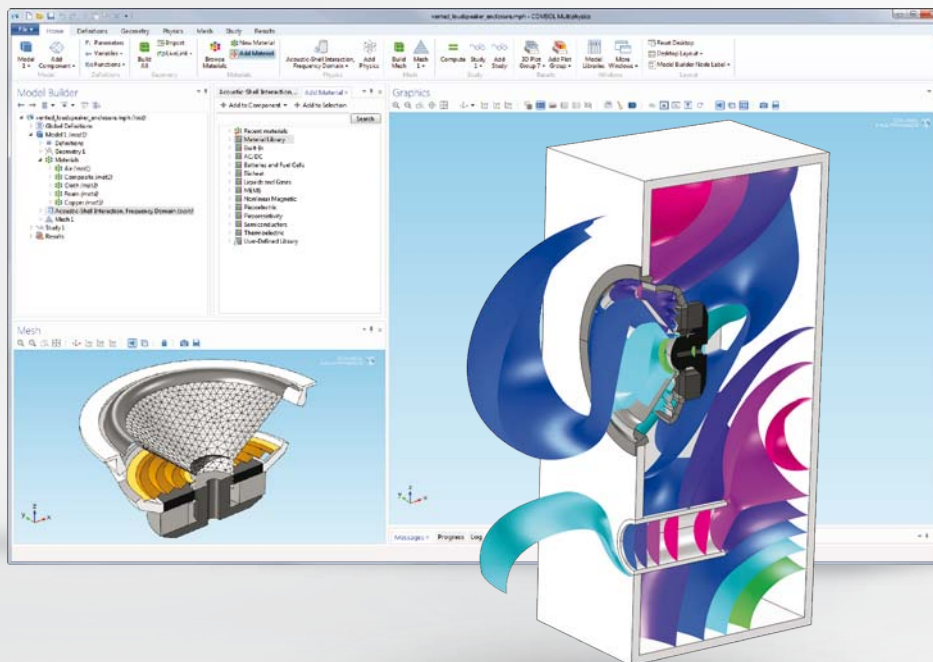


ENCEINTE ACOUSTIQUE: Ondes de pression émises par un haut-parleur. Ce modèle couple l'électromagnétisme dans la bobine, la mécanique des structures dans la membrane ainsi que l'acoustique à l'intérieur et autour de l'enceinte.



TESTEZ ET OPTIMISEZ VOS DESIGNS AVEC **COMSOL MULTIPHYSICS®**

Nos outils de simulation multiphysique intègrent tous les effets physiques du monde réel. De ce fait, ils reproduisent avec précision le comportement de vos designs. Pour en savoir plus sur COMSOL Multiphysics, rendez-vous sur www.comsol.fr

Product Suite

COMSOL Multiphysics

ELECTRICAL

AC/DC Module
RF Module
Wave Optics Module
MEMS Module
Plasma Module
Semiconductor Module

MECHANICAL

Heat Transfer Module
Structural Mechanics Module
Nonlinear Structural Materials Module
Geomechanics Module
Fatigue Module
Multibody Dynamics Module
Acoustics Module

FLUID

CFD Module
Mixer Module
Microfluidics Module
Subsurface Flow Module
Pipe Flow Module
Molecular Flow Module

CHEMICAL

Chemical Reaction Engineering Module
Batteries & Fuel Cells Module
Electrodeposition Module
Corrosion Module
Electrochemistry Module

MULTIPURPOSE

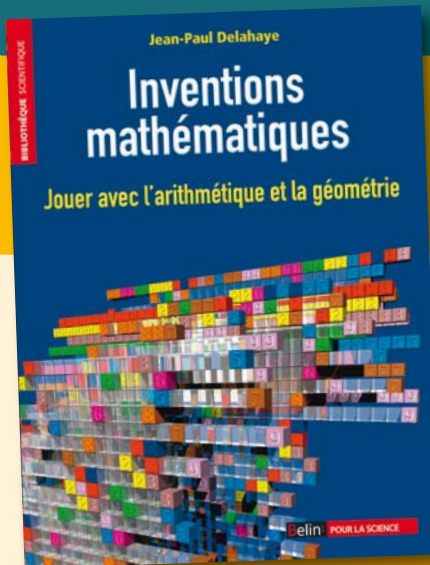
Optimization Module
Material Library
Particle Tracing Module

INTERFACING

LiveLink™ for MATLAB®
LiveLink™ for Excel®
CAD Import Module
ECAD Import Module
LiveLink™ for SolidWorks®
LiveLink™ for Inventor®
LiveLink™ for AutoCAD®
LiveLink™ for Creo™ Parametric
LiveLink™ for Pro/ENGINEER®
LiveLink™ for Solid Edge®
File Import for CATIA® V5

L'univers mathématique

de Jean-Paul Delahaye



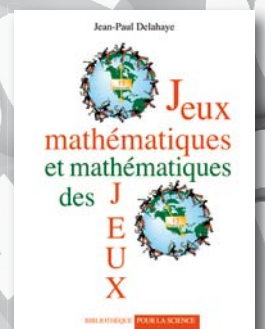
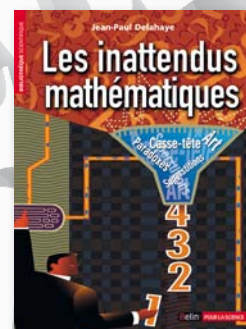
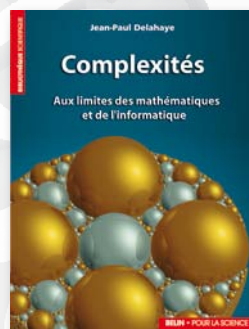
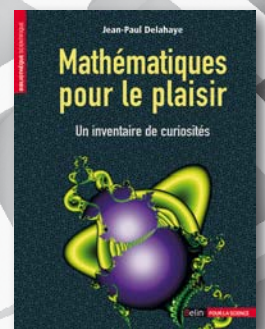
NOUVEAU !

Inventions mathématiques

Jouer avec l'arithmétique et la géométrie

Les mathématiques sont vivantes et l'imagination des chercheurs et des amateurs n'est jamais en repos. Sans cesse, de nouvelles idées conduisent à des inventions qui réjouissent, étonnent et instruisent. Dans ce livre, vous trouverez des figures paradoxales, des jeux classiques comme le Tangram et le cube de Rubik, des problèmes du quotidien tels le découpage d'une pizza ou l'accrochage d'un tableau, des énigmes élémentaires ou complexes, ou encore des images grises où la cryptographie cache des visages et des animaux. Vous serez étonné... à chaque page !

À l'occasion de la parution de son nouveau livre **Inventions Mathématiques**, redécouvrez l'ensemble de ses ouvrages parus dans la collection Bibliothèque scientifique.



Retrouvez Jean-Paul Delahaye chaque mois dans la rubrique "Logique et calcul" de *Pour la Science* !

Jean-Paul Delahaye est professeur d'informatique à l'Université des sciences et technologies de Lille et chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale du CNRS, à Lille.

HOMO SAPIENS INFORMATICUS chronique de Gilles Dowek

Homo habilis hypercapitalisticus

Pour construire une usine de circuits intégrés, l'État ne suffit plus : il faut des millions d'investisseurs.



Un « investissement » est un acte par lequel on renonce à consommer quelque chose aujourd'hui afin de produire et consommer davantage demain. Les dictionnaires d'économie nous donnent tous le même exemple : un Robinson qui, seul sur son île, consacre une journée de travail à la fabrication d'un filet, au lieu de la passer à pêcher à la ligne. Ce Robinson investit, car il renonce au produit d'une journée de pêche, afin de pouvoir, quand son filet sera terminé, pêcher davantage de poisson avec moins d'efforts.

Homo habilis, qui est le premier hominidé à avoir fabriqué des outils, est aussi le premier à avoir investi, car fabriquer un outil consiste précisément à consacrer du temps de travail à la fabrication d'un objet qui permettra, par la suite, d'en produire d'autres à moindre coût.

Ce que l'on renonce à consommer aujourd'hui constitue le « capital investi » et on peut classer différentes activités productives – la pêche au filet, la fabrication de céramiques, la fabrication de voitures, etc. – en fonction du capital qu'elles demandent d'investir. Dans ce classement, la fabrication des circuits intégrés, dont sont faits nos ordinateurs, constitue une sorte de record : le coût de la construction d'une usine qui fabrique de tels circuits se mesure en milliards, voire dizaines de milliards, d'euros, alors que celui d'une usine de voitures, par exemple, ne se mesure qu'en dizaines ou centaines de millions.

Et plus les circuits sont miniaturisés, plus le coût de l'usine est élevé. De ce fait, il n'y a dans le monde qu'un petit nombre d'usines capables de fabriquer les circuits les plus miniaturisés que l'on sache réaliser aujourd'hui – dans lesquels la grille d'un transistor mesure moins de 32 nanomètres : six aux États-Unis, quatre à Taïwan, deux en Europe – l'une à Dresde (Allemagne) et l'autre à Crolles (France) –, une en Corée du Sud et une en Israël.

Pour rentabiliser un tel investissement, ces usines doivent produire beaucoup de

L'augmentation du coût des outils que nous fabriquons est peut-être l'une des raisons pour lesquelles le secteur de la finance a pris autant d'importance.

circuits, si bien que, en général, elles ne les conçoivent pas elles-mêmes. D'autres entreprises le font et leur communiquent les plans des circuits à fabriquer dans un langage spécial, un « langage de description de matériel ». Il n'est pas possible de modifier ces plans après avoir fabriqué et testé les premiers circuits, si bien que ces plans ne doivent comporter aucune erreur au départ.

Le coût élevé des usines de circuits intégrés n'est pas un phénomène isolé : tout au long de l'histoire des techniques, on n'a cessé de fabriquer des outils de plus en plus élaborés et de plus en plus chers, pour arriver à ces outils qui exigent de beaucoup renoncer à consommer aujourd'hui,

pour produire et consommer beaucoup plus demain. Nous sommes ainsi devenus des *Homo habilis hypercapitalisticus* : nous appartenons à une espèce qui non seulement fabrique des outils, mais, de plus, fabrique des outils très chers.

Un pêcheur pouvait investir seul dans la fabrication d'un filet, une famille dans la construction d'une fabrique de céramiques, un État dans celle d'une usine de voitures. Mais construire une usine de circuits intégrés dépasse les capacités d'investissement d'une personne, d'une famille ou même d'un État : il faut que plusieurs millions de personnes investissent ensemble, ce qui demande une certaine coordination.

Cette coordination est aujourd'hui apportée par le secteur de la finance et l'augmentation du coût des outils que nous fabriquons est peut-être l'une des raisons pour lesquelles ce secteur a pris une telle importance.

Le pouvoir qu'il a pris sur nos existences est souvent critiqué ; mais ces critiques, pour justes qu'elles soient, resteront inefficaces tant que l'on n'inventera pas de nouvelles méthodes de coordination des investissements, afin de continuer à fabriquer des circuits intégrés sans subir ce pouvoir excessif. Et il n'est pas certain que les entreprises de financement collaboratif telles que *KissKissBankBank* soient une réponse à la mesure du problème. ■

Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.