Pour citer cet article : Sagot B. et Chazalon L. (2018), Influence des paramètres opératoires et géométriques d'une buse Laskin sur la production d'un brouillard d'huile, Congrès Français sur les Aérosols 2018, Paris

INFLUENCE DES PARAMETRES OPERATOIRES ET GEOMETRIQUES D'UNE BUSE LASKIN SUR LA PRODUCTION D'UN BROUILLARD D'HUILE

B. Sagot* et L. Chazalon

École Supérieure des Techniques Aéronautiques et de Construction Automobile (ESTACA), 12 Avenue Paul Delouvrier, 78180 Montigny-le-Bretonneux, France
*Courriel de l'orateur : benoit.sagot@estaca.fr

ABSTRACT

To study high collection efficiency oil separator, it is necessary to produce a highly concentrated oil mist, to limit the uncertainty on the gravimetric measurement carried out with an Andersen type cascade impactor, especially for the submicronic fraction. In this experimental study, we considered the influence of different physical and geometrical parameters on the aerosol produced by a Laskin nozzle with engine oil. For a given nozzle geometry, we were able to quantify the impact of temperature and flow rate variations on the overall mass concentration and size distribution of the aerosol. We tested different nozzles, with variations of the air ejector diameters, but for a fixed air cross-section, fixed temperatures and flowrate: a reduction of the air diameters produces an increase of the aerosol production, especially for the submicronic fraction.

RESUME

Pour l'étude de séparateurs de brouillard d'huile à haute efficacité fractionnelle, il est nécessaire de générer de façon stable un aérosol de brouillard d'huile suffisamment concentré, pour limiter l'incertitude sur les mesures gravimétriques réalisées avec un impacteur en cascade de type Andersen, et ce en particulier pour la fraction submicronique. L'objectif de cette étude est donc d'étudier l'influence sur la production d'aérosol des conditions opératoires et des paramètres géométriques de la buse Laskin, utilisée classiquement pour ce type de brouillard d'huile moteur. L'étude a permis de quantifier l'impact de la température du bain d'huile et du débit sur la concentration totale en huile et sur la granulométrie. On a pu montrer qu'a iso section de passage d'air et iso débit, une réduction des diamètres d'injection d'air permet d'augmenter la production globale d'aérosol, en particulier pour la fraction submicronique.

KEYWORDS: blow-by, Laskin nozzle, cascade impactor **MOTS-CLÉS :** blow-by, buse Laskin, impacteur en cascade.

1. CONTEXTE

Les séparateurs air-huile sont utilisés dans les moteurs à combustion interne pour la récupération de l'huile contenue dans les gaz de carter, aussi appelés gaz de « blow-by ». Ces gaz de blow-by résultent des fuites entre la chambre de combustion et le carter moteur, et ils circulent donc dans le bas carter qui contient l'huile de lubrification. Le brouillard d'huile polydispersé résultant doit être épuré, pour limiter la pollution, réduire la consommation d'huile du moteur, et enfin pour limiter l'encrassement de la ligne d'admission d'air dans laquelle on réinjecte ces gaz. Pour réduire la consommation en carburant des moteurs, les constructeurs opèrent actuellement plusieurs changements technologiques qui ont un impact majeur sur les gaz de blow-by : passage de pistons en aluminium à des pistons en acier, augmentation des températures moteur et pression cylindre, et enfin réduction des indices de viscosité des huiles. On observe en phase de mise au point de ces moteurs que la charge en huile des gaz de blow-by a fortement augmenté, passant d'environ 0,5 $g.m^{-3}$ au maximum sur un moteur Euro 6, à des valeurs proches de 15 $g.m^{-3}$ actuellement, correspondant à une multiplication d'un facteur 100 des masses collectées pour certaines tailles de particule. Pour récupérer cette huile dont une fraction importante de taille submicronique, les équipementiers développent actuellement des systèmes basés sur une combinaison de séparateurs inertiels et de médias fibreux. Les progrès réalisés grâce à l'utilisation de média fibreux permettent d'obtenir de très bonnes efficacités fractionnelles en particulier pour les particules d'huiles submicroniques. Ces développements sont réalisés sur des bancs « organe », où les gaz de blow-by sont simulés par un générateur de brouillard d'huile. La détermination des efficacités fractionnelles est basée sur des mesures gravimétriques amont et aval, par prélèvement sur impacteur en cascade de type Andersen. Une des difficultés rencontrée actuellement est la limitation en charge d'huile qu'on peut obtenir avec un générateur standard tel que le Palas PLG 2010, en particulier pour les tailles submicroniques, qui impose des temps de mesure importants pour réaliser des mesures précises de l'efficacité fractionnelle.
L'objectif de cette étude est donc d'étudier les paramètres physiques et géométriques qui influencent la charge en huile et la distribution granulométrique d'un brouillard d'huile produit par une buse de type Laskin.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12574

2. METHODE

2.1. Description des essais

Les buses de type Laskin (Laskin, 1948) sont largement utilisées pour la production d'aérosols submicroniques avec notamment de l'huile DEHS, notamment pour l'ensemencement des écoulements, préalable à des mesures optiques de type PIV (Kähler et al., 2002). Pour cette étude, nous utilisons des buses présentées en Figure 1 : plusieurs trous d'air de diamètre d_{air} alimentés en air comprimé produisent des jets d'air immergés dans le liquide, sous une couronne cylindrique, elle-même percée de trous d'huile de diamètre d_{huile}, qui sont positionnés en regard des trous d'air. La fonction de ces trous d'huile telle que décrite par Melling (1997) est d'alimenter en huile la zone à haute vitesse du jet, avec un fort cisaillement qui produit un fractionnement en de fines gouttelettes d'huile, piégées dans des bulles d'air qui remontent ensuite à la surface du liquide.

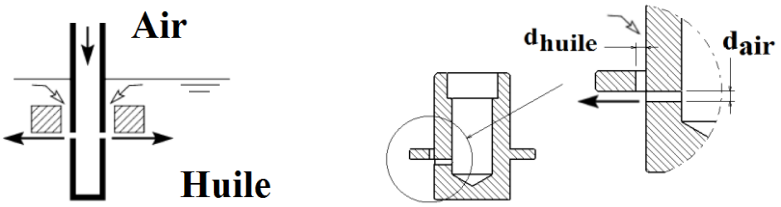

Figure 1. Définition des paramètres géométriques d'une buse Laskin

Lors d'un essai, la buse est fixée au bout d'un tube d'amenée de l'air comprimé. Ce tube traverse le capot d'une enceinte fermée qui contient le bain d'huile moteur (huile synthétique 0W30). L'ensemble est maintenu en température par un radiateur contenant des cartouches chauffantes reliées à un boitier de régulation. Un thermocouple de contrôle permet de s'assurer de la stabilité de la température T_{huile} du bain d'huile. Un débitmètre massique est utilisé pour contrôler le débit d'air dans la buse Laskin, l'air étant préchauffé à une température T_{air}. Pour tous les essais réalisés, les concentrations en aérosols ont été mesurées par un prélèvement dans un impacteur en cascade à 8 étages de type Andersen, dont les diamètres de coupure de chaque étage sont définis, pour un débit de prélèvement constant de 28.3 $l.min^{-1}$. La quantité d'huile collectée sur un média fibreux est déterminée par pesée (balance analytique 101g/0.01mg). Les concentrations totales rapportées dans cette étude correspondent au cumul des masses collectées sur l'ensemble des plateaux et du filtre total positionné en sortie de l'impacteur. Les concentrations très élevées des aérosols ne permettent pas d'utiliser une technique de comptage optique.

2.2. Influence de la température du bain d'huile sur la production d'aérosol

Pour étudier l'influence de ce paramètre température du bain d'huile T_{huile}, nous avons choisi d'utiliser une buse comportant 12 trous d_{air}=0.5 mm, et 12 trous d_{huile}=1 mm, qui produit un aérosol suffisamment concentré dès 80°C, permettant de collecter une masse mesurable sur chaque plateau de l'impacteur Andersen en cinq minutes de prélèvement. La température T_{air} est fixée à 160°C. On présente sur la Figure 2 l'évolution avec la température des concentration en huile par classe granulométrique. On note que la réduction de viscosité de l'huile avec la température produit une augmentation continue de la concentration, sur tous les étages de l'impacteur en cascade.

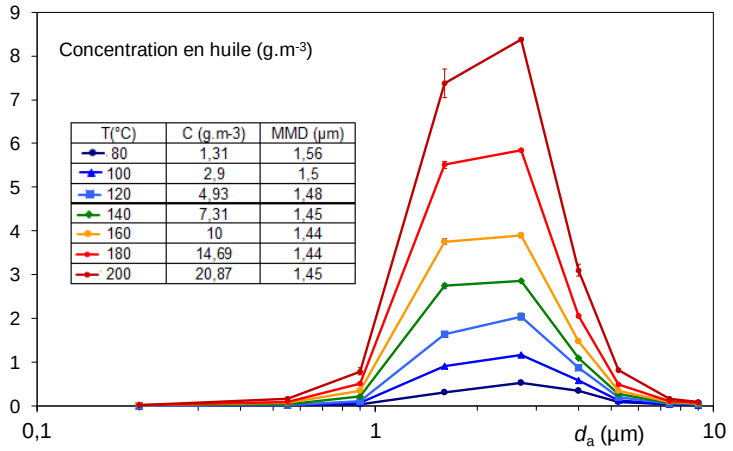

Figure 2. Influence de la température d'huile sur la concentration en huile, par classe granulométrique.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12574

Le tableau présent sur la Figure 2 rapporte les concentrations totales cumulées C(g.m-3) et l'évolution du diamètre médian en masse. On note la forte sensibilité de la concentration à l'augmentation de température, qui produit aussi une diminution limitée du diamètre médian en masse, qui passe de 1,56 à 1.45 µm pour une variation de la température de 80 à 200°C.
Pour la suite de l'étude, les essais sont réalisés avec des température T_{huile} et T_{air} fixées à 160°C. En effet, nous avons constaté une dégradation rapide de l'huile au-delà de cette limite, qu'on peut visualiser sur la Figure 3, pour une huile chauffée durant 24 heures à 200°C.

Figure 3. Etat initial et final d'une huile chauffée 24 heures à 200°C.

2.3. Influence du débit

Pour la même buse (12 trous d_{air}=0.5 mm, d_{huile}=1 mm), nous avons fixé les températures T_{huile} et T_{air} à 160°C, et étudié l'influence du débit dans la gamme 28,3 à 90 l.min^{-1}. On présente sur la Figure 4 l'évolution avec le débit des fractions massiques par classe granulométrique. L'augmentation de la vitesse du jet d'air avec le débit entraine une augmentation de la faction massique des fines particules, et une réduction pour les particules dont le diamètre aérodynamique d_a est d'environ 2 µm.

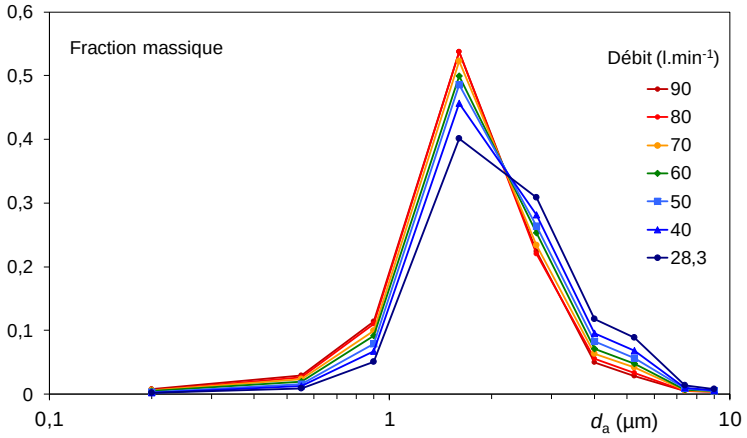

Figure 4. Influence du débit sur la fraction massique par classe granulométrique.

On constate sur la Figure 5 présentée ci-dessous la réduction continue et significative du diamètre médian en masse avec l'augmentation du débit. L'augmentation de la vitesse de jet améliore le fractionnement, puis on observe une diminution de la concentration totale, correspondant à un effet de dilution déjà observé par Echols et Young (1963) pour un aérosol de DOP.

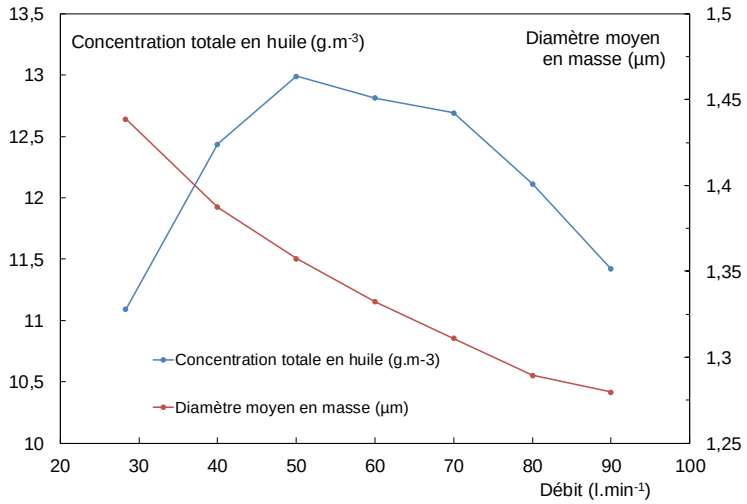

Figure 5. Influence du débit sur la concentration totale et sur le diamètre moyen en masse.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12574

3. INFLUENCE DU DIAMETRE D_{AIR}

Pour compléter l'étude d'influence des paramètres physiques, plusieurs buses ont été testées (voir Tableau 1 ci-dessous), pour lesquelles le rapport d_{air}/d_{huile} est maintenu égal à 0.5, la section de passage maintenue proche de 0,77 mm^2, le débit égal à 28,3 l.min^{-1}, et les températures T_{air} et T_{huile} fixées à 160°C.

Tableau 1. Caractéristiques des buses étudiées

Buse					
Nombre de trous	1	2	4	6	11
d_{air} (mm)	1	0.7	0.5	0.4	0.3
d_{huile} (mm)	2	1.4	1	0.8	0.6

On reporte en Figure 6 l'évolution peu significative du diamètre médian en masse. En revanche, la concentration totale diminue lorsque le diamètre d_{air} augmente. A iso section de passage, à iso débit, la vitesse du jet de gaz dans l'huile est identique. En revanche, la diminution du diamètre et l'augmentation correspondante du nombre de trous produit une augmentation de l'interface air/huile qui peut expliquer l'augmentation de la production d'aérosol.

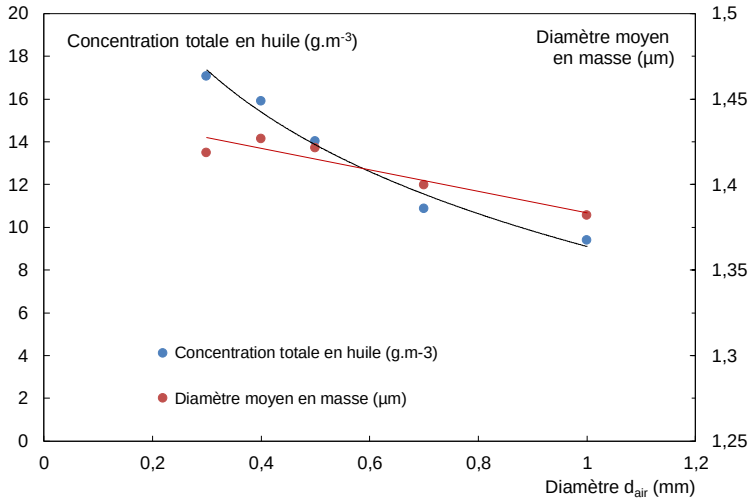

Figure 6. Evolution de la concentration totale et du diamètre médian en masse avec le diamètre d_{air}

4. SYNTHESE

Cette étude a permis de mieux comprendre les paramètres influençant la production en termes de granulométrie et de masse cumulée d'une buse Laskin, pour la génération d'aérosol fortement chargés. En résumé, on peut retenir les points majeurs suivants :

- La température a un impact important sur la concentration totale, sans modification significative de la granulométrie de l'aérosol produit
- Le débit influence la granulométrie : son augmentation permet d'accroître la proportion et la quantité de fines particules submicroniques. L'effet de la dilution n'apparait que pour les grosses particules.
- Pour un débit de gaz donné et à iso section de passage, la réduction des diamètres d_{air} des trous d'éjection d'air permet d'augmenter la production globale d'aérosol, en particulier la fraction submicronique.

Laskin, S. (1948) Submerged aerosol unit. AEC Project Quarterly Report UR-38, University of Rochester

Echols, W. H. and Young J. A. (1963) Studies of air-operated aerosol generators, NRL report 5929, US Naval Research Laboratory, Washington

Melling A. (1997) Tracer particles and seeding for particle image velocimetry. Meas. Science Technol., 8:1406–1416

Kähler, C. J., Sammler, B. and Kompenhans, J. (2002) Generation and control of tracer particles for optical flow investigations in air, Experiments in Fluids 33: 736–742

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12574