

4. Analyse du contenu en termes de concepts

Une étape essentielle de notre travail consiste à analyser le savoir en jeu dans la séquence. En effet, comme nous l'avons précisé dans le cadre théorique, il est nécessaire d'étudier en finesse la nature des savoirs à évaluer pour s'assurer que les outils d'évaluation sont adaptés.

La théorie de la transposition didactique (Chevallard, 1985) nous permet d'analyser les changements subis par le savoir en jeu dans l'enseignement de mécanique. Pour cela, nous avons choisi de présenter en premier quelques points de la mécanique classique (que nous appellerons « le savoir savant »), puis le contenu du programme officiel relatif à ce savoir (que nous appellerons « savoir à enseigner ») et enfin le contenu de la séquence d'enseignement relatif à ce savoir (que nous appellerons aussi « savoir à enseigner » mais qui a subi des transformations par rapport au programme officiel).

4.1. La mécanique classique

Nous rappelons très succinctement les points essentiels de la mécanique classique qui nous serviront de référence à l'analyse du savoir.

La mécanique s'intéresse à l'étude des corps en mouvement. La mécanique classique permet l'étude des corps ayant une masse et une dimension à notre échelle et ayant une vitesse faible devant la vitesse de la lumière.

4.1.1. La cinématique : description du mouvement d'un corps

La position

En mécanique classique, pour étudier le mouvement d'un objet, on représente cet objet par un point auquel on attribue la masse de l'objet. On parle alors de mécanique du point.

On définit un objet, appelé référentiel, par rapport auquel on étudie le mouvement de ce point. On lie à ce référentiel un repère orthonormé muni d'une origine O. Celui-ci permet de repérer dans l'espace les positions du point. La mécanique classique suppose l'existence d'une catégorie privilégiée de référentiels (appelés galiléens). Ces référentiels sont en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres. Les lois de la mécanique s'appliquent de la même façon dans tous ces référentiels.

La mécanique classique suppose un temps absolu. Un point a une position donnée à un instant donné (contrairement à la mécanique quantique). Si on nomme M le point représentant l'objet et O l'origine du référentiel, le vecteur $\overrightarrow{OM}(t)$ est appelé vecteur position de M à l'instant t.

La vitesse et l'accélération

La vitesse est la distance parcourue par un objet pendant une unité de temps. On définit le vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ comme la dérivée du vecteur du vecteur position par rapport au temps :

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$$

On appelle vitesse instantanée l'intensité du vecteur vitesse à un instant donné.

De la même manière, on définit le vecteur accélération $\vec{a}(t)$ comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

4.1.2. La dynamique

Voici comment le physicien Valentin introduit la dynamique dans « L'univers mécanique » (1983) :

« Après avoir décrit les mouvements sans souci de ce qui les produit, nous allons maintenant chercher à les interpréter. L'objet de la dynamique est, en effet, de trouver, sinon les causes des mouvements, du moins le "je ne sais quoi" qui les régit. Il existe plusieurs façons d'atteindre ce but. Ici, j'exposerai uniquement la démarche, introduite par Galilée et formalisée par Newton, qui consiste à invoquer des forces dès qu'un objet change de vitesse.

Plus précisément, Newton fonda la mécanique sur trois lois couplées entre elles : la loi d'inertie, la loi des forces en action et la loi des actions réciproques. Ce sont ces lois qu'on préfère appeler aujourd'hui le principe d'inertie, le principe fondamental de la dynamique et le principe de l'action et la réaction. »

Première et deuxième lois de Newton

Voici l'énoncé de la première loi de Newton (principe d'inertie) :

« Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent ».

Cette loi indique donc que si aucune force n'est exercée sur un système ou que si la somme des forces (résultante des forces) est nulle alors soit ce système est immobile soit il est en mouvement rectiligne uniforme. Elle est valable uniquement dans un référentiel galiléen.

La première loi est un cas particulier de la deuxième loi de Newton (loi fondamentale de la dynamique) :

$$\vec{F} = \frac{d}{dt} m\vec{v}$$

Si la masse ne varie pas dans le temps, on obtient donc :

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Cette loi indique que la résultante des forces, c'est-à-dire la somme de toutes les forces qui s'appliquent sur le système ($\vec{F} = \sum \vec{f}$), est égale au vecteur $m\vec{a}$ où m est la masse du système et \vec{a} est le vecteur accélération. On trouve aussi dans cette équation l'équivalence d'unité entre le Newton et les kg.m.s^{-2} .

Troisième loi de Newton

La troisième loi de Newton (principe de l'action et la réaction ou principe des actions réciproques) diffère des deux précédentes car elle n'est pas liée au mouvement. Elle indique que « Si un système A exerce sur un système B une force $\vec{F}_{A/B}$ alors simultanément le système B exerce sur le système A une force $\vec{F}_{B/A}$ telle que :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

Cette loi est directement liée au fait que les forces représentent des interactions.

Pour un travail de thèse en didactique de la physique où il souhaitait évaluer la cohérence conceptuelle des élèves sur le concept de force, Savinainen (2004) a proposé un schéma synthétisant les différents éléments des lois de Newton :

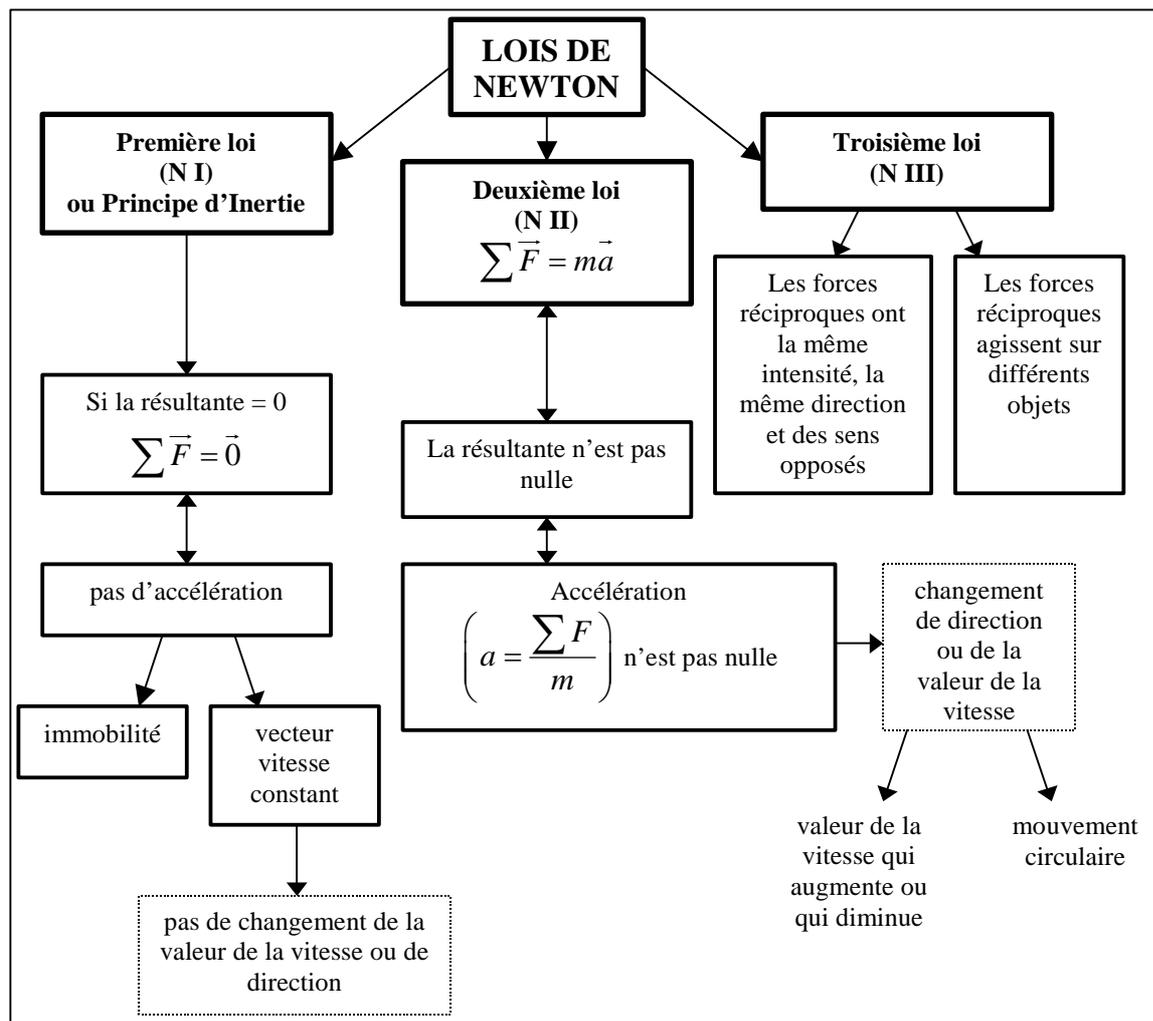


Figure 6-8. Les lois de Newton et leurs caractérisations (traduit de Savinainen, 2004, p.52).

On voit sur ce schéma la structure commune à la première et la deuxième lois de Newton mettant en lien la résultante et l'accélération. On remarque que dans le cas du changement de direction pour la deuxième loi, seul le mouvement circulaire est indiqué (alors que n'importe quel mouvement non rectiligne présente un changement de direction).

4.2. Le Programme Officiel

Le contenu de l'enseignement de la mécanique au lycée correspond à la mécanique classique newtonienne. Au moment du baccalauréat, d'après le programme officiel, un élève de Terminale S doit pouvoir entre autres :

- Choisir un système. Choisir les repères d'espace et de temps ;
- Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à ce système ;
- Enoncer les trois lois de Newtons.