

## ANNEXE 1 : MÉTHODOLOGIE D'APPROCHE DES APPLICATIONS

(Version du 28 décembre 2018 (12h07))

L'expérience acquise dans l'enseignement de la mécanique montre qu'il est souhaitable d'être systématique dans l'approche des problèmes, et ce, dès les problèmes les plus simples. La plupart des difficultés rencontrées dans la résolution d'un problème de mécanique *proviennent d'un défaut de compréhension ou de modélisation de l'énoncé du problème*. Dès lors, il nous paraît nécessaire d'insister sur les diverses étapes par lesquelles il faut passer en vue d'une perception correcte du problème. C'est pourquoi nous proposons à l'étudiant le schéma d'approche présenté ci-après.

La marche à suivre est la suivante :

1. Préciser le problème à résoudre par un *résumé succinct* (données, inconnues).
2. Poser les *hypothèses simplificatrices* éventuelles (en relation, notamment, avec le point 5.).
3. *Isoler* sans ambiguïté l'élément ou le corps matériel dont on étudie l'équilibre ou le mouvement (c'est-à-dire délimiter la "*frontière*" qui le sépare de tout ce qui l'entoure) pour faire apparaître les contacts avec l'extérieur et les forces qui en résultent.

### Remarque :

Lorsque l'on a un ensemble de solides, il est parfois nécessaire de considérer l'équilibre de l'ensemble de ces solides ainsi que l'équilibre d'un de ces solides en particulier.

4. *Schématiser graphiquement* (ce qui impose un gros effort de réflexion et une connaissance profonde de la technologie et des règles du dessin industriel).

### Remarque :

Pour les problèmes de *cinématique* ou de *dynamique*, en vue de bien comprendre l'énoncé du problème, nous suggérons de réaliser un schéma du problème à un instant quelconque  $t$ .

5. Faire le relevé exhaustif des forces *extérieures* appliquées :
  - ▶ forces à distance : poids, forces magnétiques, forces électriques ...;
  - ▶ forces appliquées données;
  - ▶ forces de contact (et réactions d'appuis, souvent inconnues, ces dernières seront appliquées du "*monde extérieur*" vers le corps considéré).et préciser les éléments connus (ligne d'action, point d'application, sens, module) de chacune d'elles et les éléments inconnus.

Cette étape de la compréhension du problème est essentielle dans la mesure où elle implique la *modélisation des forces de contact* (donc des appuis) et donc la formulation d'hypothèses limitant la validité des solutions. (cfr. Point 2.).

### Remarque :

Pour les problèmes de *cinématique* ou de *dynamique* :

- 1) il s'agira de relevé les contraintes c'est-à-dire les conditions aux limites (par exemple, particule astreinte à se déplacer suivant une trajectoire déterminée ou bornes du mouvement) et d'autre part de relevé les conditions initiales du problème.
  - 2) lors de cette étape, nous indiquerons aussi le sens de l'accélération (ou celle de la force d'inertie).
6. Choisir un *système d'axes* le plus astucieusement possible (axes parallèles à la direction de plusieurs

forces, etc...) et déterminer les *projections des forces* dans ce système d'axes. Ne pas oublier d'exploiter pour ces projections les éléments déjà connus des réactions d'appuis (direction imposée, ou grandeur imposée, ou symétrie...); les relations ainsi déterminées s'ajouteront aux équations du point 7..

Remarques :

Pour les problèmes de *cinématique* ou de *dynamique*, dans le cadre de la mécanique newtonienne, la description du mouvement d'un système mécanique ne peut s'envisager qu'après définition d'un référentiel inertiel (ou assimilé). Le choix de celui-ci sera effectué de façon à rendre la description du mouvement la plus simple possible. Ainsi, le plus souvent, le référentiel sera disposé en fonction de la position initiale du système étudié, et ses axes seront orientés en fonction de la direction du mouvement ou des forces provoquant celui-ci. Notamment, on choisira le système d'axe de manière tel à pouvoir écrire facilement l'expression de l'accélération. On prendra notamment le trièdre de Frenet pour les mouvements courbes.

On choisira éventuellement des référentiels auxiliaires (composition de mouvements) en vue de simplifier l'écriture des équations gouvernant le problème. Dans ce cas, il sera nécessaire de définir les relations liant les référentiels auxiliaires au référentiel inertiel, entre-autre les vecteurs de Poisson associés.

7. Appliquer les *équations algébriques de la dynamique* (6 dans l'espace, 3 dans le plan). Dans le cas de la *statique*, les accélérations sont nulles).

Il peut être plus commode et plus rapide, plutôt que de remonter à la loi fondamentale de la dynamique, d'utiliser les théorèmes classiques qui constituent, en quelques sorte, une synthèse de cette loi.

Remarque :

Pour les équations de moment, choisir un point P pour que les équations correspondantes soient les plus simples possibles (en général, prendre P appartenant à une force réactive inconnue ou, en dynamique, par rapport au centre de rotation de solide).

8. *Résoudre numériquement* le système d'équations.

En règle générale, on recommande d'effectuer tous les calculs liés à la résolution des problèmes sous forme générale (algébriquement), ce qui aboutit à l'obtention des formules exprimant des grandeurs cherchées et donnant la possibilité d'analyser les résultats trouvés.

Remarque :

Pour les problèmes de *dynamique* : pratiquement, il est rare qu'on puisse résoudre complètement le système d'équations différentielles. Cependant, on pourra souvent déterminer à partir d'elles des relations entre les fonctions inconnues, leurs dérivées premières et des constantes arbitraires; ces relations ne comportent donc plus de dérivées secondes : ce sont les *intégrales premières* du mouvement du point. La structure particulière des équations de Newton fait que l'on peut souvent énoncer, à priori, sous certaines conditions, des intégrales premières : on aboutit ainsi aux "*théorèmes généraux*" de la mécanique du point, qu'on examinera en § 10.6..

9. *Vérifier* que les résultats satisfont les données et discuter éventuellement de la validité des hypothèses simplificatrices.

10. Il n'est pas inutile d'insister sur les *conseils suivants* :

- ▶ appliquer les principes avec méthode et systématisme : la solution des problèmes ne relève ni de la fantaisie ni de l'inspiration subite;

- ▶ vérifier soigneusement les unités et l'homogénéité des équations (on n'ajoute pas des *cm* et des *km*, ni des *N* et des *mm* !);
- ▶ ramener l'étude d'un système de forces quelconques à un système de forces coplanaire : lorsqu'il y a un plan de symétrie, songer à projeter les forces appliquées sur ce plan;
- ▶ concernant la statique, ramener, chaque fois que cela est possible, le problème à l'étude d'un système de trois forces ou même de deux forces en équilibre (en remplaçant tout ou partie des forces par des systèmes équivalents plus simples); songer alors à appliquer des solutions graphiques.

**En résumé :**

- 1) **Schéma** : représenter la situation (+ *hypothèses simplificatrices*)
- 2) **Isoler** : l'élément à analyser
- 3) **Forces** : dessiner les forces agissant sur cet élément
- 4) **Axes** : positionner les axes
- 5) **Calculs** : mise en équation, résolution analytique *ensuite* numérique (avec prise en compte des conditions initiales en *dynamique*)
- 6) **Interprétation et vérification**
- 7) **Les Energies** : En *dynamique* : déterminer les expressions des énergies cinétique et potentielle

⇒ **SI FACILE**