



CONFÉRENCE SUR L'AVIATION ET LES CARBURANTS ALTERNATIFS

Mexico (Mexique), 11 – 13 octobre 2017

Point 1 : Avancées de la recherche et de la certification de carburants d'aviation alternatifs

LE POINT SUR LA CERTIFICATION DE CARBURANTS D'AVIATION ALTERNATIFS

(Note présentée par le Secrétariat de l'OACI)

RÉSUMÉ

La présente note décrit les spécifications existantes relatives aux carburants d'aviation alternatifs, les procédés de conversion actuellement approuvés pour la production de carburants d'aviation alternatifs et les procédés de conversion qui sont actuellement en cours d'évaluation. Les défis associés à la certification technique sont également présentés, ainsi que des moyens possibles d'y répondre.

La suite à donner par la Conférence figure au paragraphe 5.

1. INTRODUCTION

1.1 Ainsi qu'il est expliqué dans la note CAAF/2-WP/01, deux types de certification sont associés aux carburants d'aviation alternatifs : a) la certification technique, qui permet de s'assurer que les carburants d'aviation alternatifs respectent les caractéristiques requises pour leur utilisation dans les aéronefs actuels ; et b) la certification de la durabilité des carburants, qui permet de s'assurer qu'un carburant d'aviation alternatif donné respecte des critères définis de durabilité et qu'il est ainsi un carburant d'aviation durable. La présente note porte essentiellement sur la certification technique des carburants d'aviation alternatifs.

1.2 La certification technique des carburants alternatifs a énormément progressé depuis la première Conférence sur les carburants d'aviation alternatifs (CAAF/1). En 2009, il n'existait pas de spécification pour la production de carburants d'aviation alternatifs. Aujourd'hui, il y a des spécifications mondiales en la matière, comme l'ASTM D-7566, la Defence Standard (DEF STAN) 91-091 Issue 9 du Royaume-Uni, la Résolution 63/207 ANP brésilienne et la norme chinoise CTSO-2C701.

1.3 La présente note se concentrera sur les spécifications relatives aux carburants d'aviation alternatifs émises par ASTM International, organisme de normalisation qui édicte des normes internationales, puisque ces spécifications sont largement reconnues sur le plan international. La présente note décrit les cinq procédés de conversion actuellement approuvés par l'ASTM pour la production de carburants d'aviation alternatifs, ainsi que les procédés de conversion qui sont actuellement en cours

d'évaluation¹. L'Appendice A contient une description technique plus détaillée de ces procédés de conversion et l'Appendice B contient un glossaire de termes techniques associés aux procédés de conversion décrits dans la présente note.

2. PROCÉDÉS DE CONVERSION APPROUVÉS COMME ANNEXES À LA NORME ASTM D7566

2.1 La norme ASTM D7566 comprend cinq annexes qui portent sur des procédés de conversion approuvés pour la production de carburants d'aviation alternatifs. Les caractéristiques de base de ces procédés de conversion sont décrites dans le Tableau 1, y compris les matières premières possibles qui peuvent être utilisées par chaque procédé de conversion, ainsi que le taux maximal d'incorporation approuvé pour chaque type de carburants d'aviation alternatifs.

Tableau 1. Procédés de conversion approuvés comme annexes à la norme ASTM D7566

Annexe	Procédé de conversion	Abréviation	Matières premières possibles	Taux d'incorporation par volume	Propositions de commercialisation
1	Fischer-Tropsch : kérosène paraffinique synthétique hydrotraité	FT-SPK	Charbon ⁺ , gaz naturel ⁺ , biomasse	50 %	Fulcrum Bioenergy, Red Rock Biofuels, SG Preston, Kaidi, Sasol, Shell, Syntroleum
2	Kérosène paraffinique synthétique produit par hydrotraitement d'esters et d'acides gras	HEFA-SPK	Bio-huiles, graisses animales, huiles recyclées	50 %	AltAir Fuels, Honeywell UOP, Neste Oil, Dynamic Fuels, EERC
3	Isoparaffines synthétiques produites par hydrotraitement à partir de sucres fermentés	SIP-HFS	Biomasse utilisée pour la production de sucre	10 %	Amyris, Total
4	Kérosène synthétique avec des aromatiques obtenus par alkylation d'aromatiques légers de source non-pétrolières	SPK/A	Charbon ⁺ , gaz naturel ⁺ , biomasse	50 %	Sasol
5	Kérosène paraffinique synthétique produit par la voie Alcohol-to-jet (transformation d'alcool en kérosène)	ATJ-SPK	Biomasse utilisée pour la production d'amidon et de sucre et biomasse cellulosique pour la production d'isobutanol	30 %	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, Lanzatech, Swedish Biofuels, Byogy

⁺ Ces matières premières ne sont pas renouvelables et ne conviennent donc pas pour la production de carburants alternatifs durables, mais elles pourraient être utilisées pour produire des carburants d'aviation alternatifs pour des applications militaires.

¹ Atelier public parrainé par EERE's Bioenergy Technologies Office in Macon, G. f.-1. (2017). *Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*. Macon, Georgia, USA: U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy.

3. NOUVEAUX PROCÉDÉS DE CONVERSION ACTUELLEMENT SOUMIS AU PROCESSUS D'APPROBATION ASTM

3.1 La norme ASTM D7566 a été rédigée afin d'en faciliter l'expansion future, à mesure que de nouvelles méthodes de produire des carburants d'aviation alternatifs sont éprouvées. L'ASTM a également édicté une norme qui décrit les essais et l'évaluation nécessaires pour appuyer la publication d'une annexe D7566 concernant un nouveau procédé de conversion et décrit le rôle des fabricants de moteurs d'aviation à turbines à gaz et d'équipement aéronautique d'origine dans le processus d'essai et d'évaluation. Il s'agit de la norme ASTM D4054 "Standard Practice for Qualification and Approval of New Aviation Turbine Fuels and Fuel Additives" (Pratique normalisée pour la qualification et l'approbation de nouveaux carburants et additifs pour les turbines aéronautiques).

3.2 La norme ASTM D4054 contient, à l'intention des producteurs de carburants d'aviation alternatifs, des orientations sur les essais et les propriétés cibles nécessaires pour évaluer un carburant d'aviation alternatif potentiel. La spécification D4054 est un processus itératif, qui exige du promoteur du carburant qu'il procède à des essais sur des échantillons de carburant afin de mesurer les propriétés, la composition et la performance. Les essais couvrent les propriétés spécifiées de base, des propriétés élargies (propriétés adaptées aux besoins), des tests des équipements et composants des moteurs et, au besoin, des essais pleine grandeur des moteurs. Il s'agit là d'un processus rigoureux qui exige la participation et la collaboration d'un grand nombre des parties prenantes de l'ASTM.

3.3 Le Tableau 2 donne un aperçu des procédés de conversion qui sont actuellement soumis au processus d'approbation en vue de leur inclusion sous forme d'annexe de la spécification ASTM D7566.

Tableau 2. Procédés de conversion actuellement soumis au processus d'approbation ASTM

Procédé de conversion	Abréviation	Matières premières possibles	Procédé de conversion	Notes
Hydrothermolyse catalytique/filière HEFA, point de congélation élevé	CHJ/ HFP-HEFA	Bio-huiles, graisses animales, huiles recyclées	Chevron Lummus Global, Applied Research Associates, Blue Sun Energy	On fait réagir des bio-huiles avec de l'eau dans des conditions de température et de pression élevées. Ce procédé pourrait être utilisé sans mélange.
Co-traitement de bio-huiles dans des raffineries existantes	Co-traitement	Bio-huiles	Chevron, Phillips66, BP ²	Ce co-traitement est fondé sur le traitement de bio-huiles avec des distillats moyens classiques dans des raffineries existantes.
Kérosène paraffinique synthétique par transformation d'alcool en kérosène	ATJ-SPK (en plus de l'isobutanol)	Biomasse utilisée pour la production d'amidon et de sucre et biomasse cellulosique pour la production d'alcool	Gevo (butanol), LanzaTech (ethanol)	L'ASTM examine la production de carburants d'aviation à partir de butanol et d'éthanol en plus de l'isobutanol, qui a déjà été approuvé comme ATJ-SPK (Annexe 5).
Kérosène synthétique avec des aromatiques par transformation d'alcool en kérosène	ATJ-SKA	Biomasse utilisée pour la production d'amidon et de sucre et biomasse cellulosique pour la production d'alcool	Byogy, Swedish Biofuels	Carburant produit avec des bio-aromatiques pour permettre des taux plus élevés d'incorporation.
HEFA Plus	Green Diesel	Bio-huiles, graisses animales, huiles recyclées	Boeing	Les premiers vols d'essai avec un mélange à 15 % HEFA-diesel (diesel vert) ont déjà eu lieu. ³

² http://www.caafi.org/resources/pdf/CoProcessing_of_HEFA_Feedstocks_with_Petroleum_Hydrocarbons_for_Jet_Production_June192015.pdf

4. CONCLUSION

4.1 La certification technique des carburants d'aviation alternatifs a beaucoup évolué depuis CAAF/1, qui a eu lieu en 2009. La mise en place de la spécification ASTM D7566 a été une étape importante. L'existence d'une spécification normalisée reconnue à l'échelle internationale permet à toutes les parties intervenant dans la production, l'achat et l'utilisation de carburants d'aviation alternatifs d'avoir confiance dans la sécurité et la fiabilité du carburant.

4.2 Toutefois, le temps et les dépenses qu'exige l'approbation de nouveaux procédés de conversion restent d'énormes défis pour l'élaboration de nouvelles filières de production de carburants d'aviation alternatifs. Les États et les parties prenantes de l'industrie doivent œuvrer ensemble afin de normaliser et de simplifier le processus d'approbation de nouveaux procédés de conversion couvrant l'ensemble des phases de développement et de déploiement pour permettre une diversification plus poussée des procédés de conversion et des matières premières à utiliser pour la production de carburants d'aviation alternatifs.

4.3 Étant donné la complexité de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie de carburants d'aviation alternatifs, les différents types de matières premières qui peuvent être utilisées pour produire ces carburants et les connaissances requises pour la certification technique et la production de ces mêmes carburants, la coopération mondiale et interdisciplinaire entre les États s'impose pour l'approbation de nouveaux procédés de conversion pour la production des carburants d'aviation alternatifs et la certification technique de nouveaux fournisseurs desdits carburants. Cela aura des effets bénéfiques, en termes de diversification et de disponibilité des carburants d'aviation alternatifs.

5. SUITE À DONNER PAR LA CONFÉRENCE CAAF2

5.1 La CAAF2 est invitée :

- a) à reconnaître l'importance de disposer d'une spécification reconnue internationalement pour les procédés de conversion utilisés pour la production de carburants d'aviation alternatifs ;
- b) à encourager les États à appuyer l'approbation de nouveaux procédés de conversion qui sont en cours d'élaboration ;
- c) à reconnaître la nécessité de collaborations mondiales et interdisciplinaires pour la certification technique ;
- d) à convenir de la nécessité de réduire le temps et les dépenses nécessaires à la certification technique des carburants d'aviation alternatifs et d'explorer des moyens et politiques de réaliser cet objectif.

³ Mawhood, R. et al., (2016). Production pathways for renewable jet fuel: a review of commercialization status and future prospects. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining* 10(4): 462-484.

APPENDIX A

CHEMICAL DESCRIPTION OF THE CONVERSION PROCESSES

Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene (FT-SPK)

FT-SPK AAF is produced by thermally converting the feedstock into a synthesis gas that is then converted in a Fischer-Tropsch (FT) reactor into liquid hydrocarbons such as diesel or jet fuel. The FT synthesis can be described as a set of catalytic processes employing iron-based or cobalt catalysts depending on the synthesis temperature and desired products, e.g. gasoline, olefins, diesel, or paraffins. Ideally, FT-SPK feedstocks should contain high concentrations of carbon and hydrogen to increase the efficiency of this thermochemical process. Common feedstocks for FT synthesis are coal, natural gas, or biomass, however, coal and natural gas are not renewable and thus are not suitable for sustainable aviation fuel production. Biomass is renewable but often has a large variation in carbon content. A less common, but still renewable feedstock, is biogas produced from anaerobic digestion of organic matter, such as landfills, animal manure, and wastewater, or a mixture of liquid and solid biomass⁴. With this conversion process, up to 50% by volume of the FT-SPK component can be blended with conventional Jet A or Jet A-1 fuel.

Synthesized paraffinic kerosene produced from hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA-SPK)

HEFA-SPK is produced by reacting an oil or fat-based feedstock with hydrogen. The primary feedstock are triglycerides, which are building blocks of fats and oils. They are derived from vegetables, animals, or waste oil found in nature. To account for the presence of oxygen and unsaturated carbon bonds, both deoxygenation and hydrogenation process steps are required to produce a saturated hydrocarbon fuel. With this conversion process, up to 50% by volume of the HEFA-SPK component can be blended with conventional Jet A, or Jet A-1 fuel.

Synthesized iso-paraffins produced from hydroprocessed fermented sugars (SIP-HFS)

SIP-HFS are synthetic hydrocarbons that are produced by hydroprocessing and fractionation of farnesene derived from the fermentation of sugars. This conversion is also known as direct sugars to hydrocarbons (DSHC). Possible sugar feedstocks can include sugar cane and beets, corn grain, and pretreated lignocellulosic biomass⁵. The sugars are aerobically fermented into a farnesene intermediate using yeast cells. To obtain farnesene, the intermediate is separated into a solid and liquid part and further into an oil and aqueous phase using centrifugation. With this conversion process, up to 10% by volume of the SIP-HFS component can be blended with conventional Jet A or Jet A-1 fuel.

Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources (SPK/A)

SPK/A stands for FT-SPK with increased aromatics content. A minimum of 8% aromatics is required in AAF blends to ensure sufficient seal swell to prevent fuel system leaks. Therefore, this synthesized fuel that includes aromatics can reach higher blend rates than the ones without aromatics inclusion. Similar

⁴Jingura, R. M. et al., (2009). Optimization of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (5), 1116-1120.

⁵ Staples, M. D. et al., (2014). Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies. *Energy & Environmental Science* 7, 1545-1554.

feedstocks to those used to produce FT-SPK are used with alternative processing steps needed to produce aromatics. According to the ASTM D7566 specification, the SPK/A synthetic blending component shall be comprised of FT-SPK combined with synthesized aromatics from the alkylation of non-petroleum derived light aromatics, primarily benzene. With this conversion process, up to 50% by volume of the SPK/A component can be added to blended with conventional blending components, Jet A, or Jet A-1 fuel.

Alcohol-to-jet synthetic paraffinic kerosene (ATJ-SPK)

ATJ-SPK is produced from isobutanol and processed through dehydration, oligomerization, hydrogenation, and fractionation. Possible feedstocks for isobutanol production include fermentable sugars, such as sugar cane and sugar beet, hydrolysed grain starch from wheat or corn, hydrolysed polysaccharides from lignocellulosic biomass, or wood sent through a thermochemical conversion³. As defined in the specification, up to 30% by volume of the ATJ-SPK component can be blended with conventional Jet A or Jet A-1 fuel.

Catalytic Hydrothermolysis Jet (CHJ) and Co-processing Jet

CHJ is a two-step process of catalytic hydrothermolysis and hydroprocessing. Possible feedstocks are triglyceride-based and include plant oils, waste oils, algal oils, and oils such as soybean oil, jatropha oil, camelina oil, carinata oil, and tung oil. In CHJ the selected feedstock is reacted with water in a supercritical phase to obtain a product resembling light crude oil. Reactions taking place in the hydrothermal process are cracking, hydrolysis, decarboxylation, isomerization, and cyclization. The intermediate is then hydroprocessed, obtaining a blend of diesel, jet fuel, naphtha, and liquefied petroleum gases, which are finally separated via distillation.

Like for CHJ, the feedstock for Co-processing Jet is triglyceride-based. Co-processing is based on the conversion of vegetable oil alongside middle distillates in existing refineries to reduce capital investment.

ATJ-SPK (ethanol)

The ASTM committee responsible for managing the D7566 approval process is reviewing production of jet fuel from alcohols in addition to isobutanol, which has already been approved as ATJ-SPK (Annex 5). Alternative jet fuel production from ethanol is currently in review. Once sufficient test data is collected for other alcohols, this annex may be extended further.

APPENDIX B

GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS ASSOCIATED WITH CONVERSION PROCESSES

Cracking describes the thermal decomposition of a substance.

Cyclization describes a molecule structure change resulting in a ring structure.

Decarboxylation describes the removal of one or several carboxyl groups i.e. COOH, from a molecule.

Dehydration describes the loss of a water molecule.

Deoxygenation describes a process for removing oxygen from oxygen containing compounds.

Farnesene describe branched alkene with the chemical formula: C₁₅H₂₄, consisting of isomers and containing at least (6E)-7,11-dimethyl-3methylene-1,6,10-dodecatriene or (E,E)-3,7,11-trimethyl-1,3,6,10-dodecatetraene.

Fractionation describes a gas/liquid separation and isolation of synthesized iso-paraffins, typically including a distillation step.

Hydrocracking describes the hydrogenation of larger or complex hydrocarbons, followed by cracking, to produce high-octane fuel.

Hydrogenation is a molecular reaction with hydrogen, often associated with the saturation of unsaturated hydrocarbons. It can be either catalytic or by thermal hydrolysis.

Hydrolysis describes a molecule decomposition by bond splitting and the addition of a hydrogen cation and the hydroxide anion of water.

Hydroprocessing describes several conventional chemical processes in which hydrogen is reacted with organic compounds in the presence of a catalyst to remove impurities such as hydrotreating, hydrogenation, or hydrocracking.

Hydrotreating reacts organic compounds with hydrogen to remove impurities such as oxygen, sulphur, and nitrogen.

Isomerization describes a molecule forming a different isomer.

Oligomerization describes the process of converting smaller molecules into intermediate sized ones