

Notions de programmation scientifique

Chapitre 1

21 septembre 2022

1. Introduction

- un **système** est un objet, ou d'un ensemble d'objets, que l'on cherche à étudier (qu'il soit réel ou abstrait).
- Un système peut par exemple être un avion, un moteur ou une réaction chimique.
- Un système peut contenir des sous-systèmes, qui sont donc eux aussi des systèmes.

Système simple

Une **réaction chimique** comme la dissolution d'un grain de sucre dans du café est un système *simple* car on connaît à l'avance le résultat : quelques équations permettent non seulement de décrire les processus d'évolution, mais l'état final du système.

Système complexe

- Un système est dit *complexe* si le résultat final n'est pas prédictible directement en connaissant les règles qui disent comment le système change.
- Les cellules nerveuses du cerveau, une colonie de fourmis ou les agents qui peuplent un marché économique par exemple sont des systèmes complexes car le seul moyen de connaître l'évolution du système est de faire l'expérience, éventuellement sur un modèle réduit.

Modèle

- Un **modèle** d'un système complexe est une représentation testable de ce système.
- Le principe d'un modèle est de remplacer un système complexe ou plusieurs phénomènes (le météorologie ...) en un objet ou opérateur simple reproduisant les aspects ou comportements principaux de l'original (ex modèle réduit maquette, modèle mathématique ou numérique ...).
- Une **simulation** est l'action de faire un test avec un modèle.

2. Calcul scientifique

Le **calcul scientifique** désigne la mise en œuvre des méthodes de l'analyse numérique adaptés aux traitement d'un problème scientifique issu de la Physique (météorologie, pollution, . . .) ou de l'ingénierie (mécanique des fluides, mécanique des structures, optimisation de forme, traitement des images, traitement du signal, . . .).

3. Anatomie d'un champ scientifique

1. On commence par la modélisation du système.
2. L'analyse théorique du modèle et de l'étude de ses propriétés (existence / unicité de la solution).
3. On propose ensuite une méthode numérique adaptés aux propriétés théorique du modèle et on en fait l'analyse numérique pour déterminer la vitesse de convergence de la méthode et sa stabilité.

4. L'implémentation informatique de la méthode et sa validation.
5. Le travail s'arrête là pour les mathématiciens, mais la vraie aventure scientifique commence à ce stade pour les ingénieurs et les chercheurs qui vont utiliser la nouvelle méthode sur des cas réels.

4. Grands types de problèmes

Les problèmes résolus en calcul scientifique sont très variés. Les grands types de problèmes sont :

1. Évolution temporelle de variables discrètes : l'évolution dans le temps d'un ensemble de variables discrètes (par exemple les EDO, un problème mécanique).
2. Problème aux limites
3. Problème spatio-temporels : une catégorie qui implique une évolution temporelle et dépendance spatiale.
4. Problème linéaire extrêmes.
5. Optimisation.