PROPOSITION DE STAGE DE DEA:

Optimisation de géométrie en aérodynamique automobile

- **Responsables**:

Laurent Elena (*Ingénieur de Recherche, Direction de la Recherche et de l'Innovation Automobile, PSA Peugeot-Citroën, 78943 Vélizy-Villacoublay Cedex*)

Laurent Dumas (*Maitre de Conférences, Laboratoire d'Analyse Numérique, Université Paris 6, 75005 Paris, dumas@ann.jussieu.fr*)

L'optimisation de formes est une des voies qui devrait permettre à terme d'améliorer les méthodologies de développement aérodynamique des futurs véhicules. Dans ce travail, il s'agira de mettre en oeuvre la théorie des algorithmes génétiques (amélioration d'une espèce par selection, croisement et mutation) et de l'appliquer à un cas d'aérodynamique classique (profil d'aile par exemple). Le contenu du stage (divisé en trois parties) aini que son déroulement pratique sont précisés ci dessous.

- **Partie 1: Modélisation du problème**

Un problème d'optimisation en aérodynamique peut se modéliser de la manière suivante: on cherche $(x_c^{\min})$ tel que

$$J(x_c^{\min}, U(x_c^{\min})) = \min_{x_c} J(x_c, U(x_c))$$

où J désigne la fonction coût désirant être minimisée (par exemple le coefficient de trainée C_d), (x_c) les variables de contrôle (par exemple les coordonnées des points définissant par interpolation le profil d'une automobile) et $U(x_c)$ les variables aérodynamiques correspondantes $U = (\rho, \rho u, \rho E)$. Celles-ci vérifient une équation d'état (Euler, Navier Stokes laminaire ou turbulent) du type

$$E(x_c, U(x_c)) = 0.$$

Les paramètres de contrôle doivent en outre vérifier certaines contraintes géométriques (par exemple se situer entre deux valeurs fixées, respecter un volume ou correspondre à un certain coefficient de portance C_l) pouvant s'écrire de manière générale

$$g_1(x_c) \leq 0 \quad \text{ou} \quad g_2(x_c, U(x_c)) \leq 0$$

On a choisi ici d'utiliser une méthode de résolution basée sur les algorithmes génétiques (remontant au principe d'évolution de Darwin d'amélioration d'une espèce) en raison de sa simplicité de mise en oeuvre et de sa robustesse.

Dans sa version la plus simple, une certaine population d'individus (appelés aussi chromosomes) est tirée au sort. Chaque individu (environ une centaine) représente une valeur des paramètres de contrôle (x_c) codés de manière binaire sur une chaine (dont la taille est fonction de la précision souhaitée). A chacun

individu est affecté un coefficient de santé inversement proportionnel à la valeur $J(x_c, U(x_c))$. L'ensemble de la population évolue alors suivant les trois principes probabilistes de sélection (les individus en mauvaise santé disparaissent), de croisement (une portion de chaines peut être échangée entre deux individus) et de mutation (les valeurs 1 ou 0 peuvent être échangées localement dans une chaine). En itérant ce procédé, on obtient l'objectif recherché, à savoir une population dont la santé moyenne va en s'améliorant.

- **Partie 2: Implémentation et validation numérique**

  On étudiera dans un premier temps un cas test ayant donné lieu à de nombreuses études numériques. Partant d'un écoulement aérodynamique calculé autour d'un profil d'aile, on cherche à determiner un nouveau profil (vérifiant certaines contraintes géométriques) qui minimise la fonction

$$J(x_c, U(x_c)) = C_d + 10(C_l - C_l^0)^2$$

  pour le même régime aérodynamique (et où C_l^0 représente le coefficient de portance calculé initialement). Chaque profil est modélisé numériquement par une trentaine de valeurs correspondant aux ordonnées de points régulièrement disposés sur l'intrados et l'extrados.

  Un programme d'algorithmes génétiques sera tout d'abord écrit en Fortran et validé sur des problèmes de minimisation classiques. Il pourra alors être appliqué au problème d'optimisation présenté ci-dessus avec pour objectif de retrouver les résultats de la littérature (en temps de calcul raisonnable).

- **Partie 3: Amélioration des modèles**

  Une étude paramétrique des résultats sera réalisée afin de déterminer la meilleure stratégie à adopter (choix de l'algorithme génétique, des lois d'évolution, de la taille du maillage, etc...). Une réflexion sur la possibilité d'amélioration des modèles ou du temps de calcul sera enfin entreprise, l'objectif étant de pouvoir utiliser de telles méthodes dans des cas réalistes tridimensionnels en aérodynamique automobile (interne ou externe).

Remarque: Une thèse CIFFRE sur le sujet (appuyée par une campagne d'essais en soufflerie) sera très vraisemblablement lancée à la suite du stage.

- **Connaissances requises**: analyse numérique, mécanique des fluides, notions de programmation en fortran sous Unix.
- **Durée du stage**: entre 3 et à 6 mois (stage rémunéré).
- **Lieu de travail**: Laboratoire d'Analyse Numérique de Paris 6, centre technique de PSA (Vélizy).