



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



MISE AU POINT PRATIQUE

Modes de transmission du SARS-CoV-2 : que sait-on actuellement ?

Modes of transmission of SARS-CoV-2 : what is the current evidence ?

Gabriel Birgand^{a,b,*}, Solen Kerneis^{c,d,e,f},
Jean-Christophe Lucet^{c,d,e,f}

^a Centre d'Appui à la Prévention des Infections Associées aux Soins (CPIas) des Pays de la Loire, 44000 Nantes

^b NIHR Health Protection Research Unit in Healthcare Associated Infection and Antimicrobial Resistance at Imperial College London, Hammersmith Campus, Du Cane Road, London, UK

^c INSERM, IAME, UMR 1137, F-75018 Paris, France

^d Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, F-75018 Paris, France

^e AP-HP, Hôpital Bichat - Claude Bernard, équipe de prévention du risque infectieux, F-75018 Paris, France

^f EOH, siège AP-HP, 75004 Paris

MOTS-CLÉS:

Transmission;
Covid-19;
Prévention;
SARS-CoV-2;
Masque;

Résumé Des progrès remarquables ont été obtenus dans notre compréhension de la transmission du SARS-CoV-2 et la réduction de sa propagation. La prise en compte du risque majeur des formes asymptomatiques par le port universel du masque est une de ces avancées. Les données épidémiologiques (taux d'attaque et R_0) ainsi que l'accumulation de données en contexte clinique suggèrent une similitude de transmission du SARS-CoV-2 avec celle des autres virus respiratoires comme la grippe ou le SARS-CoV-1, un mode de transmission principal direct de personne à personne, à courte distance par les gouttelettes. La transmission aéroportée est possible mais rare, et ne semble se produire que dans des circonstances opportunistes, notamment lors de procédures médicales sur la sphère respiratoire de patients infectés, ou dans des conditions d'excrétion virale élevée en zone confinée mal ventilée. L'hygiène des mains et le port du masque sont les deux armes essentielles de prévention dans le contexte de la COVID-19.

© 2021 Société de pathologie infectieuse de langue française (SPILF). Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant : Gabriel Birgand, CPIas, centre de prévention des infections associées aux soins Tourville – CHU de Nantes, 5 rue du Pr Yves Boquien, 44000 Nantes

E-mail address: gbirgand@gmail.com (G. Birgand).

KEYWORDS:

Transmission;
Covid-19;
Prevention;
SARS-CoV-2;
Facemasks

Abstract Large progresses have been made in our understanding of the transmission of SARS-CoV-2 and the reduction of its spread. The consideration of the major risk of asymptomatic cases by the universal face masking is one of these advances. Epidemiological data (attack rate and R_0) as well as the accumulation of data in clinical context suggest a similarity of transmission of SARS-CoV-2 with that of other respiratory viruses such as influenza or SARS-CoV-1: a primary direct person-to-person mode of transmission at short range by droplets. Airborne transmission is possible but rare, and appears to occur only under opportunistic circumstances, particularly during procedures on the respiratory tract of infected patients, or under conditions of high viral excretion in a poorly ventilated environment. Hand hygiene and facemask wearing are the two main prevention measures in the context of COVID-19.

© 2021 Société de pathologie infectieuse de langue française (SPLIF). Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Le mode de transmission du SARS-CoV-2 peut être de quatre ordres.

Trois d'entre eux sont des modes de transmission directs de personne à personne : (i) par des gouttelettes et/ou (ii) des aérosols émis par une personne infectée et (iii) par contact direct (ex : manuportage). Le dernier mode de transmission est indirect, par contact avec une surface inerte contaminée (ou fomite). La part respective de chaque mode de transmission du SARS-CoV-2 n'est pas connue, et a généré une controverse. Scinder la transmission des infections respiratoires en mode gouttelettes pour les particules de plus de 10 μm versus aéroporté pour les particules de moins de 5 μm est simpliste. Dans certaines circonstances, des aérosols peuvent être produits par des individus infectés et voyager au-delà de la distance communément admise d'environ deux mètres. Les circonstances déterminant l'un ou l'autre mode de transmission sont multiples : elles impliquent à la fois l'hôte infecté, l'individu susceptible d'être infecté, leurs comportements respectifs et les conditions environnementales dans lesquelles tous deux évoluent.

Rappels sur la chaîne de transmission « classique » des infections respiratoires virales pour mieux comprendre celle de la COVID-19

La transmission des infections respiratoires nécessite plusieurs étapes successives. Tout d'abord, elle implique la présence d'un virus au niveau d'un « réservoir », en l'occurrence un individu infecté. Une personne qui parle, qui tousse, qui crache ou qui éternue, émet des sécrétions respiratoires dans l'air, sous forme de gouttelettes de différentes tailles. Les plus grosses sédimentent immédiatement après émission. Les plus petites se déshydratent très rapidement pour former des « droplet nuclei » qui vont rester en suspension dans l'air, sous forme d'aérosol. En cas d'infection respiratoire, ces sécrétions peuvent contenir des micro-organismes. Selon le micro-organisme, le mode de transmission au sujet réceptif peut être soit par contact des muqueuses (nasale, buccale, conjonctivale) avec les grosses gouttelettes, soit par inhalation des droplet nuclei. De manière indirecte cette fois, les mains du sujet réceptif peuvent se contaminer au contact de sécrétions ORL du patient ou d'une surface, puis être portées

au visage (nous touchons notre bouche, nez ou yeux en moyenne seize fois par heure) [1].

Des données épidémiologiques pour mieux comprendre le mode de transmission de la COVID-19

Des taux d'attaque et de reproduction initial proche de ceux des virus respiratoires habituels

Les paramètres épidémiologiques, taux d'attaque et de reproduction initial, ou R_0 , permettent d'appréhender les modes de transmission des agents infectieux. La valeur du R_0 d'un agent infectieux représente, au sein d'une population entièrement susceptible et sans mesures de contrôle, le nombre de personnes susceptibles d'être infectées par une personne source.

Le R_0 du COVID-19 est estimé autour de 2,5 (IC 95 % : 1,8-3,6) pour les souches initiales, et semble plus élevé pour le variant Delta, de l'ordre de 6 [2]. Le R_0 des infections à transmission aérienne, comme la varicelle et la rougeole, est respectivement de 10-12 et de 15-18, avec un taux d'attaque supérieur à 85 % dans une maisonnée, alors que celui de la grippe H1N1 de 2009 était de 1,5, celui du MERS-CoV de 0,9, et ceux du SARS-CoV-1 et de la grippe espagnole de 1918 de 2,0-3,0 [3]. Pour le SARS-CoV-2, la méta-analyse de plusieurs publications montre que le taux d'attaque secondaire dans une famille est de 18,8 % (intervalle de confiance à 95 % (IC 95 %) : 15,4 %-22,2 %) [4]. Ces taux varient en fonction des études et de la définition du cas contact utilisée. Ils sont plus élevés pour le variant Delta. Ces deux paramètres épidémiologiques suggèrent donc une similitude de transmission du SARS-CoV-2 avec celle des autres virus respiratoires de type grippe, à savoir un mode de transmission principalement direct de personne à personne, par l'émission de gouttelettes à courte distance (Figure 1).

Les caractéristiques atypiques de la COVID-19

Deux caractéristiques épidémiologiques rendent cependant la COVID-19 singulière en comparaison des autres virus respiratoires.

Tout d'abord, il y a la transmission possible à partir d'individus asymptomatiques ou présymptomatiques. Des

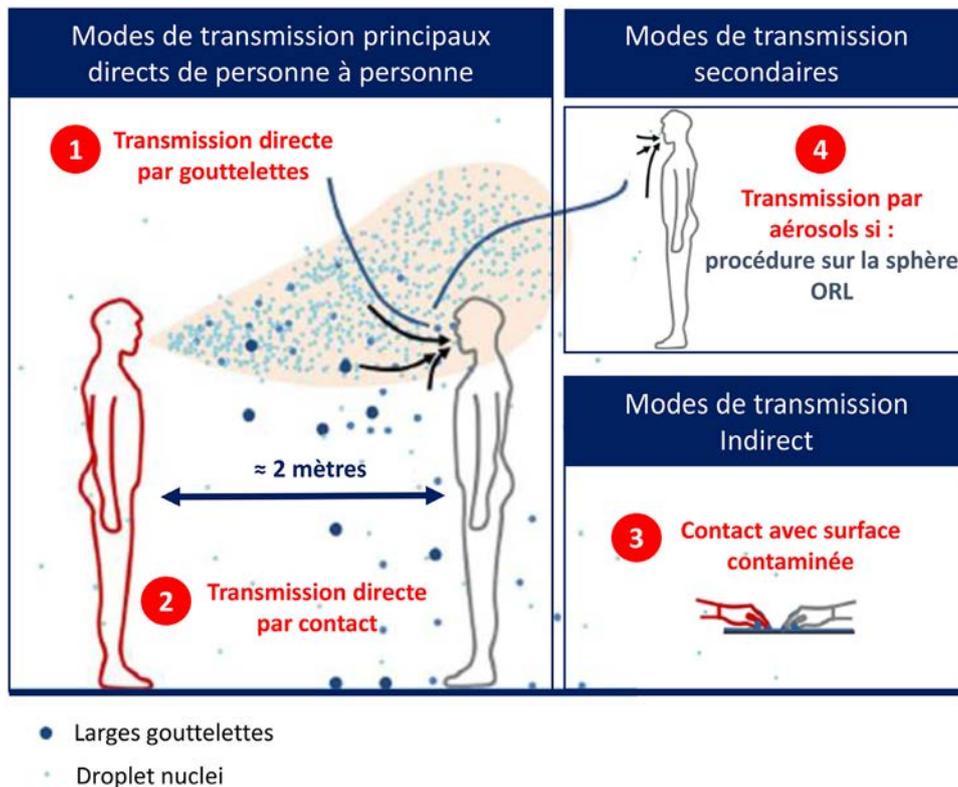


Figure 1 Représentation schématique des différents modes de transmission du SARS-CoV-2.

Source image : © J. Wei and Y. Li, *Airborne spread of infectious agents in the indoor environment. Am J Infect Control. 2016 Sep 2 ; 44(9) : S102–S108.*

modélisations ont estimé qu'entre la moitié et 80 % des infections ont été transmises par des personnes infectées présymptomatiques [5]. Les études de la charge virale suggèrent un potentiel de transmission similaire entre sujets symptomatiques et asymptomatiques au début de l'infection, mais une période plus courte d'infectiosité chez les patients asymptomatiques [6]. Cette notion est cruciale dans l'élaboration de stratégies de tests et de maîtrise de la transmission de la COVID-19.

D'autre part, le nombre de transmissions secondaires générées à partir d'un cas index est très hétérogène : la plupart des cas index ne conduisent à aucune transmission, et seulement une petite minorité conduit à de nombreuses transmissions en clusters, appelés « événements de super-dissémination ». Ainsi, la modélisation spatio-temporelle des données de smartphones de 98 millions de personnes des plus grandes métropoles américaines a permis de constater qu'une minorité de personnes atteintes de la COVID-19 était responsable d'une majorité de transmissions et d'infections secondaires [7]. Les restaurants ont alors été considérés comme les lieux les plus favorables à la transmission, notamment en raison du grand nombre de restaurants, de leur nombre de visites élevées, et du temps passé par personne en face à face sans masque. Cependant, les événements de super-dissémination les plus connus sont ceux apparus dans des centres d'appel téléphonique, des bars ou boîtes de nuit, des églises, lors de mariages, ainsi que dans des chorales et camps de vacances [8]. Ils présentaient tous la particularité de survenir autour d'un cas index jeune sans masque, asymptomatique, en intérieur, avec la présence de

nombreuses personnes à proximité et une émission respiratoire importante à courte distance.

Quelles preuves sur l'émission d'aérosols et la transmission aéroportée ?

Déterminer la part de responsabilité des aérosols dans la transmission du SARS-CoV-2 est important pour définir les équipements de protection nécessaires et bâtir une stratégie de prévention efficace.

La transmission par production d'aérosols : l'approche expérimentale

Les données expérimentales soutiennent la possibilité que le SARS-CoV-2 puisse être transmis par des aérosols.

Il importe d'abord de rappeler que la présence d'ARN dans l'air ou sur les surfaces au-delà des deux mètres classiques n'en fait pas pour autant une preuve de transmission aérienne possible. Il est nécessaire que ce virus reste viable dans l'environnement et devienne infectant, deux conditions variables en fonction de la taille des particules, de la durée de suspension dans l'air, de la température et de l'humidité.

Une première étude a comparé la survie dans l'air et sur les surfaces du SARS-CoV-1 et du SARS-CoV-2 [3].

Pour évaluer la contamination aérienne, des aérosols de moins de 5 microns (μm) contenant chacun un des deux virus

en forte concentration ont été générés dans une enceinte de 40 L, avec une rotation continue permettant de garder les aérosols en suspension. Les aérosols ainsi produit restaient contaminants pendant trois heures, avec une réduction d'environ 90 % de la présence de virus viable dans l'air [9]. L'aérosolisation expérimentale de SARS-CoV-2 a permis d'estimer la persistance du virus jusqu'à seize heures dans l'air [10].

Lors d'une autre étude, un dispositif expérimental utilisait des furets indemnes et des furets infectés au SARS-CoV-2, placés dans des cages différentes reliées par un tuyau d'une longueur supérieure à un mètre [11]. Tous les furets indemnes ont été infectés à leur tour au SARS-CoV-2. Ces résultats suggèrent la possibilité de transmission aéroportée du SARS-CoV-2. Par ailleurs, une autre analyse basée sur des travaux expérimentaux montrait que les éternuements et la toux génèrent non seulement des gouttelettes muco-salivaires, mais également un gaz turbulent avec une composition volatile pouvant s'étendre sur sept à huit mètres [12]. L'atmosphère humide et chaude du nuage de gaz turbulent généré lors de la toux ou de l'éternuement permet ainsi aux gouttelettes d'éviter l'évaporation et allonge leur durée de vie d'un facteur 1000, celle-ci passant d'une fraction de seconde à quelques minutes. Ces éléments relevant du domaine de la physique sont en faveur de la transmission aéroportée, et ont été relayés dans une lettre d'alerte en juillet 2020 [13]. La force d'émission, la ventilation, la durée d'exposition, la distance, le nombre de personnes présentes et les conditions atmosphériques sont autant de facteurs venant moduler ce risque de transmission par aérosols [14].

La transmission par production d'aérosols : la vision clinique

Les procédures génératrices d'aérosols (PGA) sont généralement définies comme toute procédure médicale et de soins aux patients qui entraîne la production de particules en suspension dans l'air d'une taille de moins de 5 μm pouvant rester en suspension dans l'air, voyager et provoquer une infection si elles sont inhalées [15]. Les connaissances actuelles sur les PGA et leur capacité à transmettre plus largement les agents infectieux sont faibles. Malgré cela, les connaissances acquises sur le SARS-CoV-1 ont mis en évidence une transmission majoritairement assurée par des grosses gouttelettes. Des travaux chinois ont également montré qu'un placement des lits des patients à plus d'1,50 m les uns des autres dans une salle commune était un facteur fortement associé à l'absence de transmission du virus [16].

L'évaluation de l'OMS de 2014, la plus récente avant la COVID-19, indiquait que l'augmentation du risque de transmission des infections respiratoires sous forme d'aérosols était prouvée lors des procédures suivantes : intubation trachéale (Odds-ratio (OR) : 6,6), procédure de trachéotomie (OR : 4,2), ventilation non invasive (OR : 3,1) et ventilation manuelle avant l'intubation (OR : 2,8) [17]. Cette évaluation nécessite une interprétation prudente, car elle était basée sur une revue systématique d'un faible nombre d'études de qualité limitée. Le risque de transmission chez des patients requérant des soins multiples ne permet pas d'estimer la part attribuable des aérosols parmi l'ensemble des autres modes possibles (contact et gouttelettes

par exemple). Par ailleurs, le risque d'infection chez les soignants est décrit comme étant plus faible dans les unités entraînées (réanimation, urgences) que dans les unités de soins standards [18].

Deux simulations d'intubation endotrachéale ont été menées à l'aide d'un marqueur fluorescent sur les surfaces corporelles de mannequins adultes et pédiatriques pour visualiser le dépôt de sécrétions sur le personnel de santé effectuant le geste et portant masque FFP2, lunettes de protection, surblouse et gants [19]. Des marqueurs fluorescents ont été retrouvés sur la peau découverte du visage, les cheveux, et les chaussures du personnel de santé effectuant les intubations. Les auteurs en ont conclu que l'ensemble des équipements de protection utilisés empêchait la contamination des muqueuses du mannequin, mais pas celle de certaines parties découvertes comme la peau. Cependant, il n'y avait pas de risque de contamination si les règles d'hygiène des mains et de déshabillage étaient respectées.

La production d'aérosols lors de l'oxygénation haut débit (> 6 L par minute) par canule nasale chez quatre volontaires sains n'a quant à elle pas permis d'observer d'augmentation de l'aérosolisation de particules de 10 nm à 10000 nm [20]. Mais le design expérimental constitue une limite importante de ces études.

En l'absence de preuves solides sur le risque infectieux associé aux PGA, certains pays ont décidé d'étendre la liste des actes à risque lors de la pandémie COVID-19, tandis que d'autres ne l'ont pas modifiée [21] (Tableau 1). Établir des preuves autour des PGA et du risque de transmission associé est nécessaire pour mieux orienter l'utilisation des équipements de protection.

La transmission par production d'aérosols en milieu communautaire

Plusieurs publications font état de transmissions dont le mode aérosol est possible ou probable. Des cas groupés ont été observés dans un restaurant à partir d'un cas index infectant 9 des 21 contacts situés à la même table ou à des tables adjacentes, une contamination probablement favorisée par une climatisation balayant les tables et projetant des gouttelettes à distance [22]. Un autre cluster a été observé dans un bus, où là aussi les transmissions ont été favorisées par une climatisation sans renouvellement d'air [23]. À noter également : une épidémie dans une chorale, touchant 52 des 66 choristes [24], une épidémie à bord d'un navire de croisière, où la modélisation a estimé que la transmission était médiée à 35 % par des aérosols [25], la transmission du virus entre personnes en quarantaine dans des chambres d'hôtel adjacentes [26], ou encore la transmission d'un choriste cas index à douze personnes situées à distance dans une église [27].

Tous ces cas pris individuellement ne sont pas démonstratifs d'une transmission aérienne, mais forment un faisceau d'arguments en faveur. À noter que dans tous les épisodes, il existait plusieurs facteurs conjugués favorisant une transmission aérienne, à savoir l'absence de port de masque du cas index, la vocalisation et des conditions de ventilation ou de climatisation favorables, si bien qu'il peut être difficile de différencier transmissions gouttelettes et aérienne.

Tableau 1 Description des procédures génératrices d'aérosols (PGA) à risque accru de transmission tels que listés dans les recommandations nationales et internationales.

Pays, organismes	Procédures génératrices d'aérosols
France, Haut Conseil de la Santé Publique	Intubation/extubation (dont masque laryngé) ; Ventilation mécanique avec circuit expiratoire « ouvert » ; Ventilation mécanique non invasive (VNI) ; Aspiration endotrachéale (hors système clos) ; Fibroscopie bronchique ; Kinésithérapie respiratoire générant des aérosols (ex. kinésithérapie respiratoire pour désencombrement et expectoration induite) ; Aérosolthérapie ; Prélèvement nasopharyngé ; Explorations fonctionnelles respiratoires ; Autopsie ; Soins de chirurgie dentaire.
France, Société de Réanimation de langue Française SRLF	Ventilation artificielle ; Oxygénation haut débit (> 6 L/min).
Royaume-Uni, Public Health England	Intubation, extubation et procédures associées comme na ventilation manuelle ou aspirations hors système clos ; Trachéotomie/trachéostomie (insertion/ouverture de système clos/retrait) ; Bronchoscopie ; Chirurgie et autopsie impliquant des instruments à haute vitesse ; Quelques procédures dentaires (comme instruments à tête rotative à haute vitesse) ; Ventilation non invasive comme BiPAP et CPAP ; High-Frequency Oscillating Ventilation (HFOV) ; HFNO aussi appelé High Flow Nasal Cannula ; Induction de crachats.
Monde, OMS	Intubation trachéale, ventilation manuelle avant intubation, massage cardiopulmonaire ; Trachéotomie ; Bronchoscopie ; Ventilation non invasive.
Europe, ECDC	Intubation trachéale, aspirations bronchiques ; Bronchoscopie ; Induction de crachats.
États-Unis, CDC (COVID-19)	Aspiration sur voie respiratoire ouvertes ; Induction de crachats ; Commentaire : certaines procédures effectuées sur des patients atteints d'un COVID-19 connu ou suspecté pourraient générer des aérosols infectieux. En particulier, les procédures susceptibles de provoquer une toux (ex : induction de crachats, aspiration ouverte des voies respiratoires) doivent être effectuées avec prudence et évitées si possible.
Allemagne, RKI	Intubation ; Bronchoscopies ; Procédures dentaires comportant un risqué de transmission aéroportée.
Allemagne, Germany DGKH	Intubation trachéale ; Trachéotomie ; Ventilation on invasive, ventilation manuelle avant intubation ou bronchoscopie ; Autres : massage cardiopulmonaire.

Abréviations : BiPAP, Bi-level Positive Airway Pressure ; NIV, Non-Invasive Ventilation ; HFNO, High Flow Nasal Oxygen ; CPAP, Continuous Positive Airway Pressure ventilation.

La contamination de l'air par le SARS-CoV-2 à l'hôpital

La contamination de l'air par le virus SARS-CoV-2 autour des patients infectés constitue un autre indicateur du mode de transmission de la COVID-19.

Une analyse de la littérature a compilé 24 études totalisant 893 prélèvements d'air. Globalement, 17,4 % (82/471) de ces prélèvements effectués dans l'environnement proche des patients retrouvaient de l'ARN du SARS-CoV-2, avec une différence significative selon le type de service (réanimation : 25,2 % ; hors réanimation : 10,7 % ; $p < 0,01$) [28]. Dans les autres zones de l'hôpital, le taux de positivité était de 23,8 % dans les toilettes des chambres de patients, 8,3 % dans les zones cliniques, 12,3 % dans les zones réservées au personnel et 33,3 % en zones d'accueil du public. Dans cinq études, 81 cultures virales ont été réalisées. Sept cultures (8,6 %) étaient positives dans deux études, toutes issues de l'environnement proche des patients. Ces données suggèrent donc que l'air proche et éloigné des patients COVID-19 est fréquemment contaminé par de l'ARN du SARS-CoV-2, avec cependant de rares preuves de viabilité virale. Les charges virales élevées trouvées dans les toilettes, les salles de bain, les espaces réservés au personnel et dans les couloirs publics suggèrent de porter le masque chirurgical dans ces zones.

La transmission par production d'aérosols en milieu hospitalier

Des infections nosocomiales de soignants ont été documentées en dehors de PGA, alors même que des précautions étaient prises pour les risques de transmission par contact et gouttelettes, mais pas par aérosols avec analyse par séquençage du génome viral dans deux études, montrant l'identité des souches [29–31]. La transmission de SRAS-CoV-2 entre des patients partageant la même chambre a été décrite [32]. Parmi 31 patients exposés, 12 (39 %) ont été testés positifs dans les 14 jours. La transmission était associée à des seuils de charge virale élevé, des Ct (< 21), le Ct est le seuil de cycle PCR, le nombre de cycles d'amplification nécessaires pour que le virus soit détecté. On ne peut pas dans ces cas exclure une transmission par gouttelettes ou contact.

Le séquençage du génome du SRAS-CoV-2 en temps réel (dans les 48 heures), associé aux données de mouvement des patients et des personnels, permettrait une identification rapide des infections à SRAS-CoV-2 nosocomiales. La mise en œuvre de telles approches pourraient : optimiser les stratégies de prévention des infections, conduire à des interventions ciblées, réduire la transmission nosocomiale et, *in fine*, prévenir les dommages évitables aux personnes vulnérables qui contractent la COVID-19 lors d'une prise en charge hospitalière [33].

En août 2020, une correspondance signée par plusieurs centaines d'experts de la prévention et du contrôle de l'infection apportait une vision clinique à l'opposé des constats expérimentaux [34]. Pour eux, aucun argument expérimental [13] ne pesait en faveur d'un changement des précautions recommandées jusqu'alors pour les soins de patients suspects ou atteints de COVID-19, à savoir le port d'appareil de protection respiratoire (masque FFP2).

Conclusions sur l'émission d'aérosols et la transmission aéroportée

De cette revue rapide de la littérature actualisée au milieu de l'année 2021, nous pouvons conclure que la transmission existe lors de PGA, et qu'elle est possible, mais rare et opportuniste dans d'autres circonstances, alors favorisée par une conjonction de facteurs (Figure 2). Il est cependant impossible d'établir la fréquence respective des modes de transmission et la part relative de la transmission aérienne. Elle paraît faible ou très faible au regard de l'efficacité des mesures actuellement recommandées, si ces dernières sont bien respectées.

La prudence doit rester de mise devant les arguments en faveur d'une transmission par aérosols, ce afin de ne pas tirer de conclusions prématurées, et de ne pas mettre en avant un mode de transmission plus secondaire au risque de négliger les mesures essentielles et de générer de la confusion ainsi qu'une méfiance des professionnels de santé et du grand public.

Transmission directe par contact et modes de transmission indirects

La transmission par manuportage et la contamination de surfaces

La stabilité du SARS-CoV-2 sur les mains a été étudiée sur un modèle répliquant la peau humaine [35].

Des milieux de culture de SARS-CoV-2 et du virus de la grippe A, ainsi que du mucus respiratoire contaminé par ces deux virus, ont été inoculés sur de la peau afin d'évaluer la survie des virus et l'efficacité de la désinfection à l'éthanol à 80 %. Le SARS-CoV-2 était inactivé en 9 h (8 à 10,2 h) alors que le virus de la grippe l'était en 1,82 h (1,65 - 2 h). Le SARS-CoV-2 comme le virus influenza A étaient tous deux complètement inactivés en 15 secondes par le traitement à l'éthanol 80 %. Par ailleurs, l'hygiène des mains a été décrite comme étant significativement associée à une diminution des infections respiratoires aiguës, notamment de la grippe pandémique H1N1 [36]. Une étude rétrospective a d'ailleurs associé une faible hygiène des mains à un surrisque de COVID-19 chez les professionnels de santé [37]. Le mode de transmission par voie manuportée a donc été pris en compte par l'OMS, qui a rappelé aux professionnels de santé l'intérêt de pratiquer une hygiène des mains appropriée pour la prévention des infections associées aux soins.

Le SARS-CoV-2 peut survivre sur une variété de surfaces inertes mais il n'y a pas de preuve de transmission indirecte.

Lors d'expériences de contamination des surfaces, une concentration toujours élevée de chacun des deux virus a été placée sur différentes surfaces (acier, plastique, cuivre, etc.). Si du virus vivant a parfois été retrouvé au 3^e jour, une réduction toujours supérieure à 90 % de la quantité de virus vivants a été obtenue en moins de 24 h, quelle que soit la surface testée [9]. Sur six études concernant la contamination des surfaces par le SARS-CoV-2 (ARN et virus infectieux), l'ARN viral a été trouvé dans l'environnement de personnes atteintes de COVID-19 dans 1,0 à 52,7 % des échantillons [38]. Dans cinq de ces études, aucune souche de SARS-CoV-2

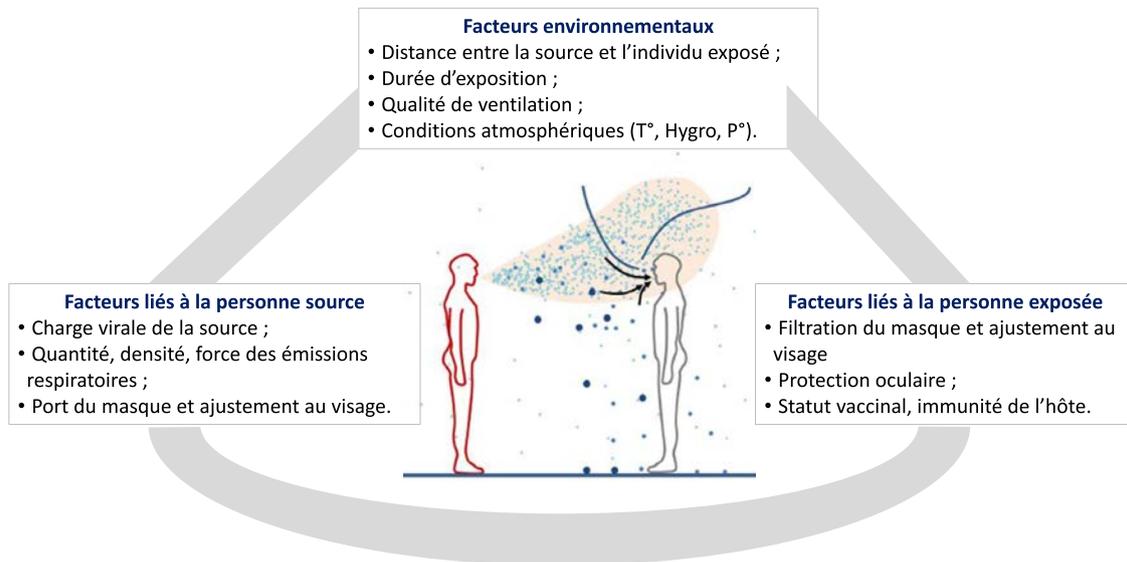


Figure 2 Représentations schématiques des facteurs déterminant la transmission aéroportée de la COVID-19.

Source image : © J. Wei and Y. Li, *Airborne spread of infectious agents in the indoor environment. Am J Infect Control. 2016 Sep 2 ; 44(9) : S102–S108.*

viable n'a été détectée. Dans une seule étude, le virus viable était détecté dans 9,2 % des échantillons. L'ARN de SARS-CoV-2 était retrouvé dans 13/28 prélèvements de surface de chambres de patients atteints de COVID-19 intubés [39]. Du virus viable sur culture cellulaire a été retrouvé sur l'extérieur de la sonde endotrachéale et sur l'environnement immédiat du patient.

L'ARN de SARS-CoV-2 peut être trouvé sur des surfaces inanimées jusqu'à 28 jours après la sortie des patients atteints de COVID-19, ce qui montre l'inutilité de rechercher l'ARN sur les surfaces sans s'intéresser à sa viabilité. Ainsi, une valeur de Ct supérieure à 33 obtenue d'un échantillon de surface n'a probablement aucune pertinence épidémiologique [38]. Les résultats sont cohérents avec les données de laboratoire montrant pour le SARS-CoV-2 que les valeurs Ct de 29,3 (sur acier) ou 29,5 (sur plastique) peuvent être associés à la détection du virus cultivable, alors que le virus n'est pas cultivable avec des valeurs Ct de 32,5 (acier) ou 32,7 (plastique).

Enfin, la concentration de protéines dans les gouttelettes semble augmenter considérablement l'infectiosité du SARS-CoV-2, suggérant qu'un milieu riche en protéines comme les sécrétions des voies respiratoires pourrait protéger le virus lorsqu'il est expulsé et ainsi améliorer sa persistance et sa transmission par des contaminations environnementales [40]. De ce fait, les fomites infectés par le SRAS-CoV-2 pourraient jouer un rôle clé dans la transmission indirecte.

La transmission par la conjonctive oculaire est quant à elle considérée comme une voie possible de transmission de la COVID-19 sur la base de rapports de cas et de détection de virus oculaire parmi les cas de conjonctivite [41]. Dans une méta-analyse, la protection oculaire a fourni une protection significative contre la COVID-19 (risque relatif non ajusté : 0,34), suggérant que la transmission à travers la conjonctive est possible [42]. Ces données ont une double implication : tout d'abord, elles appellent à la nécessité de protection oculaire lors de la prise en charge de patients atteints de COVID-19 ou susceptibles de l'être dans l'espace

public et rappellent le risque lié au fait de porter ses mains au visage.

La transmission par voie oro-fécale

La voie oro-fécale a été évoquée très tôt comme une voie de transmission possible de la COVID-19. Comme pour le SARS-CoV-1, le portage fécal de SARS-CoV-2 a été décrit au tout début de la pandémie [43]. Une méta-analyse de huit études a estimé que 40,5 % (IC 95 % : 27,4 %-55,1 %) des patients atteints de COVID-19 portaient de l'ARN viral de SARS-CoV-2 dans leurs selles [44]. Une étude a par ailleurs démontré une infectiosité prolongée dans le temps du virus présent dans les selles [45]. Sur la base de ces éléments, la théorie de transmission par les bioaérosols créés par les chasses d'eau des toilettes a été émise. Les données actuellement disponibles, compte tenu de la rareté du virus vivant dans les selles, indiquent que cette voie de transmission semble très peu probable, sauf dans des circonstances inhabituelles comme celles identifiées pour le SARS-CoV-1.

Impact des variants sur le mode de transmission

L'émergence de nouveaux variants du SARS-CoV-2 (notamment Alpha et Delta), présentant un potentiel de transmission plus élevé que la souche d'origine, a fait naître des interrogations sur un changement des modes de transmission et sur l'adéquation des mesures de prévention.

Ces nouveaux variants ont été impliqués dans des clusters de grande ampleur touchant les patients et professionnels des établissements de santé, suggérant une transmissibilité accrue. Une quantité accrue de virus chez les personnes infectées par ces variants, et notamment au niveau des voies respiratoires, pourrait accroître l'excrétion du virus. La valeur des Ct semble être plus faible dans les échantillons de personnes infectées par le variant Delta, ce qui signifie qu'ils contiennent plus de virus. Plusieurs autres mécanismes

peuvent expliquer cette transmissibilité accrue, comme une augmentation des protéines spikes, une plus grande accessibilité au site de clivage de la furine, ou une meilleure affinité de liaison aux protéines pour l'ACE2 [46]. Une autre hypothèse repose sur l'affinité du virus pour les cellules des voies respiratoires humaines, permettant l'infection lors d'exposition à un faible inoculum. Toutefois, dans l'état actuel des connaissances, il ne semble pas que l'émergence de variants ait modifié de manière significative les modes de transmission de la COVID-19 décrits précédemment.

Quelles conséquences sur la stratégie de prévention ?

Le bon usage des équipements de protection individuelle est indispensable pour limiter la transmission croisée et l'auto-contamination (Figure 3). Deux types de dispositifs de protection respiratoire sont recommandés en milieu de soins : les masques chirurgicaux (masques à « usage médical ») et les masques FFP2 (« appareils de protection respiratoire »).

Les masques chirurgicaux ont la capacité de prévenir la projection des grosses gouttelettes. Ils jouent un rôle majeur pour prévenir la contamination de l'entourage et de l'environnement quand ils sont portés par des personnes malades. Lorsqu'ils sont portés par les personnes indemnes d'infection, ils les protègent de la projection de gouttelettes sur les muqueuses du nez et de la bouche, en complément pour les soignants des lunettes de sécurité qui protègent les muqueuses oculaires. Les masques chirurgicaux pourraient aussi jouer un rôle d'atténuation en cas de contamination, en limitant la quantité de virus viables inhalés ou impactés sur les muqueuses, et la gravité de la

maladie [47]. Leur efficacité de filtration est supérieure à 95 % (> 98 % pour les masques de type II utilisés à l'hôpital) pour des particules de 0,65 à 7 µm (norme NF EN 14683 : 2019). Là où il a été instauré, le port universel de masques chirurgicaux par les professionnels de santé et tous les patients, quel que soit leur statut infectieux, a été suivi d'une diminution des contaminations par le SARS-CoV-2 en milieu de soins [48]. Le port de masque chirurgical est également recommandé pour les patients/résidents suspects ou confirmés COVID-19 positifs dès l'entrée dans leur chambre d'un professionnel de santé ou d'un visiteur.

Les masques FFP2 quant à eux sont conçus pour filtrer des particules de plus petite taille, de 0,02 à 2 µm, mais surtout pour minimiser la fuite au visage. Leur efficacité de filtration est supérieure à 94 %. Aucune étude, y compris de haut niveau méthodologique, n'a trouvé de supériorité, ni même de tendance, en faveur de l'utilisation d'un masque FFP2 par rapport au masque chirurgical pour la prévention de la grippe saisonnière ou des coronavirus [49]. Les recommandations nationales (France, Grande-Bretagne, États-Unis, Hong Kong, Singapour) et internationales (OMS) recommandent le port du masque chirurgical pour la majorité des soins, et celui du masque FFP2 dans les situations à risque d'aérosolisation. La méconnaissance par la plupart des soignants des règles garantissant l'efficacité des masques FFP2 nécessite une formation à l'utilisation de ces masques [50]. Enfin, les masques en tissu, dits « grand public », n'ont pas une capacité de filtration suffisante pour recommander leur utilisation en secteur de soins [51].

Les indications du port de gants à usage unique lors de soins sont limitées : au risque de contact avec du sang ou des liquides biologiques, au contact avec une muqueuse, au contact avec la peau lésée, ou encore dès lors que les

		Tablier plastique jetable	Surblouse à usage unique	Masque chirurgical	Masque FFP2	Lunettes/visière de protection	Gants à usage unique	Exemples
Établissements de santé (Médecine, Chirurgie, Obstétrique, SSR)	Sans contact avec le patient <i>Précautions standard et gouttelettes</i>	✗	✗	✓	✗	✓	✗	Distribution des repas, distribution des médicaments, consultation sans contact physique, brancardage sans manutention, etc.
	Avec contact mais SANS risque d'exposition aux liquides biologiques <i>Précautions standard, contact et gouttelettes</i>	✓	✗	✓	✗	✓	✗	Lever, mise au fauteuil, retournement, prise des constantes, brancardage avec manutention.
	Avec contact ET risque d'exposition aux liquides biologiques <i>Précautions standard, contact et gouttelettes</i>	✓	✗*	✓	✗	✓	✓	Toilette, change, prise de sang, pansements plaie et dispositifs invasifs.
	Procédures à risque d'aérosolisation*** <i>Précautions standard, contact + aérosolisation</i>	✗**	✓	✗	✓	✓	✓	Secteur de réanimation, Soins intensifs dédié COVID.

Figure 3 Équipements de protection individuelle recommandés pour la prise en charge de patients suspects/confirmés COVID-19.

Notes :

* Une surblouse à manche longue jetable sera portée dans le cadre d'une exposition massive aux liquides biologiques (exemple : diarrhée, vomissements, hémoptysie, etc.)

** Tablier plastique si surblouse non imperméable

*** Procédures à risque d'aérosolisation : voir tableau 1

Une protection des cheveux peut éventuellement être envisagée par le port d'une charlotte (cheveux longs attachés).

Source : © CPiAs Pays de la Loire

professionnels de santé présentent des lésions cutanées aux mains. Le port inadéquat de gants à usage unique par les professionnels de santé réduit le recours à la désinfection des mains, contribue à augmenter les risques d'auto-contamination, de transmission croisée et de contamination de l'environnement. L'utilisation des équipements de protection individuelle doit être impérativement associée à une observance stricte de l'hygiène des mains.

Conclusion

Au début de la pandémie de COVID-19, les incertitudes initiales sur la transmission du virus, parfois alimentées par des campagnes de désinformation ou de surinterprétation des études *in vitro*, ont conduit naturellement à la peur et la méfiance parmi les professionnels de santé et le grand public. Des progrès remarquables ont depuis été obtenus dans notre compréhension de la transmission de ce virus et la réduction de sa propagation. La prise en compte du risque majeur des formes asymptomatiques par des mesures de prévention universelles est une de ces avancées.

Les preuves accumulées suggèrent que la grande majorité des transmissions de COVID-19 se produit par contact direct de personne à personne à courte distance, par l'intermédiaire des gouttelettes. La transmission aéroportée par les aérosols peut avoir lieu dans des circonstances particulières dites « opportunistes », notamment lors de procédures médicales sur la sphère respiratoire de patients infectés. Elle peut également se produire quand des conditions favorables sont réunies : patient infecté fortement excréteur, avec des conditions de vocalisation et d'expiration favorables (cris, chant), dans une pièce confinée non ou mal ventilée contenant de nombreuses personnes sans mesures de protection, et pendant une durée prolongée. L'hygiène des mains et le masque chirurgical sont donc les deux piliers de la prévention de la COVID-19.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Nicas M, Best D. A study quantifying the hand-to-face contact rate and its potential application to predicting respiratory tract infection. *J Occup Environ Hyg* 2008 Jun;5(6):347-52.
- [2] Petersen E, Koopmans M, Go U, Hamer DH, Petrosillo N, Castelli F, et al. Comparing SARS-CoV-2 with SARS-CoV and influenza pandemics. *Lancet Infect Dis* 2020;20(9):e238-44.
- [3] Musher DM. How contagious are common respiratory tract infections? *N Engl J Med* 2003 Mar 27;348(13):1256-66.
- [4] Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM, Halloran ME, Dean NE. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2020 Dec 1;3(12):e2031756.
- [5] Furukawa NW, Brooks JT, Sobel J. Evidence Supporting Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 While Presymptomatic or Asymptomatic. *Emerg Infect Dis* 2020 Jul;26(7).
- [6] Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Microbe* 2020 Nov S2666524720301725.
- [7] Chang S, Pierson E, Koh PW, Gerardin J, Redbird B, Grusky D, et al. Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. *Nature* [Internet] 2020 Nov 10 [cited 2020 Nov 30]; Available from: <http://www.nature.com/articles/s41586-020-2923-3>.
- [8] Meyerowitz EA, Richterman A, Gandhi RT, Sax PE. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors. *Ann Intern Med* 2020 Sep 17:M20-5008.
- [9] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020;16(382(16)):1564-7.
- [10] Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, Hartman A, Weaver SC, Plante KS, et al. Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions. *Emerg Infect Dis* 2020;26(9).
- [11] Kutter JS, de Meulder D, Bestebroer TM, Lexmond P, Mulders A, Richard M, et al. SARS-CoV and SARS-CoV-2 are transmitted through the air between ferrets over more than one meter distance. *Nat Commun* [Internet] 2021 Dec [cited 2021 Jul 21];12(1). Available from: <http://www.nature.com/articles/s41467-021-21918-6>.
- [12] Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA* 2020;12(323(18)):1837-8.
- [13] Morawska L, Milton DK. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis* 2020 Jul 6:ciaa939.
- [14] Jones NR, Qureshi ZU, Temple RJ, Larwood JPJ, Greenhalgh T, Bourouiba L. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? *BMJ* 2020 Aug 25:m3223.
- [15] Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infection—the elusive pathway. *N Engl J Med* 2004 Apr 22;350(17):1710-2.
- [16] Yu IT, Xie ZH, Tsoi KK, Chiu YL, Lok SW, Tang XP, et al. Why did outbreaks of severe acute respiratory syndrome occur in some hospital wards but not in others? *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am* 2007 Apr 15;44(8):1017-25.
- [17] Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PLoS One* 2012;7(4):e35797.
- [18] Eyre DW, Lumley SF, O'Donnell D, Campbell M, Sims E, Lawson E, et al. Differential occupational risks to healthcare workers from SARS-CoV-2 observed during a prospective observational study. *eLife* 2020 Aug 21;9:e60675.
- [19] Feldman O, Meir M, Shavit D, Idelman R, Shavit I. Exposure to a Surrogate Measure of Contamination From Simulated Patients by Emergency Department Personnel Wearing Personal Protective Equipment. *JAMA* 2020 May 26;323(20):2091.
- [20] Iwashyna TJ, Boehman A, Capelcelatro J, Cohn AM, Cooke JM, Costa DK, et al. Variation in Aerosol Production Across Oxygen Delivery Devices in Spontaneously Breathing Human Subjects [Internet]. *Intensive Care and Critical Care Medicine* 2020 Apr [cited 2020 Nov 27]. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.04.15.20066688>.
- [21] Haut Conseil de la Santé Publique. Masques dans le cadre de la lutte contre la propagation du virus SARS-CoV-2 [Internet]. Available from: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdopmaine?clefr=943>, consulté le 27/09/2021

- [22] Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et al. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis* 2020 Jul;26(7):1628-31.
- [23] Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z, et al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Intern Med* 2020 Dec 1;180(12):1665-71.
- [24] Miller SL, Nazaroff WW, Jimenez JL, Boerstra A, Buonanno G, Dancer SJ, et al. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Indoor Air* 2021 Mar;31(2):314-23.
- [25] Azimi P, Keshavarz Z, Cedeno Laurent JG, Stephens B, Allen JG. Mechanistic transmission modeling of COVID-19 on the *Diamond Princess* cruise ship demonstrates the importance of aerosol transmission. *Proc Natl Acad Sci* 2021 Feb 23;118(8):e2015482118.
- [26] Eichler N, Thornley C, Swadi T, Devine T, McElnay C, Sherwood J, et al. Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 during Border Quarantine and Air Travel, New Zealand (Aotearoa). *Emerg Infect Dis* 2021 May;27(5):1274-8.
- [27] Katelaris AL, Wells J, Clark P, Norton S, Rockett R, Arnott A, et al. Epidemiologic Evidence for Airborne Transmission of SARS-CoV-2 during Church Singing, Australia, 2020. *Emerg Infect Dis* 2021 Jun;27(6):1677-80.
- [28] Birgand G, Peiffer-Smadja N, Fournier S, Kerneis S, Lescure F-X, Lucet J-C. Assessment of Air Contamination by SARS-CoV-2 in Hospital Settings. *JAMA Netw Open* 2020 Dec 23;3(12):e2033232.
- [29] Klompas M, Baker MA, Griesbach D, Tucker R, Gallagher GR, Lang AS, et al. Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From Asymptomatic and Presymptomatic Individuals in Healthcare Settings Despite Medical Masks and Eye Protection. *Clin Infect Dis* [Internet] 2021 Mar 11 [cited 2021 Jul 21]; Available from: <https://academic.oup.com/cid/advance-article/doi/10.1093/cid/ciab218/6168040>.
- [30] Cheng VC-C, Fung KS-C, Siu GK-H, Wong S-C, Cheng LS-K, Wong M-S, et al. Nosocomial outbreak of COVID-19 by possible airborne transmission leading to a superspreading event. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am* 2021 Apr 14:ciab313.
- [31] Goldberg L, Levinsky Y, Marcus N, Hoffer V, Gafner M, Hadas S, et al. SARS-CoV-2 Infection Among Health Care Workers Despite the Use of Surgical Masks and Physical Distancing—the Role of Airborne Transmission. *Open Forum Infect Dis* [Internet] 2021 Mar 1;8(3) [cited 2021 Jul 21]. Available from: <https://academic.oup.com/ofid/article/doi/10.1093/ofid/ofab036/6121257>.
- [32] Karan A, Klompas M, Tucker R, Baker M, Vaidya V, Rhee C, et al. The Risk of SARS-CoV-2 Transmission from Patients with Undiagnosed Covid-19 to Roommates in a Large Academic Medical Center. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am* 2021 Jun 18:ciab564.
- [33] Ellingford JM, George R, McDermott JH, Ahmad S, Edgerley JJ, Gokhale D, et al. Genomic and healthcare dynamics of nosocomial SARS-CoV-2 transmission. *eLife* 2021 Mar 17;10:e65453.
- [34] Chagla Z, Hota S, Khan S, Mertz D. International Hospital and Community Epidemiology Group. Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis* 2020 Aug 11:ciaa1118.
- [35] Hirose R, Ikegaya H, Naito Y, Watanabe N, Yoshida T, Bandou R, et al. Survival of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and Influenza Virus on Human Skin: Importance of Hand Hygiene in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Clin Infect Dis* [Internet] 2020 Oct 3 [cited 2021 Jul 21]; Available from: <https://academic.oup.com/cid/advance-article/doi/10.1093/cid/ciaa1517/5917611>.
- [36] Saunders-Hastings P, Crispo JAG, Sikora L, Krewski D. Effectiveness of personal protective measures in reducing pandemic influenza transmission: A systematic review and meta-analysis. *Epidemics* 2017;20:1-20.
- [37] Ran L, Chen X, Wang Y, Wu W, Zhang L, Tan X. Risk Factors of Healthcare Workers With Coronavirus Disease 2019: A Retrospective Cohort Study in a Designated Hospital of Wuhan in China. *Clin Infect Dis* 2020 Nov 19;71(16):2218-21.
- [38] Kampf G, Lemmen S, Suchomel M. Ct values and infectivity of SARS-CoV-2 on surfaces. *Lancet Infect Dis* 2020 Nov 5:1473309920308835.
- [39] Ahn JY, An S, Sohn Y, Cho Y, Hyun JH, Baek YJ, et al. Environmental contamination in the isolation rooms of COVID-19 patients with severe pneumonia requiring mechanical ventilation or high-flow oxygen therapy. *J Hosp Infect* 2020 Aug 21.
- [40] Pastorino B, Touret F, Gilles M, de Lamballerie X, Charrel RN. Prolonged Infectivity of SARS-CoV-2 in Fomites. *Emerg Infect Dis* 2020 Sep;26(9):2256-7.
- [41] Dockery DM, Rowe SG, Murphy MA, Krzystolik MG. The Ocular Manifestations and Transmission of COVID-19: Recommendations for Prevention. *J Emerg Med* [Internet] 2020 Jul;59(1):137-40.
- [42] Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet* 2020 Jun;395(10242):1973-87.
- [43] Wu Y, Guo C, Tang L, Hong Z, Zhou J, Dong X, et al. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 2020 May;5(5):434-5.
- [44] Parasa S, Desai M, Thoguluva Chandrasekar V, Patel HK, Kennedy KF, Roesch T, et al. Prevalence of Gastrointestinal Symptoms and Fecal Viral Shedding in Patients With Coronavirus Disease 2019: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2020 01;3(6):e2011335.
- [45] Jeong HW, Kim S-M, Kim H-S, Kim Y-I, Kim JH, Cho JY, et al. Viable SARS-CoV-2 in various specimens from COVID-19 patients. *Clin Microbiol Infect* 2020 Nov;26(11):1520-4.
- [46] Ramanathan M, Ferguson ID, Miao W, Khavari PA. SARS-CoV-2 B.1.1.7 and B.1.351 spike variants bind human ACE2 with increased affinity. *Lancet Infect Dis* 2021 May 19 S1473-3099(21)00262-0.
- [47] Gandhi M, Rutherford GW. Facial Masking for Covid-19 – Potential for “Variolation” as We Await a Vaccine. *N Engl J Med* 2020 Oct 29;383(18):e101.
- [48] Wang X, Ferro EG, Zhou G, Hashimoto D, Bhatt DL. Association Between Universal Masking in a Health Care System and SARS-CoV-2 Positivity Among Health Care Workers. *JAMA* 2020 Jul 14.
- [49] Bartoszko JJ, Farooqi MAM, Alhazzani W, Loeb M. Medical masks vs N95 respirators for preventing COVID-19 in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Influenza Other Respir Viruses* 2020;14(4):365-73.
- [50] Wilkinson IJ, Pisaniello D, Ahmad J, Edwards S. Evaluation of a large-scale quantitative respirator-fit testing program for healthcare workers: survey results. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2010 Sep;31(9):918-25.
- [51] Sharma SK, Mishra M, Mudgal SK. Efficacy of cloth face mask in prevention of novel coronavirus infection transmission: A systematic review and meta-analysis. *J Educ Health Promot* 2020;9:192.

Références en exergue

- [1] SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. *Lancet Microbe*. 2020 Nov;S2666524720301725.

- [2] Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? Jones NR, Qureshi ZU, Temple RJ, Larwood JPJ, Greenhalgh T, Bourouiba L. *BMJ*. 2020 Aug 25;m3223.
- [3] Assessment of Air Contamination by SARS-CoV-2 in Hospital Settings. Birgand G et al. *JAMA Netw Open*. 2020 Dec 1;3(12):e2033232. doi: 10.1001/jamanetworkopen. 2020.33232. PMID : 33355679.
- [4] Transmissibility and transmission of respiratory viruses. Leung, N. H. L. *Nat Rev Microbiol*. 2021 Aug;19(8):528-545. doi:10.1038/s41579-021-00535-6.
- [5] Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2). W. Tang et al. *Journal of hospital Infection*. January 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.12.022>.