IMPACT DE LA COMPOSITION DU CARBURANT SUR LES EMISSIONS AERONAUTIQUES

Antoine Berthier[1,2,*], David Delhaye[2], Ismael K. Ortega[2], Mickael Sicard[2] et Cristian Focsa[1]

1 PhLAM – Physique des Lasers, Atomes et Molécules, CERLA – Centre d'Etudes et de Recherches Lasers et Applications, Lille University, CNRS, UMR 8523, F-59000 Lille, France
2 Department of Multi-physics for Energetics, ONERA Université Paris Saclay, F-91123, Palaiseau, France
Courriel de l'orateur : antoine.berthier@onera.fr

TITLE

Impact of fuel composition on aeronautical emissions

ABSTRACT

The development of alternative fuels has been identified by the aviation industry as a way to reduce aircraft emissions. This work is based on the study of emissions produced by different fuels to study the impact of their chemical composition on these emissions. It is carried out on several scales, from test on a laboratory burner under atmospheric conditions, to test on a combustion chamber under engine realistic pressure and temperature conditions. Tests on the first fuels made it possible to link the emissions in non-volatile particles with the rate of aromatic compounds present in the fuel.

RESUME

Le développement de carburants alternatifs a été identifié par l'industrie aéronautique comme un moyen de réduire les émissions des avions. Ce travail repose sur l'étude des émissions produites par différents carburants afin d'étudier l'impact de leur composition chimique sur ces émissions. Il est réalisé à plusieurs échelles, en commençant par un brûleur de laboratoire en conditions atmosphériques, jusqu'aux tests sur banc d'essai en conditions réelles de pression et de température. Les essais sur les premiers carburants ont permis de relier les émissions en particules non volatiles au taux de composés aromatiques présent dans le carburant.

KEYWORDS: Alternative fuels, volatile and non volatile particlulate matter, physico-chemical characterization
MOTS-CLÉS: Carburants alternatifs, matières particulaires volatiles et non volatiles, caractérisation physico-chimique

Le transport aérien est un secteur en croissance constante, et cette tendance devrait continuer dans les prochaines années (ICAO, 2018). Par conséquent, l'impact des émissions de l'aviation sur le climat et la qualité de l'air suscite de grandes inquiétudes. Parmi les différentes solutions disponibles, l'industrie aéronautique a identifié le développement de nouveaux carburants comme l'un des principaux outils permettant de réduire ses émissions (Vorster S, 2013). À l'heure actuelle, six filières de production de carburants alternatifs sont techniquement certifiées et de nombreuses autres sont en cours d'examen (ASTM D7566). Dans ce cadre, cette étude vise à étudier les émissions de ces différents carburants alternatifs afin d'établir un lien entre leurs émissions et leur composition chimique.

Au cours de cette étude, des essais à différentes échelles seront réalisées, du laboratoire à conditions atmosphériques, à l'aide d'un générateur CAST (Combustion Aerosol STandard) spécialement conçu pour fonctionner avec du carburant liquide (Jing, L., 2003), au banc de combustions à conditions réelles. Dans ce travail, différents carburants seront étudiés avec notamment différents Jet A-1 provenant de différentes productions, des kérosènes biosourcés produits à partir d'alcool ou d'esters, ainsi que des mélanges à différents taux entre le Jet A-1 et les carburants alternatifs. Des carburants à différentes teneurs en soufre et composés aromatiques seront également étudiés. La ligne de mesure utilisée (figure 1) permet une étude des particules volatiles et non volatiles à l'aide d'un catalyseur chauffé à 300°C.

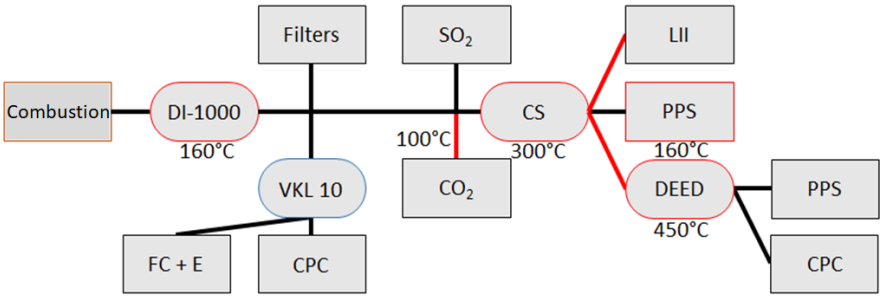

Figure 1 : Schéma de la ligne d'échantillonnage

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2020-19774 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

La masse des particules de suie est mesurée au moyen d'une LII (Laser Induced Incandescence, Artium Inc.). La concentration en nombre de particules est mesurée à l'aide d'un capteur de particules Pegasor de type M (PPS-M, Pegasor Oy.) et d'un compteur de particules (CPC, Grimm GmbH.). Enfin, la distribution granulométrique est mesurée à l'aide d'un analyseur de particules à balayage (SMPS) utilisant un détecteur de type CPC ou un électromètre FC (Faraday Cup, Grimm GmbH). Les concentrations en gaz (CO2 et SO2) sont également mesurées.

Pour chaque carburant, les émissions ont été étudiées pour différents ratios carburant-air, allant d'une combustion pauvre à une combustion riche. L'utilisation de carburants alternatifs, possédant un taux de composés aromatiques nul, entraine une diminution de la concentration en nombre et de la concentration massique des particules non volatiles (figure 2).

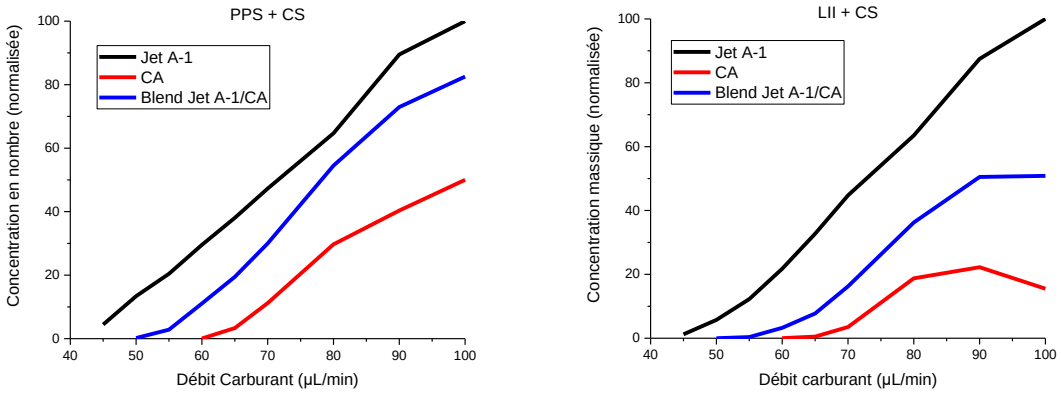

Figure 2 : Concentration en nombre et en masse des particules non volatiles en fonction du débit carburant pour trois différents carburants

Afin de compléter la caractérisation physique des particules, des prélèvements sur filtres sont réalisés en amont de la ligne afin de réaliser une caractérisation chimique des émissions. Les prélèvements ont lieu à l'aide d'un système composé de deux filtres. Le premier est utilisé pour récolter la phase particulaire, tandis que le deuxième (recouvert de black carbon) est utilisé pour récolter la phase gaz (Ngo L., 2019). Les analyses ont été réalisées par une technique de spectrométrie de masse à deux lasers, un laser de désorption à une longueur d'onde de 532nm, et un laser d'ionisation dont la longueur d'onde peut varier selon les composés chimiques qui veulent être étudiés. L'analyse spectrale (figure 3) montre une différence dans la composition chimique des émissions selon le carburant, en montrant notamment la présence d'HAP à plus faible masse pour certains carburants.

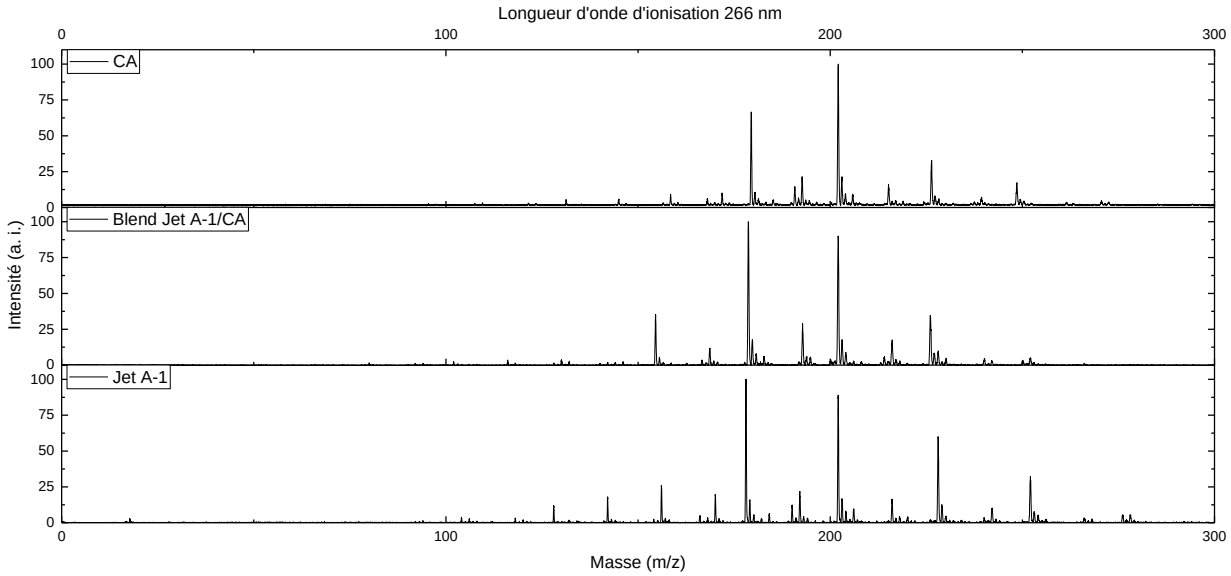

Figure 3 : Analyse par spectrométrie de masse à une longueur d'onde d'ionisation de 266nm pour trois différents carburants

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2020-19774
Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

La combustion d'un carburant alternatif ne comprenant pas de composés aromatiques a entrainé une diminution, en termes de concentration en nombre et de concentration massique des émissions en comparaison à celle liée à la combustion du Jet A-1.

L'analyse chimique a permis d'identifier une modification de la composition chimique des émissions produites, avec la présence d'HAP à plus faible masse, tel que le naphtalène à une masse de 128 m/z, dans le cas du Jet A-1. On retrouve cependant les mêmes principaux composés pour les trois carburants étudiés tels que l'anthracène à une masse de 178 m/z et le pyrène à une masse de 202 m/z.

Cette étude sera poussée sur une analyse de plusieurs carburants usuels et alternatifs possédant une composition chimique bien distincte, dans le but d'appréhender le rôle de chacun des composés dans le processus de production des particules volatiles et non volatiles émises lors de leur combustion.

Références

[1] ICAO, Airbus GMF 2018
[2] Vorster S, et ale. 2050 Scenarios for Long-Haul Tourism in the Evolving Global Climate Change Regime, 2013.
[3] ASTM D7566 Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons.
[4] Jing, L. (2003) 7th ETH Conference on Nanoparticle Measurement, ETH Hönggerberg, Zürich.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2020-19774 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs