

Le SARS-CoV-2 peut-il se transmettre à travers l'air que nous respirons ?

Les voies de transmission et les premières préconisations

Premières informations venant de Chine et de l'OMS

Le virus SARS-CoV-2 détecté en Chine début janvier 2020 a été initialement comparé au SARS-CoV-1. Mais la transmission d'humain à humain n'a été confirmée que le 21 janvier 2020^[1], à la veille de la mise en quarantaine de Wuhan puis d'une grande partie du Hubei. Seuls 200 cas avaient été identifiés à cette date.

Concernant les modalités de transmission, le parallèle avec le SARS (et d'autres maladies historiques transmissibles par voie aérienne) a prévalu : transmission par la toux ou par contacts (directs ou indirects) ; cela a guidé les mesures de protection prises en Asie (masques, gants, ...) puis les premières consignes en Occident, notamment aux Etats-Unis. D'ailleurs, au 15 février 2020, les messages se voulaient encore rassurants quant à la possibilité d'attraper le virus pendant un vol en avion^[2].

L'existence de porteurs asymptomatiques ou pré-symptomatiques a été reconnue plus tardivement encore et considérée dans un premier temps comme un vecteur assez faible de transmission.

Les premières recherches montrent une persistance du virus dans différents environnements

Avec l'augmentation du nombre de cas et l'extension de l'épidémie hors de Chine, des études plus systématiques ont pu être menées pour comprendre comment se comportait le "nouveau" coronavirus dans le corps humain et son mode de

transmission.

Dès le mois de février, le point d'entrée du virus dans l'organisme proposé se situe au niveau de la bouche, du nez et des yeux. Le virus est également détecté dans la salive, l'urine, les selles et le sperme^[3] ..., mais les voies principales de transmission restent incertaines^[4].

Mi-mars, une étude comparative du SARS-CoV-1 et du SRAS-CoV-2 menée aux Etats-Unis montre que leur demi-vie sur les surfaces est similaire sur du cuivre. Par contre la demi-vie de SRAS-CoV-2 est supérieure sur du carton, et la durée de vie maximum a été mesurée sur le métal et le plastique^[5].

Au moment où les Etats-Unis se confinent, le gouvernement favorise le premier consensus de transmission (à courte distance par de grosses gouttelettes - toux - et par persistance sur les surfaces)

Ainsi, les tout premiers éléments réunis par la communauté scientifique se sont traduits par la mise en place d'une stratégie de protection de type "gestes barrières" pour le grand public (essentiellement maintien à distance, amortissement des éternuements et lavage des mains). Ces consignes sont alors cohérentes avec les conclusions du rapport de l'OMS (fin mars) qui minimise les risques de transmission aérienne^[6], arguant qu'aucun des 75.000 cas de contamination analysés en Chine ne fait état de ce phénomène.

Comme en Europe, les discussions sur l'utilité du port du masque ont été polluées notamment par la question de leur disponibilité pour le grand public et de la priorité à accorder aux personnels plus clairement exposés.

Par ailleurs, les études^[7] sur le port d'un masque montrent que seul le masque N95 est efficace pour protéger une personne contre la contamination aérienne du virus, même si les autres masques, y compris ceux fabriqués à la maison, peuvent réduire le risque de projections de particules virales d'une personne infectée mais ne protégeront pas contre une contamination aérienne du virus.

Un doute subsiste quant à l'hypothèse d'une transmission "aérienne"

Le 23 mars 2020, des chercheurs d'un institut de recherche d'Edimburg (UK) publiaient une lettre dans *The Lancet Global Health* qui alertait sur la possibilité de transmission virale au sein d'immeubles par le biais des canalisations et des systèmes de ventilation. Ce document se basait d'une part sur un rapport publié en 2003 par l'OMS faisant suite à 342 cas d'infections par le SARS et de 42 décès dans un immeuble de 50 étages de Hong-Kong, d'autre part sur une étude réalisée en 2017 spécifiquement pour étudier la propagation d'une infection microbienne dans les différentes pièces d'un immeuble de 2 étages^[8].

Si la transmission aérienne du virus n'a pas été mise en évidence à ce stade, elle n'a pas non plus été exclue ; diverses équipes scientifiques ont alors lancé des études pour apporter des éléments de réponse.

Un continuum de tailles de gouttelettes se déplaçant plus ou moins loin

La notion de "transmission aérienne" du virus se définit de manière simplificatrice par opposition à la transmission par "gouttelettes" (postillons) qui sont, en raison de leur taille, soumises à la pesanteur et retombent rapidement au sol ; dans le cas de la transmission aérienne, ce sont des gouttes plus petites encore (des microgouttelettes sous forme d'aérosols) produites par les malades qui, elles, se mêlent à l'air ambiant et se déplacent beaucoup plus loin (comme par exemple le brouillard). La réalité est évidemment plus complexe puisqu'un individu émet un continuum de tailles de gouttelettes qui se déplacent plus ou moins loin.

La règle de distanciation sociale de 6 pieds (1,80 m) établie aux Etats-Unis repose sur l'idée que seules les gouttelettes excrétées lors de la toux ou d'éternuement seraient porteuses de virus : celles-ci sont "lourdes" et "tombent" assez rapidement au sol. En l'absence de courant d'air, une telle distance suffirait à s'en prémunir.

Des chercheurs de City University of New York ont démontré que le temps de dépôt au sol de micro-gouttelettes est inversement proportionnel à leur diamètre - 6 sec pour 50 μm , mais 10 minutes pour 5 μm et même 16 h pour 0,5 μm -, et que 95% des gouttelettes émises par la respiration humaine sont comprises entre 2 et 100 μm .

Par conséquent, dans un endroit clos et non ventilé, de nombreuses microgouttelettes restent en suspension pendant des dizaines de minutes. La présence de mouvements d'air, même dans une pièce fermée (sous l'effet par exemple de radiateurs, ventilateurs ou climatiseurs) répand ces gouttelettes dans toute la pièce, bien au-delà des 6 pieds préconisés comme distance de sécurité entre individus^[9].

Lydia Bourouiba, *Associate Professor* à l'*Institute for Medical Engineering and Science* du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), avance que les stratégies de distanciation entre individus en vigueur sont basées sur des modèles de transmission des maladies simplistes et datant des années 1930s. Elle démontre dès fin mars que l'expiration, la toux et les éternuements, projettent non seulement des gouttelettes mucosales, mais aussi un nuage de gaz turbulent multiphasique dont les conditions de chaleur et d'humidité réduisent l'évaporation et les maintient en suspension, entraînant ces gouttelettes jusqu'à 7 ou 8 mètres de distance^[10].

D'autres chercheurs, du *Laboratory of Chemical Physics* du *NIH* (Bethesda, MD) et de l'*University of Pennsylvania* (Philadelphia, PA), ont corroboré ces données en visualisant par laser l'émission par la parole de milliers de gouttelettes potentiellement porteuses d'agents pathogènes et de virus. Leur recommandation est claire: le port généralisé d'un masque en public réduit considérablement la projection de ces microgouttelettes et ainsi les risques de contamination^[11].

Dès le mois de mars, des études indiquent que le virus survit dans le milieu aérien

S'il y a un consensus au sein de la communauté scientifique pour reconnaître que la parole, la toux et l'éternuement sont sources de projections buccales ou nasales dont la taille varie des grosses gouttelettes aux aérosols, et s'il est établi que les gouttelettes peuvent transporter et transmettre le virus mais qu'elles se déposent rapidement au sol, plusieurs questions relatives à la présence du virus dans les aérosols demeurent : les microgouttelettes peuvent-elles contenir et transporter des virus ? Le virus ainsi transporté dans l'air survit-il longtemps ?

Une série d'études réalisées dans des hôpitaux chinois a mis en évidence la

persistance du virus - mesurée par détection d'ARN viral - sur les surfaces et dans l'air dans des milieux hospitaliers ayant été occupés par des patients infectés. La détection de concentrations inattendues de virus dans des lieux moins sensibles comme des salles d'attente, les toilettes, et en grande concentration dans des lieux mal ventilés a attiré l'attention. Sans préjuger des possibilités de transmission par voie aérienne, ces articles ont constitué les premières alertes concernant la présence de virus dans l'air ambiant^[12], ^[13]. Une étude^[14] fait notamment état de la présence d'ARN viral détecté dans l'air prélevé à 4 m des patients.

Une étude^[15] similaire a été réalisée aux Etats-Unis fin mars dans le centre médical de l'Université du Nebraska, sur la persistance du virus dans des salles dans lesquelles des patients infectés étaient isolés. Malgré une grande variabilité, les résultats ont montré une présence du virus aussi bien dans les échantillons d'air que sur diverses surfaces (toilettes, bords de fenêtre...). L'étude conclut à la nécessité de précautions à prendre vis à vis de la diffusion du virus, notamment dans l'air.

Par ailleurs, dès le 17 mars 2020, des chercheurs américains^[16] ont mesuré une permanence de plus de 3 heures du virus dans l'air. Jamie Lloyd-Smith, chercheur à UCLA (*University of California Los Angeles*), déclare que même si les conditions d'expériences en laboratoire sont artificielles, le risque est non nul d'une propagation du virus dans l'air à long terme.

Fin mars, la newsletter spécialisée DarkDaily fait le point^[17] sur le débat qui règne dans la communauté scientifique concernant le risque de transmission aérienne. La controverse vient essentiellement des conditions expérimentales mises en oeuvre dans les laboratoires de recherche. Neeltje van Doremalen, chercheuse au NIH (Rocky Mountain Laboratories, Hamilton, Montana) précise que la génération expérimentale d'aérosols ne constitue pas une preuve de transmission du virus par les aérosols. Stanley Perlman, Professeur de microbiologie et Immunologie à l'*University of Iowa*, pense, lui, que les aérosols ne jouent pas de rôle significatif dans la transmission du virus.

Une consultation réalisée le 1er avril par l'Académie des Sciences, d'Ingénierie et de Médecine (NASEM) sur commande de l'OSTP (*Rapid Expert Consultation on the*

Possibility of Bioaerosol Spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 Pandemic^[18]) adressée à Kelvin Droegemeier et reposant sur des travaux déjà mentionnés ici, conclut assez clairement à l'importance du risque de transmission aérienne, notamment par simple exhalaison de patients contaminés, notamment les cas asymptomatiques.

Début avril, une synthèse^[19] publiée par des scientifiques chinois et australiens est assez catégorique sur le risque de transmission aérienne et s'étonne du peu de cas fait par les autorités sur cette modalité de contamination.

Une interrogation subsiste sur la charge virale nécessaire pour la transmission

Il ne suffit pas que le virus soit présent dans l'air pour qu'il représente un danger. Suffit-il de respirer des micro-gouttelettes chargées de virus pour être contaminé ? Quelle dose de virus peut être ainsi inhalée et à partir de quel seuil cela est-il dangereux ?

Les voies de contamination ont fait l'objet d'études mais la charge virale "nécessaire" pour entraîner une contamination reste indéterminée. Les expérimentations sont compliquées tant qu'aucun traitement n'est disponible puisqu'il est exclu de prendre le risque d'infecter des individus en les exposant volontairement à des doses contrôlées ; on ne peut donc se baser que sur des situations réelles passées pour lesquelles les données précises ne sont en général plus disponibles a posteriori.

On considère qu'un virus peut se multiplier de façon exponentielle en quelques heures au sein de l'organisme d'un patient contaminé. En pratique, l'exposition à un grand nombre de virus est nécessaire pour que la probabilité d'un tel phénomène puisse devenir significative. Mais, à ce jour nous n'avons pas d'évaluation "quantitative" de ce nombre pour le SARS-CoV-2.

En dépit de ces interrogations nouvelles, en avril 2020, l'OMS reste réticente à prétendre que le SARS-CoV-2 peut se transmettre par voie orale en prétextant que la détection d'ARN viral en suspension n'est pas une preuve d'un virus viable qui pourrait être transmis. De plus, dans leur dernière mise à jour datant du 17 avril

2020, l'OMS précise que le virus peut se transmettre par des gouttelettes émises par un individu infecté, et qu'une distance de 1 m est suffisante pour s'en préserver^[20].

Un revirement dans la stratégie ?

Une nouvelle compréhension du risque de transmission aérienne

Courant mai, l'accumulation d'observations et d'études documentées sur le sujet semble commencer à convaincre la communauté scientifique américaine d'un risque important de transmission par voie aérienne. Si les consignes de distanciation sociale limitent de fait ce mode de contamination, une meilleure prise en compte du risque permettrait certainement d'optimiser les contraintes à maintenir dans le cadre d'une réouverture progressive.

Le 7 mai, un article de synthèse^[21] de Joseph G. Allen (*Harvard T.H. Chan School of Public Health*) et Linsey C. Marr (*Virginia Tech*) insiste sur le fait que les dernières études convergent vers un risque important de transmission aérienne. Il pointe la durée de survie du virus dans l'air, le rôle des porteurs asymptomatiques et les simulations physiques mentionnées dans la section précédente. *Scientific American* fait le point mi-mai^[22], ne cherchant pas à apporter de réponse définitive, mais présentant les études alarmistes nuancées par l'inconnue concernant la charge virale nécessaire pour constituer un risque d'infection. Le Washington Post lui-même sonne l'alerte le 14 mai^[23], faisant référence à une étude (pré-publication déjà mentionnée *supra*) publiée la veille dans PNAS^[24].

Plusieurs lettres ouvertes adressées par des scientifiques à leurs gouvernements demandent une prise en compte du risque de transmission aérienne par les autorités, sur la base de l'analyse des études existantes, comme celle rédigée par des scientifiques iraniens et américains^[25]. Cette prise en compte conduirait à des mesures concrètes concernant la ventilation et la désinfection de l'air (par exemple à l'aide d'UV) et, bien sûr, une insistance sur le port du masque.

Le 10 mars, dans le Comté de Skagit, près de Seattle (Etat de Washington), se

réunissait une chorale^[26]. Alertés par l'épidémie naissante, les chanteurs ont évité les contacts. Pourtant, trois semaines plus tard, une cinquantaine des 61 membres réunis ce jour-là étaient contaminés ! Le CDC a établi un rapport^[27] le 15 mai concernant cet événement de super-diffusion ("super spreaders") du virus qui accrédite l'hypothèse d'une contamination par voie aérienne.

Mi-avril, une étude^[28] analysait les circulations d'air au sein d'un restaurant (en Chine) dans lequel plusieurs familles auraient été contaminées hors de tout contact direct. Le mouvement imposé par la ventilation semble pouvoir expliquer le déplacement du virus au delà des normes de sécurité en vigueur.

Plus récemment, la contamination massive d'employés d'abattoirs et de traitement de viande (sur 130,000 employés, 4,913 contaminés et 20 morts au 8 mai, selon un rapport du CDC^[29]) travaillant en atmosphère froide et humide a mis de nouveau en avant le risque de contamination aérienne en milieu fermé.

Prise en compte de la transmission aérienne en extérieur

Si elle est naturellement cruciale en milieu confiné, cette question de transmission aérienne du virus se pose également en milieu extérieur. Même si les risques de contamination paraissent plus faibles, les traînées aérodynamiques derrière des joggeurs ou des cyclistes pourraient par exemple être aussi des sources contaminantes du virus.

Kim Prather, chimiste atmosphérique au *Scripps Institute of Oceanography* à San Diego prétend que même en extérieur, la distance de sécurité de 6 pieds n'a de sens que si l'air est immobile. En cette période de début de déconfinement, elle alerte notamment les surfeurs qui se prétendent en sécurité en appliquant cette consigne que la brise marine propage et diffuse les microgouttelettes pouvant contenir le virus de la même façon que de la fumée de cigarette.

Des chercheurs Néerlandais et Belges ont également établi par simulation numérique des distances de sécurité suivant les conditions de mobilité des individus.

Selon cet article publié le 20 avril, si une distance de 1,5 m entre deux individus statiques permet d'éviter la contamination, lorsque deux individus se suivent, cette distance de sécurité doit être de 5 m s'ils marchent (à 4 Km/h) et de 10 m s'ils courent (à 14,4 Km/h)^[30].

Une équipe d'*Oklahoma State University* a quantifié^[31] l'influence de l'humidité et du vent sur les risques de transmission aérienne pour conclure que les marges de sécurité officielles n'offrent pas une garantie en toutes circonstances.

Nécessité de prendre des mesures de sécurité et de poursuivre les études

Malgré l'incertitude actuelle, le principe de précaution devrait s'imposer face à une transmission aérienne probable du virus, en milieu clos évidemment, mais également dans certaines conditions en extérieur. Le milieu hospitalier, notamment pendant les intubations ou autres opérations délicates, nécessite une attention toute particulière^[32]. Les transports en commun, notamment en avion, posent aussi un problème spécifique que ne faisaient pas ressortir les premières études parues en février. En effet, mêmes si les circulations d'air en cabine font l'objet d'études détaillées au moment de la conception des avions, la priorité n'a jamais été donnée dans ces cahiers de spécifications à la prévention d'infections^[33] ; ces études techniques sont donc relues aujourd'hui avec un regard neuf^[34].

Les scientifiques du CDC ayant reconstitué plus en détail la chaîne de contamination au sein d'une chorale concluent que le chant à plusieurs est une pratique à risque, le volume et la quantité des aérosols émis en parlant étant corrélés à l'intensité de la vocalisation^[35].

Dans ses mises à jour, y compris dans la dernière en date du 1er juin, la page du CDC^[36] expliquant "*How does the virus spread?*" insiste sur la transmission de personne à personne et conseille le maintien d'une distance de 6 pieds ; sur cette page la consigne de port du masque n'est pas rappelée explicitement même si elle est associée à la notion de distanciation. Sans les exclure, il minimise par ailleurs les

autres voies possibles de transmission (par contact de surfaces contaminées, par les animaux).

La forte contagiosité du SARS-CoV-2 et les nombreuses incertitudes qui persistent poussent les scientifiques à s'investir dans la compréhension de la transmission du virus. Concernant la transmission aérienne, aucune réponse définitive n'est apportée aujourd'hui, et d'autres études dédiées à cette problématique sont nécessaires.

Le 13 mai, le *Department of Energy's* du *Lawrence Berkeley National Laboratory* (Berkeley Lab), a annoncé le lancement d'un programme d'étude du risque de transmission aérienne du SARS-CoV-2^[37]. Par des approches expérimentales et numériques, les chercheurs vont étudier la circulation de gouttelettes et aérosols dans et entre des pièces d'un immeuble.

Conclusion

Les études les plus récentes mettent en évidence la possibilité d'une transmission aérienne du virus à des distances supérieures à celles estimées initialement. Cependant, les premiers facteurs de propagation identifiés sont toujours considérés prépondérants et les mesures préconisées (distance sociale, masques, interdiction de rassemblement) pour les juguler limitent aussi de fait la propagation par voie aérienne plus lointaine. Ainsi, au moment où les autorités relancent l'activité, il n'est pas jugé opportun de mettre en avant un risque encore mal évalué et susceptible de renforcer le sentiment d'insécurité auprès du grand public ; sa prise en compte se trouve limitée à l'augmentation des précautions préconisées dans les milieux fermés ou particulièrement sensibles. Cet exemple est une nouvelle illustration de la tension entre le travail approfondi des scientifiques américains et les décisions politiques de l'administration.

Rédacteurs : Xavier BRESSAUD (SST Washington), James DAT (SST Chicago), Pascal LOUBIERE (SST Los Angeles)

Notes :

- [1]
<https://www.statnews.com/2020/01/21/who-raises-possibility-of-sustained-human-to-human-transmission-of-new-virus-in-china/>
- [2]
<https://www.scmp.com/lifestyle/health-wellness/article/3050706/coronavirus-how-lower-risk-infection-while-flying-and>
- [3] <https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa2002032>
- [4]
https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2765654?mod=article_inline
- [5] <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2004973>
- [6]
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331601/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief_Transmission_modes-2020.1-eng.pdf
- [7]
<https://www.livescience.com/are-face-masks-effective-reducing-coronavirus-spread.html>
- [8]
[https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(20\)30112-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(20)30112-1/fulltext)
- [9] <https://arxiv.org/pdf/2003.13689.pdf>
- [10] <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2763852>
- [11] <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.02.20051177v1.full.pdf>
- [12] <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2271-3>

[13] <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.03.08.982637v1>

[14] https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0885_article

[15] <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.23.20039446v2>

[16] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32182409/>

[1 7]

<https://www.darkdaily.com/clinical-laboratories-should-be-aware-of-potential-airborne-transmission-of-sars-cov-2-the-coronavirus-that-causes-covid-19/>

[18] https://download.nap.edu/cart/download.cgi?record_id=25769

[19] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041202031254X>

[2 0]

<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-coronaviruses>

[21] <https://www.preprints.org/manuscript/202005.0126/v1/download>

[2 2]

<https://www.scientificamerican.com/article/how-coronavirus-spreads-through-the-air-what-we-know-so-far1/>

[2 3]

https://www.washingtonpost.com/health/experiment-shows-human-speech-generates-droplets-that-linger-in-the-air-for-more-than-8-minutes/2020/05/13/7f293ba2-9557-11ea-82b4-c8db161ff6e5_story.html

[24] <https://www.pnas.org/content/early/2020/05/12/2006874117>

[25] <https://aaqr.org/articles/aaqr-20-04-covid-0158>

[2 6]

<https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-03-29/coronavirus-choir-outbreak>

[27] <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6919e6.htm>

[2 8]

<https://www.scmp.com/news/china/society/article/3079986/does-air-con-help-spread-coronavirus-chinese-study3-families>

[29] https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6918e3.htm?s_cid=mm6918e3_x

[30] http://www.urbanphysics.net/Social%20Distancing%20v20_White_Paper.pdf

[31] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850220300744>

[32] <https://journalotohns.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40463-020-00425-6>

[3 3]

https://www.washingtonpost.com/local/trafficandcommuting/scientists-think-they-know-ways-to-combat-viruses-on-airplanes-theyre-too-late-for-this-pandemic/2020/04/20/83279318-76ab-11ea-87da-77a8136c1a6d_story.html

[34] <https://www.pnas.org/content/115/14/3623.short>

[35] <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6919e6.htm>

[3 6]

<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html>

[37] <https://flexlab.lbl.gov/news/article/new-research-launched-airborne-virus>