

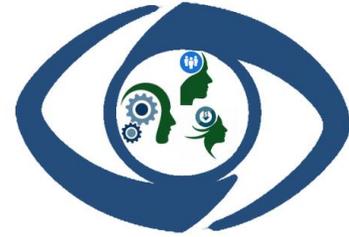
43e CONGRÈS ANNUEL



AQHSST
Association québécoise pour l'hygiène,
la santé et la sécurité du travail



Un nouveau REGARD
sur la prévention de DEMAIN



Des médias filtrants plus efficaces contre les particules ultrafines : application aux vêtements de protection chimique

Université 
de Montréal
et du monde.



NSERC
CRSNG



CReSP
Centre de recherche
en santé publique

Adnan Masri, *étudiant au doctorat*

Pr. Ludwig Vinches, *Ph.D.*

Plan

1. Introduction
2. Problématique
3. Objectifs
4. Méthodologies
5. Conclusion

Introduction

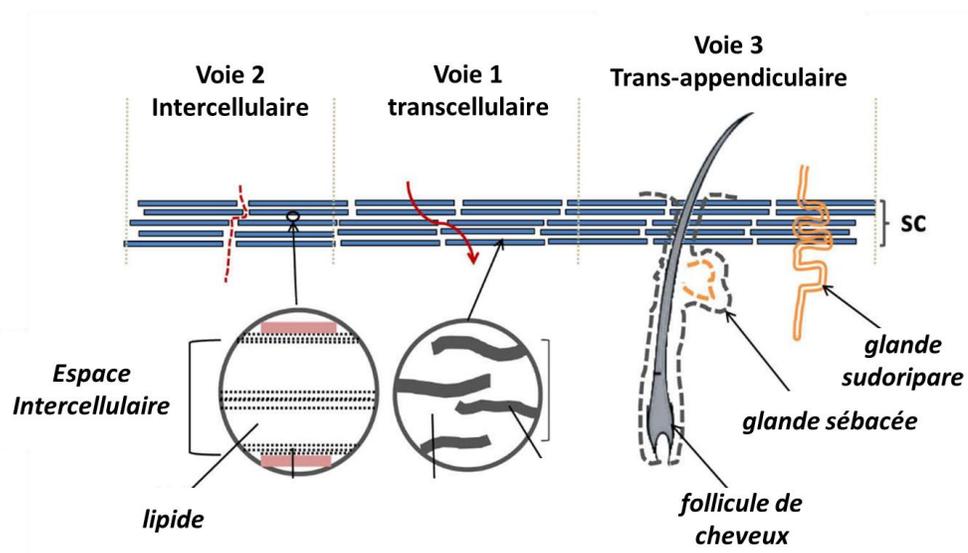
Les particules ultrafines (PUF) :

- Les PUF sont des particules de diamètre < 100 nm
- Elles sont émises dans différents milieux de travail, surtout au cours de procédés de transformation ou d'usinage (procédés d'usinage des métaux, soudage, peinture industrielle, décapage, impression 3D, etc.)
- Les PUF présentent des **effets néfaste sur la santé** des travailleurs surtout au niveau cardiovasculaire et respiratoires

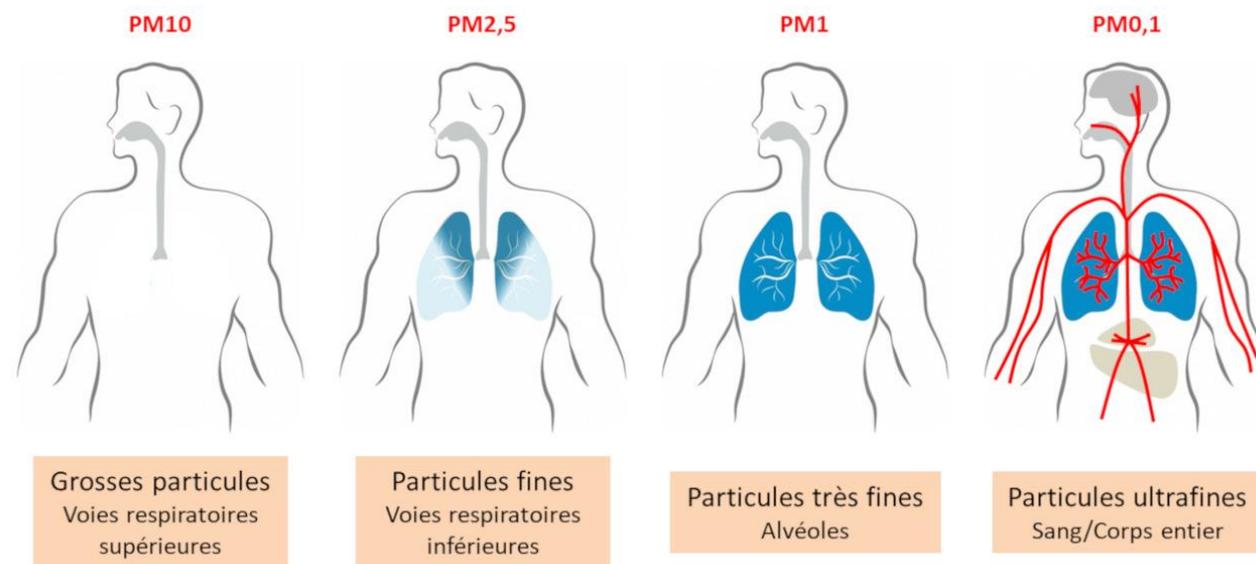


Les voies de pénétration des PUF :

- L'inhalation et la voie cutanée sont les principales voies de pénétration dans l'organisme
- La taille nanométrique des PUF facilite leur pénétration en profondeur et peuvent se retrouver dans des organes sensibles comme les reins ou encore le cerveau
- Elles peuvent causer des réactions inflammatoires, des maladies cardiovasculaires, etc.

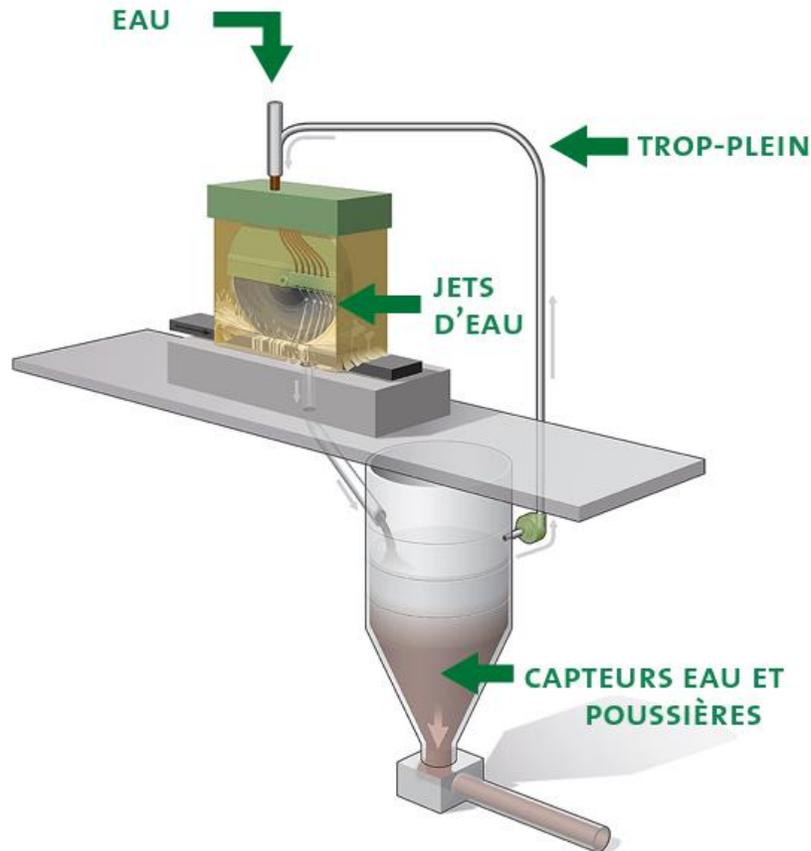


Pénétration cutanée des particules (adaptée de Liang et al, 2013)



Pénétration par inhalation des particules (© Encyclopédie de l'Environnement)

Moyens de prévention



Outil de décapage muni de jet d'eau et de capteur à la source

<https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr>

Élimination à la source
ex. : conception de l'équipement

Remplacement
ex. : produit ayant une toxicité plus faible

Contrôle technique
ex. : système de ventilation, protecteur sur machine

Sensibilisation
ex. : alarme sonore, signalisation

Mesures administratives
ex. : procédures de travail sécuritaire, formation des travailleurs

Équipements de protection individuelle
ex. : gants, lunettes, mesures pour assurer l'utilisation et l'entretien adéquats

EFFICACITÉ +

-

Mesure de prévention contre les risques en milieu de travail (©CNESST)

Moyens de prévention



Élimination à la source
ex. : conception de l'équipement

Remplacement
ex. : produit ayant une toxicité plus faible

Contrôle technique
ex. : système de ventilation, protecteur sur machine

Sensibilisation
ex. : alarme sonore, signalisation

Mesures administratives
ex. : procédures de travail sécuritaire, formation des travailleurs

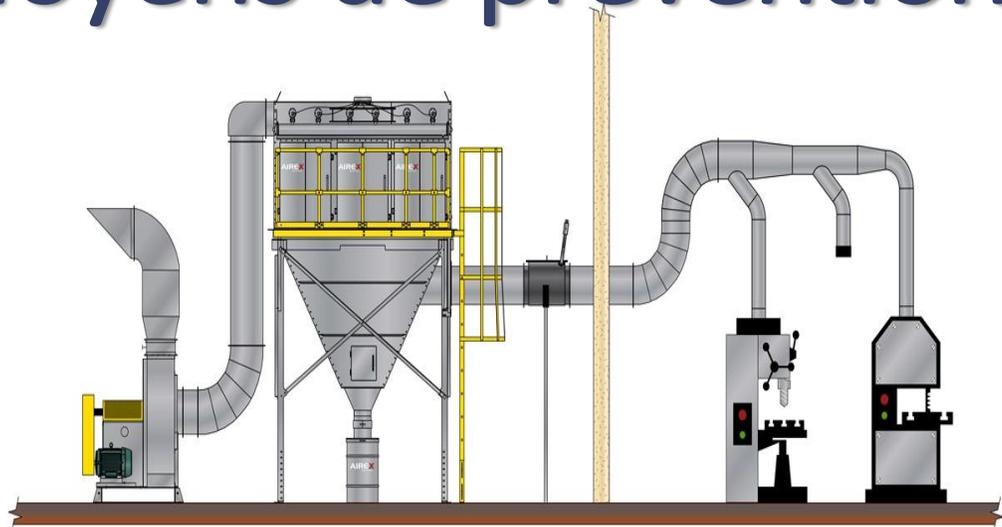
Équipements de protection individuelle
ex. : gants, lunettes, mesures pour assurer l'utilisation et l'entretien adéquats

EFFICACITÉ +

-

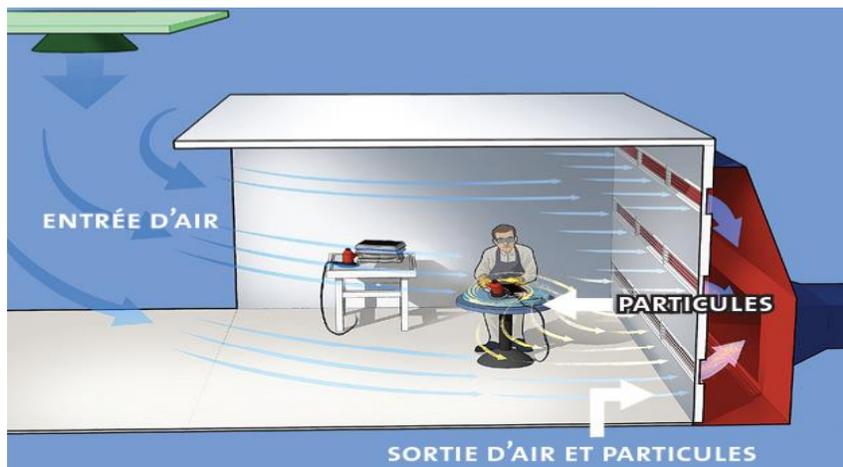
Mesure de prévention contre les risques en milieu de travail (©CNESST)

Moyens de prévention



Système de dépoussiérage industriel

<https://www.airex-industries.com>



Enceinte à flux d'air horizontal

<https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr>

Élimination à la source
ex. : conception de l'équipement

Remplacement
ex. : produit ayant une toxicité plus faible

Contrôle technique
ex. : système de ventilation, protecteur sur machine

Sensibilisation
ex. : alarme sonore, signalisation

Mesures administratives
ex. : procédures de travail sécuritaire, formation des travailleurs

Équipements de protection individuelle
ex. : gants, lunettes, mesures pour assurer l'utilisation et l'entretien adéquats

Mesure de prévention contre les risques en milieu de travail (©CNESST)

EFFICACITÉ +
-

Moyens de prévention



Équipement de protection individuelle.

<https://www.cchst.ca>

Élimination à la source
ex. : conception de l'équipement

Remplacement
ex. : produit ayant une toxicité plus faible

Contrôle technique
ex. : système de ventilation, protecteur sur machine

Sensibilisation
ex. : alarme sonore, signalisation

Mesures administratives
ex. : procédures de travail sécuritaire, formation des travailleurs

Équipements de protection individuelle
ex. : gants, lunettes, mesures pour assurer l'utilisation et l'entretien adéquats

Mesure de prévention contre les risques en milieu de travail (©CNESST)

EFFICACITÉ +
-

Équipement de protection individuelle (EPI)

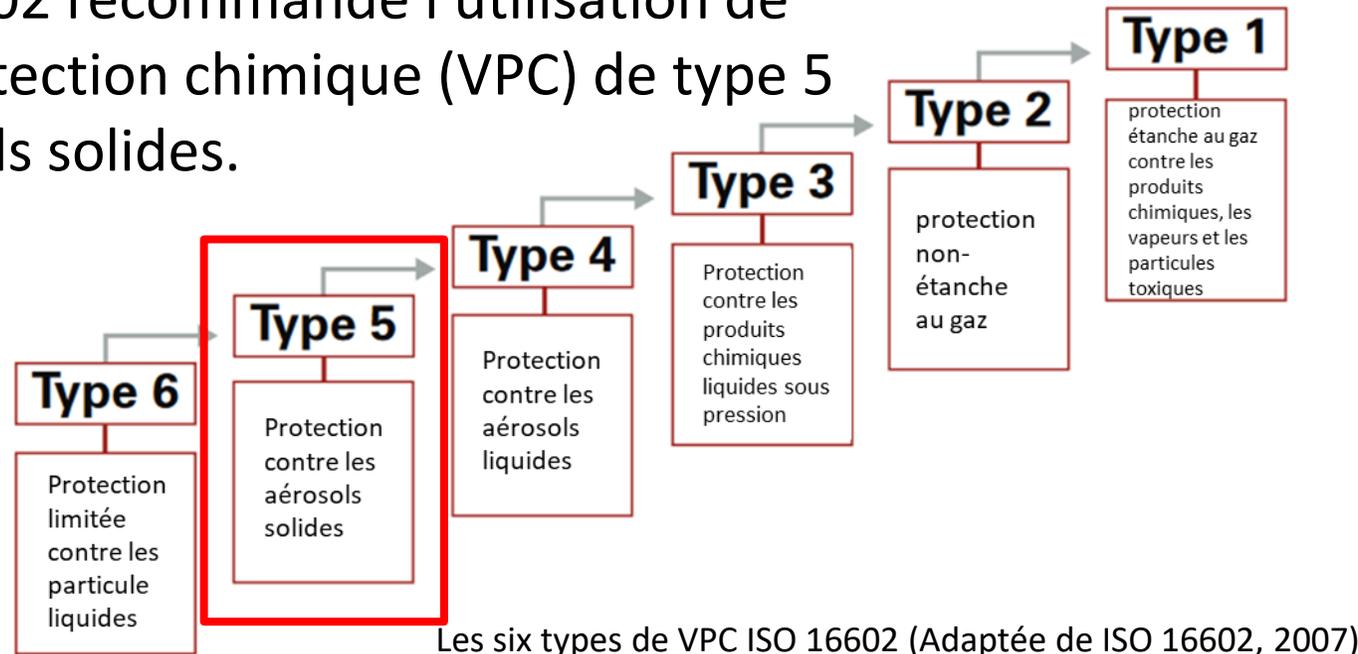
- L'utilisation des pièces faciales filtrantes comme les APR à filtre P100
- La norme ISO 16602 recommande l'utilisation de vêtements de protection chimique (VPC) de type 5 contre des aérosols solides.



Masque N95



Masque P100

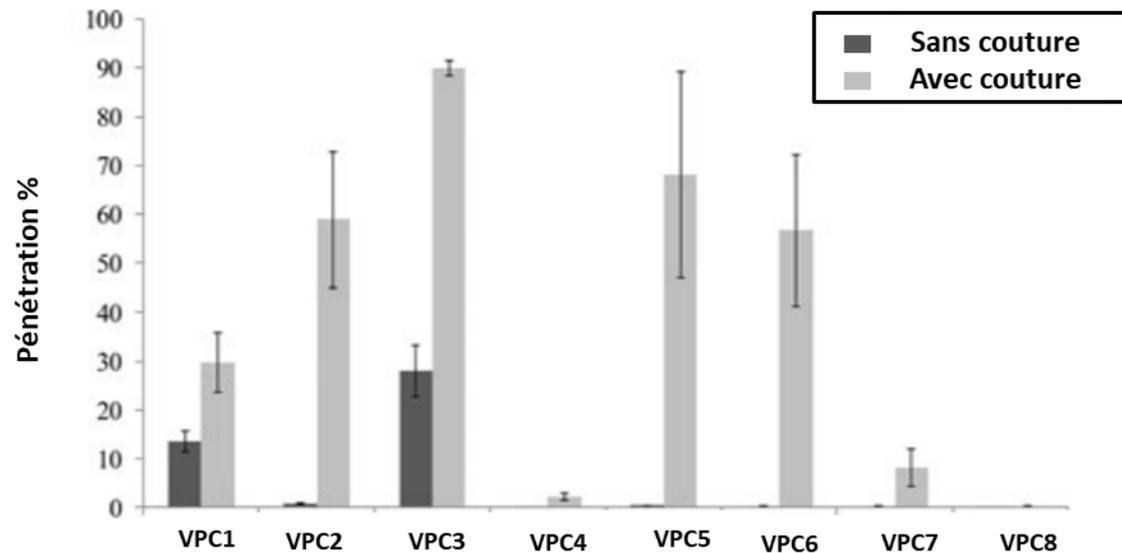


VPC type 5

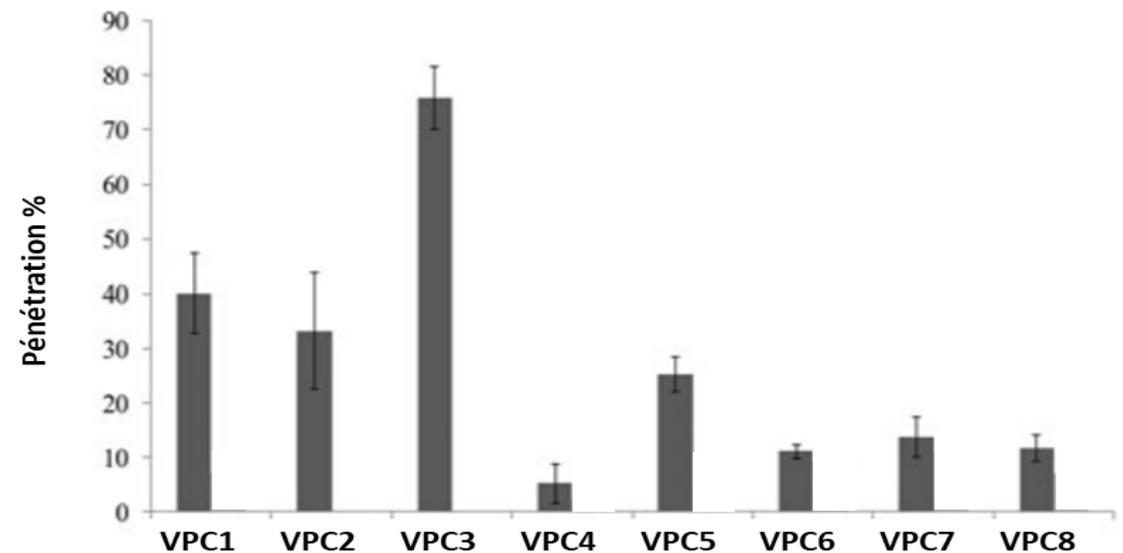
Problématique

Faible performance de filtration :

- Filtration insuffisante au niveau des coutures et des fermetures Éclair



Pénétration d'un aérosol de particules de NaCl (100 nm) à travers des structures de VPC avec et sans couture (tirée de Vinches, L. et Hallé, S., 2017)



Pénétration d'un aérosol de particules de NaCl (100 nm) à travers les fermetures Éclair des VPC (tirée de Vinches, L. et Hallé, S., 2017)

Problématique

Impact sur l'environnement :

- La majorité des VPC de type 5 est fabriquée à base de polymères synthétiques non-biodégradables comme le polypropylène (PP) et le polyéthylène (PE)
- Ces polymères thermoplastiques sont parmi les premiers polluants sur Terre
- Temps de dégradation dans la nature : entre 100 et 500 ans



Pollution causée par les masques en PP

<https://intriper.com>

Objectifs

- 1 Une structure textile qui assure une haute performance de filtration contre les aérosols de particules solides de taille nanométrique
- 2 Une structure avec des propriétés plus écologiques (recyclable et / ou biodégradable)
- 3 Intégrer cette structure dans une structure de vêtement de protection chimique

Méthodologies

Électrofilage :

- Méthode efficace pour développer des structures non-tissées nanométriques

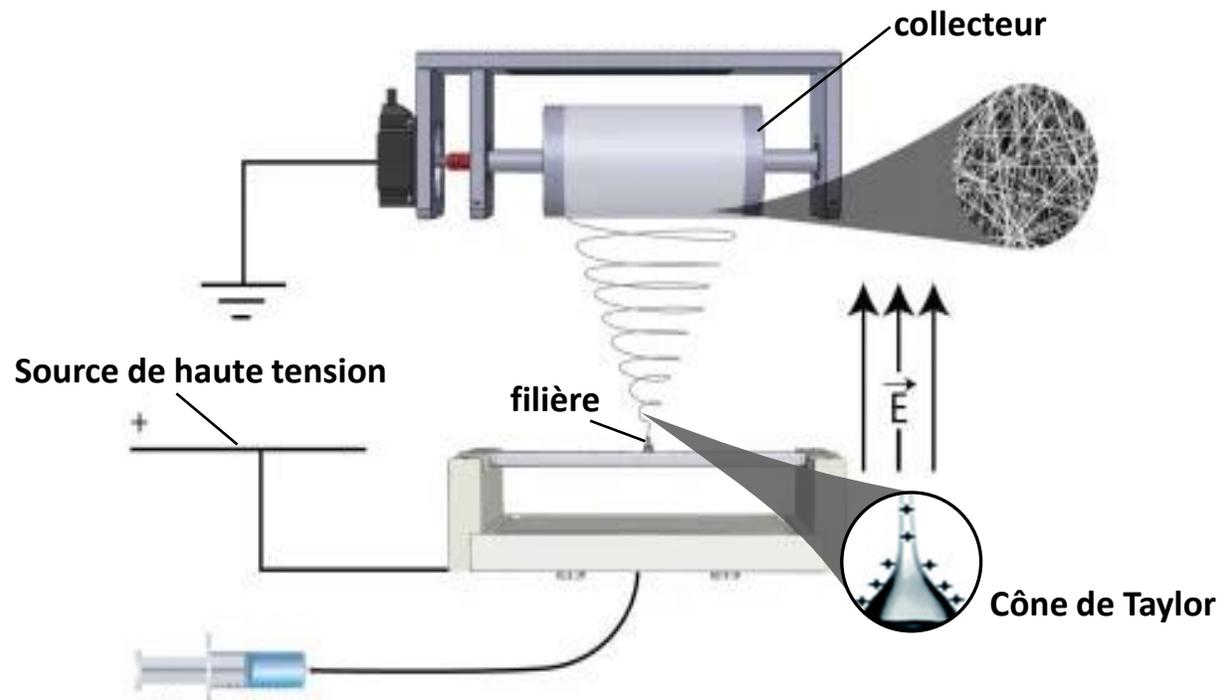
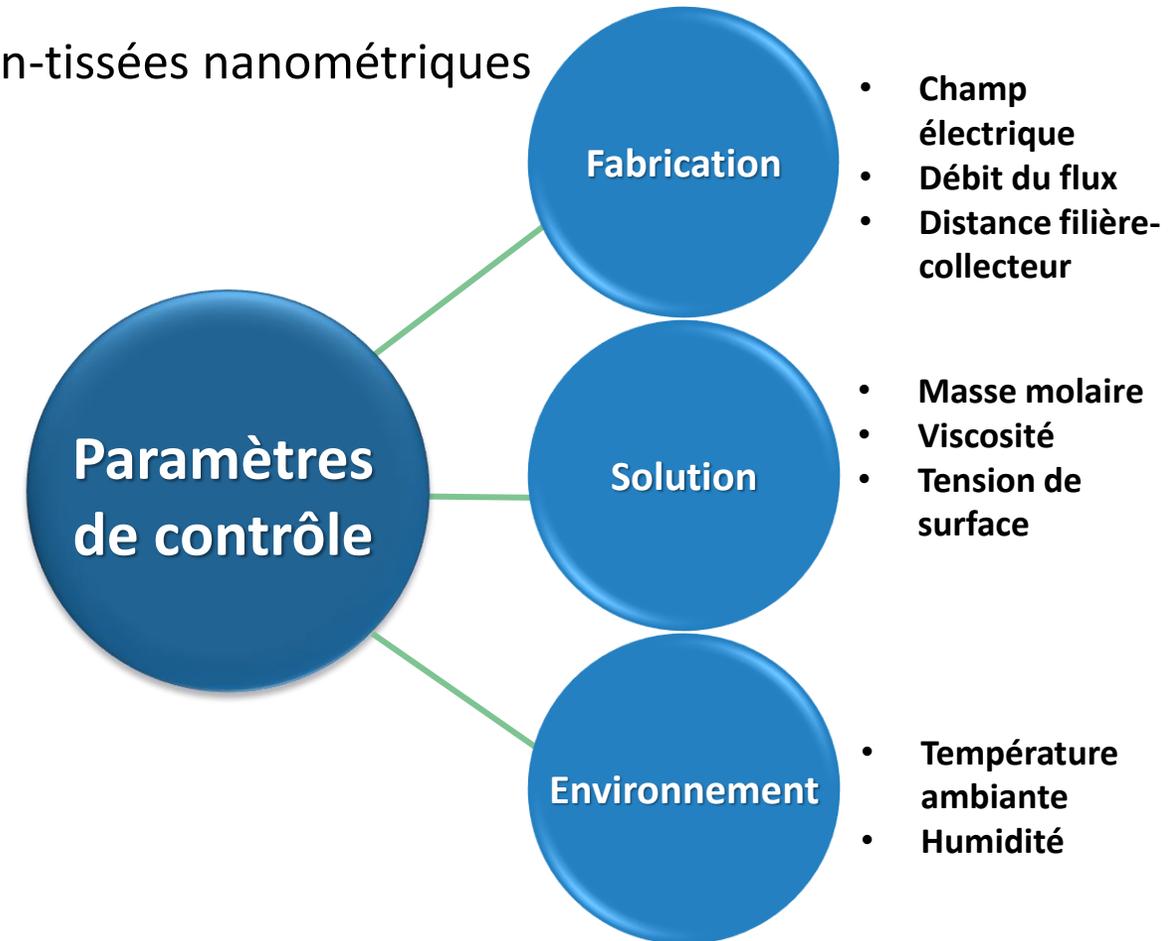


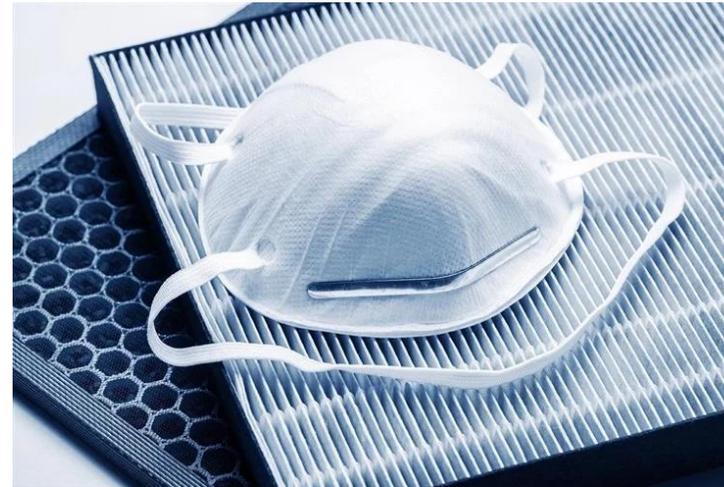
Image Credit : Inovenso

Principe de l'électrofilage



Applications :

- Médias filtrants : filtre d'air (HEPA, ULPA), des filtres d'eau, les appareils de protection respiratoire, etc.
- Génie biomédical : pansement de blessure, génie tissulaire, traitement des os, etc.
- Applications technologiques : batterie, cellule solaire, détecteur, etc.



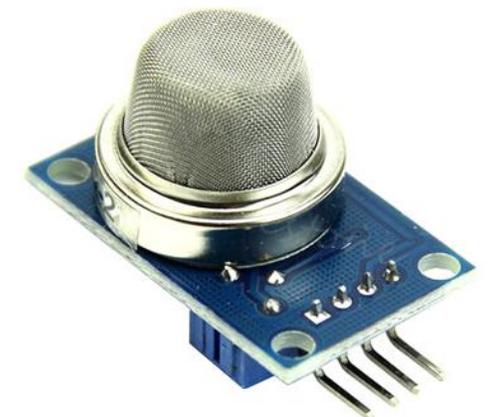
Médias filtrants électrofilés (©Inovenso)



Pansement électrofilé (Arifa Parveen, 2018)



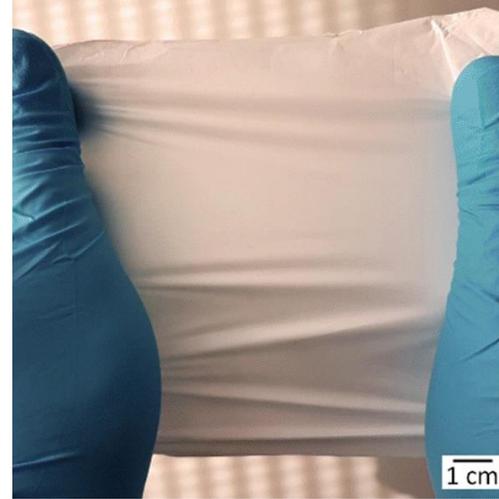
Cellule solaire portable électrofilée (Xue et al., 2019)



Détecteur de gaz
<https://components101.com>

Applications aux VPC :

- Grâce à l'électrofilage, on peut obtenir des structures non-tissées fibreuses
- Ces membranes sont composées de fibres nanométriques
- La taille des fibres et des pores améliore la qualité de filtration des aérosols de particules solides
- Intégrer ces structures dans des VPC devrait améliorer leur efficacité de filtration contre les PUF



Membrane électrofilée
(Keirouz et al., 2020)

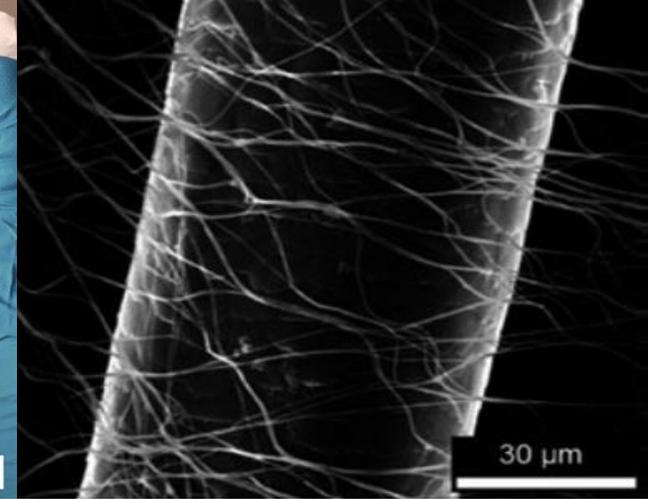
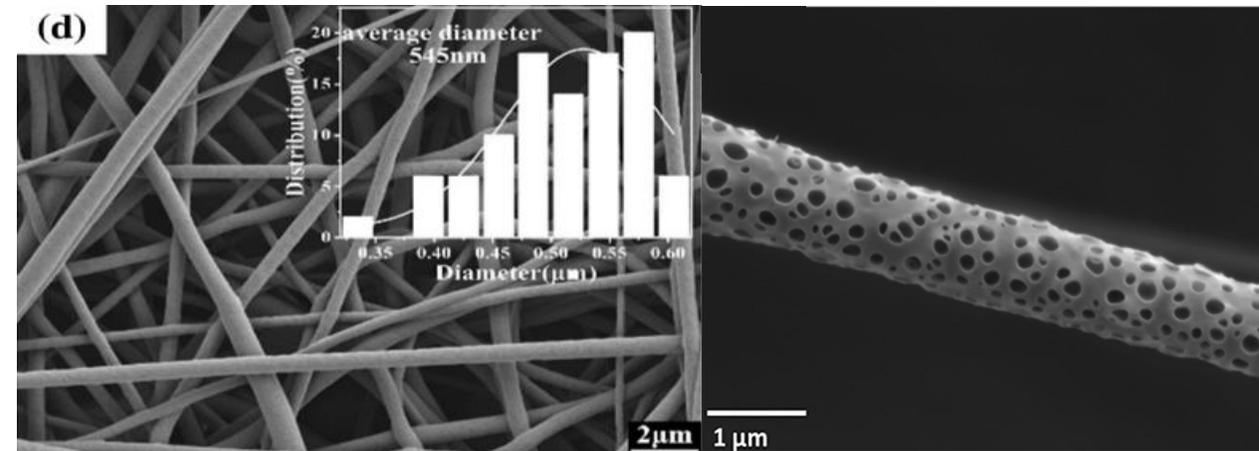


Image au microscope électronique
d'un cheveu humain entouré de fibres
électrofilées
(Wang et al., 2018)



Distribution des dimensions des fibres
(Gu et al., 2017)

Fibre poreuse électrofilée
(Huang et al., 2018)

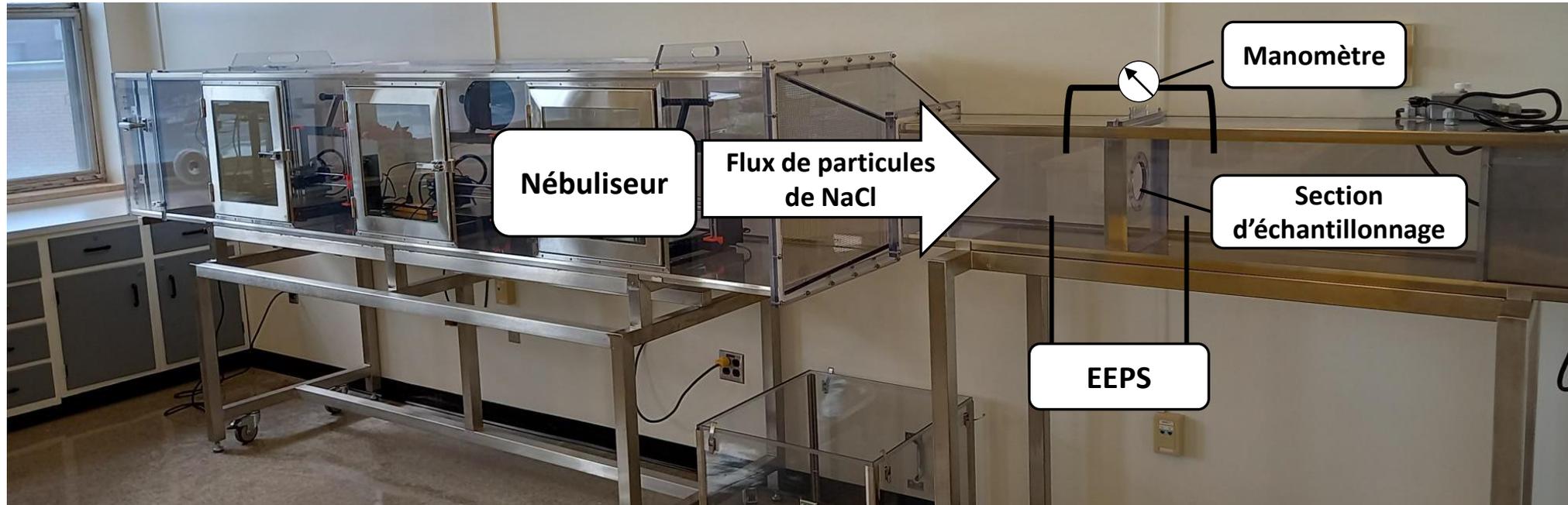
Polymères biosourcés :

- La majorité des polymères biosourcés sont électrofilables comme la cellulose, le collagène, etc.
- L'acide polylactique (PLA) est un bioplastique compostable à base d'amidon de maïs
- Biodégradable jusqu'à 70 % en 90 jours
- Bonnes propriétés mécaniques similaires au PP et au PE déjà utilisés dans les VPC
- 65 % moins d'énergie requise pour produire le PLA en comparaison avec les plastiques conventionnels

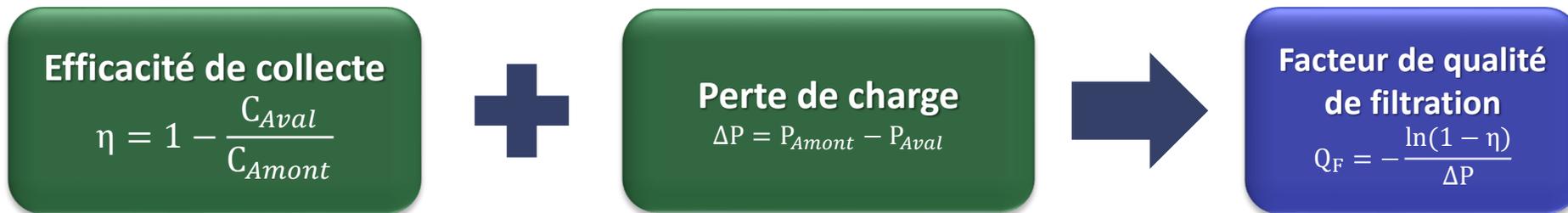


Granule de PLA
(<https://www.3dnatives.com>)

Mesures de filtration :



Banc expérimental pour la mesure de l'efficacité de filtration

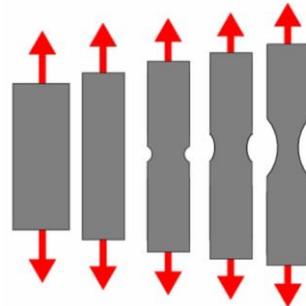


Analyses complémentaires :

Paramètres de structure

- Diamètre des fibres
- Diamètre des pores
- Porosité
- Épaisseur de la structure

Propriétés mécaniques



Tests de résistance à la traction

<https://fractory.com>

Inflammabilité



Tests d'inflammabilité

<https://www.ceisaret.com>

Enfin, les structures filtrantes seront intégrées dans la structure des VPC et particulièrement au niveau des points faibles

Conclusion :

- Les structures filtrantes nanométriques doivent fournir une meilleure performance contre les PUF
- L'électrofilage est l'une des meilleures méthodes pour l'élaboration de ces structures
- L'utilisation des polymères biosourcés fournit des structures plus écologiques

Merci pour votre attention

Adnan Masri

Adnan.masri@umontreal.ca