

## Brève histoire de la dynamique



Les lois de la mécanique trouvent leur racine dans les progrès de l'astronomie, à commencer par les travaux de Nicolas Copernic, proclamant que la Terre tourne autour du Soleil au même titre que les autres planètes. Une mesure soignée du mouvement des planètes a ensuite conduit aux lois des trajectoires elliptiques formulées empiriquement par Johannes Kepler. Ces lois se sont avérées plus précises que les combinaisons de trajectoires circulaires (les épicycles) héritées de la Grèce antique. La découverte des satellites de Jupiter par Galilée, grâce à la lunette astronomique, a permis de retrouver ces mêmes lois du mouvement planétaire dans ce système solaire en miniature, confortant l'idée d'une force de gravitation universelle.

Ces progrès de l'astronomie ont conduit à appliquer aux corps célestes les mêmes lois physiques qu'aux objets terrestres, contrairement aux conceptions antiques qui leur attribuaient une nature parfaite et immuable. Galilée a par ailleurs établi les fondations de la dynamique en énonçant les principes fondamentaux d'inertie et d'équivalence entre masse pesante et inerte. C'est à Isaac Newton que revient la formulation précise des lois du mouvement, décrivant comment varient vitesse et position sur un court intervalle de temps. C'est ce qu'on appelle une équation différentielle. Le calcul explicite des trajectoires par résolution explicite de telles équations n'est possible que dans des cas particuliers. De nombreux mathématiciens se sont attelés à cette tâche depuis Newton, en particulier Pierre-Simon de Laplace et Léonard Euler, qui ont aussi étendu ces lois aux fluides. Gaspard Coriolis a, quant à lui, introduit la force qui porte maintenant son nom pour exprimer les lois de la mécanique dans un repère en rotation (quoique Laplace avait déjà obtenu les mêmes résultats sous une forme différente).

L'utilisation des lois de la dynamique a connu une extension considérable au 20<sup>e</sup> siècle grâce à l'avènement du calcul informatique, permettant d'aborder des problèmes complexes comme la prévision météorologique. Les équations du mouvement sont alors résolues numériquement par pas successifs à partir d'une condition initiale. Une approche similaire, dite de système dynamique, sous-tend les modèles de prévision dans des domaines aussi divers que la démographie, l'économie ou le trafic routier. Ces méthodes itératives ne sont cependant pas exemptes de limitations car les erreurs numériques s'accumulent à chaque pas de temps. De nombreux systèmes complexes sont dit chaotiques, au sens où de telles erreurs croissent exponentiellement, de sorte que la prédiction devient quasi-impossible au bout d'un certain temps dit de prédictibilité. Les prévisions météorologiques seraient ainsi fondamentalement limitées à une échéance de l'ordre d'une quinzaine de jours. A plus long terme, une modélisation statistique est toutefois possible, permettant une prédiction du climat. Cela suppose cependant de respecter les propriétés du

modèle, et notamment ses lois de conservation comme celle de l'énergie. Les systèmes dynamiques font ainsi l'objet de nombreux travaux mathématiques visant à mieux comprendre leur comportement et leur description statistique sur de longues durées, suivant en cela une approche initiée par le mathématicien Henri Poincaré.

Une limitation des lois de Newton est apparue en fin du 19<sup>e</sup> siècle suite à l'observation que la lumière, et plus généralement les ondes électromagnétiques qui venaient d'être découvertes, se propagent toujours à la même vitesse. Ces ondes étaient alors considérées comme des vibrations d'un milieu fluide appelé éther, et leur vitesse de propagation observée aurait dû varier selon la vitesse de déplacement de la Terre par rapport à ce milieu. Cette contradiction a été levée par Albert Einstein en supposant qu'un observateur en mouvement perçoit un temps et des distances différentes de l'observateur « fixe », de sorte que l'onde lumineuse apparaît se propager toujours à la même vitesse. Selon sa théorie de la **relativité** la vitesse de la lumière est une limite jamais atteinte par une particule massive : l'inertie de la particule augmente à l'approche de cette limite empêchant un accroissement supplémentaire de vitesse. La fameuse relation  $E = mc^2$  est liée à cette augmentation de l'inertie (la masse  $m$ ) avec l'énergie  $E$ . Les particules de masse nulle comme le photon, ou les interactions gravitationnelles se propagent quant à elles à la vitesse de la lumière. Toutes ces prédictions d'Einstein ont été confirmées avec précision par l'expérience.

Une deuxième difficulté est apparue à la même époque pour décrire les mouvements à l'échelle de l'atome, ayant conduit à l'avènement de la **mécanique quantique**. Ceci a permis de décrire avec précision la structure des atomes, leur spectre de rayonnement et leurs propriétés chimiques. C'est aussi ce qui permet de concevoir les composants utilisés en électronique et informatique.

Relativité et mécanique quantique gardent cependant une parenté avec la mécanique de Newton. Les lois fondamentales de conservation de l'énergie, de la quantité de mouvement et du moment cinétique restent ainsi valables, mais sous des formes modifiées. Par ailleurs les lois de Newton sont retrouvées pour des objets de dimension macroscopique dans la limite des vitesses faibles par rapport à celle de la lumière, confortant ainsi leur application à la dynamique de l'environnement.

---

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes.

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

---