

## L'informatique par le calcul formel

Rémi Legrand  
LIRMM - Université Montpellier II  
mel : [legrand@lirmm.fr](mailto:legrand@lirmm.fr)

Annick Valibouze  
LIP6 – Université Paris 6  
mel : [Annick.Valibouze@lip6.fr](mailto:Annick.Valibouze@lip6.fr)

La formation au calcul formel est confrontée à plusieurs difficultés qui sont liées à son positionnement entre les mathématiques et l'informatique, au fait que c'est un domaine dont les potentialités effectives sont apparues relativement très récemment, et dont le public cible est multiple et inclus aussi bien les étudiants de tous niveaux que les ingénieurs ayant des problèmes ponctuels à résoudre.

Il en découle un positionnement hésitant dans les cursus de formation. Tantôt, le calcul formel n'est enseigné que comme un outil au service des sciences mathématiques et physiques, tantôt il n'est vu par les informaticiens que comme un langage de programmation disposant de fonctionnalités complémentaires. Trop rarement, il est enseigné comme une discipline à part entière. Cela est dû en partie à la nécessité d'une double compétence mathématique et informatique, tant pour les enseignants que pour les étudiants.

Le calcul formel doit être enseigné comme une formation d'informatique. avec des applications dans de nombreux domaines scientifiques. Nous avons expérimenté ce que peut être une formation de calcul formel lors de la réalisation d'un livre numérique interactif intitulé « Calcul formel en Maple ». Celle-ci est authentiquement informatique dans la mesure où elle demande une maîtrise forte des concepts informatiques comme l'algorithmique, la complexité, la programmation, la récursivité, et les structures de données.

L'ambiguïté provient de la mise à niveau en mathématiques parfois nécessaire (rappels de calcul matriciel, d'algèbre), ainsi que de l'apprentissage de nouveaux outils mathématiques (interpolation, résultante, résolvante). Ces apprentissages complémentaires ne doivent pas occulter l'objectif premier qui est l'apprentissage de l'informatique au travers du calcul formel. Manipuler des polynômes ou des matrices n'est pas faire des mathématiques, lorsque les manipulations consistent à écrire un algorithme, calculer une complexité ou trouver la représentation des données la plus adéquate.

L'objectif de notre livre de calcul formel est de donner aux étudiants ayant un baccalauréat scientifique l'aptitude à analyser un problème pour détecter s'il est traitable par le calcul formel, puis à l'analyser et d'en déduire les structures de données, l'algorithme et le programme qui le résoudra efficacement. Les logiciels complets de calcul formel étant relativement récents, les utilisateurs les sous-utilisent parfois, surtout lorsque ces derniers n'ont pas les compétences informatiques pour les appréhender, non pas juste comme une boîte à outils, mais comme un environnement de conception de programmes de calculs. Par ailleurs, ce travail de réalisation de programmes atténue les besoins de compétences calculatoires de l'étudiant au profit de ses compétences informatiques et d'abstraction. Très vite un utilisateur d'un système de calcul formel aura besoin d'assimiler les structures de données, les constructions et les démarches informatiques sous-jacentes aux fonctions du système, afin de pouvoir résoudre ses problèmes spécifiques. Par exemple, être capable de savoir si tel sous calcul gagne en efficacité à être effectué numériquement (par des calculs approchés) ou

par un calcul formel (sans approximations) demande une compréhension profonde des algorithmes et mécanismes qui sous-tendent le calcul formel.

Au travers de la réalisation de ce livre numérique, nous avons aussi expérimenté les atouts de Maple 11, en tant que logiciel de calcul formel, en tant qu'outil de réalisation de documents numériques et en tant qu'environnement d'apprentissage interactif. Ce dernier point aide beaucoup l'étudiant en lui donnant la possibilité de tester ses propres exemples, et de dérouler l'exécution des algorithmes du cours. Il lui permet aussi de faire les exercices dans le contexte du livre.

Non seulement le calcul formel est une discipline fondamentalement informatique et qui mérite d'être enseignée pour elle-même, mais on peut dire qu'elle est le meilleur vecteur pour enseigner tous les fondements de l'informatique, hors modélisation. Le caractère scientifique des données manipulées ne doit pas faire penser que l'on se restreint à une sous informatique. Bien au contraire, c'est l'informatique de demain, débarassée de considérations techniques et matérielles. Enfin, ce domaine présente l'avantage significatif d'attirer les scientifiques qui ne viendraient pas spontanément découvrir l'informatique, et qui s'enthousiasmeront de la richesse des applications. Ils constateront aussi que le calcul formel n'est pas dévoreur d'un temps précieux pour un étudiant, mais au contraire qu'il leur fait gagner beaucoup de temps... de calcul.