DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

DARWIN DONNE DES AILES AUX AVIONS

Publié le 23 avril 2018



par Laetitia Theunis

Vous êtes vous jamais demandé pourquoi, à puissance de séchage égale, un sèche-cheveux hurle alors qu'un autre est presque silencieux ? C'est une question d'écoulement de l'air le long des ailettes (aubes) de leur ventilateur interne. Afin de diminuer le bruit, il faut optimiser cette pièce. Pour solutionner de telles demandes d'optimisation multi-objectif, le professeur Vincent Kelner, chercheur à l'HELMO Gramme, utilise les algorithmes génétiques. Autrement dit la sélection des meilleurs caractères de différents prototypes d'un élément de machine, suivie de multiples croisements entre eux pour aboutir à une pièce d'excellence.

La nature pour pallier les incompétences des méthodes classiques

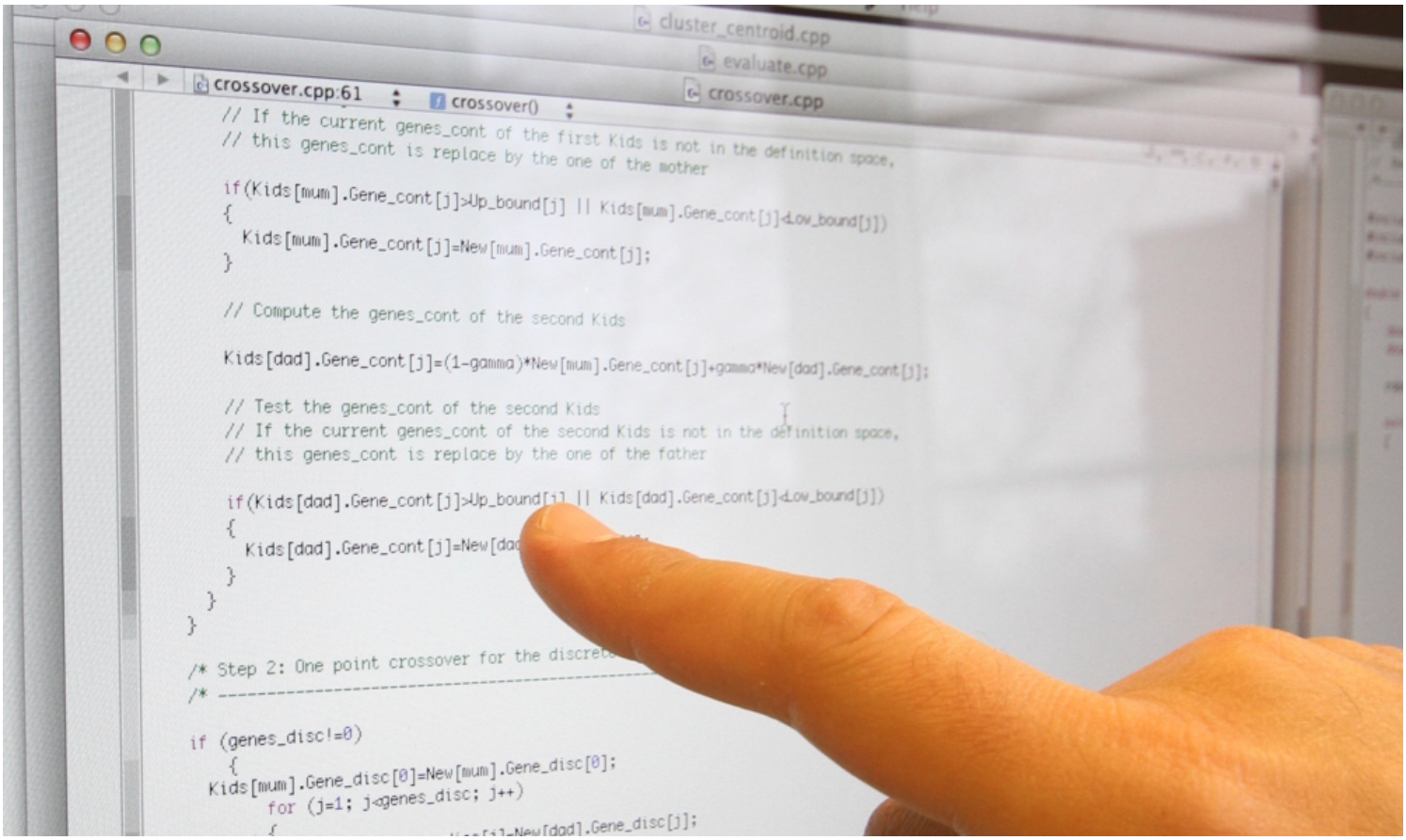
A chaque problème, sa méthode. Celle dite classique, réalisée par essai/erreur depuis des lustres, est opportune quand il s'agit de variables de conception continues. Comme la longueur, dont la mesure peut être un nombre avec une partie décimale (3,3 cm ou 89,67 m). « *Les méthodes classiques traitent très bien les variables continues car elles sont basées sur la dérivée de la fonction objective ; mais ne conviennent pas pour les variables discrètes*, explique Vincent Kelner, *or elles sont nombreuses dans le monde de l'ingénieur.* » Une variable discrète, c'est un nombre entier. Un engrenage peut ainsi compter 3, 7 ou 42 dents, mais jamais 23,3 dents.

Face à l'incompétence des méthodes classiques pour traiter des variables discrètes, des méthodes d'optimisation robustes calquées sur la nature ont été développées vers 1975. Elles sont dites méta-heuristiques ou stochastiques.

Certaines de ces méthodes sont basées sur le déplacement en essaim des abeilles ou le comportement des colonies de fourmis , d'autres sont dénommées algorithmes génétiques . Le principe des algorithmes génétiques est de copier le mécanisme de survie des populations d'êtres vivants, lesquels s'adaptent à leur environnement suite à la sélection naturelle et à l'héritage génétique. La version informatique de ce modèle naturel simplifiée s'appelle le Darwinisme artificiel. Il s'applique aux éoliennes comme aux ailes d'avion et aux turbo-machines: le meilleur prototype survivra.

Que le meilleur gagne

Partons d'un exemple concret pour éclairer le propos : un industriel demande de designer l'aile d'avion dotée de la meilleure portance possible. Pour ce faire, l'ordinateur va tout d'abord générer aléatoirement une première population de 100 (le chiffre est choisi selon différents paramètres par l'ingénieur) ailes d'avion, toutes différentes. « *Certaines vont être totalement biscornues. Cela peut être particulièrement intéressant car ça permet parfois d'arriver à des formes auxquelles on n'avait pas pensé.* »



La fonction objective, donc ici la portance, est calculée par le logiciel pour chacune de ces 100 ailes d'avion générées artificiellement. « *Les plus mauvaises sont alors tuées tandis qu'on ne sélectionne que les meilleures,* poursuit Dr Kelner. » La meilleure aile d'avion est alors recopiée 10 fois ; la deuxième meilleure, 9 fois ; la troisième, 8 fois ; et ainsi de suite jusqu'à garder la taille de la population constante, donc à former un nouveau groupe de 100 ailes d'avion.

Une fois la sélection opérée, vient le temps des amours. Aléatoirement, les ailes d'avion s'apparient. A l'instar des chromosomes du père et de la mère, chaque duo d'ailes d'avion s'échange certaines de leurs caractéristiques et donne naissance à deux enfants, chacun au génome unique. Au final, c'est une nouvelle population de 100 ailes d'avion qui est enfantée. Chacune est évaluée en termes de portance. Seules les meilleures seront sélectionnées et auront le droit de se reproduire. Et ainsi de suite.

DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

Combien de reproductions successives avant d'arriver à l'enfant parfait ? Donc à l'aile avec la meilleure portance ? Cela dépend du nombre de paramètres et de contraintes à prendre en considération, du temps et du coût accordés par l'industriel. Un seul calcul de portance d'aile peut exiger pas moins de 3 heures de calcul par ordinateur. Or il y en a 100 par génération…

Gènes, mutations et algorithmes

Le mimétisme avec la nature ne s'arrête pas là. De façon aléatoire, un gène peut, au sein d'un chromosome, être substitué à un autre. On parle de mutation d'un gène. Cela se retrouve également dans les algorithmes génétiques. « *Une aile d'avion, ce n'est jamais que des coordonnées de points (épaisseur, cambrure, etc). Ce sont ces paramètres qui s'échangent lors des accouplements. On les appelle les gènes de l'aile. L'analogie avec la biologie va jusque dans la terminologie que l'on emploie. Comme dans la nature, une petite quantité de ces gènes mutent aléatoirement, deviennent n'importe quoi*», explique le chercheur, avant d'expliquer en quoi cette mutation est intéressante :

http://dailyscience.be/NEW/wp-content/uploads/2018/04/Audio01Vincent-Kelner-1.wav

L'algorithme génétique à l'aide des problèmes multiobjectifs

Ces algorithmes génétiques permettent de résoudre des problèmes multiobjectifs, tel le projet d'optimisation réalisé par l'équipe de Vincent Kelner pour la CILE. La *Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux possède un château d'eau à Ans. Trois pompes, chacune pouvant être ouverte ou fermée toutes les heures par un automate, acheminent l'eau à son sommet. Au départ, l'objectif était d'en minimiser la consommation électrique. Cela revenait à déterminer la séquence optimale d'ouverture et de fermeture des pompes. « Mais mettre une pompe sur on ou off, cela nécessite du courant au démarrage et provoque l'usure de la pompe, explique le chercheur. Comme cela est difficile à quantifier monétairement parlant, on a donc visé à minimiser le nombre de switch on/off, en plus de minimiser la consommation électrique. C'est typiquement un problème multiobjectif que l'on résout par algorithme génétique. »*

L'industrie, un partenaire pour les hautes écoles

Contrairement au milieu universitaire, la recherche menée à Gramme se fait exclusivement main dans la main avec l'industrie. Le Pr Kelner est promoteur de nombreux projets « FIRST Haute Ecole » , un programme de la DGO6 qui vise « à soutenir le transfert de technologies et de savoir-faire vers les entreprises wallonnes en accroissant le potentiel scientifique et technologique des unités de recherche associées aux hautes écoles, via le développement et la validation de produits, procédés ou services nouveaux destinés à être valorisés industriellement à court terme. »

Un jeune chercheur va être engagé durant deux ans sur ce programme afin de réaliser de l'optimisation topologique à destination de l'entreprise SIRRIS.

Partant d'une géométrie non définie, il s'agira de déterminer la forme optimale de différentes pièces pour automobile. Et ce, sachant qu'elles seront composées d'un mélange de métal et de plastique afin d'en diminuer le coût, mais que leur résistance devra demeurer identique aux pièces faites d'un seul matériau. Par ailleurs, si la matière première coûte moins cher, rien n'indique que l'usinage ne sera pas lui, plus onéreux. La géométrie optimale tiendra compte de tous ces paramètres. Un beau casse-tête en perspective qui réjouit déjà le Professeur Vincent Kelner.