

INFLUENCE DES MOYENS DE GENERATION ET DE MESURE DES AEROSOLS SUR L'EFFICACITÉ DE FILTRATION DE MASQUES CHIRURGICAUX

A. Joubert*¹, A. Bouhanguel¹, Y. Andrès¹ et L. Le Coq¹

¹IMT Atlantique, UMR CNRS 6144 GEPEA, 4 rue Alfred Kastler, NANTES

*Courriel de l'orateur : aurelie.joubert@imt-atlantique.fr

TITLE

Influence of aerosol generation and measurement technics on the filtration efficiency of surgical masks

RESUME

Les efficacités de filtration de masques chirurgicaux ont été évaluées expérimentalement pour différentes particules : DEHS, alumine, poudre Holi et NaCl, en fonction de différentes conditions de génération et de comptage d'aérosols (compteurs optique et aérodynamique). Les efficacités de filtration ont été déterminées à partir des mesures réalisées sur des échantillons de masques neufs non traités (avec charge électrostatique) et préalablement exposés à une vapeur d'isopropanol (sans charge électrostatique). Les résultats ont mis en évidence que la nature des aérosols influe significativement sur les résultats d'efficacité de filtration pour les masques chargés comme déchargés ; les charges portées par les particules contribuent à l'amélioration de l'efficacité des masques.

ABSTRACT

The filtration efficiencies of surgical masks were experimentally evaluated for different particles: DEHS, alumina, Holi powder and NaCl, with different conditions of aerosol generation and counting (optical and aerodynamic counters). Filtration efficiencies were determined from measurements with samples of new masks untreated (with electrostatic charge) and previously exposed to isopropanol vapor (without electrostatic charge). The results showed that the nature of aerosols has a significant influence on the filtration efficiency results for both charged and discharged masks; the charges carried by the particles contribute to the improvement of mask efficiency.

MOTS-CLÉS : masques chirurgicaux, efficacité de filtration, charge, diamètre équivalent des aérosols / **KEYWORDS**: surgicl masks, filtration efficiency, charge, aerosol equivalent diameter

1. INTRODUCTION

L'urgence sanitaire pendant la pandémie de Covid-19 a conduit les laboratoires compétents et équipés à réaliser des tests de performances de masques. L'enjeu était d'apporter une première réponse aux questions de R&D émanant d'industriels ou du secteur médical pour la réalisation de nouveaux types de masques en particulier les masques barrières, ou encore pour tester des méthodes de décontamination (lavage stérilisation etc) de masques chirurgicaux afin d'augmenter leur durée d'utilisation. Les critères de performances testées sont la respirabilité exprimée en $L/m^2/s$ (pour une dépression de 100 Pa) et l'efficacité de filtration des particules de 3 μm exprimées en % en nombre.

Différents protocoles d'essai existent, celui décrit dans le document DGA du 25 mars 2020 publié en réponse au développement massif des masques barrières, ou encore des méthodes d'essai issues de normes telles que EN 14683+AC d'août 2019 pour les masques à usage médical permettant la détermination d'une efficacité de filtration bactérienne.

L'inter-comparaison entre laboratoires de résultats d'efficacité de filtration de particules par des masques met en évidence des écarts pouvant être significatifs. Or les méthodes d'essais varient d'un laboratoire à l'autre tant par la nature des aérosols de test (solide ou liquide), la technique de génération des aérosols, la méthode de comptage (e.g. optique ou aérodynamique) et de prélèvement des aérosols, la dimension de l'échantillon de masque testé et son positionnement dans la veine de mesure ou encore la vitesse de filtration.

L'objectif de cette étude est de comparer l'influence des systèmes de génération et de comptage des aérosols sur l'efficacité de collecte de particules par des masques. L'influence de différents paramètres a été investiguée : la charge portée par les particules en fonction de leur nature et de leur moyen de génération, la charge portée par les masques, l'expression des résultats en diamètres équivalents, la nature des aérosols en lien avec les paramètres précédents.

2. MATERIELS ET METHODES

Le dispositif expérimental utilisé pour les tests comprend une veine d'essai de section carrée 0,274x0,274 m² dans laquelle s'écoule l'air à une vitesse de 9,6 cm/s (vitesse préconisée dans la norme NF EN 14683+AC. En plus de la buse d'injection d'aérosols, située en entrée, deux cannes de prélèvement, de dimensions identiques, sont disposées parallèlement et sur le même plan dans la veine. Les échantillons de masques, qui ont une surface de filtration de 7,3 cm², sont installés sur l'une des deux cannes. Le prélèvement est assuré par le compteur de particules relié successivement aux deux cannes, à une vitesse d'aspiration de 11 cm/s proche de la vitesse de l'écoulement dans la veine.

Les aérosols sont générés en entrée de la veine sans neutralisation préalable ; plusieurs aérosols de test ont été employés : DEHS, Alumine, poudre HOLI (amidon de maïs) et NaCl. Les différents moyens de génération et de comptage des aérosols testés sont présentés dans le Tableau 1. De plus, la charge des aérosols a été déterminée par mesure du courant électrique sur les plateaux d'un impacteur ELPI (Dekati) dans le dispositif d'essai.

Tableau 1. Moyens de génération et de comptage des aérosols testés

	DEHS (di-éthyl-hexyl- sébacate)	Alumine (Al ₂ O ₃)	HOLI (amidon de maïs)		NaCl	Compteur/diamètre équivalent
	bi-génération (MAG 3000 Palas + AGK 2000 Palas)	dispersion poudre par générateur à brosse tournante (RBG1000 Palas)	dispersion poudre par générateur à brosse tournante (RBG1000 Palas)	atomisation suspension (AGK 2000 Palas)	atomisation solution à 10 g/L (AGK 2000 Palas)	
Masque chargé	x	x	x	x	x	Welas Palas/ Diamètre optique
	x	x	x		x	APS TSI/ Diamètre aérodynamique
Masque déchargé	x	x	x	x	x	Welas Palas/ Diamètre optique

L'efficacité de filtration des échantillons de masques est déterminée à partir des distributions granulométriques mesurées en aval de l'échantillon positionné sur la première canne de prélèvement et dans la seconde canne vide (représentant la distribution en amont de l'échantillon testé). Pendant la mesure de l'efficacité, la perte de charge générée par l'échantillon de masque est mesurée afin de s'assurer que le colmatage du masque est négligeable.

Les masques utilisés dans cette étude sont des masques chirurgicaux de type IIR fournis par CA diffusion et conformes à la norme EN 14683+AC août 2019. Il s'agit de non-tissé en fibres de polypropylène. Les propriétés des masques de type IIR définies par la norme sont :

- Une propreté microbienne inférieure à 30 UFC/g de masque.
- Une efficacité de filtration bactérienne supérieure à 98% avec une taille moyenne de particules de 3 +/- 0,3 µm (mention II)
- Une pression différentielle inférieure à 60 Pa/cm²
- Le masque comporte sur sa face externe une couche de protection résistante aux éclaboussures de sang ou de fluides corporels pouvant se produire en bloc opératoire (pression de résistance aux projections ≥16 kPa) (mention R).

Les masques ont été testés avant et après neutralisation des charges par exposition à une vapeur d'isopropanol selon le protocole de la norme ISO 16890-4.

3. RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

Les résultats d'efficacité fractionnelle de filtration des masques en fonction des différentes conditions expérimentales sont présentés sur la Figure 1.

Les distributions granulométriques des aérosols testés diffèrent en fonction de la méthode de comptage et du diamètre équivalent en vigueur, en raison de la non sphéricité des aérosols : un glissement des courbes est observé avec un diamètre modal aérodynamique supérieur à l'optique pour tous les aérosols : e.g. 0,2 vs 0,6 µm pour le NaCl ou encore 0,3 vs 0,8 µm pour la poudre HOLI (via RBG 1000 Palas). Parmi les aérosols testés, seuls le DEHS, la poudre HOLI et l'alumine mesurés et exprimés en diamètre aérodynamique ont une fraction granulométrique supérieure ou égale à 3 µm.

Concernant la poudre HOLI, la méthode de génération (dispersion de poudre ou atomisation d'une suspension) influe non seulement sur la distribution granulométrique mais également sur les charges portées par les particules (positives vs négatives). Il est à noter que pour le même système de génération par

dispersion de poudre avec brosse tournante, des charges opposées ont été observées suivant la nature de la poudre (alumine ou HOLI). Globalement, l'aérosol de DEHS généré est neutre, l'aérosol d'alumine et d'HOLI généré par atomisation de suspension sont chargés négativement, l'aérosol de NaCl est également négatif (plus faiblement) alors que l'aérosol d'HOLI généré par dispersion avec brosse tournante est chargé positivement.

Les résultats montrent que pour des diamètres > 1µm, l'efficacité des masques chargés est quasi-identique quel que soit l'aérosol employé (proche de 100%). Pour des tailles de particules < 1µm les résultats sont disparates avec une efficacité de filtration du DEHS sensiblement plus faible (aérosol neutre) que celles obtenues avec les aérosols portant les charges les plus importantes (positives ou négatives), à savoir l'alumine et la poudre HOLI.

Enfin, pour tous les aérosols testés, l'efficacité du masque déchargé est significativement plus faible à partir des diamètres de particules < 1µm (sans effet au-delà).

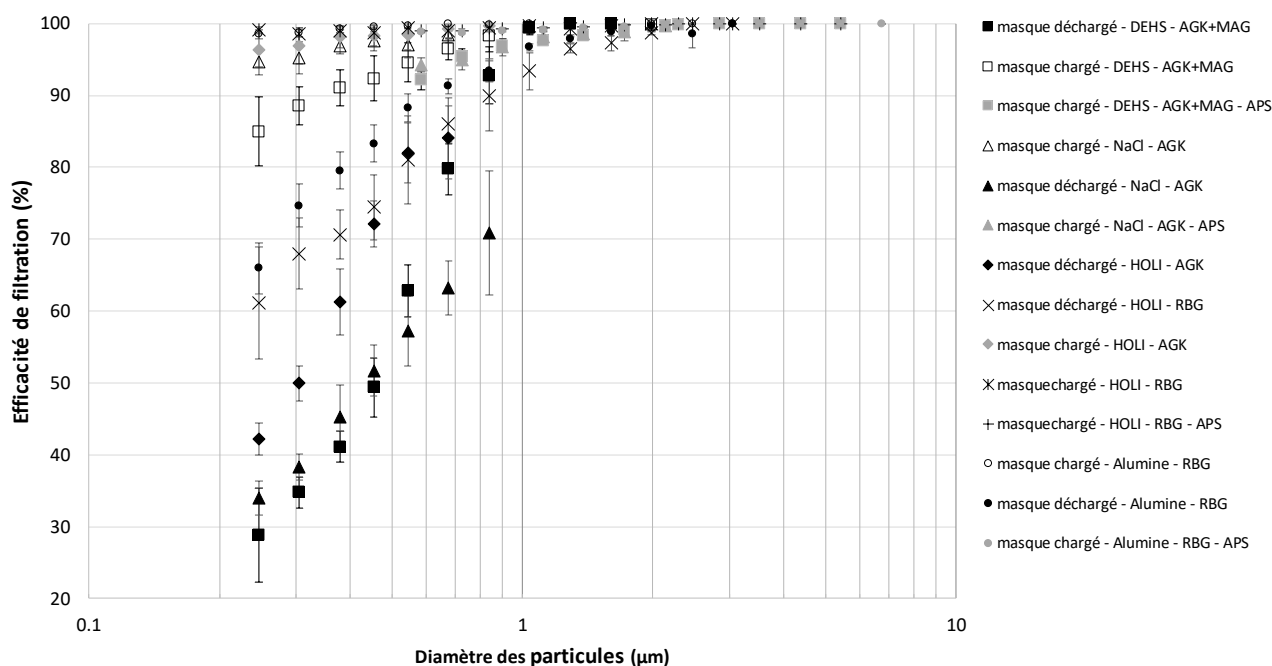


Figure 1. Efficacités fractionnelles de filtration des masques chirurgicaux de type IIR pour les différentes conditions testées (mesures réalisées avec le compteur optique Welas si mention APS pour compteur aérodynamique absente)

Ce travail a été réalisé dans le cadre du consortium national de laboratoires CNRS et CEA ainsi que d'industriels ayant travaillé sur la réutilisation des masques chirurgicaux.

EN 14683+AC d'août 2019 Masques à usage médical - Exigences et méthodes d'essai - Masques à usage médical - Exigences et méthodes d'essai

NF EN ISO 16890-4 Mai 2017 Filtres à air de ventilation générale - Partie 4 : méthode de conditionnement afin de déterminer l'efficacité spectrale minimum d'essai