

« Exemples d'activités expérimentales et de mesures en 2I2D »

M. Louvet & M. Smati – Lycée J. Verne, Cergy

De l'expérimentation à la démarche de projet

1



Etude cinématique

- Contextualisation
- Démarche expérimentale
- Modélisation

M

2



Autonomie de la batterie

- Démarche expérimentale
- Analyse des résultats
- Validation

E

3

	A	B
SIMULATEUR		
1. Entrez le nombre de lignes droites :	8	
2. Durée des accélérations et décélérations :	33,33	
3.	2	
4. Distance D1 en mètre :	80	
5. Distance D2 en mètre :	300	23,62
6. Distance D3 en mètre :	80	6,32
7. Distance D4 en mètre :	300	66,84
8. Distance D5 en mètre :	300	38,02
9. Distance D6 en mètre :	50	4
10. Distance D7 en mètre :	80	6,32
11. Distance D8 en mètre :	310	16,43
Temps total en secondes :		
		339,05

Simulation

- Analyse d'un cas concret
- Création d'un simulateur

I



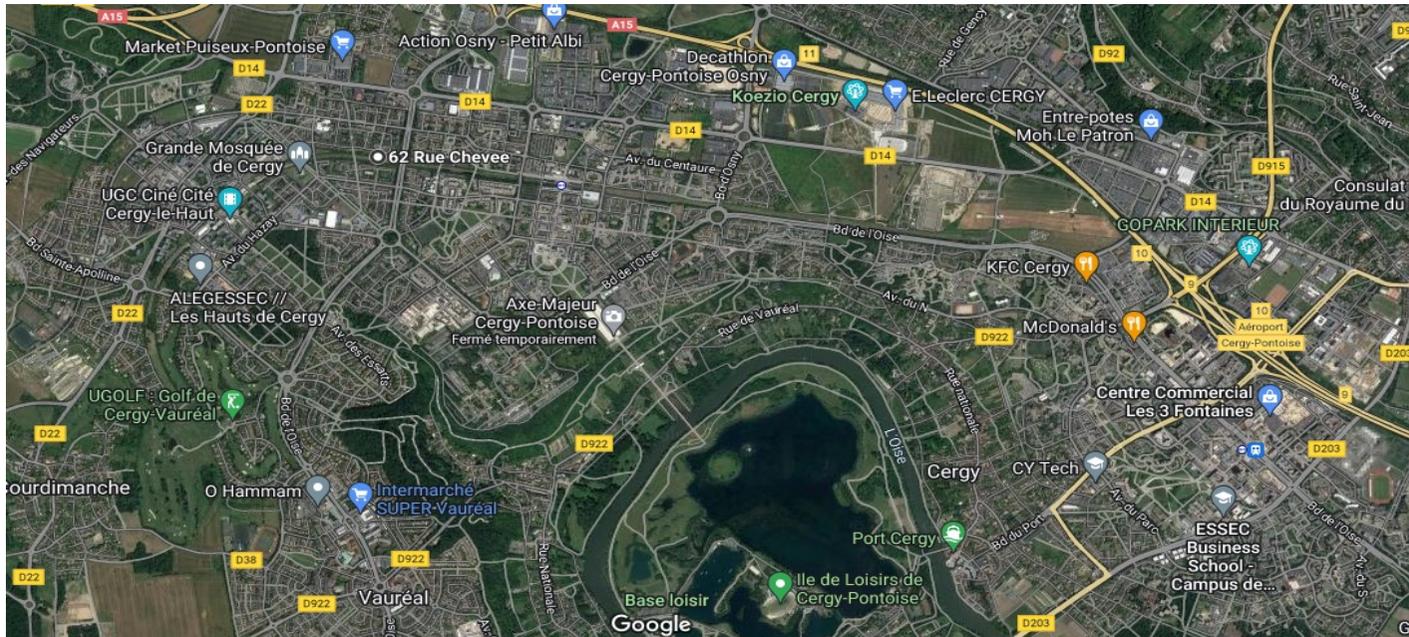
Contextualisation

Vous souhaitez créer une entreprise de distribution de repas à Cergy.

- 3 quartiers : Préfecture – Saint Christophe – Cergy Le Haut
- Repas distribués en moins de 25 minutes
- Commande sur le site : cy_mobilite.fr
- 2 trottinettes et 4 batteries
- Distribution minimum de 4 repas sur le temps de midi et 4 repas le soir
- Temps de trajet total de 40 min (aller – retour) pour chaque repas



Contextualisation



Vous visez un public d'étudiants et de personnes en activités et soirées de matchs. On vous demande de réaliser plusieurs simulations et mesures afin d'étudier la faisabilité du projet.

Vous disposez d'une trottinette électrique et d'appareils de mesures afin de déterminer les caractéristiques cinématiques pour faire ces simulations.

Contextualisation

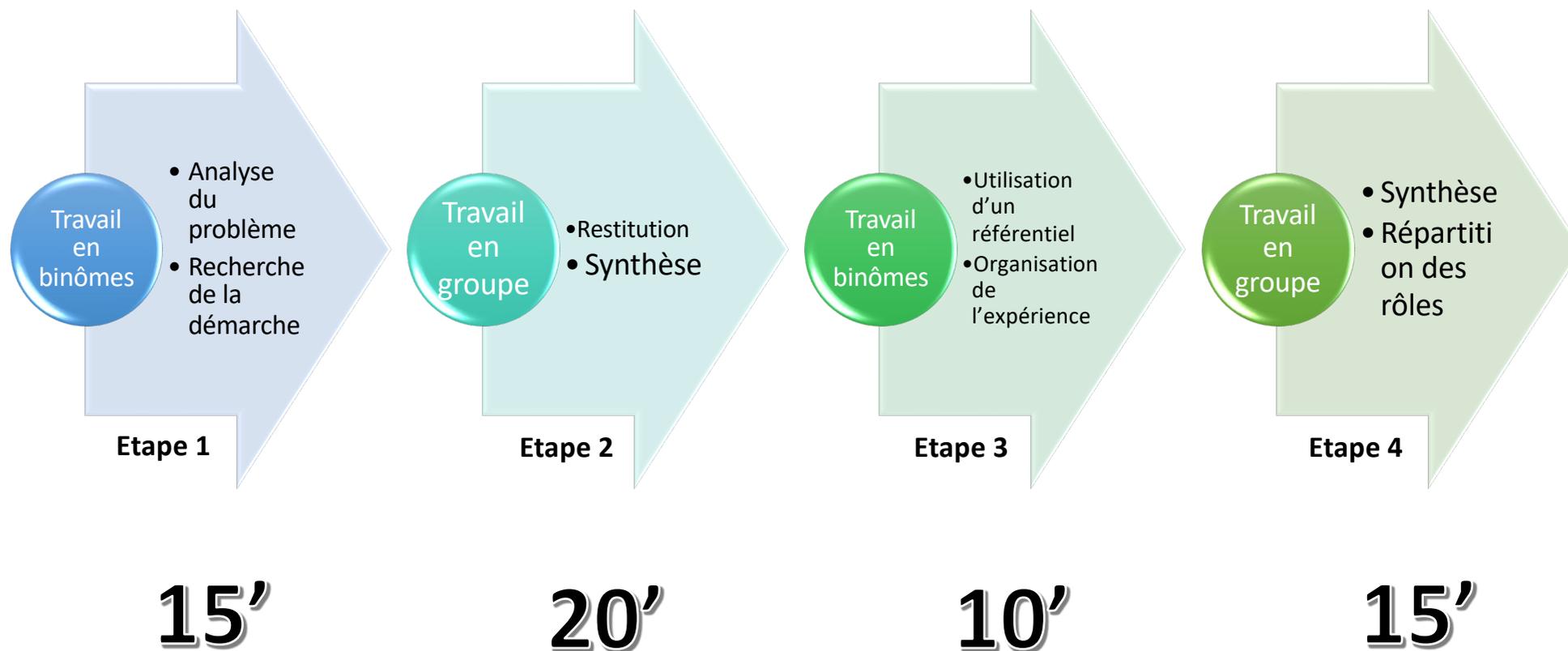
- **Objectif** : Réaliser plusieurs simulations afin d'étudier la faisabilité du projet.
- **Matériel** : Une trottinette électrique et des appareils de mesure.



FizziQ

Recherche de la démarche à mettre en place

1



Recherche de la démarche à mettre en place

Travail demandé :

Proposer les différentes étapes de votre démarche

Synthèse :

- Étudier plusieurs trajets : Entreprise – Restaurant – Client
- Chaque trajet se décompose en 3 phases :

Accélération – Vitesse constante – Décélération

- Réaliser une expérimentation pour analyser chaque phase :

Performances de la trottinette

Recherche de la démarche à mettre en place

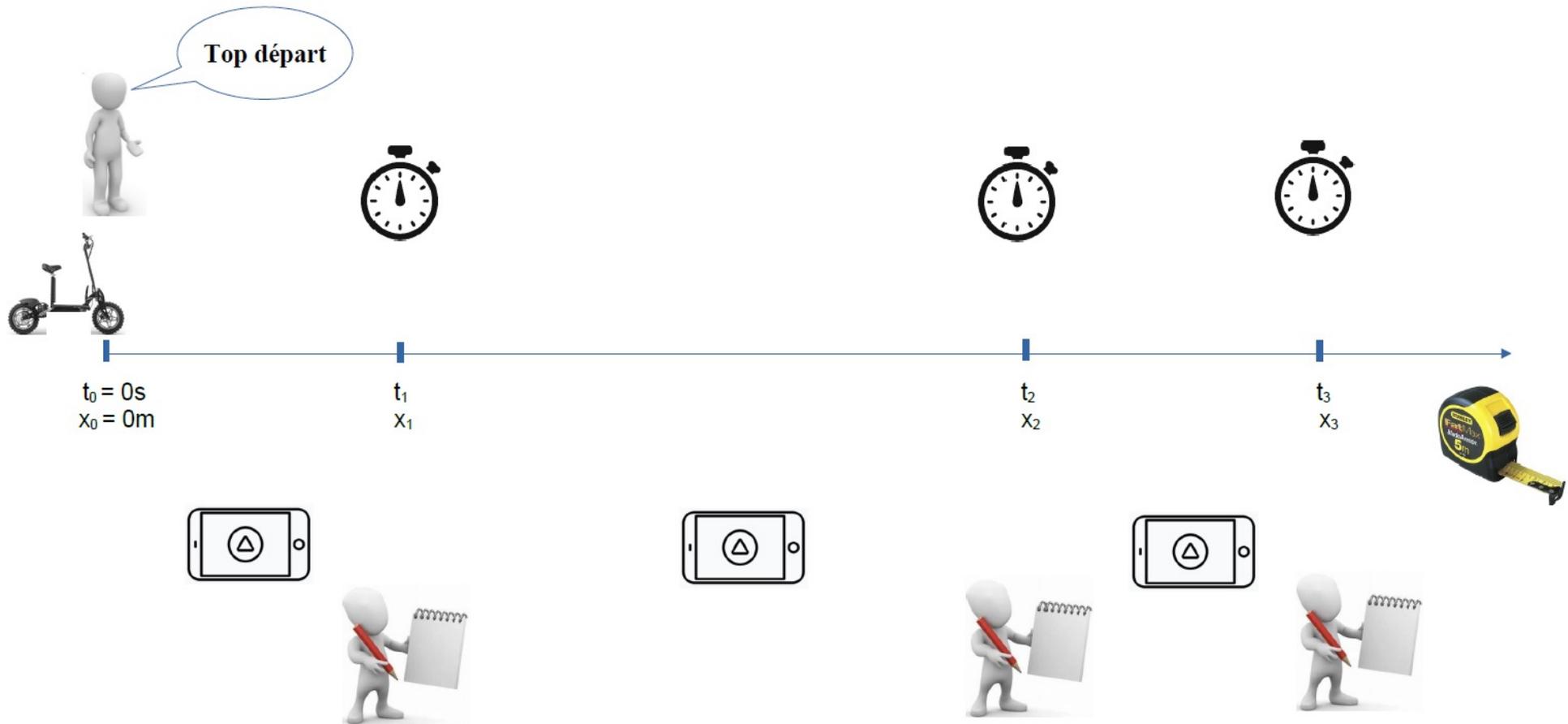
Travail demandé :

Utiliser le référentiel et les différents icônes, proposer une organisation à mettre en place.



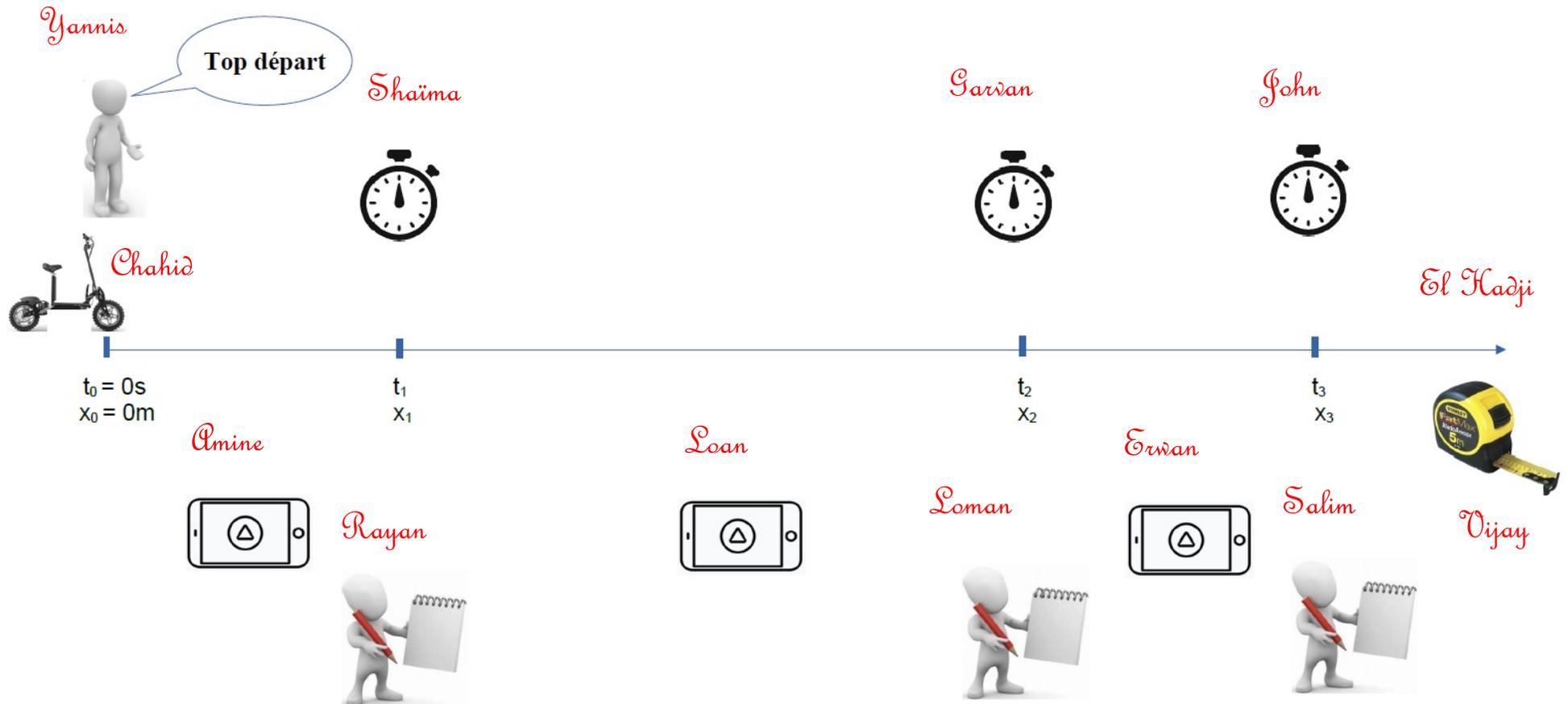
Recherche de la démarche à mettre en place

1



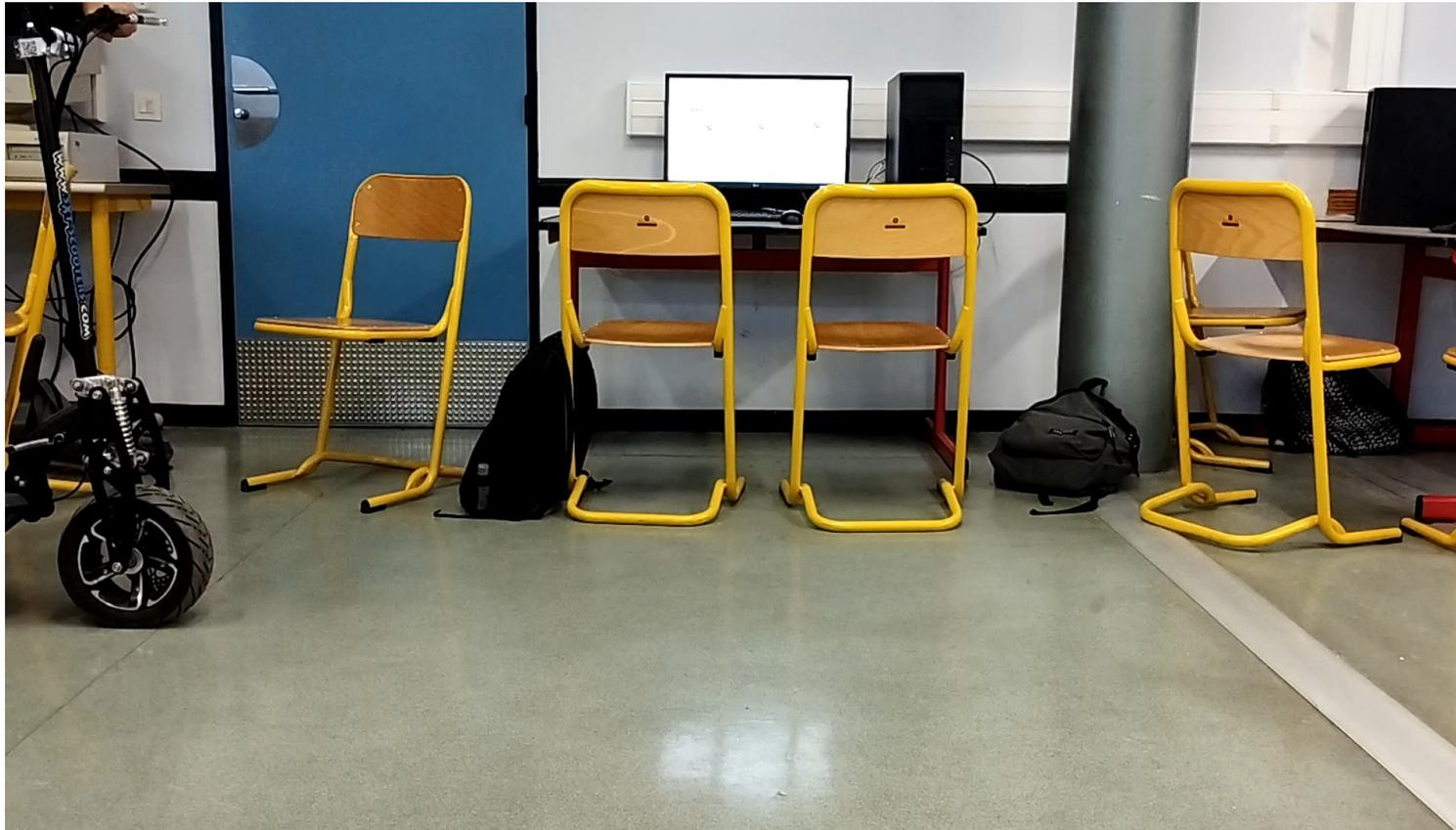
Recherche de la démarche à mettre en place

1



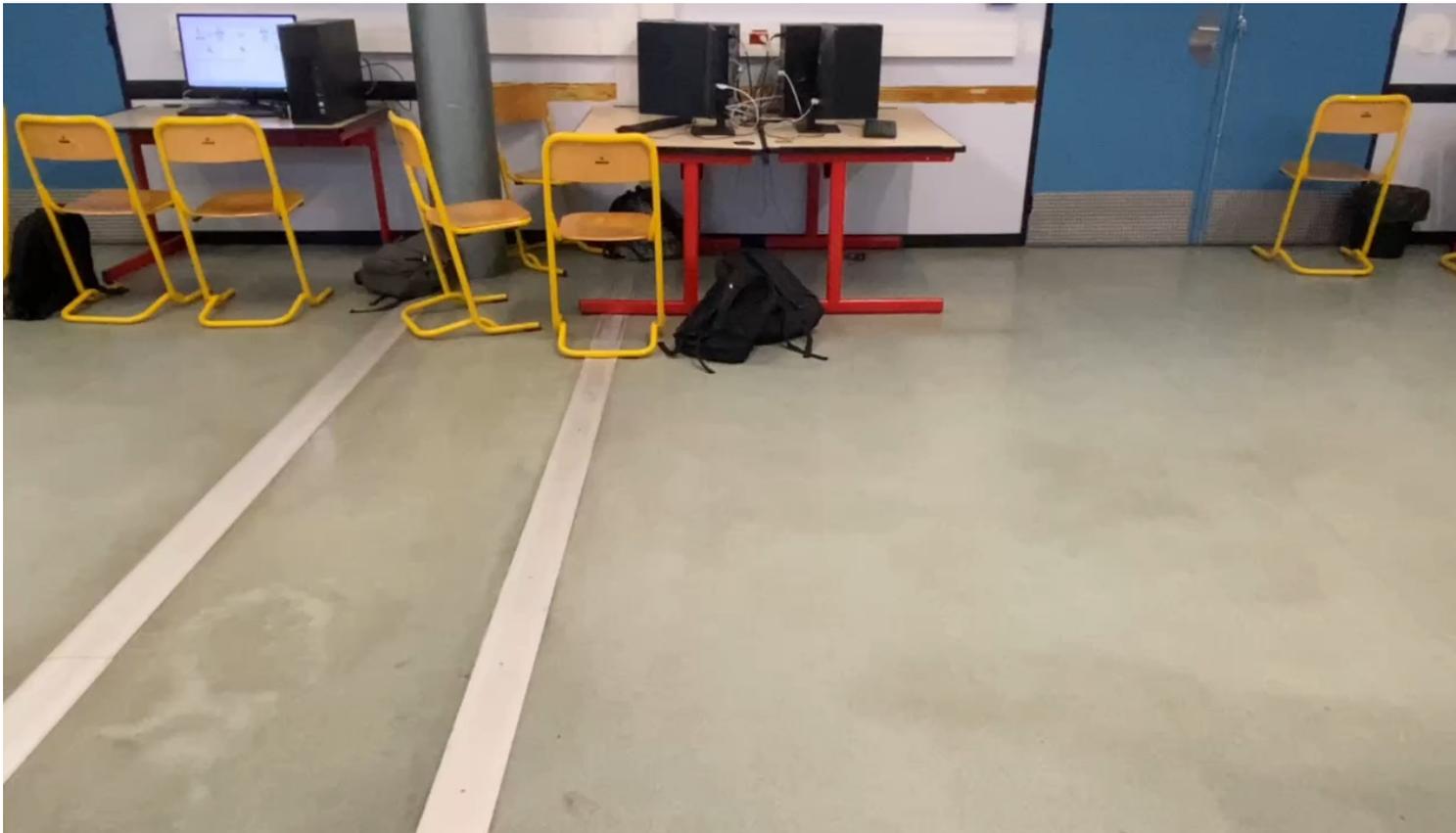
Vidéo de la phase d'accélération

1



Vidéo de la phase à vitesse constante

1



Vidéo de la phase de décélération

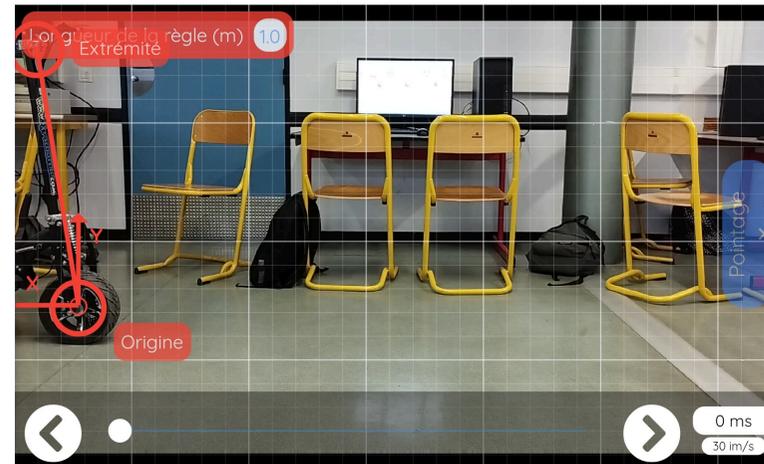
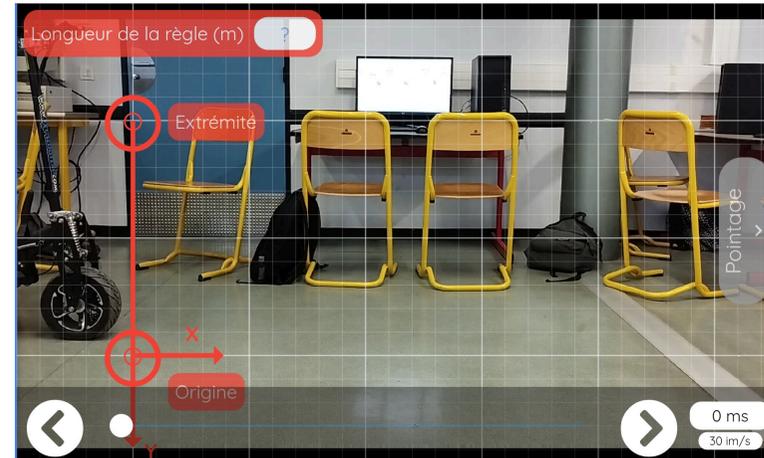
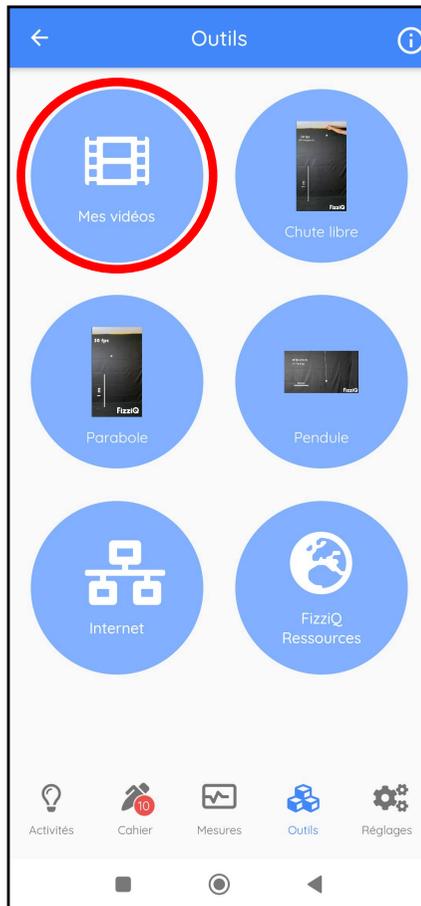
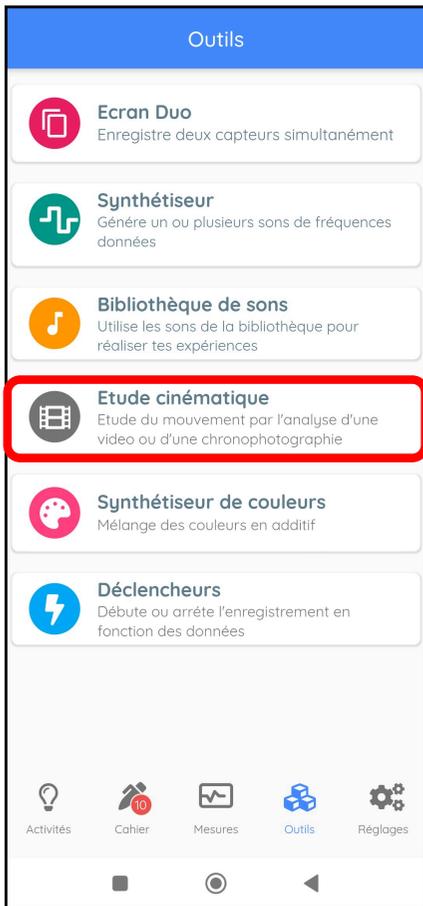
1



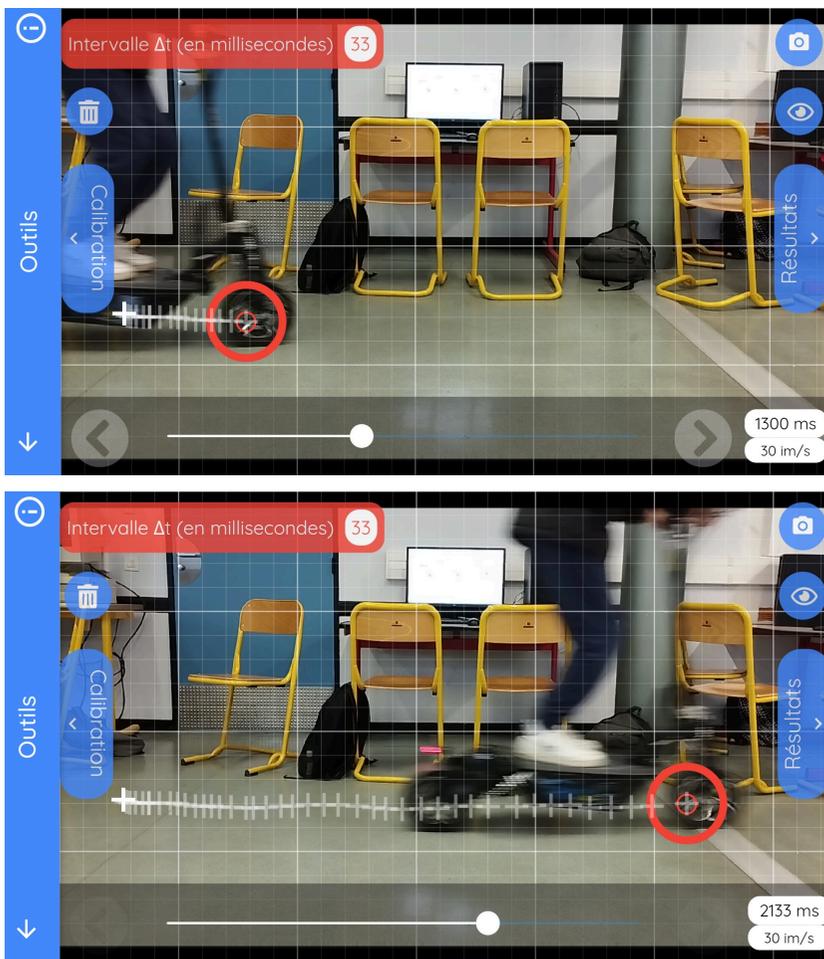
Analyse des vidéos

FizziQ

1

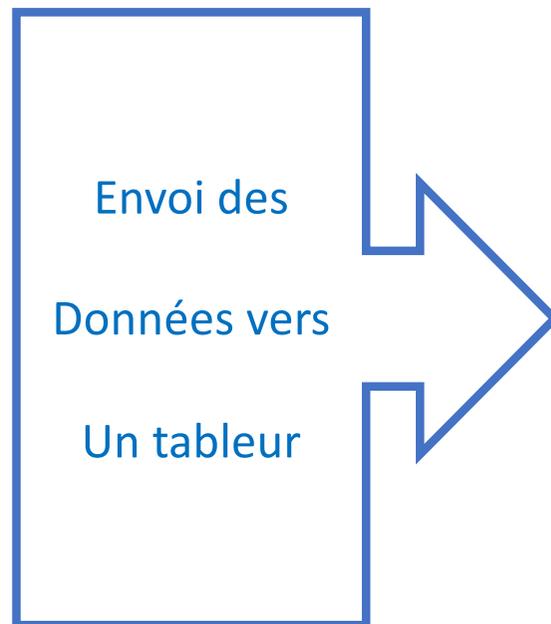


Analyse des vidéos



FizziQ

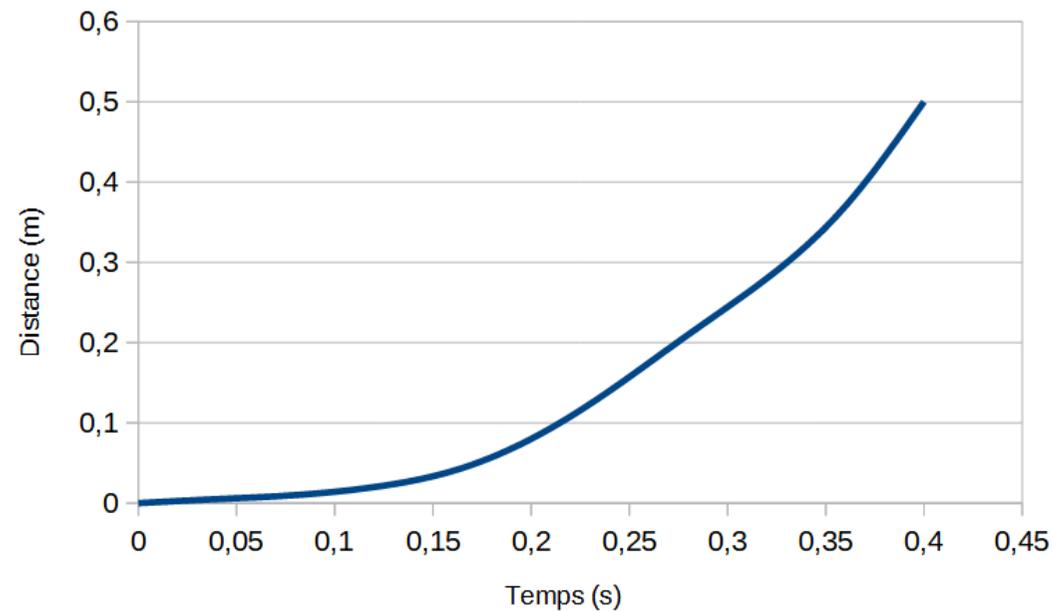
1



Courbe de la position en fonction du temps

Temps (s)	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36	0,4
Distance (m)	0	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,14	0,21	0,28	0,37	0,5

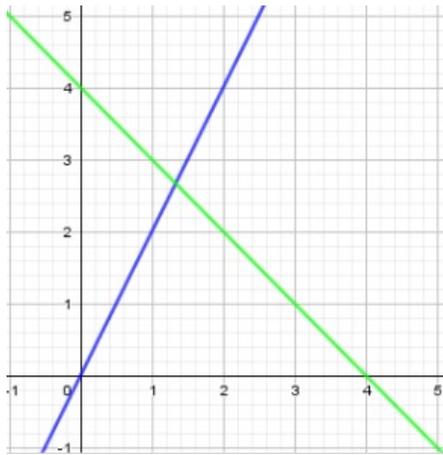
Analyse accélération



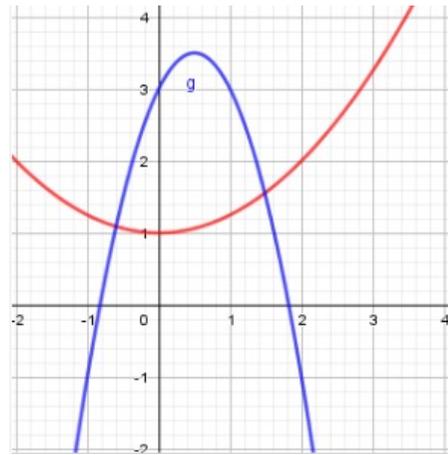
Comparaison avec des courbes connues

1

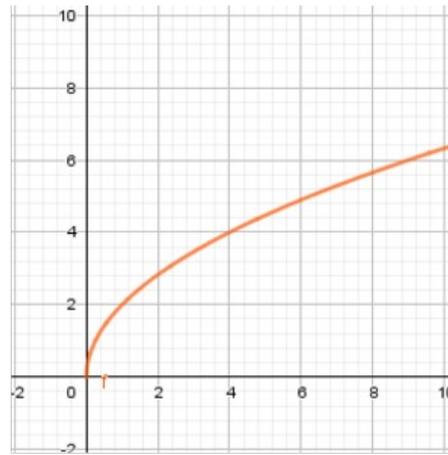
GeoGebra



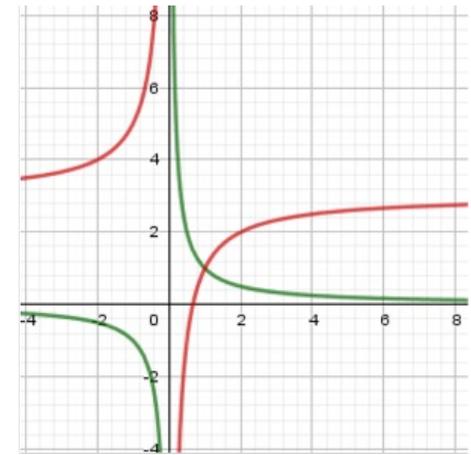
Fonction affine



Parabole



Racine carré

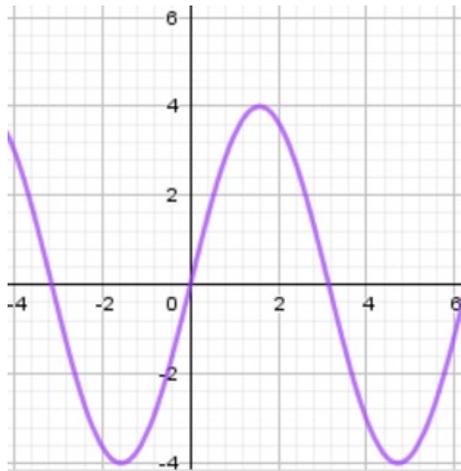


Fonction inverse

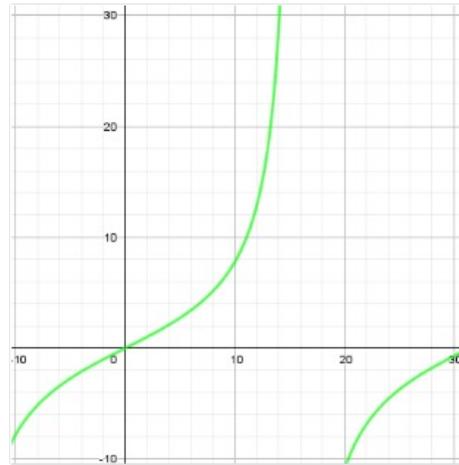
Comparaison avec des courbes connues

1

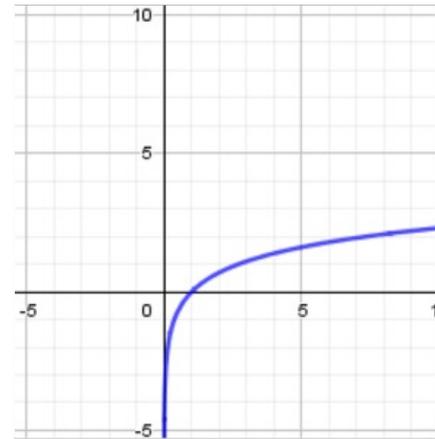
GeoGebra



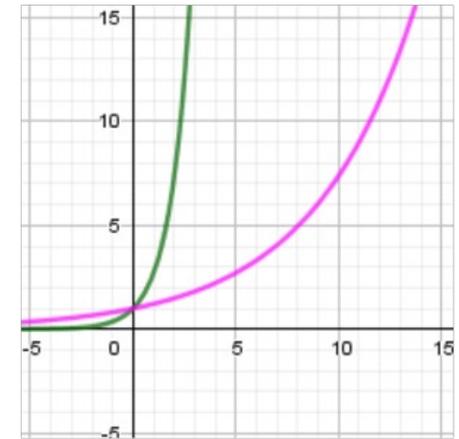
Sinusoïde



Tangente



Logarithme



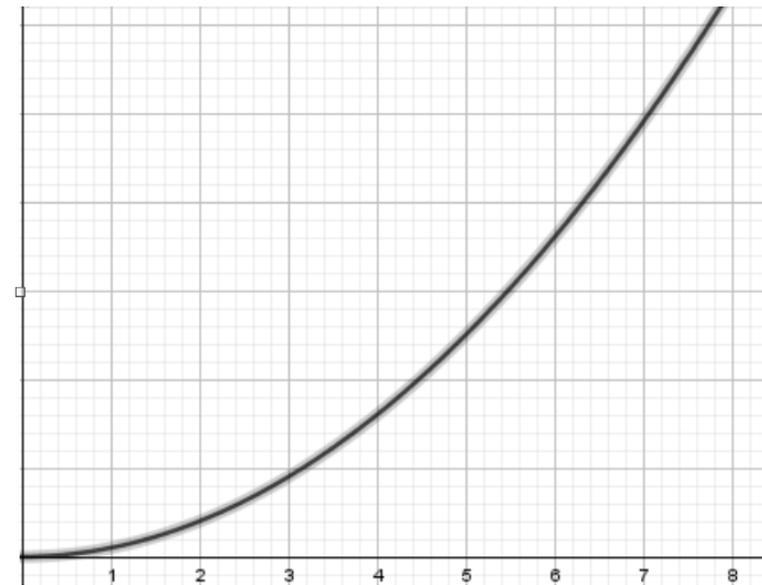
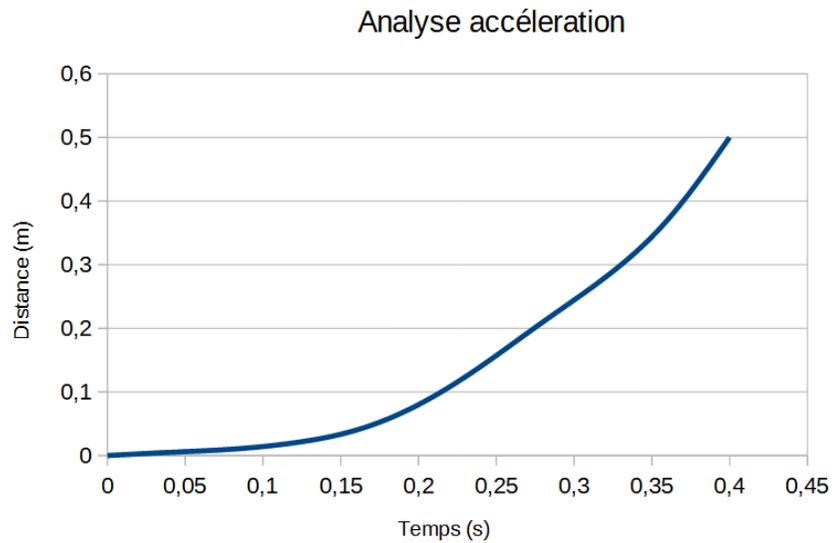
Exponentielle

Analogie – Choix du modèle

1

GeoGebra

Temps (s)	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36	0,4
Distance (m)	0	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,14	0,21	0,28	0,37	0,5



Modélisation

- $x(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c$
- Si on dérive par rapport à t
- $v(t) = 2 \cdot a \cdot t + b$
- Si on dérive par rapport à t
- $\gamma = 2 \cdot a$ donc $a = \gamma/2$
- $v(t) = \gamma \cdot t + b$ et $x(t) = 1/2 \cdot \gamma \cdot t^2 + b \cdot t + c$

Modélisation

1

- Au début du mouvement à $t = 0\text{s}$; $v = v_0 \Rightarrow b = v_0$
- $V(t) = \gamma \cdot t + v_0$
- Au début du mouvement à $t = 0\text{s}$; $x = x_0 \Rightarrow c = x_0$
- $x(t) = 1/2 \cdot \gamma \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0$

Autonomie de la batterie

2

1- VERIFICATION DES PERFORMANCES DE LA TROTINETTE

TRAVAIL A FAIRE :

On souhaite vérifier la valeur de la vitesse max de $35 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ annoncée par le constructeur par une mesure sans chargement sur le système réel.

MATERIEL NECESSAIRE :

Trottinette, tachymètre, multimètre



DEMARCHE A SUIVRE :

- Trouver la relation entre la vitesse V en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et la fréquence de rotation en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ de la roue
- Trouver la grandeur physique à mesurer
- Trouver l'appareil de mesure de cette grandeur.
- Effectuer la mesure sur le système.
- Comparer la valeur de la mesure à celle du constructeur
- Conclure en justifiant la différence entre les 2 valeurs



Autonomie de la batterie

2

2- DETERMINATION DE L'AUTONOMIE DE LA BATTERIE

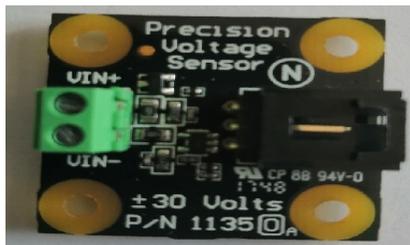
TRAVAIL A FAIRE :

Réaliser un parcours au lycée avec la trottinette afin de mesurer le courant absorbé et la tension aux bornes de la batterie pendant les 3 phases.

MATERIEL NECESSAIRE :

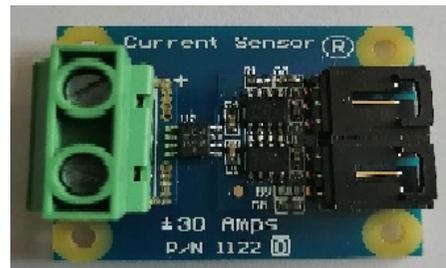
Trottinette, capteur de tension (1135), capteur de courant (1122), carte arduino uno avec shield et carte sd

Fournisseur : Go Tronic



Capteur de tension

Prix : 20,90 €



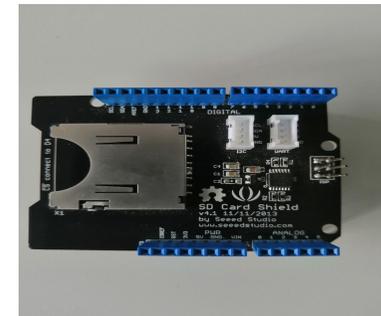
Capteur de courant

Prix : 36,90 €



Carte arduino

Prix 23,90 €



Shield carte SD

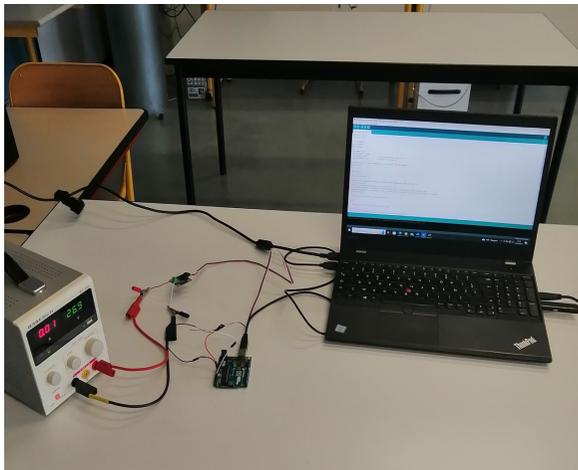
Prix 12,95 €

Autonomie de la batterie

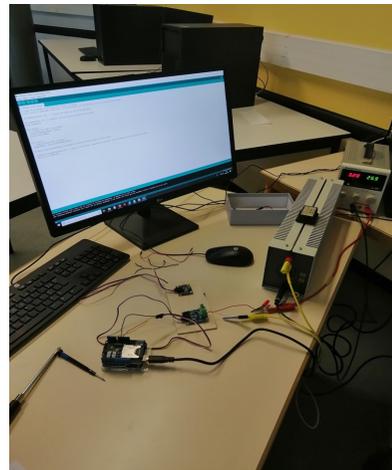
2

2.1- Calibrage des capteurs

Avant de faire ces mesures directes sur la batterie, une phase de calibrage des capteurs est nécessaire.



Calibrage du capteur de tension



Calibrage capteur de courant

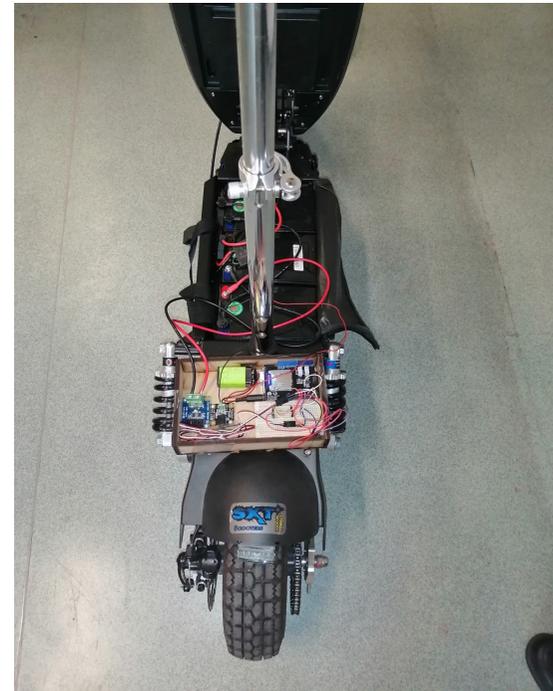
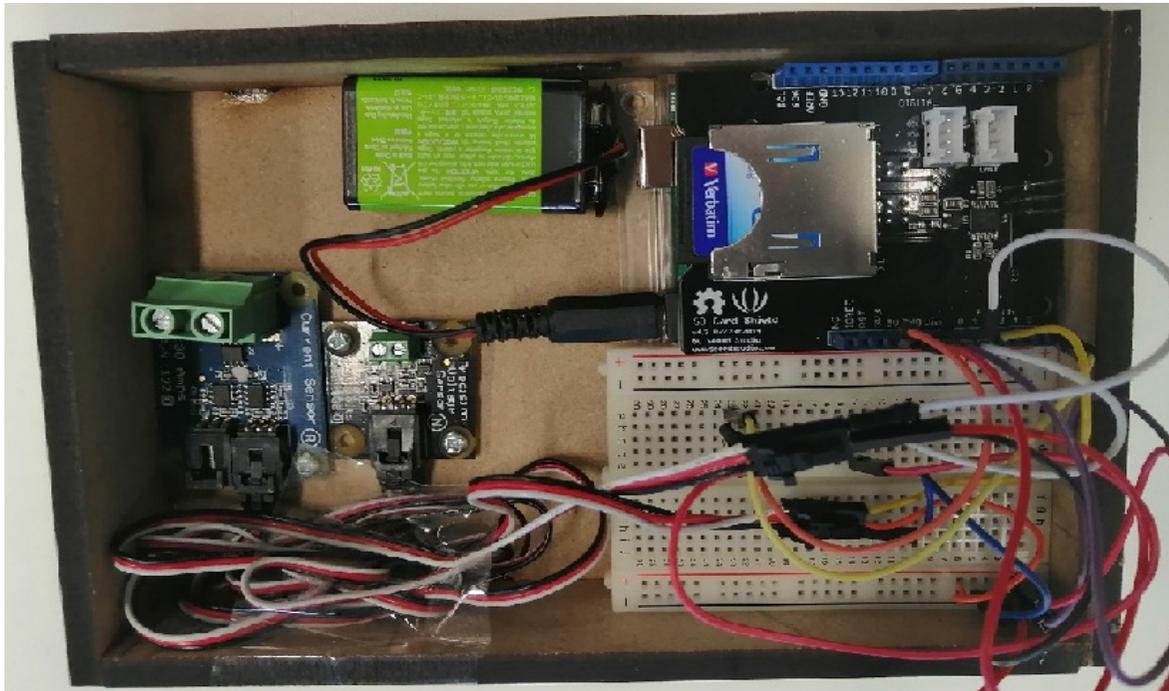


Autonomie de la batterie

2

2.2- Câblage du circuit sur la trottinette

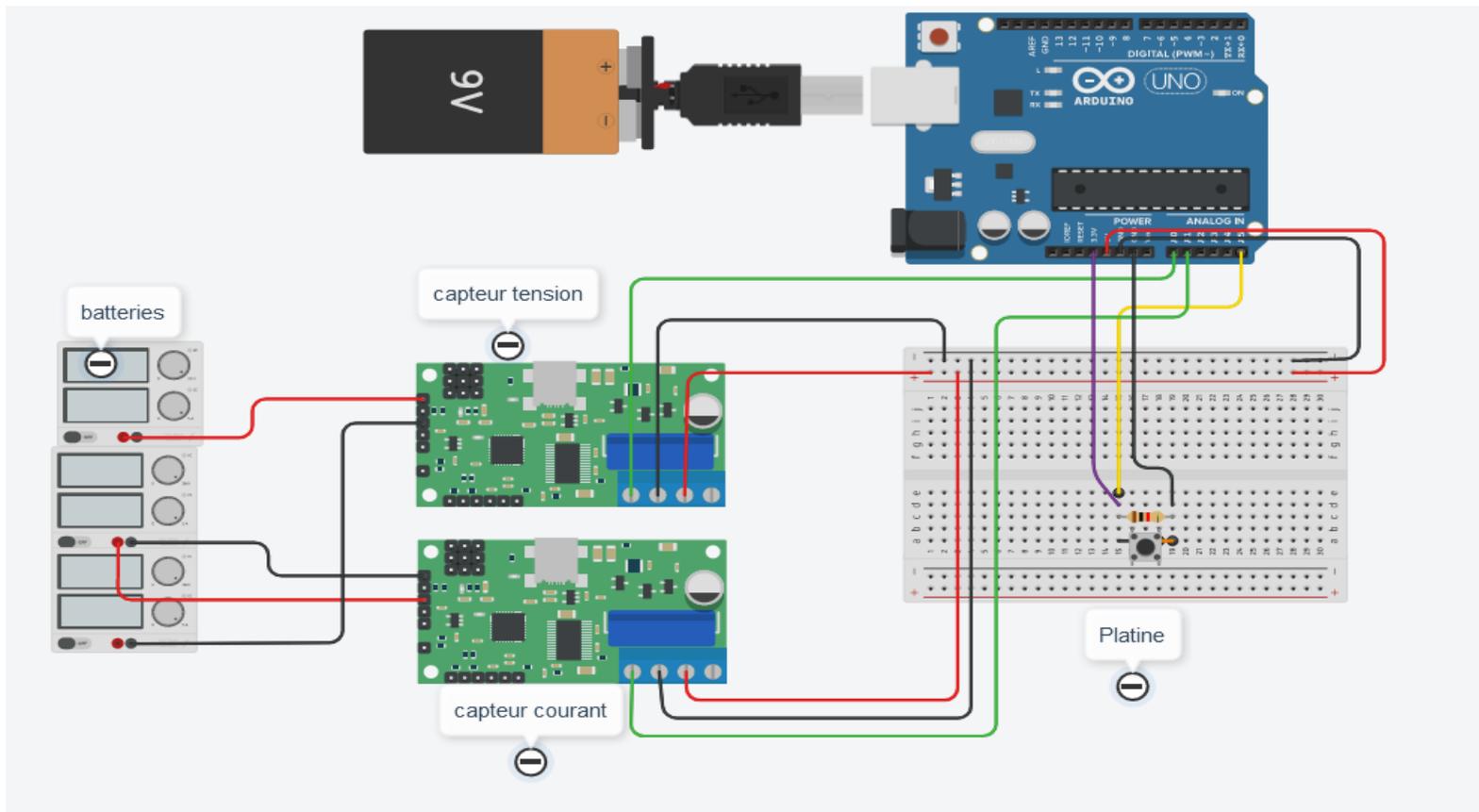
Câblage des capteurs sur l'arduino et raccordement aux bornes de la batterie



Autonomie de la batterie

2.3- Schéma du câblage

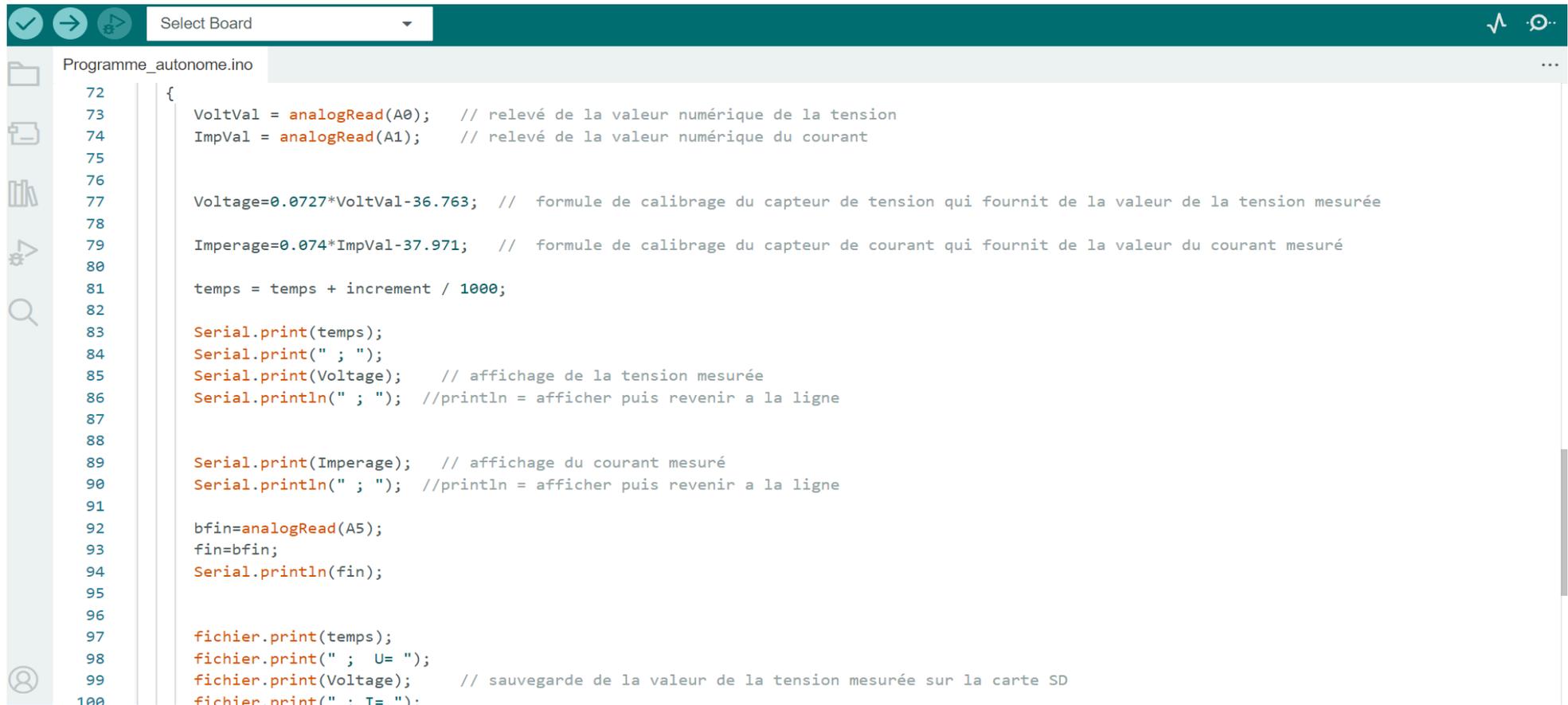
2



Autonomie de la batterie

2

2.4 - Programme autonome à téléverser dans la carte arduino



```
72 {
73   VoltVal = analogRead(A0); // relevé de la valeur numérique de la tension
74   ImpVal = analogRead(A1); // relevé de la valeur numérique du courant
75
76
77   Voltage=0.0727*VoltVal-36.763; // formule de calibrage du capteur de tension qui fournit de la valeur de la tension mesurée
78
79   Imperage=0.074*ImpVal-37.971; // formule de calibrage du capteur de courant qui fournit de la valeur du courant mesuré
80
81   temps = temps + increment / 1000;
82
83   Serial.print(temps);
84   Serial.print(" ; ");
85   Serial.print(Voltage); // affichage de la tension mesurée
86   Serial.println(" ; "); //println = afficher puis revenir a la ligne
87
88
89   Serial.print(Imperage); // affichage du courant mesuré
90   Serial.println(" ; "); //println = afficher puis revenir a la ligne
91
92   bfin=analogRead(A5);
93   fin=bfin;
94   Serial.println(fin);
95
96
97   fichier.print(temps);
98   fichier.print(" ; U= ");
99   fichier.print(Voltage); // sauvegarde de la valeur de la tension mesurée sur la carte SD
100  fichier.print(" ; I= ");
```

Autonomie de la batterie

2

2.5- Compte rendu des essais sur la trottinette

Réalisation d'un parcours au lycée avec la trottinette afin de mesurer le courant absorbé et la tension aux bornes de la batterie pendant les 3 phases :

Première phase : accélération pendant 5 secondes pour atteindre la vitesse moyenne de $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Deuxième phase : maintenir cette vitesse à l'aide de l'application fizziq (gps, vitesse) pendant 180 secondes

Troisième phase : freinage jusqu'à l'arrêt complet pendant 6 secondes.

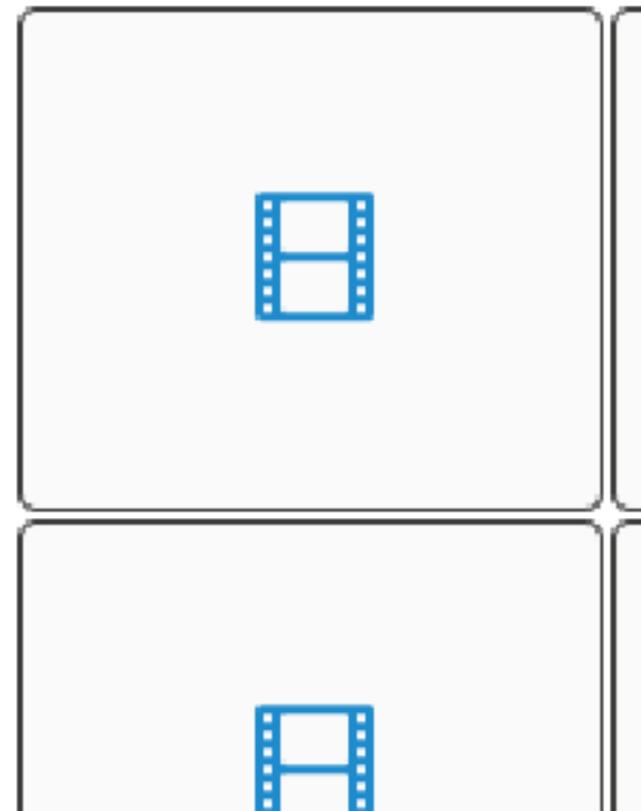


Autonomie de la batterie

2

2.6- Mesure de la vitesse de la trottinette avec FIZZIQ

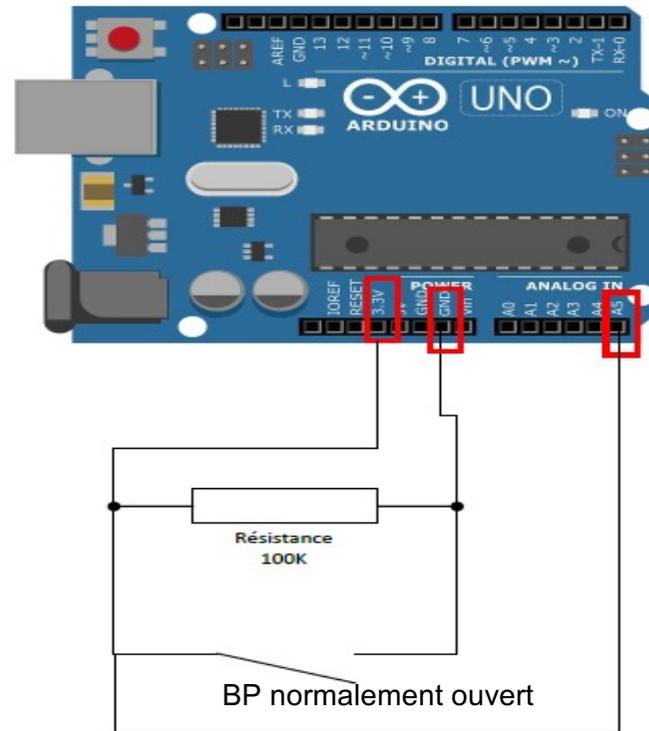
Utilisation de l'application FIZZIQ pour mesurer la vitesse de la trottinette pendant le parcours au lycée



Autonomie de la batterie

2

Dispositif de fin de mesure pour la carte arduino autonome



Autonomie de la batterie



2.7- Récupération des données (tension et courant) de la carte SD

+++++++ Nouvelles valeurs ++++++

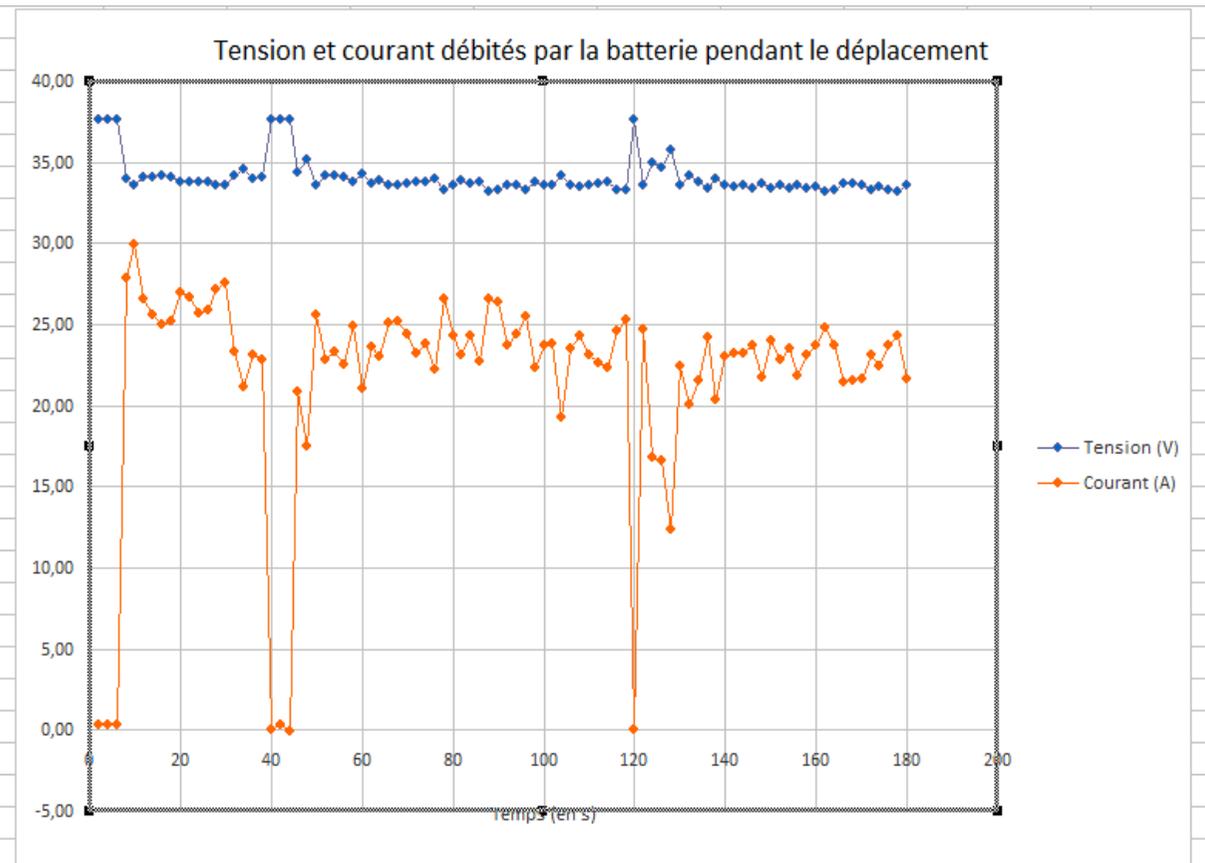
Duree (s) ; Intensite (A)

```
2 ; U= 37.61 ; I= 0.29 ; 4 ; U= 37.61 ; I= 0.29 ; 6 ; U= 37.61 ; I= 0.29 ; 8 ; U= 33.97 ; I= 27.89 ;
10 ; U= 33.54 ; I= 29.89 ; 12 ; U= 34.05 ; I= 26.56 ; 14 ; U= 34.12 ; I= 25.60 ; 16 ; U= 34.19 ; I=
25.00 ; 18 ; U= 34.12 ; I= 25.22 ; 20 ; U= 33.76 ; I= 27.00 ; 22 ; U= 33.76 ; I= 26.71 ; 24 ; U=
33.83 ; I= 25.74 ; 26 ; U= 33.83 ; I= 25.89 ; 28 ; U= 33.61 ; I= 27.22 ; 30 ; U= 33.54 ; I= 27.59 ;
32 ; U= 34.19 ; I= 23.37 ; 34 ; U= 34.56 ; I= 21.15 ; 36 ; U= 33.97 ; I= 23.45 ; 38 ; U= 34.12 ; I=
22.78 ; 40 ; U= 37.61 ; I= -0.01 ; 42 ; U= 37.61 ; I= 0.29 ; 44 ; U= 37.61 ; I= -0.08 ; 46 ; U=
34.41 ; I= 20.86 ; 48 ; U= 35.21 ; I= 17.53 ; 50 ; U= 33.61 ; I= 25.60 ; 52 ; U= 34.19 ; I= 22.78 ;
54 ; U= 34.19 ; I= 23.30 ; 56 ; U= 34.05 ; I= 22.49 ; 58 ; U= 33.83 ; I= 24.93 ; 60 ; U= 34.26 ; I=
21.01 ; 62 ; U= 33.68 ; I= 24.63 ; 64 ; U= 33.90 ; I= 23.60 ; 66 ; U= 33.61 ; I= 25.08 ; 68 ; U=
33.54 ; I= 25.15 ; 70 ; U= 33.68 ; I= 24.41 ; 72 ; U= 33.83 ; I= 23.23 ; 74 ; U= 33.76 ; I= 23.82 ;
76 ; U= 33.97 ; I= 22.19 ; 78 ; U= 33.25 ; I= 26.56 ; 80 ; U= 33.54 ; I= 24.34 ; 82 ; U= 33.90 ; I=
23.08 ; 84 ; U= 33.68 ; I= 24.26 ; 86 ; U= 33.83 ; I= 22.71 ; 88 ; U= 33.17 ; I= 26.56 ; 90 ; U=
33.25 ; I= 26.41 ; 92 ; U= 33.54 ; I= 23.67 ; 94 ; U= 33.54 ; I= 24.41 ; 96 ; U= 33.32 ; I= 25.52 ;
98 ; U= 33.83 ; I= 22.34 ; 100 ; U= 33.54 ; I= 23.74 ; 102 ; U= 33.61 ; I= 23.82 ; 104 ; U= 34.19 ;
I= 19.30 ; 106 ; U= 33.61 ; I= 23.52 ; 108 ; U= 33.47 ; I= 24.26 ; 110 ; U= 33.61 ; I= 23.08 ; 112 ;
U= 33.68 ; I= 22.63 ; 114 ; U= 33.76 ; I= 22.34 ; 116 ; U= 33.32 ; I= 24.56 ; 118 ; U= 33.25 ; I=
25.15 ; 120 ; U= 37.61 ; I= 0.06 ; 122 ; U= 33.54 ; I= 24.71 ; 124 ; U= 34.92 ; I= 16.71 ; 126 ; U=
34.70 ; I= 16.57 ; 128 ; U= 35.72 ; I= 12.35 ; 130 ; U= 33.61 ; I= 22.41 ; 132 ; U= 34.19 ; I= 20.04 ;
134 ; U= 33.83 ; I= 21.53 ; 136 ; U= 33.39 ; I= 24.19 ; 138 ; U= 33.97 ; I= 20.34 ; 140 ; U= 33.54 ;
I= 23.01 ; 142 ; U= 33.47 ; I= 23.23 ; 144 ; U= 33.54 ; I= 23.23 ; 146 ; U= 33.39 ; I= 23.74 ; 148 ;
U= 33.68 ; I= 21.75 ; 150 ; U= 33.39 ; I= 24.04 ; 152 ; U= 33.61 ; I= 22.86 ; 154 ; U= 33.39 ; I=
23.52 ; 156 ; U= 33.61 ; I= 21.89 ; 158 ; U= 33.39 ; I= 23.15 ; 160 ; U= 33.47 ; I= 23.67 ; 162 ; U=
33.17 ; I= 24.78 ; 164 ; U= 33.32 ; I= 23.74 ; 166 ; U= 33.68 ; I= 21.45 ; 168 ; U= 33.68 ; I= 21.53 ;
170 ; U= 33.61 ; I= 21.60 ; 172 ; U= 33.32 ; I= 23.15 ; 174 ; U= 33.47 ; I= 22.41 ; 176 ; U= 33.32 ;
I= 23.74 ; 178 ; U= 33.17 ; I= 24.34 ; 180 ; U= 33.61 ; I= 21.60 ; 182 ; U= 33.61 ; I= 21.01 ; 184 ;
U= 33.17 ; I= 24.12 ; 186 ; U= 33.54 ; I= 21.97 ; 188 ; U= 33.54 ; I= 22.19 ; 190 ; U= 33.47 ; I=
22.63 ; 192 ; U= 33.39 ; I= 22.78 ; 194 ; U= 33.47 ; I= 22.41 ; 196 ; U= 33.47 ; I= 22.41 ; 198 ; U=
37.61 ; I= 0.14 ; 200 ; U= 34.34 ; I= 18.71 ; 202 ; U= 34.63 ; I= 15.38 ; 204 ; U= 34.12 ; I= 18.19 ;
206 ; U= 33.68 ; I= 21.89 ; 208 ; U= 33.90 ; I= 20.04 ; 210 ; U= 33.61 ; I= 20.56 ; 212 ; U= 33.47 ;
I= 21.30 ; 214 ; U= 33.39 ; I= 21.82 ; 216 ; U= 33.54 ; I= 21.15 ; 218 ; U= 33.68 ; I= 20.19 ; 220 ;
U= 33.39 ; I= 22.78 ; 222 ; U= 33.68 ; I= 20.78 ; 224 ; U= 33.39 ; I= 22.12 ; 226 ; U= 33.17 ; I=
23.01 ; 228 ; U= 33.61 ; I= 20.34 ; 230 ; U= 37.61 ; I= 0.14 ; 232 ; U= 37.61 ; I= 0.14 ; 234 ; U=
37.61 ; I= 0.14 ; 236 ; U= 37.61 ; I= 0.44 ;
+++++++ Arrêt des mesures ++++++
```

Autonomie de la batterie

2.8- Courbes de variation de la tension et du courant pendant le trajet

88	33,17	26,56
90	33,25	26,41
92	33,54	23,67
94	33,54	24,41
96	33,32	25,52
98	33,83	22,34
100	33,54	23,74
102	33,61	23,82
104	34,19	19,3
106	33,61	23,52
108	33,47	24,26
110	33,61	23,08
112	33,68	22,63
114	33,76	22,34
116	33,32	24,56
118	33,25	25,25
120	37,61	0,06
122	33,54	24,71
124	34,92	16,79
126	34,7	16,57
128	35,72	12,35
130	33,61	22,41
132	34,19	20,04
134	33,83	21,53
136	33,39	24,19
138	33,97	20,34
140	33,54	23,01
142	33,17	23,23



Autonomie de la batterie

2

2.9- Calcul de l'autonomie des batteries

L'autonomie d'une batterie en kilomètre est égale à l'énergie totale stockée en Wh divisée par la consommation en Wh par kilomètre.

- Capacité initiale de la batterie (Ah) : $C = 12 \text{ Ah}$
- Energie totale contenue dans la batterie : $E_t = C \times U = 12 \times 36 = 432 \text{ Wh}$
- Quantité d'énergie utilisée pendant le parcours de 1 km (en Wh) : $E_p = U \times I \times \Delta t = 34 \times 21 \times 0,05 = 35,70 \text{ Wh}$
- Autonomie de la batterie en km et en h
 - 😊 autonomie en Km : $E_t / E_p = 432/35,7 = 12,1 \text{ km}$ (donnée constructeur 15 Km)
 - 😊 autonomie en heure : $t = C/I = 12/21 = 0,57 \text{ h}$

2.10- Synthèse

- Comparer ces résultats avec les données du constructeur et conclure quant au nombre de batteries prévues par le cahier des charges pour livrer les 8 repas minimum par jour.
- Que faut-il modifier pour que le projet soit viable ?

Simulation- Travail demandé

3

- **Objectif :**

On souhaite réaliser un Simulateur permettant de définir la durée de plusieurs déplacements pour valider la faisabilité du projet.

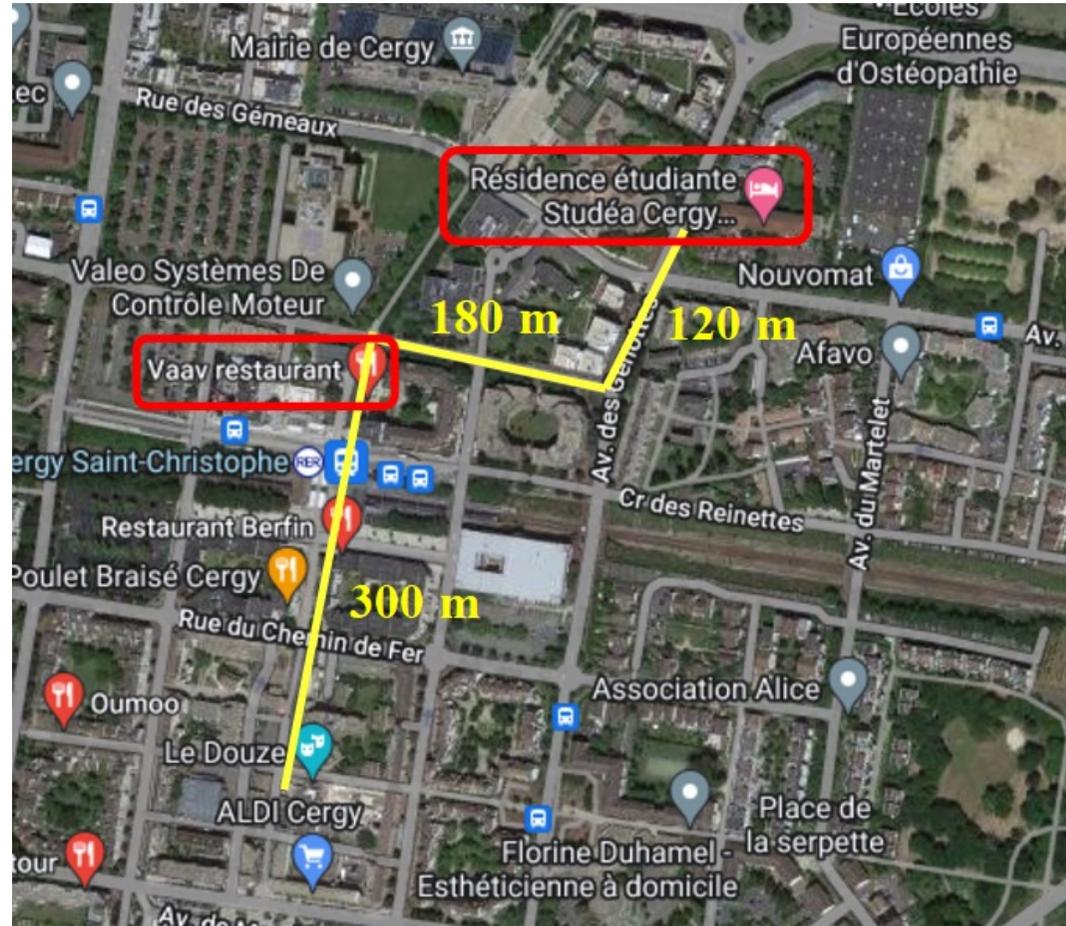
- **Critère du cahier des charges fonctionnel :**

Distribuer un repas en moins de 25 minutes.

- Utilisation des performances cinématiques de la partie 1.

Exemple de déplacement

3



Paramétrage - Performances

- L_a : longueur de la phase d'accélération
- L_d : longueur de la phase de décélération

- t_a : durée de la phase d'accélération
- t_d : durée de la phase de décélération

- $L_a = 16,37$ m et $t_a = 4,72$ s
- $L_d = 19,74$ m et $t_d = 5,69$ s
- La vitesse constante $V = 6,94$ m·s⁻¹ (correspondant à 25 km·h⁻¹)

Calculés avec
les équations horaires

1

Application

3

- N est le nombre de déplacements en translation rectiligne :

$$N = 3$$

- D_i est la distance de chaque translation rectiligne :

$$D_1 = 300\text{m} ; D_2 = 180\text{m} ; D_3 = 120\text{m}.$$

Application

3

- Le programme doit calculer la durée de chaque déplacement à vitesse constante :

$$t_1 = (D_1 - (L_a + L_d)) / V = (300 - (16,37 + 19,74)) / 6,94 = 38 \text{ s}$$

$$t_2 = (D_2 - (L_a + L_d)) / V = (180 - (16,37 + 19,74)) / 6,94 = 21 \text{ s}$$

$$t_3 = (D_3 - (L_a + L_d)) / V = (120 - (16,37 + 19,74)) / 6,94 = 12 \text{ s}$$

- Calcul de la durée totale du trajet

$$T = N \times (t_a + t_d) + t_1 + t_2 + t_3 = 3 \times (4,72 + 5,69) + 38 + 21 + 12 = 102 \text{ s}$$

Réalisation du simulateur sur tableur

simulateur v2.ods - LibreOffice Calc

Echier Édition Affichage Insertion Format Styles Feuille Données Outils Fenêtre A

Arial 11 pt G I S A

C13 = ARRONDI((B13-(16,37 + 19,74)) / 6,94 ; 2)

	A	B	C
1	SIMULATEUR		
2	Entrer le nombre de lignes droites :		8
3	Durée des accélérations et décélérations :		83,28
4			
5			Durée
6	Distance D1 en mètre :	50	2
7	Distance D2 en mètre :	200	23,62
8	Distance D3 en mètre :	80	6,32
9	Distance D4 en mètre :	500	66,84
10	Distance D5 en mètre :	300	38,02
11	Distance D6 en mètre :	50	2
12	Distance D7 en mètre :	80	6,32
13	Distance D8 en mètre :	110	10,65
14			
15	Temps total en secondes :		239,05
16	Temps total en minutes :		3,98

N

$C2 \times (4,72 + 5,69)$

$(B_i - (16,37 + 19,74)) / 6,94$

= SOMME

Réalisation du simulateur sur tableur

3

SIMULATEUR		
Entrer le nombre de lignes droites :		3
Durée des accélérations et décélérations :		31,23
		Durée
Distance D1 en mètre :	300	38,02
Distance D2 en mètre :	180	20,73
Distance D3 en mètre :	120	12,09
	Temps total en secondes :	102,07
	Temps total en minutes :	1,7

Questions ?

