

# Introduction

## 1 De la mesure à la modélisation

La physique consiste à observer des phénomènes naturels, à chercher à les comprendre ou du moins à prévoir le comportement futur à partir de la situation présente.

Pour cela, le physicien doit quantifier ces phénomènes, c'est-à-dire **mesurer** avec des appareils pertinents des grandeurs caractéristiques. Par exemple pour étudier le comportement de l'atmosphère terrestre, il faut mesurer la pression, la température, le degré d'humidité, le sens des vents,...

Ensuite, il faut dégager des **lois générales** ( l'air s'écoule des hautes pressions vers les basses pressions, la chaleur s'écoule des régions chaudes vers les régions froides). Ces lois écrites pour des situations simples doivent être corrigées. La rotation de la Terre modifie le sens des vents, la présence du Soleil empêche l'équilibre thermique de la Terre de s'établir...

En pratique, les lois de la nature sont des **lois locales**.

Il faut donc repérer **le lieu** de mesure dans un référentiel. Par exemple un point M d'un repère terrestre à un instant t. En ce point, les appareils de mesure fournissent des mesures **scalaires, non orientées**, par exemple la température  $T(M,t)$ .

Par ailleurs les lois de la nature sont des **lois différentielles** : c'est la **variation locale** de température ou de pression qui engendre l'écoulement de chaleur ou de matière.

L'idéal pour faire de la météo serait donc de connaître la température T en tout point de la Terre à un instant donné, soit connaître complètement le **champ scalaire**  $T(M, t_0)$ , ainsi que le champ de pression  $P(M, t_0)$ , et que le champ vectoriel de vitesse de l'air  $\vec{V}(M, t_0)$ .

On peut noter qu'en pratique, un appareil de mesure du vent tel qu'un anémomètre, ne mesure que la composante de la vitesse selon son axe, ce qui confirme qu'un appareil ne mesure fondamentalement que des grandeurs scalaires.

## 2 Difficultés d'enseigner la physique

Si la physique en classe prépa se résumait à observer la nature et éventuellement à mesurer quelques paramètres en travaux pratiques les choses seraient relativement simples ( on y arrivera peut-être un jour)

"Malheureusement", à l'heure actuelle, les programmes et les épreuves de concours demandent encore de savoir manipuler des modèles mathématiques des lois physiques et il faut reconnaître que le choc est brutal pour l'élève qui sort de terminale et qui affronte ces nouvelles exigences.

De plus, les programmes dans un louable souci d'allègement ont complètement déstructuré la démarche d'apprentissage et l'élève ne sait plus ce qui est "vrai" ou "rigoureux" et pourquoi telle formule vraie un jour devient fausse le lendemain...

*Il est clair qu'à partir d'ici les remarques qui suivent sont assez personnelles (quoique...) et n'engagent a priori que moi.*

Voici quelques problèmes qui rendent difficile une compréhension globale de la démarche scientifique ainsi qu'un bon usage de l'outil mathématique en sciences.

Nous venons de voir qu'expérimentalement, ce sont les grandeurs scalaires qui sont directement accessibles à la mesure. Or, l'enseignement privilégie souvent les grandeurs vectorielles face aux grandeurs scalaires : en mécanique on étudie les **forces avant les énergies potentielles** et en électricité on étudie le champ électrique  $\vec{E}$  avant le potentiel scalaire V.

Un second problème est que "pour simplifier" on commence par étudier des **champs uniformes** : le champ de pesanteur  $\vec{g}$ , le champ électrique dans un condensateur plan, le champ magnétique dans un solénoïde. Ainsi le champ devient UN vecteur et non plus un ensemble de vecteurs.

En mécanique, on introduit la notion de **torseur** qui n'est rien d'autre qu'un champ particulier de vecteurs. Mais cette approche est tellement spécifique que l'élève n'a aucune chance de pouvoir faire la synthèse avec les autres types de champs.

On a dit que les lois étaient locales et différentielles. L'enseignement, toujours dans un esprit louable de simplification débute par des lois globales et non différentielles. Par exemple :

- Loi d'Ohm :  $U = R \times I$  ( U et I : grandeurs "globales", R lié à la forme de l'objet étudié )
- Gaz parfaits :  $P \times V = nRT$  ( V et n grandeurs globales )

Une grande difficulté sera de passer à des formes locales, beaucoup plus générales

La difficulté tient en particulier à la très mauvaise articulation entre cours de math et cours de physique :

Le mathématicien enseigne le concept abstrait de

**dérivée en un point d'une fonction par rapport à une variable**

le physicien utilise le concept concret de

**relation différentielle entre variations élémentaires de grandeurs physiques liées.**

Ces deux approches sont nécessaires et fructueuses, ce qui est dommage c'est qu'il n'est pas prévu que le mathématicien fasse un peu de math appliquées, et que réciproquement le physicien soit plus rigoureux dans la formulation mathématique des lois proposées.

Une conséquence flagrante de ces difficultés est que le concept de **gradient** qui fait le lien entre grandeur scalaire et grandeur vectorielle ou encore entre loi globale et loi locale est **interdit d'enseignement** pendant la plus grande partie de la première année de classe prépa ! Les autres opérateurs essentiels d'analyse vectorielle (Rotationnel, Divergence) sont pour leur part complètement évacués des cours de math...

### 3 Démarche suivie dans ces notes

Concrètement, ces notes ne sont pas un cours.

Elles s'organisent en pages illustrant l'universalité des méthodes sans cloisonnement entre les matières et sans respect pour les limitations formulées dans les programmes officiels.

Elles s'adressent aux élèves qui ont déjà un bagage en physique et en mathématiques.

Elles s'adressent tout particulièrement aux élèves désireux de "comprendre" le programme de physique (et de math appliquées) de seconde année (orientation PT : c'est la filière que je connais un peu) afin de savoir aborder par le raisonnement les problèmes de concours.

Le niveau de départ est très élémentaire mais il ne doit pas être négligé, de sa compréhension dépend l'assimilation de la suite.

Ces notes sont une suite de pages dont l'ordre est essentiellement dicté par la progression du niveau mathématique demandé. La structure électronique de ces pages permet facilement de lancer des liens entre les pages et de les parcourir en fonction de ses propres besoins.

L'auteur serait particulièrement intéressé à connaître les réactions, remarques, rectifications, que ses éventuels lecteurs voudraient lui adresser.