

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

THÈME : MOUVEMENT ET INTERACTIONS

Une nouvelle mobilité urbaine : la trottinette électrique.

À Paris, les trottinettes électriques sont autorisées depuis l'été 2018. Voici l'expérience d'une journaliste allemande : "Au guidon de l'une d'entre elles, les premières centaines de mètres sont chancelantes. J'ai un peu la trouille parce que je ne porte pas de casque et que la circulation autour de la gare est dense ce vendredi après-midi. La trottinette, je le remarque en un quart d'heure à peine après mon arrivée à Paris, est un moyen de transport tout ce qu'il y a de plus normal dans la ville. Sur cette piste cyclable, je compte à peu près une trottinette pour deux vélos."

D'après Courrier international, 10-05-2019

Katrin Hummel : « Vu d'Allemagne. J'ai testé la trottinette électrique à Paris »

L'objectif de cet exercice est d'étudier le trajet d'Emma qui se rend à son lycée en trottinette. Le système étudié est Emma et sa trottinette {Emma + trottinette}. Dans tout l'exercice, on assimilera ce système à un point matériel.

Le mouvement du système est étudié dans le référentiel terrestre.

PREMIÈRE PARTIE : Étude de la trajectoire

Emma tourne autour d'un terre-plein circulaire de 2,0 m de diamètre pour changer de direction. Son trajet est enregistré par une caméra de vidéosurveillance placée en hauteur. À partir de l'enregistrement vidéo, on obtient une chronophotographie du mouvement d'Emma et de sa trottinette (figure 1). Les positions successives du système sont enregistrées à des intervalles de temps Δt réguliers, tels que $\Delta t = 200$ ms. Les différentes phases du mouvement du système sont repérées par des lettres.

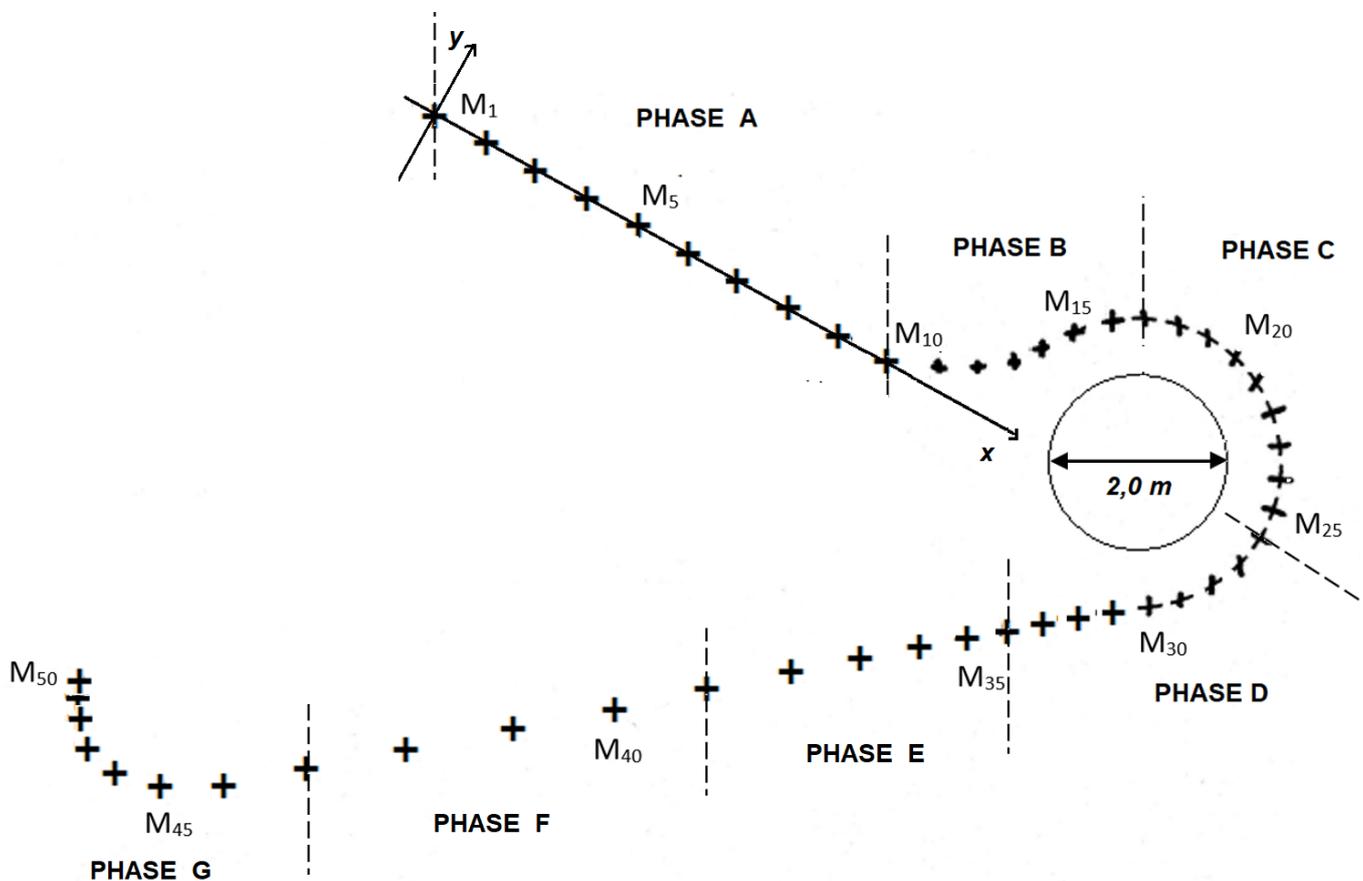


Figure 1 : chronophotographie du mouvement du système {Emma + trottinette}

Q1. (1 point) Relier chaque phase du mouvement proposée ci-dessous à la description correcte.

- | | |
|----------------------------------|--|
| Phase C <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Mouvement rectiligne uniforme |
| Phase E <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Mouvement rectiligne accéléré |
| Phase G <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Mouvement rectiligne décéléré |
| | <input type="checkbox"/> Mouvement circulaire uniforme |
| | <input type="checkbox"/> Mouvement circulaire décéléré |
| | <input type="checkbox"/> Mouvement curviligne décéléré |

Q2. L'étude de la chronophotographie fait apparaître que la vitesse du système est maximale au point M₄₁.

Q2a. (0,5 point) Valider cette affirmation par un raisonnement qualitatif (sans calcul).

Q2b. (1,5 point) Déterminer si on peut affirmer qu'à un moment de son trajet, Emma dépasse la vitesse maximale recommandée de 25 km/h. La réponse nécessite des mesures et des calculs.

DEUXIÈME PARTIE : Représentation des vecteurs vitesse

Q3. (1 point) La norme du vecteur vitesse du système au point M₂₀ est de 1,9 m.s⁻¹. L'échelle de représentation des vitesses est de 0,50 m.s⁻¹ pour 1 cm. Après justification, représenter sur la figure 1 le vecteur vitesse au point M₂₀.

Un programme rédigé en langage python utilise les positions (x ; y) du système au cours de la phase A de la chronophotographie. Ce programme permet de représenter le vecteur vitesse du système en chaque point de la phase A du mouvement.

Extrait du programme Python :

```
3
4 x=[0.00,0.67,1.34,2.06,2.64,3.29,3.98,4.70,5.33,6.03,6.80]
5 y=[0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00]
6
7 x=np.array(x)
8 y=np.array(y)
9
10 plt.plot(x,y,'go')
11 plt.title("trajectoire")
12 plt.ylabel("y (m)")
13 plt.xlabel("x (m)")
14
15 dt=          # la valeur de dt sera à renseigner.
16
17 Listvx=[]
18 for i in range(0,len(x)-1):
19     vx=(x[i+1]-x[i])/dt
20     Listvx.append(vx)
21
22 Listvy=[]
23 for i in range(0,len(y)-1):
24     vy=(y[i+1]-y[i])/dt
25     Listvy.append(vy)
26
27 for j in range(0,len(Listvx)):
28     plt.arrow(x[j],y[j],Listvx[j]/10,Listvy[j]/10,head_width=0.01,head_length=0.1)
29
30 plt.show()
```

Q4. (0,5 point) Indiquer la valeur numérique de la variable dt à renseigner sur la ligne de code 15. Aucune justification n'est attendue.

Q5. (0,5 point) Indiquer le numéro de la ligne de code qui effectue le calcul de la coordonnée du vecteur vitesse suivant l'axe (Ox) pour chaque date. Aucune justification n'est attendue.

TROISIÈME PARTIE : Étude des forces s'exerçant sur le système.

Dans cette partie, on s'intéresse à la phase A du mouvement du système {Emma et trottinette}, de masse totale $m = 90 \text{ kg}$, sur une route horizontale. On modélise les actions extérieures qui s'exercent sur ce système par des forces, que l'on représente par des vecteurs.

Tous les vecteurs force sont tracés à partir du point G, centre de gravité du système.

Donnée :

- intensité de la pesanteur (à l'altitude nulle) : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.

Q6a. (0,5 point) Déterminer la norme P du poids du système.

Q6b. (1 point) Tracer le vecteur poids du système à l'échelle 1 cm pour 200 N sur la figure ci-dessous.

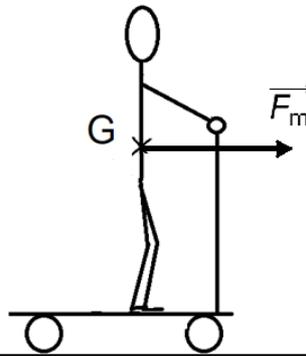


Figure 2. Représentation des forces appliquées au système {Emma + trottinette}

G est le centre de gravité du système

Le vecteur force motrice est représenté sans souci d'échelle

Les forces s'exerçant sur le système au cours de la phase A sont listées ci-dessous :

- poids du système ;
- réaction de la route, de direction verticale ;
- force motrice, de direction horizontale dans le sens du déplacement. Cette force est générée par le moteur. Le vecteur force est représenté sur la figure 2 ci-dessus ;
- force de frottement, de direction horizontale, de sens opposé au déplacement. Cette force dépend, entre autres, de la surface de contact du système avec l'air.

Q7. Durant la phase A, le système est en mouvement rectiligne uniforme.

Q7a. (1 point) Que peut-on en déduire à propos des forces qui s'exercent sur le système ? Justifier.

Q7b. (0,5 point) Sur la figure 2, tracer les deux vecteurs force manquants. Tous les vecteurs seront tracés à partir du point G. Aucune justification n'est attendue.

Q8. (1 point) Parmi les quatre forces, identifier celle qui serait modifiée si Emma s'accroupissait, offrant ainsi une moindre résistance à l'air. En déduire la nature du mouvement du système juste après le changement de position d'Emma.

Après s'être arrêtée à un feu rouge, Emma adopte la position représentée sur la figure 3 ci-dessous afin de redémarrer : elle appuie sur le sol vers l'arrière avec son pied. L'action exercée par Emma sur le sol est modélisée par une force, représentée par le vecteur force présent sur la figure 3.

Q9. (1 point) Sur le schéma de la figure 3, tracer le vecteur force représentant la force exercée par le sol sur Emma. Justifier votre tracé et le fait que cette force soit parfois appelée « force de propulsion ».

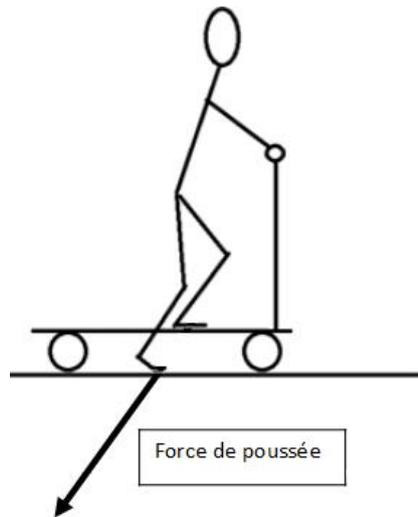


Figure 3. Représentation de la force exercée par Emma au redémarrage

	Tâche	Niveau de difficulté	Compétence évaluée	Réponse attendue	Évaluation-Notation
Q1	simple	1	CONNAÎTRE ANALYSER	Phase C : Mouvement circulaire uniforme ; Phase E : Mouvement rectiligne accéléré ; Phase G : Mouvement curviligne décéléré.	1 point
Q2a	simple	1	ANALYSER CONNAÎTRE COMMUNIQUER	On assimile la vitesse en un point de la chronophotographie à la vitesse moyenne entre ce point et le suivant pour une durée très courte (ou entre les deux points qui encadrent ce point). On extrait de l'énoncé le fait que les intervalles de temps entre les points de la trajectoire sont les mêmes, que le segment $M_{41}M_{42}$ est le plus grand. On conclut que c'est entre les points M_{41} et M_{42} qu'Emma a parcouru la distance la plus grande : la vitesse au point M_{41} est bien la plus élevée du parcours. <i>Accepter un raisonnement entre $M_{40}M_{42}$ ou entre $M_{40}M_{41}$</i>	0,5 point
Q2b	complexe	3	RÉALISER	C'est au point M_{41} que la vitesse est maximale. On détermine la valeur de la vitesse au point M_{41} : - $M_{41}M_{42} = 1,3$ cm sur le papier soit 1,3 m sur la route (L'échelle est de 1 cm pour 1 m). - $\Delta t = 200$ ms soit 0,200 s et $V_{41} = 1,3 / 0,200 = 6,5 \text{ m.s}^{-1}$ - La conversion en km.h^{-1} donne $V_{41} = 6,5 \times 3,6 = 21,6 \text{ km.h}^{-1}$. On conclut qu'Emma ne dépasse pas la vitesse de 25 km.h^{-1} . <i>Accepter calcul entre $M_{40}M_{42}$ ou entre $M_{40}M_{41}$</i>	1,5 point
Q3	simple	2	RÉALISER	En utilisant la valeur de la vitesse et l'échelle, on calcule la longueur l que doit avoir le vecteur vitesse sur le papier : $l = 1,9 / 0,50 = 3,8$ cm. Tracé d'un vecteur tangent à la trajectoire, ayant pour origine le point M_{20} .	1 point
Q4	simple	1	S'APPROPRIER	En utilisant l'énoncé et la question précédente, on associe la variable dt au temps $\Delta t = 0,200$ s.	0,5 point
Q5	simple	1	ANALYSER	On identifie la ligne de code correspondant à la composante v_x du vecteur vitesse. Il s'agit de la ligne de code 19.	0,5 point
Q6a	simple	1	RÉALISER	En utilisant la relation $P = m \times g$, on calcule la valeur P du poids : $P = 90 \times 9,81 = 883$ N	0,5 point
Q6b	simple	2	RÉALISER	En utilisant l'échelle 1 cm pour 200 N, l'élève trace le vecteur force du poids (origine : centre de gravité G, vertical, vers le bas). La longueur est : $l = 883 / 200 = 4,4$ cm.	1 point
Q7a	simple	2	CONNAÎTRE RÉALISER S'APPROPRIER	Le système est en M.R.U., d'après le principe d'inertie, le système est soumis à des forces qui se compensent. Relation mathématique entre les vecteurs (somme nulle) acceptée	1 point
Q7b	simple	2	RÉALISER S'APPROPRIER	On trace les vecteurs force de sorte que la somme des vecteurs force soit nulle : compensation des vecteurs force deux à deux, sur l'horizontale d'une part et sur la verticale d'autre part.	0,5 point
Q8	complexe	3	CONNAÎTRE ANALYSER S'APPROPRIER COMMUNIQUER	On est confronté à la contraposée du principe d'inertie. La variation du vecteur force représentant la force de frottement implique que le système n'est plus soumis à des forces qui se compensent : son mouvement n'est donc plus rectiligne uniforme. Une force de frottement plus faible implique, toutes choses égales par ailleurs, un mouvement rectiligne accéléré juste après le changement de position.	1 point
Q9	complexe	3	CONNAÎTRE ANALYSER RÉALISER COMMUNIQUER	Force exercée par le pied sur le sol connue. D'après le principe des actions réciproques, la force exercée par le sol sur le pied est représentée par un vecteur force ayant la même direction, la même valeur et un sens opposé à celui du vecteur force déjà présent. Le sens de la force, vers l'avant, justifie la notion de propulsion.	1 point