EVALUATION DES PERFORMANCES DES MASQUES GRAND PUBLIC A USAGE NON SANITAIRE PAR LA DGA DURANT LA CRISE SANITAIRE COVID-19

C. Sauzaret*, F. Deschamps et D. Presle

[1]DGA Maîtrise NRBC, Code postal : 91710, Vert-le-Petit, France

*Courriel de l'orateur : clovis.sauzaret@intradef.gouv.fr

TITLE

The evaluation of performances of community face coverings by the DGA during the COVID-19 health crisis

RESUME

Durant le confinement lié à la pandémie de COVID-19, la Direction Générale de l'Armement (DGA) a mis en place un processus d'évaluation rapide permettant d'évaluer des prototypes de masques filtrants alternatifs aux masques normés, afin de participer à l'action interministérielle dans le cadre de la mobilisation inédite de l'ndustrie française pour produire des nouvelles catégories de masques à usage non sanitaire. Cet article a pour but de présenter comment les masques grand public à usage non sanitaire (UNS) ont été évalués et comment la montée en cadence des essais a évolué, au niveau des bancs d'essais et des protocoles de test.

ABSTRACT

During the COVID-19 pandemic lockdown, the French Defense procurement Agency (DGA) set up a rapid testing process to evaluate prototypes of alternative filtrating masks to standardized masks, in order to take part into ministerial action for unprecedented mobilization of French industry for the production of new types of non medical masks. This article aims to present how community face coverings for non-sanitary use have been evaluated and how the ramp-up of tests has evolved, in terms of technical challenges and test protocols.

MOTS-CLÉS : masque, média filtrant, COVID-19, efficacité de filtration / **KEYWORDS:** mask, filter media, COVID-19, filtration efficiency

1. DESCRIPTION DE LA SITUATION ET MISE EN PLACE DE L'ARBORESCENCE DE TACHES ET DE TESTS

1.1. Situation de départ

Face à l'urgence sanitaire COVID-19, la DGA est sollicitée par les autorités gouvernementales afin d'aider à identifier et caractériser des solutions permettant d'accroître la disponibilité des masques filtrants. Les premiers résultats sont obtenus à partir du 18 mars, et le nombre d'échantillons testés quotidiennement ne cessera d'augmenter jusqu'à la fin des essais, fin juillet. L'objectif était de proposer un processus d'évaluation rapide pour des masques alternatifs à usage non sanitaire (UNS), pour faire face à la demande en très forte hausse de masques sur le territoire français.

1.2. Déploiement de l'arborescence de tâches et de tests

Pour répondre à l'urgence liée à la crise sanitaire exceptionnelle, DGA Maîtrise NRBC a mis en place une arborescence de tâches et de tests permettant d'évaluer certains matériaux susceptibles de constituer des masques. Cet ensemble de tâches et de tests, nécessitant la mobilisation d'une trentaine d'ingénieurs, de techniciens et d'ouvriers, a notamment mis en œuvre trois bancs d'essais pour obtenir les caractéristiques de filtration particulaire et de perméabilité à l'air des échantillons. Cette arborescence de tâches et de tests est divisée en 7 étapes :

- réception et codification des échantillons ;
- prise de photos et analyse de l'ergonomie du masque ;
- mesure de la perméabilité à l'air pour caractériser la respirabilité du masque ;
- essais sur le banc TULIPE pour mesurer l'efficacité de filtration des échantillons vis-à-vis d'un aérosol à 3 µm et à 1 µm ;
- essais sur le banc aérosol pour mesurer l'efficacité de filtration des échantillons avec un aérosol plus fin centré à 200 nm ;
- essais sur la Tête Anthropomorphe (TA) pour mesurer les facteurs d'adéquation ;
- rédaction des rapports d'essais et échanges avec les industriels et la DGE.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24803 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

1.3. Valeurs seuils de la note interministérielle du 29 mars 2020

La note d'information « nouvelles catégories de masques réservés à des usages non sanitaires » du 29 mars 2020 (Ministère des solidarités et de la santé, Ministère de l'économie et des finances, Ministère du travail) établit 2 catégories de masques barrières devant répondre aux caractéristiques d'efficacité de filtration aérosols et de respirabilité suivantes :

- catégorie 1 : efficacité de filtration des particules de 3 µm émises supérieure à 90% ;
- catégorie 2 : efficacité de filtration des particules de 3 µm émises supérieure à 70% ;
- pour les deux catégories, la perméabilité à l'air doit être supérieure à 96 $L.m^{-2}.s^{-1}$ (pour une dépression de 100 Pa).

2. DESCRIPTION DES PROTOCOLES DE TESTS

2.1. Banc TULIPE: caractérisation des efficacités de filtration à 3 µm

TULIPE est une veine d'essai dynamique permettant de mettre en œuvre des aérosols chimiques ou biologiques.
Un générateur de poudre RBG 1000 Palas (Rotating Brush Generator) alimenté avec de la poudre Holi (fécule de maïs) est utilisé pour la dispersion. Le prélèvement s'effectue par le biais de 3 porte-échantillons plan (diamètre 47 mm) reliés chacun à un APS 3321 (TSI) situé en aval. Les particules d'intérêt centrées sur 3 µm sont dénombrées sur les 3 canaux de l'APS [2,839-3,051-3,278 µm]. Un coefficient de corrélation dépendant des canaux des APS (donc du diamètre des particules) est établi quotidiennement entre chaque couple d'appareils : {Référence - APS Echantillon 1} et {Référence - APS échantillon 2} afin d'assurer l'équivalence des points de prélèvement. Ce coefficient de corrélation est calculé comme suit pour un diamètre donné :

$$C_{corr}(d) = \frac{Mes_{APS\ 1\ ou\ 2}(\mathrm{d})}{Mes_{APS\ ref}(d)}$$

En considérant le débit de prélèvement de l'APS et la section efficace du porte échantillon (43 mm), la vitesse de filtration au travers des échantillons est de 5,7 cm/s. Cette valeur correspond également au ratio de la surface utile des masques filtrants[1] (comprise entre 0,03 et 0,02 m^2) sur un débit d'air[2] de 95 L/min.

2.1. Banc AEROSOL pour la caractérisation des efficacités de filtration aux particules fines (inférieures à 1 µm), et Tête Anthromorphe

Pour les matériaux des masques présentant une bonne efficacité de filtration aux aérosols de 3 et 1 µm, une caractérisation supplémentaire est effectuée dans une veine aérosol aux dimensions semblables à TULIPE, avec un aérosol liquide de DEHS. Cet aérosol polydispersé présente un diamètre de mobilité électrique médian en nombre de 200 nm. L'objectif est, avec un aérosol plus fin, d'identifier les médias filtrants pouvant potentiellement atteindre les performances d'un matériau de type FFP1 ou FFP2.

Un générateur liquide AGF 10.0 permet d'obtenir un flux d'aérosol DEHS qui arrive face au tissu placé dans un porte échantillon cylindrique (48 mm de diamètre), et qui peut circuler de façon libre autour du porte échantillon. Des compteurs de particules de type CNC (GRIMM) permettent de mesurer la concentration en amont et en aval du média filtrant avec un débit de prélèvement de 50 NL/h. Pour chaque masque testé, une corrélation avant/après essai est effectuée pour prendre en compte l'écart intrinsèque des appareils, et l'écart amont/aval.
Pour finaliser l'arborescence de tests, les prototypes de masques dont les matériaux sont les plus performants aux particules fines, sont testés sur la Tête Anthropomorphe. Cette tête robotisée recouverte d'une peau en silicone et reliée à un poumon artificiel reproduit différents mouvements de tête et de bouche pour plusieurs régimes de respiration. L'aérosol mis en œuvre est un aérosol de NaCl (NMD de 60 nm). Cela permet de calculer les facteurs d'adéquation des prototypes de masques.

[1] AFNOR SPEC S76-001 (2020)
[2] EN 149 :2001 + A1:2019 : Appareils de protection respiratoire - Demi-masques filtrants contre les particules : exigences, essais, marquage.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24803 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

3. RESULTATS

3.1. Quelques chiffres

Plus de 7500 médias filtrants ont été testés au banc TULIPE (aérosols de 3 µm), plus de 1500 au banc aérosol (particules fines) et environ 150 prototypes de masques à la Tête Anthropomorphe en 89 jours d'essais. Le nombre de médias testés par jour a augmenté tout au long de la campagne pour atteindre un maximum de 170. Basé sur les études statistiques des premiers résultats, les protocoles de tests ont évolué ; de plus l'amélioration logistique a permis de pouvoir répondre à une demande croissante de tests.

3.2. Analyse de la base de données

Grâce à la base de données constituée, certains résultats ont pu être mis en exergue. Ci-dessous quelques exemples de résultats obtenus sont décrits.
Bien que 50 % des médias les plus performants à 3 µm (efficacité de filtration > 90 %) présentent une perméabilité à l'air inférieure à 200 L/m²/s, il est néanmoins impossible pour un matériau donné de prédire son efficacité de filtration en fonction de sa perméabilité à l'air comme l'illustre la Figure 1 (visualisation de plus de 3000 données).
Il est aussi possible de comparer les efficacités de filtration pour différentes granulométries. Par exemple, en moyenne, la perméance particulaire est 2,2 fois plus élevé à 1 µm qu'à 3 µm. Parmi les 3000 échantillons, 560 présentent des perméances particulaires équivalentes aux deux granulométries. Dans cette population, 75% ont une efficacité de filtration à 3 µm de plus de 90 %.

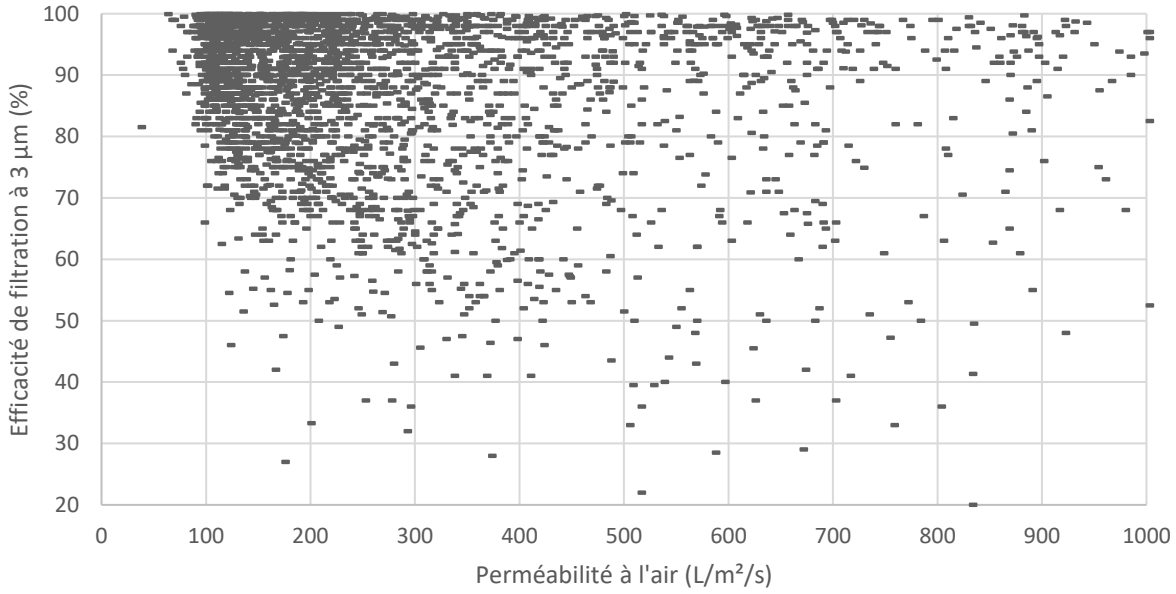

Figure 1. Efficacité de filtration à 3 µm selon la perméabilité à l'air

De la même manière, la base de données permet de conclure que, pour espérer obtenir une efficacité de filtration supérieure à 70% avec un aérosol liquide de DEHS (NMD à 200 nm), l'efficacité de filtration à 3 µm doit être supérieure à 99,8%. Ces différentes analyses ont permis l'évolution des protocoles de tests pour optimiser le nombre d'échantillons évalués au banc aérosol.

D'autres résultats seront exploités tels que l'influence des lavages sur l'efficacité de filtration et sur la perméabilité à l'air, et la corrélation entre l'efficacité de filtration à 3 µm et celle pour un aérosol centré à 200 nm.

4. CONCLUSION

En ne prenant en compte que la base de données publiée par la DGE au 30 juillet 2020 pour les masques grand public, quelques 1800 médias ont été évalués en catégorie 1 et 1500 en catégorie 2.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24803 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs