Extrait du programme

Partie : Mouvement et interactions.
Chapitre : Mouvement d'un système.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Vecteur variation de vitesse. Lien entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci. Rôle de la masse.	Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci : - pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues ; - pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu. *Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.* **Capacité numérique** : Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci. **Capacité mathématique** : Sommer et soustraire des vecteurs.

1 Rappel : principe d'inertie

Lorsqu'aucune force n'agit sur un système celui-ci peut soit :
- rester au repos (immobile) : c'est ce qui semble le plus intuitif et n'a jamais posé de problème à personne.
- se déplacer en conservant une trajectoire rectiligne, sans changer de vitesse : ceci est bien moins évident (il y a mouvement sans force pour l'entretenir, et les Grecs comme Aristote n'y croyaient pas !).

Le principe d'inertie s'énonce ainsi :

> Dans un référentiel galiléen, un système pseudo-isolé, càd soumis à des forces qui se compensent, persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme. La réciproque est vraie.

Remarque : l'état de repos est un cas particulier de vitesse constante nulle !

Il est à noter qu'un **mouvement rectiligne uniforme correspond à un <u>vecteur</u> vitesse constant** : en effet, le vecteur vitesse possède bien une valeur constante (la *vitesse* au sens quotidien du terme) mais aussi une direction et un sens, ce qui implique un mouvement rectiligne si la direction du vecteur reste constante.

Puisque lorsqu'aucune force n'agit sur un système celui-ci conserve un vecteur vitesse constant, on peut en déduire que si des forces agissent sur un système alors son vecteur vitesse doit varier (et réciproquement) ! C'est bien le cas, et c'est l'objet de ce chapitre : découvrir le lien entre les forces et la variation du vecteur vitesse.

2 Vecteur vitesse sur une chronophotographie

Sur une chronophotographie, le vecteur vitesse en un point peut être approché par le vecteur vitesse moyen entre le point considéré et le suivant.

$$\vec{v}_i \simeq \frac{\overrightarrow{M_i M_{i+1}}}{t_{i+1} - t_i} \qquad \text{(approx. 1)}$$

Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement.

Remarque : Cette approximation n'est pas la meilleure, mais elle est assez simple à mettre en œuvre. Une meilleure approximation consiste à considérer que le vecteur vitesse en un point (à l'instant t_i) est le vecteur vitesse moyen entre le point précédent (à l'instant t_{i-1}) et le point suivant (à l'instant t_{i+1}).

$$\vec{v}_i \simeq \frac{\overrightarrow{M_{i-1} M_{i+1}}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \qquad \text{(approx. 2)}$$

Pour construire le vecteur vitesse, il faut donc d'abord mesurer sur la chronophotographie la distance entre deux points consécutifs et diviser cette longueur par la durée qui sépare les deux points.
Ensuite, on se munit d'une échelle de représentation des vitesses, et on peut tracer un vecteur tangent à la trajectoire de la « bonne » longueur.

On peut aussi calculer automatiquement la valeur des coordonnées du vecteur vitesse à l'aide d'un langage de programmation si on possède une liste des coordonnées du vecteur position, et une liste des instants.

En Python, on écrira par exemple (dans le cadre de l'approx. 1) :

```python
x = [1, 2, 5, 12, 15]           # liste de positions
t = [0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0]     # liste des instants
vx = []                         # initialisation d'une liste vide
for i in range(len(x)-1):       # on parcourt tous les points sauf le dernier
  vx.append((x[i+1] - x[i]) / (t[i+1] - t[i])) # ajout de la vitesse au point i
```

Dans le cadre de l'approximation 2, on écrirait :

```python
vx = []
for i in range(1, len(x)-1):  # on parcourt tous les points sauf les extrêmes
  vx.append((x[i+1] - x[i-1]) / (t[i+1] - t[i-1])) # ajout de la vitesse au point i
```

3 Vecteur variation de vitesse sur une chronophotographie

Sur une chronophotographie, le vecteur variation de vitesse entre deux points M_i et M_{i+1} se détermine graphiquement en traçant le vecteur $\vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i$. On le représente au point M_{i+1} :

$$\Delta\vec{v}_{(i,i+1)} = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i \qquad \text{(type approx. 1)}$$

En Python, on écrira par exemple :

```
Dvx = []
for i in range(len(vx)-1):
    Dvx.append(vx[i+1] - vx[i])
```

Dans le cadre de l'approximation 2, on écrira plutôt pour une estimation de la variation du vecteur vitesse au point i :

$$\boldsymbol{\Delta\vec{v}_i = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_{i-1}} \qquad \text{(type approx. 2)}$$

En Python, on écrira par exemple :

```
Dvx = []
for i in range(1, len(vx)-1):
    Dvx.append(vx[i+1] - vx[i-1])
```

4 Lien avec le vecteur force, rôle de la masse

Pour une durée suffisamment courte (par rapport aux changements de caractéristique du mouvement), la variation du vecteur vitesse est en bonne approximation proportionnelle au vecteur somme des forces appliquées au système selon la relation :

$$\sum \boldsymbol{\vec{F} \simeq m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}}$$

Cette expression montre que, pour une force donnée, plus la masse est grande et plus l'effet sur le changement de vitesse est petit.

L'effet d'une force sur un système est d'autant plus important que la masse du système est petite.