Activité en coanimation Mathématiques et Physique
Le saut historique de Félix Baumgartner

Fiches de synthèse mobilisées :
Fiche n°6 : mouvements – position, vitesse et accélération
Fiche LMPC : nombre dérivé, fonction dérivée

Cette activité est une alternative à l'activité 3 proposée dans cette séquence, pensée pour introduire simultanément la notion mathématique de nombre dérivé et l'usage qu'on en fait en physique pour exprimer une vitesse à la date t lorsque celle-ci est variable. Idéalement elle pourra être encadrée en coanimation par les enseignantes et enseignants de mathématiques et de physique-chimie impliqué en spécialité PCM, ou bien par l'un ou l'une d'entre eux après concertation.

Le 14 octobre 2012, Félix Baumgartner a réalisé un saut historique en inscrivant trois records à son tableau de chasse : celui de la plus haute altitude atteinte par un homme en ballon soit 39 045 m d'altitude, le record du plus haut saut en chute libre, et le record de vitesse en chute libre soit 1341,9 km·h^{-1}. Après une ascension dans un ballon gonflé à l'hélium, il a sauté vers la Terre, vêtu d'une combinaison spécifique en ouvrant son parachute au bout de 4 min et 20 s. Le saut a duré en totalité 9 min et 3 s.

Crédit : Cyril Attias

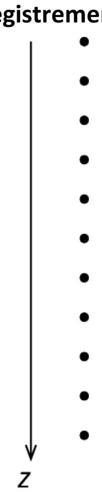
Dans cette activité, on s'intéresse plus particulièrement à deux des phases du mouvement de Félix Baumgartner :

- ❶ Les cinquante premières secondes du mouvement, où, dans la thermosphère, les frottements sont négligeables et on peut considérer que Felix Baumgartner est en chute libre.
- ❷ La fin de son saut, après ouverture du parachute à 4 min et 20 s, où son mouvement est rectiligne uniforme.

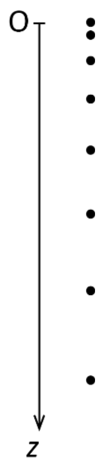
La position du centre de gravité G de Félix Baumgartner est repérée sur un axe (Oz) vertical, orienté vers le bas. On note le vecteur position $\overrightarrow{OG}$. La coordonnée du vecteur position $\overrightarrow{OG}$, sur l'axe (Oz) est une fonction du temps notée z et de valeur à la date t notée $z(t)$.

1. Voici deux enregistrements des positions de G au cours du temps. Attribuer chacune d'elle à la phase ❶ ou à la phase ❷ et justifier à l'aide de vos connaissances sur les forces appliquées.

Enregistrement 1 :



Enregistrement 2 :



Lors de la phase ❶, le chronomètre a été déclenché lorsque Felix Baumgartner a sauté de sa capsule. Sa position a ensuite été enregistrée grâce à un altimètre.
Après ouverture du parachute, le chronomètre a été remis à zéro dès que la vitesse de Félix Baumgartner a été stabilisée à une valeur constante.
La représentation graphique de z en fonction de t lors de chacune de ces phases est donnée en annexe. Pour chacune de ces courbes, l'origine des distances ($z = 0$) est la position de G à l'instant où le chronomètre est déclenché ou remis à zéro.

Étude de la phase ❷ : APRÈS ouverture du parachute

Commençons par la fin : on s'intéresse à la phase ❷ au cours de laquelle la vitesse de Felix Baumgartner est constante.

2. Montrer que la date t à laquelle a été enregistrée l'altitude de Felix Baumgartner correspond, en valeur, à la durée Δt écoulée depuis la remise à zéro du chronomètre. Montrer également que la distance parcourue à la date t correspond à $z(t)$.
3. Rappeler l'expression de la vitesse moyenne, notée v_{moy}, de Felix Baumgartner.
4. Justifier que, durant la phase 2, la vitesse à tout instant $v(t)$ est égale à v_{moy}.
5. En déduire l'expression de $z(t)$, distance parcourue par Felix Baumgartner, en fonction de t depuis la remise à zéro du chronomètre.
6. Le tableau suivant relie les usages courants en mathématique et ceux qu'il convient d'adopter dans la situation étudiée ici pour étudier une fonction linéaire. Compléter la dernière colonne en utilisant les notations introduites dans cette activité.

	Usages en MATHEMATIQUES	**Usages en PHYSIQUE pour étudier la phase ❷**
variable = abscisse dans la représentation graphique	x	
fonction	f	
Coefficient directeur	a	
Expression de la fonction	$f(x) = ax$	
Nature de la fonction (affine, linéaire, polynômiale, etc.)		
Image de la variable par la fonction = ordonnée dans la représentation graphique	$y = f(x) = ax$	*notion non-utilisée en physique*
Allure de la représentation graphique		

7. Exploiter le tableau précédent pour identifier laquelle des deux courbes données en annexe correspond à la phase ❷.
8. En déduire une méthode permettant de mesurer la vitesse de Felix Baumgartner, après l'ouverture de son parachute. Mettre en œuvre cette méthode pour déterminer cette vitesse.

Étude de la phase ❶ : AVANT l'ouverture du parachute

9. La méthode appliquée à la question 8 peut-elle être utilisée pour mesurer la vitesse de Felix Baumgartner dans la première phase du mouvement ? Quel problème se pose ?
10. Sur la courbe correspondant au mouvement de chute libre (phase ❶ du mouvement), placer les points A et B correspondant aux dates $t_A = 10$ s et $t_B = 30$ s puis tracer la droite AB. On nomme cette droite une « sécante » à la courbe représentative de $z(t)$.
11. Exprimer puis calculer la vitesse moyenne de Felix Baumgartner entre les dates t_A et t_B.

12. À quelle caractéristique de la droite (AB) la vitesse moyenne entre t_A et t_B peut-elle être reliée ?

13. Le tableau suivant relie la notion mathématique de taux de variation à celle, équivalente dans la situation étudiée, de vitesse moyenne. Compléter la dernière ligne avec les notions usuelles des mathématiques et de la physique.

Usages en MATHEMATIQUES	Usages en PHYSIQUE
Abscisse particulière : a	Date particulière : t_A
Abscisse particulière supérieure à a : $a+h$	Date ultérieure : $t_A+\Delta t$
Taux de variation de la fonction f entre a et $a+h$:	Vitesse moyenne entre t_A et $t_A+\Delta t$:

14. Quelle est la condition sur Δt pour que la vitesse moyenne entre les dates t_A et t_B corresponde à la vitesse instantanée $v(t_A)$ à la date t_A ? Qu'est-ce que cela signifie pour les points A et B de la question 10 ?

15. Ci-dessous, deux textes sont à compléter. L'un utilise les notations des mathématiques et l'autre celles de la physique. Les compléter avec des termes, mots ou expressions choisis parmi :

« A » ; « 0 » ; « a » ; « h » ; « $a+h$ » ; « t_A » ; « Δt » ; « $t_A+\Delta t$ » ; « diminue » ; « augmente »

Texte 1 (notations des mathématiques) :

Si la valeur de h ...., le point B se rapproche de ...... Si h tend vers ......, l'abscisse de B tend celle du point ......, de valeur ....

Lorsque ...... tend vers 0, la droite (AB) tend vers une droite particulière appelée tangente à la courbe représentative de f au point d'abscisse ....

Le coefficient directeur de la tangente à cette courbe au point A est donc la limite du coefficient directeur de (AB) lorsque ...... tend vers ....

Texte 2 (notations de la physique) :

Si la valeur de ...... diminue, le point B se rapproche de A. Si ...... tend vers ......, l'abscisse de B tend celle du point ......, de valeur ....

Lorsque ...... tend vers ......, la droite (AB) tend vers une droite particulière appelée tangente à la courbe représentative de z au point d'abscisse ....

Le coefficient directeur de la tangente à cette courbe au point A est donc la limite du coefficient directeur de (AB) lorsque ...... tend vers ....

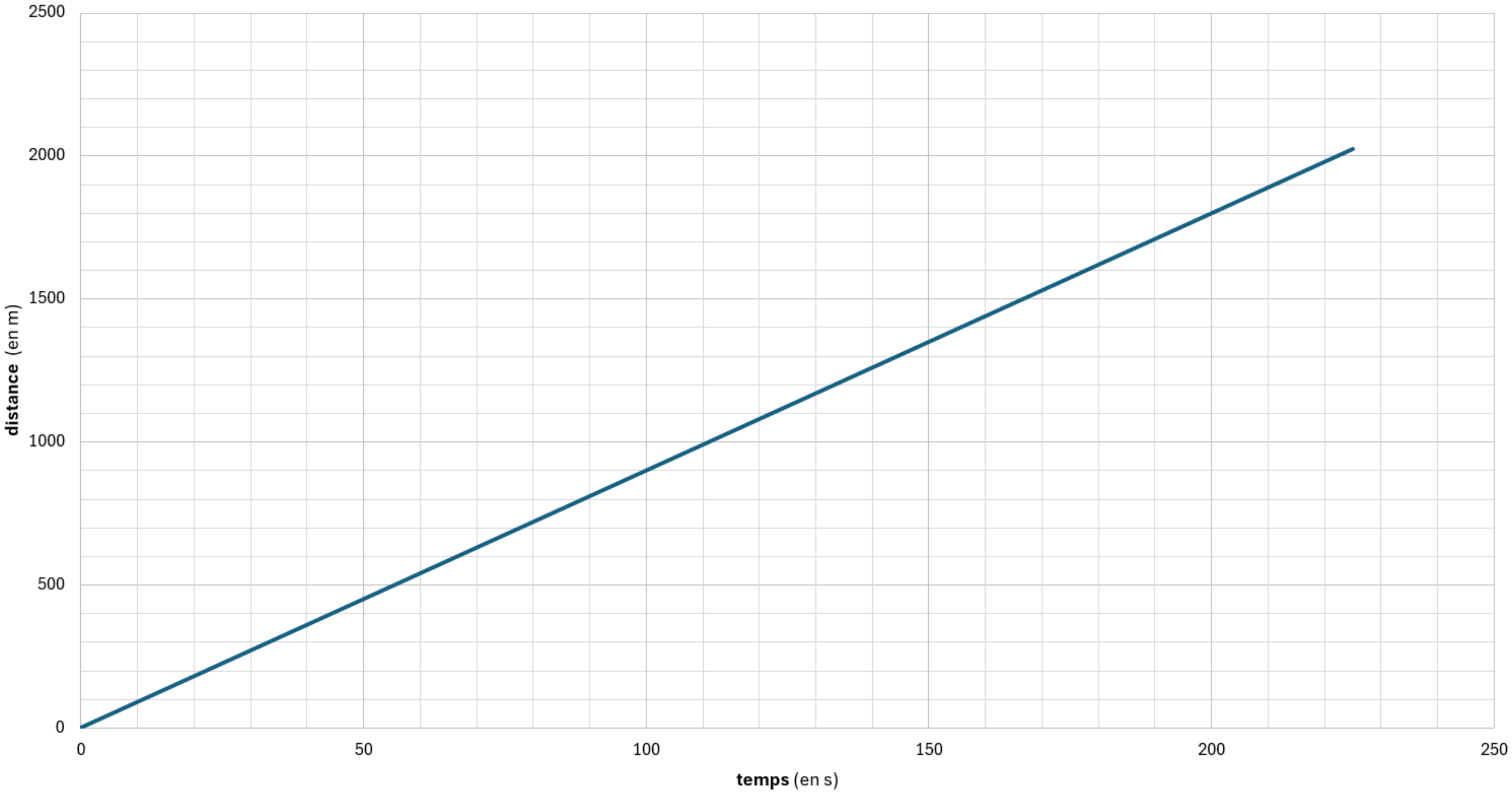
16. Avec les notations usuelles en mathématiques : exprimer le coefficient directeur de la tangente à la courbe représentant une fonction f en fonction de x, en un point d'abscisse a.

17. Avec les notations de la physique, exprimer sous forme d'une limite la vitesse de Felix Baumgartner à la date t_A.

18. Comment exploiter le graphique donné en annexe pour mesurer la vitesse instantanée de Felix Baumgartner à la date $t_A = 10\ s$ lors de la phase de chute libre ? Faire cette mesure.

ANNEXES

Courbe n°1 : évolution de la distance parcourue en fonction du temps



Courbe n°1 : évolution de la distance parcourue en fonction du temps