

Transmission du SARS-CoV-2 :

état des lieux et implications pour la prévention

Equipes de Prévention et Contrôle de l'Infection de l'AP-HP 09/12/2020

La protection des patients et des soignants est un objectif prioritaire des équipes de Prévention et Contrôle de l'Infection (Equipes Opérationnelles d'Hygiène). Le choix des stratégies de prévention s'appuie sur les données scientifiques sur les modes de transmission de l'infection, ainsi que sur l'efficacité et l'acceptabilité des équipements de protection individuelle.

La transmission du SARS-CoV-2 par voie aérienne reste débattue près d'un an après le début de la pandémie (1,2). Cette note a pour objectif de faire un état des lieux des connaissances afin de répondre aux interrogations concernant les choix des mesures pour prévenir la transmission de l'infection en milieu de soins.

Points clefs :

- **Les données cliniques et épidémiologiques suggèrent que le SARS-CoV-2 est majoritairement transmis par gouttelettes et contact.**
- **Les données expérimentales et sur des modèles animaux, ainsi que l'existence d'évènements de super-propagation suggèrent qu'une transmission aérienne peut exister dans certaines situations.**
- **Les données disponibles montrent que les précautions actuellement recommandées en milieu de soins (précautions gouttelettes et contact et masque FFP2 pour les actes à risque d'aérosolisation) offrent une protection adaptée aux soignants.**
- **Le risque de transmission à partir d'individus asymptomatiques ou pré-symptomatiques impose une grande prudence et le respect de mesures barrières en toutes circonstances (y compris en dehors des actes de soins).**
- **Le renforcement de l'hygiène des mains reste un élément central de la maîtrise de la propagation de l'épidémie.**

PRODUCTION D'AEROSOLS PAR LES INDIVIDUS EN SITUATION COURANTE

- Lorsqu'ils respirent, parlent, toussent, éternuent, tous les individus émettent des **sécrétions respiratoires** dans l'air, sous la forme d'un « continuum » de multiples particules de tailles très diverses.
- Les plus grosses particules (**gouttelettes**) sédimentent rapidement et se déposent sur les surfaces dans les 2 mètres autour des personnes. Les plus petites (« droplet nuclei ») se déshydratent pour former des **aérosols** qui vont rester en suspension dans l'air. Les aérosols sont en concentration plus élevée à proximité immédiate des personnes, mais peuvent également diffuser dans l'air à distance et s'accumuler dans des pièces mal ventilées.
- La part de production d'aérosols et de gouttelettes varie largement selon les situations : par exemple, parler fort, chanter produit plus d'aérosols que parler normalement ou chuchoter (3)

QUELS SONT LES MODES DE TRANSMISSION DES INFECTIONS RESPIRATOIRES ?

- Les infections respiratoires se transmettent par **gouttelettes et contact** (transmission directe par projection sur les muqueuses et indirecte par contact avec des surfaces contaminées) et/ou par voie **aérienne** (inhalation d'aérosols).
- La part de la transmission aérienne diffère selon les infections respiratoires (4) : **stricte** (transmission uniquement par aérosols), **préférentielle** (transmission par aérosols prédominante) ou **opportuniste** (transmission par aérosols rare et uniquement dans certaines conditions).
- Quelle que soit l'infection respiratoire, il n'est jamais possible de préciser avec certitude la part respective des gouttelettes, des contacts ou des aérosols dans la transmission. Seuls des **arguments indirects** permettent de l'estimer. Les modes de transmission sont souvent intriqués mais il est établi que la tuberculose et la varicelle sont principalement transmises par voie aérienne et la grippe saisonnière par gouttelettes et contact.

Cette classification repose sur un faisceau d'arguments basés sur des données expérimentales (physique, données animales), mais surtout cliniques et épidémiologiques.

Données expérimentales:

- Les prélèvements de **surface** retrouvent très fréquemment par PCR l'ARN du SARS-CoV-2 dans l'environnement de patients (5).
- Dans la très grande majorité des études, aucune souche de SARS-CoV-2 n'est détectée en culture (qui estime la viabilité du virus).
- Lors d'expériences de contamination des surfaces en conditions expérimentales (acier, plastique, cuivre, ...), et en utilisant des concentrations de virus plus de 10 à 100 fois supérieures à celle observées en conditions réelles, la culture a parfois retrouvé du virus au 3ème jour, mais avec une **réduction de plus de 90%** en moins de 24 h, quelle que soit la surface testée (6).
- Les prélèvements **d'air** peuvent retrouver par PCR l'ARN du virus SARS-CoV-2 à proximité et à distance des patients (7,8).
- Les prélèvements d'air positifs en PCR sont presque constamment **négatifs en culture** (9).
- Le SARS-CoV-2 peut être transmis par aérosols dans des modèles animaux de hamsters (10) et de furets (11).

Ces caractéristiques sont très similaires à celles rapportées pour le virus de la grippe saisonnière et le SARS-CoV-1 responsable de l'épidémie de SRAS de 2003-2004. Néanmoins, il est admis que la taille des particules respiratoires émises par les patients peut varier selon l'infection.

Données cliniques et épidémiologiques :

- Les données de la littérature sont nombreuses et concordantes et suggèrent que **la grippe saisonnière se transmet principalement par gouttelettes et contact** (12), même si le virus peut être retrouvé dans les aérosols en conditions cliniques.
- Pendant l'épidémie de SARS-CoV-1, espacer les lits des patients de plus d'1,50 m dans une salle commune a été fortement associé à l'absence de transmission du virus (13).
- Le **taux d'attaque secondaire** au sein d'un même foyer permet d'estimer la contagiosité en situation de contact rapproché et prolongé avec un individu infecté. Le **R0** est le nombre de cas secondaires à partir d'un cas index sans mesure de protection dans une population entièrement susceptible.

Pour la grippe saisonnière, dont le mode de transmission principal est par gouttelettes, le R0 est estimé entre **2 et 3**.

Pour les infections virales transmises par voie aérienne (par exemple varicelle et rougeole), le taux d'attaque secondaire est de l'ordre de **85%** et le R0 de **10-12 pour la varicelle et 15-18 pour la rougeole** (14).

Pour l'infection COVID-19, le taux d'attaque secondaire dans les foyers a été estimé entre **6% et 20%** (15,16) et le **R0** entre de **2 et 4** (17).

Ces deux paramètres épidémiologiques suggèrent un mode de transmission du SARS-CoV-2 similaire à celui d'autres virus respiratoires de type grippe, c'est-à-dire principalement par l'émission de gouttelettes à courte distance.

- Plusieurs évènements de « **super-propagation** » du SARS-CoV-2 ont été décrits (18–21). Au cours de ces évènements, un grand nombre de cas secondaires ont été détectés à partir d'un seul individu infecté, y compris chez des personnes n'ayant eu aucun contact direct avec le cas index, pouvant suggérer une transmission aérienne.

Dans toutes ces situations de « super-propagation » : 1) les participants ne portaient pas de masque, 2) les évènements avaient lieu dans des locaux mal ventilés ou avec air recyclé sans traitement et/ou 3) les participants avaient des activités à haut risque de production d'aérosols (chorales, boîtes de nuit).

- Quasiment aucun cluster de cas n'a été rapporté en lien avec des **activités en extérieur** (22).

Ces éléments suggèrent que le SARS-CoV-2 est dans la majorité des cas transmis par gouttelettes et contact, mais qu'une transmission par aérosols est possible dans certaines situations.

QUELLES CONSEQUENCES SUR LES STRATEGIES DE PREVENTION ?

- 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 soignants, ils les protègent de la projection de gouttelettes sur les muqueuses du nez et de la bouche, en complément des lunettes de sécurité qui protègent les muqueuses oculaires. De plus, 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).
- Les masques FFP2 sont conçus pour **filtrer des particules de plus petite taille**, de 0,02 à 2 µm mais surtout **minimiser la fuite au visage**. Leur efficacité de filtration est supérieure à 94% (norme NF EN 149 :2009 et avis du HCSP du 29 octobre 2020).
- Pour les coronavirus saisonniers habituels, les prélèvements viraux sont négatifs dans l'air environnant les personnes infectées lorsque celles-ci portent un masque chirurgical (23).
- Lorsqu'il est porté de façon prolongée, le masque FFP2 entraîne une certaine **gêne respiratoire** qui peut conduire à des gestes à risque de contamination (manipulation du masque avec des mains contaminées, écartement du masque du visage pour « respirer ») (24). Les règles garantissant l'efficacité des masques FFP2 sont mal connues des soignants (25).
- 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 (26–29).
- Là où il a été instauré, le port universel de masques chirurgicaux chez les professionnels de santé et les patients a été suivi d'une **diminution des contaminations par le SARS-CoV-2 en milieu de soins** (30), notamment à l'AP-HP (31). Cette diminution s'est poursuivie malgré l'augmentation concomitante du nombre de patients hospitalisés, illustrant l'efficacité des mesures de protection mises en place (précautions gouttelettes et contact et masque FFP2 pour les actes à risque d'aérosolisation). Si la transmission aérienne était prédominante, le nombre de nouveaux cas chez les soignants aurait augmenté parallèlement au nombre de patients pris en charge.
- Lors de la première vague épidémique, certaines études ont montré **un risque plus élevé d'infection par le SARS-CoV-2 chez les personnels prenant en charge des patients COVID** par rapport à ceux sans contact direct avec des patients atteints (32,33). Cependant, le risque d'infection chez les soignants était plus faible dans les unités entraînées (réanimation, urgences) que dans les unités de soins standard (33). Et l'accès aux équipements de protection était inégal selon les études (34).
- A l'APHP, chez 3165 personnels hospitaliers contaminés entre le 1^{er} août et le 22 novembre, 32% ont déclaré **un contact sans protection avec un collègue**, 32% avec **un proche** et seulement 3% avec un **patient** (aucune exposition à risque rapportée dans 33% des cas).
- Les manœuvres invasives respiratoires semblent plus à risque de contamination des personnels soignants. Dans ces situations, plusieurs types d'expositions sont cumulées et il n'est pas possible d'individualiser de façon formelle la part de transmission aérienne de celle gouttelettes/contact.
- Les recommandations nationales (France, Grande Bretagne, Etats Unis, Hong Kong, Singapour) et internationales (OMS) recommandent le port du **masque chirurgical pour la majorité des soins**, et du masque FFP2 dans les situations à risque d'aérosolisation.
- Les masques grand public n'ont pas une capacité de filtration suffisante pour recommander leur utilisation en secteur de soins (35).

CONCLUSIONS

Dans le contexte d'une épidémie émergente, la recherche de la meilleure protection des personnels est essentielle. Les incertitudes initiales sur la transmission, parfois alimentées par une surinterprétation des études *in vitro*, ont pu conduire à des doutes parmi les professionnels de santé et le grand public.

Des progrès remarquables ont été obtenus dans notre compréhension de la transmission de ce virus. 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 aérienne du SARS-CoV-2, si elle existe, est très secondaire par rapport aux autres modes de transmission.

Ces éléments confortent que, **lorsqu'elles sont correctement appliquées, les recommandations françaises actuelles offrent une protection adaptée aux personnels soignants.** Certaines situations (forte charge en soins, manque de coopération des patients en raison de troubles cognitifs par exemple) sont plus à risque de transmission et requièrent une vigilance particulière du respect des précautions par les soignants. La réalisation d'un essai randomisé pour prouver la non-infériorité de cette stratégie par rapport à une utilisation systématique du FFP2 se heurte à des obstacles logistiques, organisationnels et à la dynamique évolutive de l'épidémie.

Le port du masque n'est qu'un élément d'un ensemble de mesures de prévention : **désinfection des mains** par friction hydro-alcoolique, **port de lunettes** si risque de projection de liquide biologique, **distanciation physique** dès lors que le masque ne peut être porté (y compris entre collègues), **désinfection de l'environnement.**

Dans cette phase de circulation active du virus, la vigilance s'impose et les mesures universelles de prévention doivent s'appliquer **quel que soit le statut (COVID positif ou négatif) des patients.**

Rédaction : S. Kernéis, G Birgand, S Fournier, JC Lucet

Relecture : R. Amarsy-Guerle, F Barbut, S. Bonacorsi, A. Casetta, JW. Decousser, M. Denis, P. Frange, I. Lolom, A. Lomont, J. Robert, B. Salauze, V. Soury, L. Vaillant, JR Zahar.

Validation : Ensemble des équipes opérationnelles d'hygiène de l'APHP

RÉFÉRENCES

1. Lewis D. Is the coronavirus airborne? Experts can't agree. *Nature*. 2020;580(7802):175.
2. Prather KA, Marr LC, Schooley RT, McDiarmid MA, Wilson ME, Milton DK. Airborne transmission of SARS-CoV-2. *Science*. 16 oct 2020;370(6514):303-4.
3. Jones NR, Qureshi ZU, Temple RJ, Larwood JPI, Greenhalgh T, Bourouiba L. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? *BMJ*. 25 2020;370:m3223.
4. Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infection--the elusive pathway. *N Engl J Med*. 22 avr 2004;350(17):1710-2.
5. Kampf G, Lemmen S, Suchomel M. Ct values and infectivity of SARS-CoV-2 on surfaces. *The Lancet Infectious Diseases*. nov 2020;S1473309920308835.
6. 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*. 16 2020;382(16):1564-7.
7. Guo Z-D, Wang Z-Y, Zhang S-F, Li X, Li L, Li C, et al. Aerosol and Surface Distribution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Hospital Wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(7):1583-91.
8. Ong SWX, Tan YK, Chia PY, Lee TH, Ng OT, Wong MSY, et al. Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. *JAMA*. 28 2020;323(16):1610-2.
9. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera VL, Morwitzer MJ, Creager HM, Santarpia GW, et al. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. *Sci Rep*. 29 2020;10(1):12732.
10. Sia SF, Yan L-M, Chin AWH, Fung K, Choy K-T, Wong AYL, et al. Pathogenesis and transmission of SARS-CoV-2 in golden hamsters. *Nature*. 2020;583(7818):834-8.
11. Richard M, Kok A, de Meulder D, Bestebroer TM, Lamers MM, Okba NMA, et al. SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets. *Nat Commun*. 08 2020;11(1):3496.
12. Bridges CB, Kuehnert MJ, Hall CB. Transmission of influenza: implications for control in health care settings. *Clin Infect Dis*. 15 oct 2003;37(8):1094-101.
13. 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*. 15 avr 2007;44(8):1017-25.
14. Musher DM. How contagious are common respiratory tract infections? *N Engl J Med*. 27 mars 2003;348(13):1256-66.
15. Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM, Halloran ME, Dean NE. Household transmission of SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis of secondary attack rate. *medRxiv*. 31 juill 2020;
16. Ng OT, Marimuthu K, Koh V, Pang J, Linn KZ, Sun J, et al. SARS-CoV-2 seroprevalence and transmission risk factors among high-risk close contacts: a retrospective cohort study. *Lancet Infect Dis*. 2 nov 2020;

17. 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.
18. 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.* 26 sept 2020;
19. Bahl P, de Silva C, Bhattacharjee S, Stone H, Doolan C, Chughtai AA, et al. Droplets and Aerosols Generated by Singing and the Risk of Coronavirus Disease 2019 for Choirs. *Clin Infect Dis [Internet].* [cité 30 nov 2020]; Disponible sur: <https://academic.oup.com/cid/advance-article/doi/10.1093/cid/ciaa1241/5908276>
20. Guenther T, Czech-Sioli M, Indenbirken D, Robitailles A, Tenhaken P, Exner M, et al. Investigation of a superspreading event preceding the largest meat processing plant-related SARS-Coronavirus 2 outbreak in Germany [Internet]. Rochester, NY: Social Science Research Network; 2020 juill [cité 30 nov 2020]. Report No.: ID 3654517. Disponible sur: <https://papers.ssrn.com/abstract=3654517>
21. 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.* 1 sept 2020;
22. Qian Y, Ai J, Wu J, Yu S, Cui P, Gao Y, et al. Rapid detection of respiratory organisms with FilmArray respiratory panel and its impact on clinical decisions in Shanghai, China, 2016-2018. *Influenza Other Respir Viruses.* 2020;14(2):142-9.
23. Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC, Chan K-H, McDevitt JJ, Hau BJP, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nat Med.* 2020;26(5):676-80.
24. Conly J, Seto WH, Pittet D, Holmes A, Chu M, Hunter PR, et al. Use of medical face masks versus particulate respirators as a component of personal protective equipment for health care workers in the context of the COVID-19 pandemic. *Antimicrob Resist Infect Control.* 06 2020;9(1):126.
25. 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.* sept 2010;31(9):918-25.
26. 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.
27. Offeddu V, Yung CF, Low MSF, Tam CC. Effectiveness of Masks and Respirators Against Respiratory Infections in Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Infect Dis.* 13 nov 2017;65(11):1934-42.
28. Jefferson T, Del Mar C, Dooley L, Ferroni E, Al-Ansary LA, Bawazeer GA, et al. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses: systematic review. *BMJ.* 21 sept 2009;339:b3675.
29. Radonovich LJ, Simberkoff MS, Bessesen MT, Brown AC, Cummings DAT, Gaydos CA, et al. N95 Respirators vs Medical Masks for Preventing Influenza Among Health Care Personnel: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 03 2019;322(9):824-33.
30. 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.* 14 juill 2020;
31. Contejean A, Leporrier J, Canouï E, Alby-Laurent F, Lafont E, Beaudeau L, et al. Comparing dynamics and determinants of SARS-CoV-2 transmissions among health care workers of adult and pediatric settings in central Paris. *Clin Infect Dis.* 2020;
32. Sims MD, Maine GN, Childers KL, Podolsky RH, Voss DR, Berkiw-Scenna N, et al. COVID-19 seropositivity and asymptomatic rates in healthcare workers are associated with job function and masking. *Clin Infect Dis.* 5 nov 2020;
33. 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.* 21 2020;9.
34. Nguyen LH, Drew DA, Graham MS, Joshi AD, Guo C-G, Ma W, et al. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study. *Lancet Public Health.* 2020;5(9):e475-83.
35. 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.