



Cher lectorat

Ludwigsburg, décembre 2022

L'industrie automobile se trouve au début d'une transformation gigantesque. Au vu des objectifs climatiques ambitieux des différents pays, il faut s'attendre à ce que la propulsion habituelle basée sur le moteur à combustion diesel ou essence arrive à son terme à moyenne ou longue échéance. D'autres concepts comme le véhicule électrique ou à pile à combustible ont la cote en ce moment du fait de leur potentiel de réduction significative d'émission de CO₂. Néanmoins le moteur à combustion offre également une voie pour une mobilité exempte d'émission de CO₂ à savoir dans le cas où il est mu par l'hydrogène à la place de l'essence ou du diesel, hydrogène bien entendu produit par électrolyse à partir d'énergies renouvelables. Quelle technologie va s'imposer et pour quelle application (voiture particulière, poids lourd, off-road...) dans quelle partie du monde? C'est difficile à prévoir à l'heure actuelle. Cela signifie pour beaucoup d'entreprises la nécessité d'investir dans le développement de différentes technologies, ce qui est synonyme de dépenses considérables. Autrement dit le moteur à combustion conventionnel doit faire gagner beaucoup d'argent le plus longtemps possible pour pouvoir financer le développement des technologies du futur. En tant qu'ingénieur de développement chez Bosch j'ai la chance d'assister aux premières loges à ce débat. Le processus de développement virtuel basé sur les data, dans lequel la simulation joue un rôle primordial, constitue une possibilité de réduire les frais de développement.



Ce qui se cache derrière la notion de « processus de développement virtuel » va être expliqué dans l'exemple suivant d'une buse d'injection directe pour moteur à essence (voir la figure à gauche).

En tant que fournisseur de composants Bosch a pour mission que son produit (dans le cas précis une buse d'injection) fonctionne le mieux possible dans les moteurs de son client, c'est-à-dire qu'il satisfasse les exigences du client concernant la performance, la consommation, les émissions etc. Lors de l'optimisation du design de la buse la simulation numérique de la dynamique des fluides (CFD) joue un rôle primordial. La simulation du processus d'injection dans le cylindre est une combinaison de différents phénomènes (écoulement turbulent multiphase, initiation du spray, évaporation des gouttelettes, formation du film aux parois etc.) qui doivent être détaillés ou modélisés. Là se pose la question de manière récurrente: à quel degré de détail doit se faire la simulation pour optimiser le but visé sans que le temps et le coût de calcul n'augmente considérablement? Pour répondre à cette question une validation est nécessaire, c'est-à-dire le rapprochement entre les résultats des simulations et les mesures. En raison des échelles très différentes entre les trous de la buse (quelques centaines de microns) et l'alésage du cylindre (ordre de grandeur d'environ 100 millimètres dans le domaine des voitures particulières) ça n'a pas de sens de calculer l'écoulement interne de la buse ainsi que la formation du mélange dans le cylindre dans une simulation unique, car la résolution nécessaire du maillage aurait pour conséquence un temps de calcul énorme. Pour simplifier

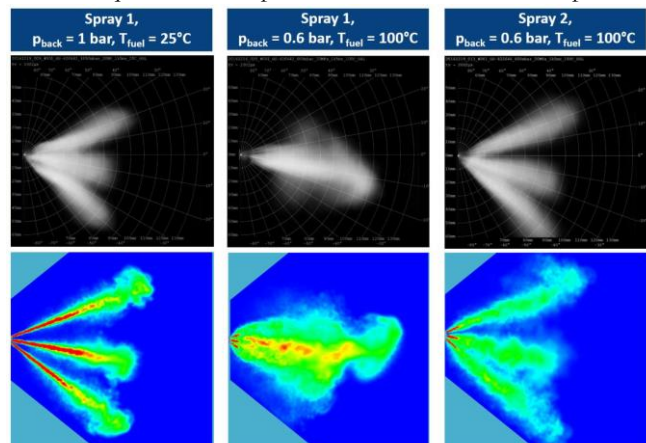
on adopte une méthode couplée, par laquelle dans un premier temps l'écoulement interne de la buse est simulé pour ensuite initialiser des gouttelettes en vue de la simulation du cylindre à partir des informations récoltées à la sortie des trous d'éjection de la buse. La validation de l'écoulement interne de la buse au moyen de méthodes optiques est représentée dans la figure de droite. Là ce sont les caractéristiques principales du spray (pénétration du jet et angle de départ) pour différentes conditions de fonctionnement qu'il faut reproduire correctement. Lorsqu'on s'est assuré de la pertinence de la simulation dans l'espace des paramètres du design d'une buse d'injection (nombre de trous, diamètre des trous, pression d'injection), on peut entreprendre l'optimisation de la buse pour un moteur de client spécifique principalement de manière simulative et le nombre de buses matérielles effectivement fabriquées peut être réduit de manière significative, ce qui permet d'économiser temps et argent. Les buses d'injection optimisées sont ensuite usinées dans le métal, pour vérifier la performance du moteur, car comme on dit si bien dans le monde des moteurs : « c'est le moteur qui dit la vérité ».

Cette méthode a été continuellement affinée ces dernières années, mais elle ne peut bien sûr pas être transposée directement sur les futures technologies. Néanmoins le savoir-faire dans le domaine de l'automatisation des flux de travail, de la validation au moyen de mesures, de l'optimisation basée sur de grandes masses de données, sera également décisif pour le développement de nouveaux types de propulsion.

MAM vous souhaite de joyeuses Fêtes

Cyrill Mandanis

MANDANIS ANGEWANDTE MECHANIK GMBH

Dynamik – Statik – mathematische Modelle – Produktentwicklung für Innovative Zwecke
Geschäftssystem nach ISO 9001Georges Mandanis, dipl. Ing. ETH/SIA – Bergstrasse 113 – 6010 Kriens – Schweiz
T: +41 312 07 10 – F: +41 312 07 11 – gmmandanis@bluewin.ch – mandanis.ch

Influence de la température du carburant et de la pression pour différentes buses d'injection : mesures au shadowgraph (en haut); Simulation CFD avec vue sur la répartition de densité (en bas) [1]

[1] P. Leick et. al, "Impact of flash-boiling on gasoline sprays: from fundamental physical insights to engine-measured PN emissions", in 13th International AVL Symposium on Propulsion Diagnostics, 2018