

Programme de cotutelles U. Libanaise – UT INSA : Proposition de sujet

Application de calcul en ingénierie mécanique pour terminal mobile (Mobil-Eng)

| Partenaires académiques | Direction scientifique |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay, équipe LASMIS | Pascal LAFON, Professeurs des universités. Pascal.lafon@utt.fr |
| Université Libanaise de Beyrouth, Faculté de Génie 3, Laboratoire 3M (Matériaux, Mécanique Mécatronique). | Rafic YOUNES, Professeur, Doyen de la faculté de Génie 3 ryounes@ul.edu.lb |

Contexte :

Les outils et les démarches de prototypages virtuels en ingénierie mécanique sont aujourd'hui aux cœurs des enjeux d'innovation et de compétitivité de l'ensemble des groupes industriels. Qu'il s'agisse de développer un avion, une automobile, une prothèse aucun produit performant n'échappe à cette démarche de prototypage. En ingénierie mécanique de nombreux logiciels sont utilisés. On peut distinguer plusieurs catégories selon la phase du cycle de développement concernée :

- La conception assistée par ordinateur (CAO : CATIA, Créo, SolidWorks, Siemens NX, AutoCad, Inventor
- L'ingénierie assistée par ordinateur (IAO): CATIA, Abaqus, Comsol, Ansys, Fluent,...
- La fabrication assistée par ordinateur (FAO) : TopSolid, CAM 3D,
- Les systèmes de gestion des données produits et du cycle de vie (PDM) : Audros, WindChill, Siemens, Matrix, Enovia, ...
- Les outils d'analyse d'impact environnemental (ACV) : Chain Management by Life Cycle Assessment CMCA, e!Sankey 2.5, EcoScan, GaBi,
- Les systèmes de pilotage en temps des moyens de production
- Les logiciels de conception/simulation de réseaux électriques, hydrauliques, de climatisation, de confort acoustique et thermique, etc ... : Clima-Win, IntelliPlus CVC,...

L'offre disponible, très large, consiste en générale en des logiciels :

- Souvent complexes d'usage car proposant de puissante fonctionnalités, donc nécessitant des formations spécifiques, souvent très techniques, des utilisateurs ...
- Nécessitant des puissances de calculs importantes pour gérer des modèles de simulation fins et représentatifs ..

- Couteux, car long à développer ...

Les appareils mobiles (tablettes, smartphones) offrent aujourd'hui des performances de calculs assez conséquente, souvent équivalentes à des ordinateurs d'entrée voire de moyenne gamme. Ces appareils apparaissent aujourd'hui comme des supports tout à fait capables d'exécuter des tâches suffisamment complexes pour répondre à de nombreux besoins de base de prototypage virtuel de produit. Ces appareils équipent maintenant une large partie de la population : il s'est vendu 1.4 milliards d'unité en 2018¹, avec environ 5.4 milliards d'abonnements téléphoniques en 2018 dans le monde dont 56% de smartphone.

Les magasins de téléchargement d'application en ligne, proposent déjà un certain nombre de petites applications permettant de couvrir des tâches assez rudimentaires en ingénierie, mais l'analyse de l'offre actuelle montre que :

- Les fonctionnalités proposées sont très limitées.
- Les développeurs, non professionnels pour la plupart sont limités par leur connaissance scientifique du domaine adressé.
- Les grands éditeurs de solutions de prototypages sont absents et ne proposent quasi rien.
- Ces applications sont développées la plupart du temps par des non experts du domaine de l'ingénierie concerné. En conséquence elles ne mettent pas en œuvre des méthodes performantes ni de méthodes adaptées aux capacités de ces appareils mobiles.

Description du projet :

L'objectif global de ce projet est de développer un ensemble d'application destinée à l'ingénierie (mécanique, génie civil et énergie) et utilisable sur des appareils mobiles. Les marchés d'usage visés sont principalement les ingénieurs, techniciens, travaillant dans les pays en voie de développement et les nouvelles technologies d'apprentissage dans les universités.

Deux défis sont à relever. Le premier concerne les capacités de calculs de ces appareils mobiles et le second concerne l'interface utilisateur, différente, car basée sur des écrans tactiles de petites dimensions (mais affichant autant d'informations). Sur la partie interface on pourra aussi tirer parti de la présence de nombreux capteurs (position, accéléromètre) et d'appareil photos performants.

L'ensemble de ces applications sont basées sur des modèles de physique dans lesquels les grandeurs d'intérêt sont gouvernées par des équations aux dérivées partielles. Afin d'évaluer des grandeurs physiques d'intérêt sur un domaine spatio-temporel, il est nécessaire de mettre en œuvre des techniques numériques de résolution. La prédictivité des résultats repose sur la richesse et la précision des phénomènes physiques pris en compte et sur la capacité à traiter des domaines spatio-temporels complexes.

¹ Source IDC : <https://www.idc.com>

Afin de développer des applications suffisantes performantes pour traiter des problèmes d'intérêts, i.e. des problèmes dont la complexité dépasse celle des cas académiques, il est nécessaire de repenser le cœur de ces applications pour l'adapter au contexte matériel des appareils mobiles. Cette problématique est très peu couverte dans des publications scientifiques, seules quelques références [1], [2],[3],[4],[5] très récentes abordent le sujet.

L'objectif principal du sujet de thèse sera de définir les solutions numériques permettant d'implémenter un solveur par une technique éléments finis en tenant compte des limites et contraintes matérielles d'un appareil mobile. On pourra ici s'inspirer d'outils comme FreeFem++² ou de Fenics³. Ces solveurs polyvalents peuvent traiter tous types d'équations aux dérivées partielles écrites sous la forme variationnelle. Il s'agira alors d'étudier ces outils et d'adapter leur structure aux appareils mobiles. On pourra également envisager de mettre en œuvre des techniques de simplification ou de réduction de modèle pour augmenter les performances en temps de calculs. A titre indicatif le plan de travail pourrait s'organiser de la manière suivante :

- Un état de l'art des outils généraux de résolution d'équations aux dérivées partielles avec leur performances, et les besoins en ressources nécessaires.
- Identification de cas tests représentatifs des problèmes à traiter avec les meilleures solutions connues et les temps de résolution nécessaires.
- Développement et adaptation des méthodes numériques existantes au contexte matériel des appareils mobiles avec éventuellement des techniques de réduction de modèle (PGD, méta-modèle, ...)
- Mise en œuvre des techniques développées dans l'environnement logiciel.

Retombées attendues :

La finalité du projet est de mettre à disposition tout un ensemble d'applications dans les magasins d'applications les plus connus que sont « PlayStore » pour le système « Android » (76% du marché⁴) et « AppleStore » pour le système « iOS » (22% du marché). Ces applications seront téléchargeables contre une somme étudiée (généralement quelques dollars). Le modèle économique de ces magasins permet une rémunération directe des développeurs, sans intermédiaire.

Ces applications concerneront un gros potentiel d'utilisateur professionnel dans les bureaux d'études, sur les chantiers, leur permettant de résoudre en temps réels de nombreux problèmes d'ingénierie, en particulier dans les pays en voie de développement.

Le second type d'usage est lié au monde de l'éducation où ces applications permettront de servir de support pédagogique pour des séquences de travaux libres (en autonomie) ou encadrés par des enseignants (TD ou TP).

Bibliographie :

² <https://freefem.org>

³ <https://fenicsproject.org>

⁴ <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide> : en juin 2019 sur les appareils mobiles hors tablettes.

- [1] A. Alaybeyoglu et B. C. Senel, « A design of fuzzy logic based android application for safe driving », présenté à IDAP 2017 - International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium, 2017.
- [2] Dede, A. G. Abdullah, B. Mulyanti, et D. Rohendi, « Virtual gasoline engine based on augment reality for mechanical engineering education », présenté à MATEC Web of Conferences, 2018, vol. 197.
- [3] A. Janardanan, C. Ajil Paul, P. Anju, V. Eldiya Thomas, et D. Davis, « Android application for car wash services », présenté à 2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations In Engineering And Technological Research, ICETIETR 2018, 2018.
- [4] H. Kim *et al.*, « Smartphone application for mechanical quality assurance of medical linear accelerators », *Phys. Med. Biol.*, vol. 62, n° 11, p. N257-N270, 2017.
- [5] E. Corral Abad, M. J. Gómez García, R. Ruiz Blázquez, C. Castejon, et J. C. García-Prada, « Effects of an android app on mechanical engineering students », *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 26, n° 4, p. 1050-1057, 2018.