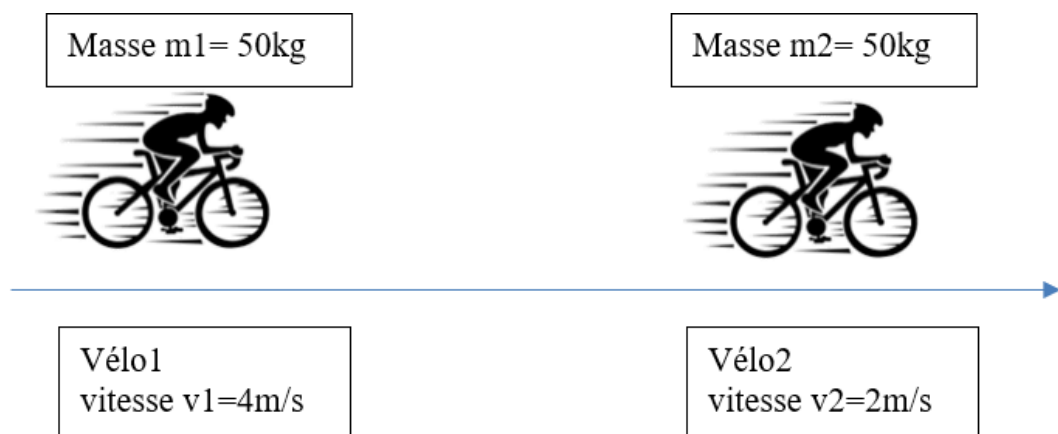
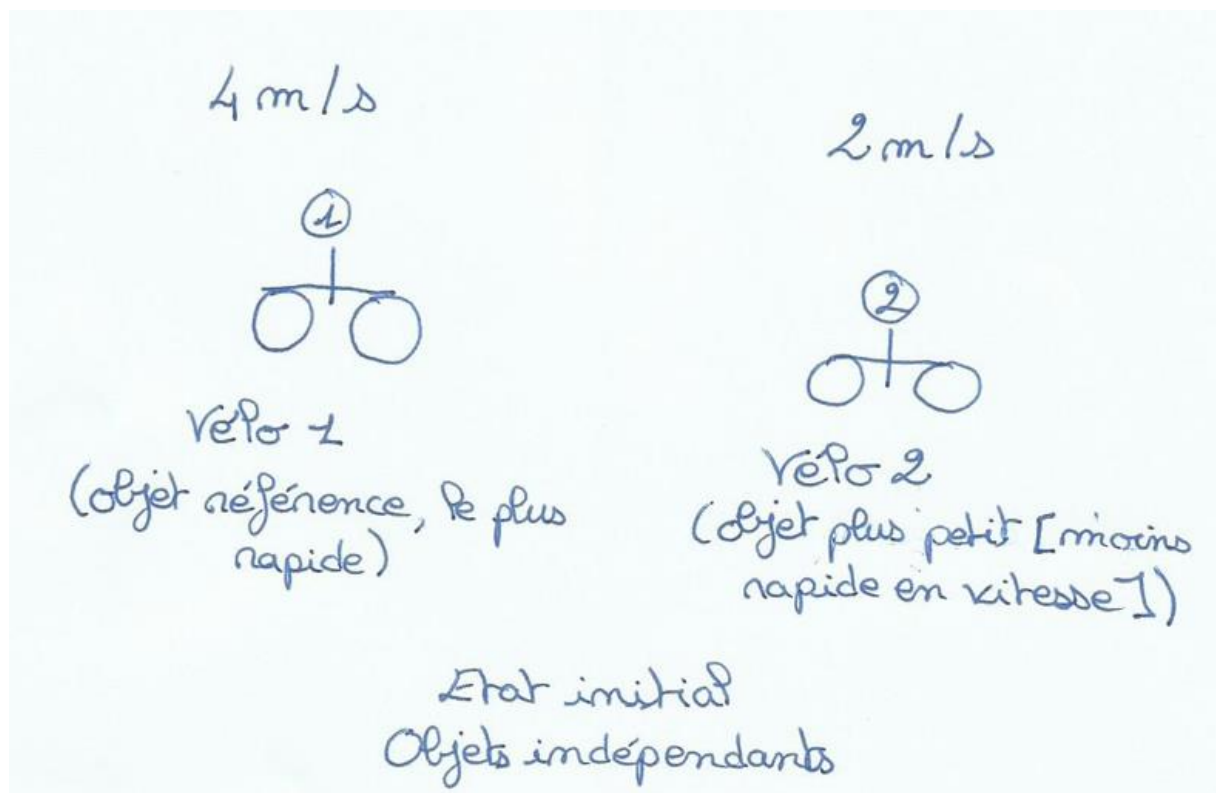
Galilée fait alors une expérience de pensée :



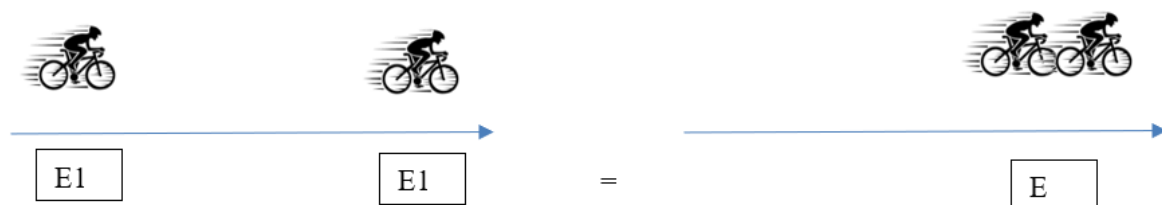
<https://youtu.be/ereqx8KiPX4?t=348> Jusqu'à 7mn43s

Nan il n'est pas d'accord avec la loi d'Aristote.
Galilée affirme que tous les objets tombent à la même vitesse dans le vide.

Pour comprendre l'expérience de pensée de Galilée et le ralentissement présenté, on va prendre l'exemple de deux personnes en vélo qui ne vont pas à la même vitesse, le vélo1 de masse m_1 qui avance à la vitesse de $v_1=4\text{m/s}$ et se rapproche du vélo2 de masse m_2 qui, lui, se déplace à $v_2=2\text{m/s}$



Imaginons que le vélo1 qui rattrape forcément le vélo v2 s'accroche au vélo2.



Comme l'énergie se conserve à priori.

$$E_1 + E_2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_2^2$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_2^2$$

$$\frac{1}{2} (50 \times 4^2 + 50 \times 2^2) = \frac{1}{2} (50 + 50) v_2^2$$

$$50 \times 16 + 50 \times 4 = 100 v_2^2$$

$$800 + 200 = 100 v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{1000}{100} = 10$$

$$v = \sqrt{10}$$

$$= 3,16 \text{ m/s (VA aux centième)}$$

Analyse d'Aude :

l'expression de l'énergie mécanique de $E_1 + E_2$ est égal à E or $E = \frac{1}{2} m v^2$, donc $E_1 + E_2 = \frac{1}{2} m v^2$.

l'expression de l'énergie mécanique E est $E = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

Or $E = E_1 + E_2$, donc $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$. On cherche la vitesse : $m v^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$ soit $v^2 = (m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) / m$. Au final

$$v = \sqrt{(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) / m}.$$

Or $m = m_1 + m_2$, la masse des deux objets accrochés. Dans l'exercice $m_1 = m_2$, nous l'appellerons M . La formule : $v = \sqrt{(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) / m}$ peut donc s'écrire $v = \sqrt{(M v_1^2 + M v_2^2) / 2M}$, donc $v = \sqrt{(v_1^2 + v_2^2) / 2}$. On remplace par les valeurs avec $v_1 = 4 \text{ m/s}$ et $v_2 = 2 \text{ m/s}$ ce qui donne $v = \sqrt{(4^2 + 2^2) / 2} = \sqrt{10}$ soit environ $3,16 \text{ m/s}$.

Autre solution trouvée par Mathieu :

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{1}{2} m \times v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 50 \times 4^2 \\ &= 25 \times 16 \\ &= 400 \text{ J} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} E_2 &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 50 \times 2^2 \\ &= 25 \times 4 \\ &= 100 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 \\ &= 400 + 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b: E &= \frac{1}{2} m v^2 \\ 500 &= \frac{1}{2} m v^2 \\ 500 &= 50 \times v^2 \\ v^2 &= \frac{500}{50} = 10 \text{ donc } v = \sqrt{10} \end{aligned}$$

Antoine :

4 Commencons par $E_1 = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

$$E_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 4^2$$

$$= 50 \times 16 \times \frac{1}{2}$$

$$= 400$$

Terminons par $E_2 = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

$$E_2 = \frac{1}{2} \times m_2 \times 2^2$$

$$E_2 = 50 \times 4 \times \frac{1}{2}$$

$$E_2 = 100$$

$$E = \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times v^2 = 50 \times v^2$$

6 Si $E = 50 v^2$ et que $E_1 + E_2 = E$

ça signifie que $50 v^2 = 400 + 100$

$$v^2 = \frac{400}{50} + \frac{100}{50}$$

$$v^2 = 8 + 2$$

$$v^2 = 10$$

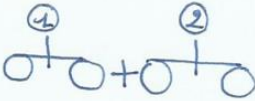
$$v = \sqrt{10}$$

$$v = 3,162 \text{ m/s}$$

Les deux vélos accrochés ne vont pas plus vite que le vélo le plus rapide. Il y a un ralentissement : le vélo 2 qui va à 2m/s ralentit le système. Oui, on retrouve l'expérience de pensée de Galilée : à savoir qu'un objet tout seul chute plus vite que ce même objet accroché à un objet plus léger que lui.

des 2 vélos accrochés vont moins vite que le vélo le plus rapide. v_2 ralentit le système. Donc Galilée à raison puisque le corps lent ralentit le plus rapide.

Donc les deux vélos accrochés ne vont pas plus vite que le vélo le plus rapide (3,45 m/s). Il y a donc un ralentissement effectif pour le vélo le moins rapide. Comme chez Galilée c'est l'objet le moins rapide qui ralentit le plus rapide.



2 objets accrochés ont une masse plus importante que l'objet de référence et avance à 3,46 m/s



Vélo 1 → objet de référence (va plus vite : à 4 m/s)

Comparaison de :

2 objets
accrochés

par rapport à

l'objet de référence,
plus rapide.

Pour faire le parallèle avec les objets utilisés pour la démonstration de l'expérience de pensée de Galilée. L'objet de référence (vélo 1) représente la pastèque et l'objet qui ralentit le système (vélo 2) est la pomme.

Les élèves des classes de troisième A, B, C, D, E, F.