

## **COURS DE MECANIQUE**

2<sup>ème</sup> année

Catherine POTEL, Philippe GATIGNOL

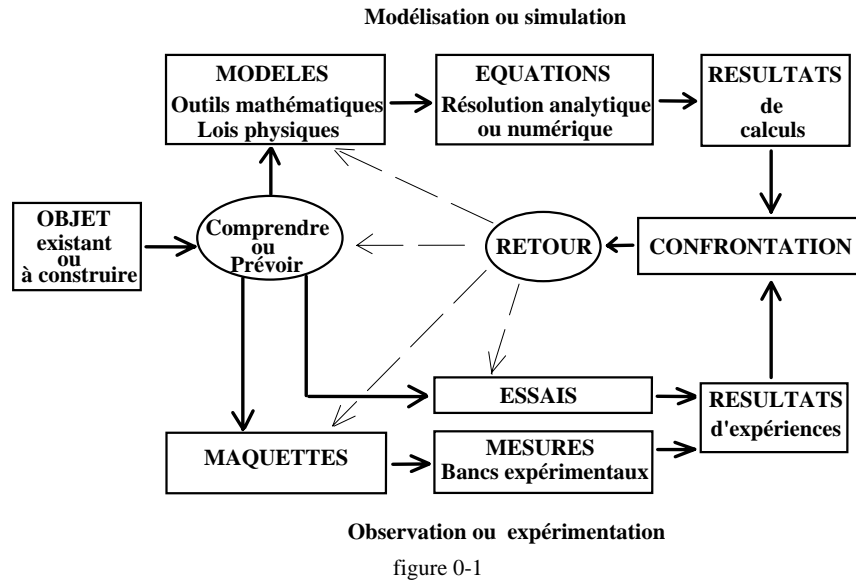
A noter que la numérotation des paragraphes adoptée ici est calquée sur celle du cours oral afin de faciliter le suivi du cours magistral, mais ne répond pas aux normes de présentation usuelles d'un document écrit.

### **Introduction**

Université du Maine - UFR Sciences et Techniques

## Observation et modélisation

La Mécanique, dans le cadre de ce cours, peut être définie comme la science de l'équilibre et du mouvement. La Mécanique, comme la plupart des sciences physiques, repose actuellement sur deux démarches complémentaires : l'observation et la modélisation.

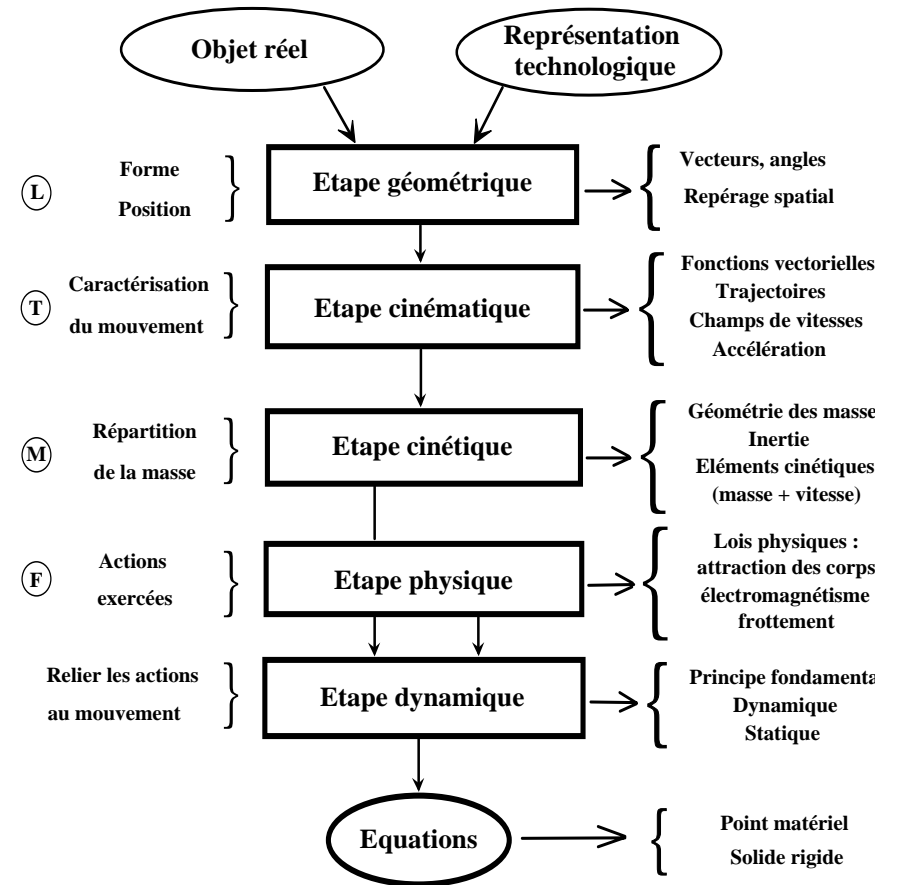


Ainsi, observation et expérimentation d'une part, modélisation et simulation d'autre part, sont devenues aujourd'hui deux démarches scientifiques indissociables et complémentaires. La figure 0-1 présente un diagramme qui résume cette complémentarité et ce couplage entre ces deux approches.

## L'apprentissage de la modélisation

Face à un objet, naturel ou manufacturé, existant ou à construire, l'ingénieur scientifique doit être capable d'effectuer les opérations qui vont lui permettre d'obtenir un "bon modèle". La démarche essentielle demeurera l'élaboration de modèles physico-mathématiques corrects, sous des hypothèses physiques clairement formulées. En ce sens, l'apprentissage de la modélisation est une école de rigueur. On ne saurait écrire d'équations justes sur la base d'un schéma mal précisé. On portera une attention toute particulière à la représentation

géométrique des objets et au repérage de leurs positions dans l'espace. Egalement, on aura le souci constant de l'analyse dimensionnelle des grandeurs physiques introduites et l'on veillera, de ce point de vue, à l'homogénéité des équations écrites. La construction d'un modèle en mécanique peut être vue comme la succession d'un certain nombre d'étapes à mesure que les grandeurs physiques élémentaires sont introduites. Le diagramme de la figure 0-2 résume ces divers niveaux d'élaboration avec leur association logique telle qu'elle est indiquée par les flèches verticales.



### L'étape géométrique :

mécanique du point matériel (VAS1) ou du solide (VAS2).

L'étape cinématique

L'introduction du temps (T) permet de décrire les mouvements possibles d'un objet. On introduit ici les notions de vitesse et d'accélération, qui reposent sur le concept mathématique de la dérivation. On parlera alors de mouvements rectilignes ou circulaires, de trajectoires, de mouvements uniformes ou accélérés.

L'étape cinétique

L'étape suivante consiste à considérer les répartitions de masse (M) des objets en formulant éventuellement, là encore, des hypothèses simplificatrices : répartitions continues ou concentrées, inhomogènes ou homogènes ; constituants de masse négligeable. Il est souvent utile de préciser comment ces masses sont disposées par rapport à certains éléments géométriques de l'objet : moment d'inertie par rapport à un axe de rotation par exemple. Des grandeurs physiques fondamentales associent masse et vitesse. Ce sont les grandeurs dites cinétiques : résultante, moment, énergie cinétiques. Apprendre à les calculer fait partie de cette étape de la modélisation. --> VAS2

L'étape physique

A côté de ces diverses constructions du modèle, qui ne font appel qu'à des concepts mathématiques, il convient d'introduire les éléments permettant de décrire les efforts auxquels les objets sont soumis. La grandeur physique correspondante est celle de force (F) et le but de la présente étape est de faire l'inventaire des lois physiques qui régissent la manifestation de ces efforts. Ces lois sont le plus souvent le fruit de l'observation expérimentale. Elles peuvent avoir un caractère approché (il en est ainsi des lois du frottement) et il n'est pas exclu de les remettre parfois en cause. Faire très soigneusement l'inventaire des efforts exercés sur un objet donné, conformément à ces lois, sera pour nous une préoccupation fondamentale pour l'étude de tout système mécanique.

contact ponctuel : VAS1 autres types de liaisons : VAS2

L'étape dynamique

L'objet à étudier étant défini géométriquement, son repérage dans l'espace étant précisé, le calcul de ses éléments cinématiques étant prêt, celui de ses éléments cinétiques étant rendu possible par la donnée des répartitions de masse, l'inventaire des efforts appliqués étant fait soigneusement, il reste alors à franchir l'étape ultime : établir le lien entre ces efforts et le

mouvement qu'ils provoquent. Tel est l'objet du Principe Fondamental de la Dynamique (PFD) qui constitue la clé de voûte de la mécanique classique. On aboutit ainsi au modèle final qui fournit dans les cas usuels le nombre d'équations nécessaires à la détermination des mouvements et au calcul de ceux des efforts qui étaient demeurés a priori inconnus.

L'étude de l'équilibre des objets constitue un cas particulier. Le PFD se réduit alors à une forme simplifiée : le Principe Fondamental de la Statique (PFS). La résolution d'un problème de statique consiste en la détermination de conditions d'équilibre et dans le calcul de certains efforts.

Le point matériel est une modélisation très simplifiée d'un objet doté d'une masse mais supposé réduit géométriquement à un point (mobile) de l'espace. Le PFD prend également dans ce cas une forme simplifiée qui n'est autre que la classique équation :  $\vec{f} = m\vec{\gamma}$ .

Les vibrations

Une vibration est le mouvement d'un système mécanique qui reste voisin d'un état de repos. On voit donc bien que l'étude des vibrations ne peut se faire que lorsque l'étape dynamique est franchie et que le PFD a été appliqué. La suite n'est qu'apprentissage de techniques propres à l'étude des vibrations. Il n'y a donc aucun lieu de séparer mécanique et vibrations.

Mécanique et acoustique

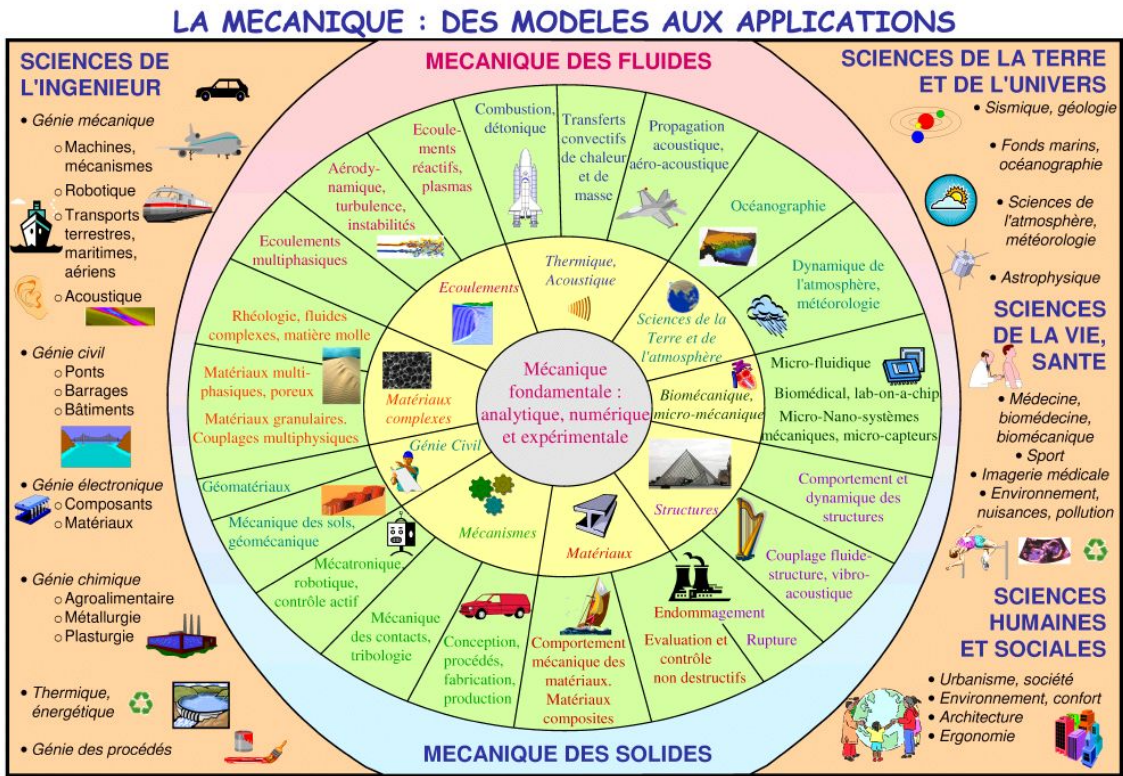
Un cours d'acoustique est en fait un cours de thermo-mécanique des milieux continus. La fluctuation de pression autour de la pression atmosphérique dans l'air provoque la vibration de petites particules fluides autour d'une position d'équilibre. L'écriture des équations de propagation des ondes ne peut se faire que par l'application du Principe Fondamental de la Dynamique.

Pour apprendre à modéliser les phénomènes acoustiques, il faut donc faire l'apprentissage de la mécanique des systèmes de base (point, solide rigide, système de solides rigides, systèmes discrets, systèmes continus).

La mécanique : des modèles aux applications

De manière plus générale, le synoptique de la figure 0.3, réalisé par le groupe "Activités Universitaires en Mécanique" de l'Association Française de Mécanique

(http://www.afm.asso.fr), présente tous les champs de la mécanique, des modèles aux applications.



De l'extérieur vers le centre : les quatre champs d'activités humaines (saumon), les deux grands pôles de la mécanique (rouge-bleu), les domaines de la mécanique (vert), les secteurs d'activité (jaune). Réalisation du groupe "Activités Universitaires en Mécanique" de l'ASSOCIATION FRANÇAISE DE MÉCANIQUE (AFM)



Figure 0.3