Évaluation du risque de transmission du coronavirus dans le domaine de la musique

Quatrième mise à jour du 17.07.2020

Les modifications par rapport à la troisième mise à jour du 01.07.2020 sont signalées en bleu.

Prof. Dr. med. Dr. phil. Claudia Spahn, Prof. Dr. med. Bernhard Richter Directeurs de l'Institut de médecine de la musique de Fribourg (FIM), Centre hospitalier universitaire et Haute école de musique de Fribourg

Avec la contribution des confrères et services suivants du Centre hospitalier universitaire de Fribourg : Dipl.-Biol. Armin Schuster, hygiéniste technique hospitalier (Institut de prévention des infection et d'hygiène hospitalière, dir. Prof. Dr. med. H. Grundmann) Prof. Dr. med. Hartmut Hengel (directeur médical de l'Institut de virologie) Prof. Dr. med. Hartmut Bürkle (Directeur médical du service d'anesthésiologie et soins intensifs)

Traduction de Suzanne Assénat

Certaines références bibliographiques concernant spécifiquement la musique sont en cours de traduction ou déjà traduites et disponibles dans le répertoire en ligne
https://drive.google.com/drive/folders/10JboZbT0aN6bQWyqpbL9h5uyA4f8nCou

Table des matières

Préambule **3**

1. Modes de transmission du SARS-CoV-2 ..... **6**

2. Dangers spécifiques dans le domaine de la musique **7**

2.1 Possibilités de réduire les risques au niveau des systèmes dans le domaine de la musique 7

a) Contrôle à l'entrée 8

b) Paramètres de lieu, aération, durée 10

c) Mesures de protection individuelles 11

2.2 Évaluation du risque spécifique pour le chant et différents instruments 13

2.2.1 Chant 13

Évaluation générale du risque lié au chant 13

Formes de pratique du chant 15

Cours de chant individuels 15

Chant choral 16

Chant liturgique 17

2.2.2 INSTRUMENTS À VENT 18

Évaluation du risque lié à la pratique des instruments à vent 18

Formes de pratique des instruments à vent 20

Enseignement individuel 21

Ensembles de vents 21

2.2.3 AUTRES INSTRUMENTS 22

Claviers, cordes frottées et pincées, percussions 22

Ensemble de musique de chambre/Jazz band 22

Orchestre / Big band 23

3. Gestion des risques **25**

Bibliographie **27**

Préambule

Depuis notre première évaluation des risques publiée le 25.4.2020, l'évolution de la pandémie de coronavirus nous a conduits à examiner d'autres questions. La levée graduelle du confinement depuis le 6 mai 2020, à un rythme très différent selon les *länder*, rend de plus en plus pressante la problématique de la pratique musicale, professionnelle comme amateurs, et la nécessité de déterminer comment et quand les activités musicales vont pouvoir reprendre, qu'il s'agisse des chœurs d'église, des formes structurées de pratique vocale et instrumentale amateurs et scolaire ou de l'activité professionnelle des orchestres, chœurs, harmonies et ensembles dans les théâtres, salles de concert, maisons d'opéra et autres lieux.

Certaines questions se posent pour tous les genres musicaux. Une attention particulière est portée ici à l'enseignement du chant et des instruments dans les conservatoires, les écoles de musique et autres établissements d'enseignement.

Avec l'augmentation du nombre de personnes autorisées à présent à se réunir dans certains *länder*, la question des formations collectives (orchestre, big band, chœur) commence d'ores et déjà à se poser et entraîne encore d'autres problématiques plus complexes. La reprise de l'activité professionnelle oblige à s'interroger sur la comparabilité de leur métier avec d'autres situations de travail, par exemple sur la différence du risque infectieux entre un bureau en *open space* et une répétition d'orchestre. Enfin, la réouverture au public, déjà effective dans certains länder, soulève encore d'autres questions. Le Bade-Wurtemberg, par exemple, autorise à nouveau les manifestations réunissant au maximum 250 personnes depuis le 01.07.2020, à condition que des places assises soient assignées aux participants pendant toute la durée de l'événement et que celui-suive un programme défini à l'avance (décret *« Corona-VO »* du 23 juin 2020). Ce même *land* prévoit de doubler le nombre autorisé de participants (500 personnes) à partir du 01.08.2020. Il y a aussi les arrêtés très hétérogènes pris par les différents länder, notamment à propos du chant et en particulier du chant choral : alors que le *land* de Berlin, dans son décret pour la protection contre l'infection par le SARS-CoV-2 (*Corona-Verordnung* du 23.06.2020), interdit complètement la pratique du chant par plus d'une personne dans les lieux clos, la Rhénanie-Palatinat a autorisé, presque à la même date (24.06.2020), le chant choral dans les lieux clos, dans le respect de strictes règles d'hygiène (10ème décret sur la lutte contre le coronavirus [CoBeLVO]). Le traitement très hétérogène des activités sportives et musicales dans les directives nationales et internationales incite à se demander sur quelles données probantes se fondent ces décisions.

Scientifiques et décideurs politiques s'efforcent cependant de parvenir à des mesures et des règles cohérentes.

Sur le principe, les musiciens sont soumis aux consignes fédérales et régionales en vigueur (rassemblements, contacts, distance minimale, port du masque), spécifiées par les ministères et élaborées avec les instances de la santé publique (et parfois d'autres administrations compétentes et les organismes d'assurance-accidents statutaire). L'élaboration de recommandations adaptées aux situations spécifiques et diverses de la pratique musicale professionnelle et amateurs, de la musique classique comme de la musique populaire, constitue un défi de taille. Dans ce contexte, des avis d'experts tels que celui-ci sont requis pour éclairer les décisions qui seront prises ailleurs, au niveau politique et institutionnel.

De nouvelles études scientifiques et discussions techniques entre experts ont été menées ces dernières semaines. Différents travaux ont déjà été consacrés à l'évaluation des risques dans la pratique musicale et le chant, entre autres par l'Hôpital de la Charité à Berlin (Mürbe *et al.*, Willich *et al.*), la DGfMM (Société allemande de physiologie et médecine de la musique, Firle *et al.*), l'Université de la Bundeswehr (Kähler et Hain), ainsi que le groupe de travail « santé et prophylaxie » de la Fédération allemande des orchestres (DOV), avec des commentaires de la fédération des médecins du travail (VDBW AG), section « scènes et orchestres » (Böckelmann *et al.*).

Les auteurs s'efforcent d'intégrer dans les présentes considérations des résultats scientifiques aussi complets et récents que possible. Leur intention est toujours d'adapter leurs évaluations en fonction des derniers résultats d'études et d'en tirer un consensus. Pour cela, ils publient régulièrement des mises à jour de leur évaluation des risques, fondées sur les plus récentes observations scientifiques et mesures de réduction des risques, dans des versions numérotées et datées. La dernière version en date est mise en ligne, sans changer le lien, sur le site de la Haute école de Musique de Fribourg.

Notre évaluation des risques intègre les résultats d'expérimentations menées le 5 mai 2020 sur des instrumentistes à vent et des chanteurs et chanteuses, à l'initiative de l'Orchestre symphonique de Bamberg et avec la participation des auteurs collaborateurs du FIM. Les mesures ont été confiées au bureau d'études de technique des fluides Tintschl BioEnergie- und Strömungstechnik AG. Tous les instruments à vent habituels de l'orchestre, plus la flûte à bec et le saxophone, ainsi que des chanteuses et chanteurs (chant classique et chanson populaire), ont été inclus dans l'étude. Des essais qualitatifs de visualisation des mouvements de l'air et des mesures quantitatives de la vitesse de l'air à différentes distances ont été réalisés. Les résultats de mesure seront prochainement publiés dans une communication scientifique.

Dans les domaines où il n'existe pas encore de résultats scientifiques, les explications qui suivent présentent des estimations techniques des auteurs. Le présent document constitue donc un instantané, qui sera vérifié et adapté à la nouvelle réglementation et aux résultats scientifiques futurs.

Afin d'accroître la qualité et la fiabilité de cette évaluation des risques, nous avons constitué au CHU de Fribourg un groupe de travail interdisciplinaire composé de confrères de l'Institut de prévention des infections et d'hygiène hospitalière (direction : Prof. Dr. med. H. Grundmann), du Prof. Dr. med. Hartmut Hengel (directeur médical de l'Institut de Virologie) et du Prof. Dr. med. Hartmut Bürkle (directeur médical du département d'anesthésiologie et de soins intensifs), qui ont participé à la rédaction de ce document et à sa vérification du point de vue de leur discipline.

L'expérience des facteurs épidémiologiques importants de propagation du SARS-CoV-2 s'enrichit de plus en plus depuis le début de la pandémie de coronavirus. Dès le début, l'Institut Robert-Koch et la classe politique allemande ont clairement affirmé que le but des mesures à prendre devait être de freiner et d'endiguer la propagation de l'infection en réduisant au minimum le risque d'infection par le SARS-CoV-2. Il nous semble donc que l'évaluation des risques liés spécifiquement à la pratique musicale doit être axée sur le risque *supplémentaire* résultant de celle-ci. Cette approche, alignée sur les standards généraux en vigueur, nous semble

importante pour que les décideurs politiques aient les moyens de définir des recommandations adéquates pour le monde de la musique.

La présente évaluation des risques est conçue selon le concept de la gestion des risques, en vue d'identifier les risques spécifiques du secteur musical et de proposer des mesures pour les réduire. Elle pourrait ainsi servir à élaborer des concepts de gestion des risques flexibles, adaptés aux différents musiciens et à leurs situations, et à intégrer les questions liées à la pratique musicale dans le cadre général de la société.

En vue d'une adaptation flexible aux risques, on pourrait désormais marquer davantage la différence entre risque d'infection et risque de maladie et prendre des précautions « à géométrie variable » selon le niveau de risque des musiciens (maladies préexistantes, âge, etc.).

La situation épidémiologique locale et dans le temps (par ex. dans une ville ou une commune) pourrait être prise en compte dans les stratégies de prévention des infections pour la pratique musicale collective. Ainsi, le risque collectif d'une répétition de chœur pourra probablement être mieux évalué à l'avenir à l'aide de l'appli de traçage des contacts « CORONA-WARN-APP », disponible en ligne depuis le 16.06.2020. Des campagnes de tests étendues, gratuites et non liées à des alertes, telles qu'elles peuvent être menées depuis le 01.07.2020 en Bavière, pourraient également y contribuer.

L'un des buts importants des auteurs est d'élaborer, en suivant la progression des connaissances, des outils permettant une adaptation différenciée au risque, aussi bien dans la société en général que dans la pratique de la musique. Le concept de gestion des risques, déjà ébauché par les auteurs dans la deuxième mise à jour, sera donc nuancé et approfondi dans les actualisations successives.

Notre évaluation des risques a déjà été traduite en français, en anglais, en portugais, en néerlandais et en japonais (version française : https://www.mh-freiburg.de/fileadmin/Downloads/Allgemeines/RisikoabschaetzungCoronaMusikSpahnRichter19.5.2020Franzoesisch.pdf).

1. Modes de transmission du SARS-CoV-2

Informations générales

En règle générale, la transmission des virus respiratoires passe surtout par des **gouttelettes** et des **aérosols** émis lors de la toux et des éternuements, qui pénètrent dans l'organisme de la personne en vis-à-vis à travers les muqueuses du nez, de la bouche et du bas appareil respiratoire, parfois la conjonctive des yeux. On appelle gouttelettes, dans ce contexte, les particules d'un diamètre supérieur à 5 µm. Celles-ci sont parfois assez grosses pour être visibles lors de la toux ou d'un éternuement et perceptibles sur la peau. Un aérosol (mot composé à partir du grec ἀήρ, air, et du latin *solutio*) est un mélange hétérogène de très petites particules (moins de 5 µm de diamètre), invisibles à l'œil nu, en suspension dans un gaz. L'équipe de Ville Vuorinen à l'université Aalto d'Helsinki a réalisé une simulation par ordinateur de la propagation des aérosols dans un lieu fermé (un supermarché) (Vuorinen *et al.* 2020 a/b) : cette simulation montre que si une personne infectée expulse des particules virales en toussant, celles-ci sont encore détectables dans l'air après plusieurs minutes, alors que la personne malade s'est déjà éloignée. D'autres personnes peuvent alors inhaler les virus présents dans l'air.

De même, il est possible de s'infecter en touchant des surfaces contaminées puis en portant les mains à son visage sans les avoir lavées, si les particules virales ainsi ramassées ont encore un pouvoir infectieux (**transmission par contact**).

La Figure 1 représente schématiquement les modes de transmission.

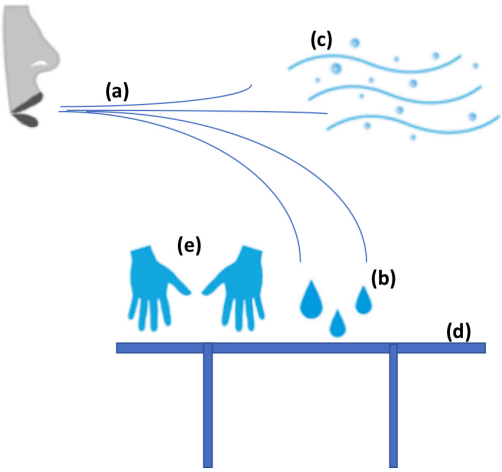

Fig. 1 : représentation schématique des modes de transmission. L'air expiré (a) envoie des gouttelettes (b) et des aérosols (c) dans l'environnement. Les gouttelettes peuvent se déposer sur des surfaces (par ex. une table (d)) où on pourra les ramasser sur les mains (e). Si on se touche ensuite le nez, la bouche ou les yeux, il peut y avoir une infection par contact.

Informations spécifiques sur le SARS-CoV-2

D'après les connaissances actuelles, le coronavirus SARS-CoV-2, agent de la maladie appelée COVID-19, est transmis par les gouttelettes ou par les aérosols (Meselson *et al.* 2020).

Selon les indications données par l'Institut Robert-Koch le 17.04.2020, trois études ont mis en évidence des aérosols contenant l'ARN du coronavirus dans des échantillons d'air exhalé

par des patients ou dans l'air de chambres de patients (Leung *et al.* 2020 ; Chia *et al.* 2020 ; Santarpia *et al.* 2020).

L'importance de la transmission par les aérosols est réévaluée à la hausse depuis quelques semaines (Morawska & Cao 2020; Miller et al. 2020 ; Morawska & Milton 2020).

Une transmission par contact est également possible. La transmission du virus par des surfaces contaminées ne peut pas être exclue, en particulier, dans l'environnement immédiat des personnes infectées (ECDC 2020), puisque des particules de SARS-CoV-2 capables de réplication ont été mises en évidence dans l'environnement, dans certaines circonstances (van Doremalen *et al.* 2020). Il n'est pas encore établi de façon concluante que l'infection soit possible par contact avec les yeux (Zhou *et al.* 2020).

Outre l'air expiré, la salive et les sécrétions bronchiques constituent également des matières infectieuses importantes. On a constaté, dans le domaine des soins directs aux patients, qu'un nombre anormalement élevé d'oto-rhino-laryngologistes et d'anesthésistes ainsi que d'infirmières et infirmiers de ces spécialités contractent la COVID-19 parce qu'ils procèdent à des examens et interventions endoscopiques sur la sphère oropharyngée et sont peut-être ainsi en contact étroit avec les trois formes de contamination évoquées (Deutsche HNO-Gesellschaft 2020 ; Ruthberg *et al.* 2020)

2. Dangers spécifiques dans le domaine de la musique

2.1 Possibilités de réduire les risques au niveau des systèmes dans le domaine de la musique

Avant une évaluation des risques spécifiquement axée sur le chant, les instruments et le cadre de la pratique, nous commencerons par les possibilités de réduire les risques applicables au niveau des systèmes dans le domaine musical. Celles-ci nous semblent cruciales, en particulier pour les formations à grands effectifs (chœur, chants en commun pendant les cultes, orchestre, big band).

La figure 2 ci-dessous donne une idée des mesures possibles de réduction des risques. Des mesures nous paraissent judicieuses dans trois domaines :

a) contrôle à l'entrée

b) paramètres de lieu, d'aération et de durée

c) mesures de protection individuelles

Les domaines a) et c) relèvent de la prévention comportementale et le domaine b) de la prévention environnementale.

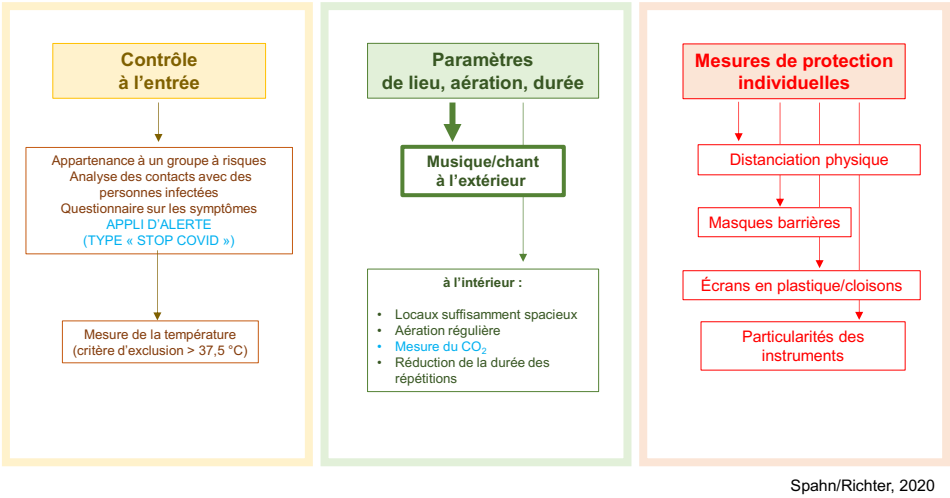

Fig. 2 : Vue d'ensemble des mesures de réduction des risques au niveau des systèmes dans le domaine de la musique.

a) Contrôle à l'entrée

Le contrôle à l'entrée peut comprendre la vérification de plusieurs paramètres pertinents :

- L'évaluation du risque d'être porteur, par une analyse des contacts personnels sur les 5-6 derniers jours et la recherche de symptômes suspects, sur la base de questions standardisées (formulaire ou appli[1]), permet de réguler l'accès aux répétitions, cours et concerts et de renforcer la protection de soi et des autres. Le questionnaire standardisé utilisé par le CHU de Fribourg fait d'ailleurs partie du concept d'hygiène pour le traitement électif des patients ambulatoires, depuis l'ouverture graduelle des services hospitaliers à partir du 4 mai. Ces mesures simples ne nécessitent pas des moyens excessifs et sont très bien acceptées. Le questionnaire et l'appli pourraient s'inspirer de l'instrument de dépistage déjà utilisé depuis le 4 mai par le CHU de Fribourg. L'application de traçage des contacts « CORONA-WARN-APP » est disponible en Allemagne depuis juin et peut être utilisée pour évaluer le risque.
- Un risque accru pour la santé peut être déterminé à l'aide de la liste des pathologies préexistantes de l'Institut Robert-Koch (liste des groupes à risque d'évolution grave du RKI[2]). Les personnes âgées ou à risque accru en raison d'une pathologie préexistante (voir la liste des risques du RKI) nécessitent des mesures de précaution encore plus strictes pour la pratique musicale.

---

[1] Le questionnaire et l'appli pourraient s'inspirer de l'instrument de dépistage déjà utilisé depuis le 4 mai par le CHU de Fribourg.

[2] Personnes âgées (augmentation constante du risque d'évolution grave à partir de l'âge de 50 ou 60 ans environ), obésité sévère, maladies cardiovasculaires préexistantes, maladies pulmonaires ou hépatiques chroniques, diabète sucré, cancer, immunosuppression

D'après les statistiques relevées en Allemagne depuis le début du mois de mars, qui couvrent à présent quatre mois, le paramètre d'âge mérite que l'on s'y attarde. En effet, les chiffres de la mortalité liée à la COVID-19 montrent que les personnes âgées (> 70 ans) sont nettement plus touchées que les plus jeunes (Statista 2020). Depuis le premier décès, signalé le 09.03.2020, la COVID-19 a fait 9059 victimes en Allemagne à la date du 13.07.2020. Sur ce total, on compte un décès dans le groupe d'âge de 0 à 9 ans, deux dans le groupe de 10 à 19 ans et neuf dans le groupe de 20 à 29 ans. L'âge médian des décès se situe à 82 ans, ce qui montre que la courbe de répartition est nettement décalée vers la droite. Les informations relatives aux deux décès survenus parmi les membres d'un chœur du comté de Skagit, aux États-Unis (Hamner et al. 2020) vont dans le même sens : l'âge médian des chanteurs était de 69 ans, et c'était également l'âge médian de ceux qui sont tombés malades.

- En cas de symptômes aspécifiques tels que fièvre plus problèmes respiratoires (toux sèche, catarrhe) ou de symptômes relativement typiques (perte subite du goût et de l'odorat), les musiciens de toutes les disciplines doivent rigoureusement éviter tout contact avec d'autres musiciens jusqu'à ce qu'une infection par le SARS-CoV-2 ait été exclue par un test de PCR sur frottis nasopharyngé.
  En cas d'infection avérée, d'arrivée depuis un autre pays ou de contact avec une personne infectée, une quarantaine doit être respectée selon les règles en vigueur. Tout symptôme doit être signalé au médecin traitant. Pour l'enseignement de la musique à des enfants et adolescents, il importe de rappeler instamment aux parents et autres responsables que les enfants doivent s'abstenir de venir en cours dès les premiers signes suspects ou avérés de COVID-19, même légers. Cette règle doit également être rappelée aux étudiants. Dans le même ordre d'idée, les professeurs ne doivent évidemment pas enseigner non plus s'ils se trouvent dans ces situations.
- Une autre mesure possible, peu coûteuse et faisable consiste à mesurer la température des musiciens avant la pratique collective. Le CHU de Fribourg a constaté une élévation de la température associée à des troubles respiratoires aigus chez la majorité des patients atteints de COVID-19. En revanche, l'Institut Robert-Koch ne préconise plus la mesure de la température pour le dépistage à l'entrée, par exemple dans les aéroports, car seules 42 % des personnes infectées en Allemagne avaient de la fièvre (plus de 37,5 °C ; Bulletin épidémiologique du RKI 20/2020). La mesure de la température ne permet d'ailleurs pas non plus de repérer les porteurs asymptomatiques, afébriles mais contagieux.
  Un questionnaire standardisé et une mesure de la température peuvent sensibiliser les musiciens aux risques et améliorer l'observance des mesures de protection. Le questionnaire standardisé utilisé par le CHU de Fribourg fait d'ailleurs partie du concept d'hygiène pour le traitement électif des patients ambulatoires, depuis l'ouverture graduelle des services hospitaliers à partir du 4 mai. Ces mesures simples ne nécessitent pas des moyens excessifs et sont très bien acceptées.
- Les tests du coronavirus, qui peuvent révéler une infection par le SARS-CoV-2 en quelques heures, sont appelés à jouer un rôle important dans les plans sanitaires des ensembles musicaux.

Ces plans pourraient par exemple inclure des tests réguliers, tels que les décrivent les procédures du Philharmonique de Vienne ou du Thomanerchor de Leipzig (communication personnelle le 15.07.2020 du Prof. Stertz de Vienne et du Prof. Fuchs de Leipzig). Pour la pratique professionnelle (opéra, concerts, théâtre), on pourrait en outre appliquer, en l'espèce, des concepts sanitaires détaillés, qui devront être élaborés et vérifiés par les médecins du travail, le cas échéant (Böckelmann *et al.* 2020).
On peut s'inspirer, pour leur élaboration, des concepts existants dans le sport professionnel, pour lequel une expérience considérable a déjà été acquise depuis la reprise partielle des compétitions nationales et internationales dans différents sports de contact. On pourrait aussi mettre en place des dépistages réguliers du coronavirus (frottis nasopharyngés), comme cela est la règle dans le sport professionnel, par exemple dans la Bundesliga de football allemande. Des partenariats entre clubs sportifs et associations musicales pourraient être intéressants à l'avenir.

b) Paramètres de lieu, aération, durée

Les données épidémiologiques déjà relevées au cours de la pandémie de SARS-CoV-2 montrent que les paramètres de volume et d'aération des locaux ainsi que la durée de l'exposition lors des rassemblements de personnes ont une influence décisive sur le risque infectieux (Leung *et al.* 2020 ; Chia *et al.* 2020 ; Santarpia *et al.* ; Miller *et al.* 2020).

Deux scientifiques ont mis au point des outils de calcul très intéressants pour estimer combien de personnes peuvent rester combien de temps dans une pièce donnée, selon le volume et l'aération de celle-ci (Trukenmüller, 2020 ; Jimenez, 2020). Ces outils s'appuient sur les publications sur la transmission du SARS-CoV-2 dans les lieux fermés connue à ce jour et sur les hypothèses de modélisation disponibles, notamment celles de Buonanno *et al.* (2020 a/b).

Hartmann et Kriegel viennent aussi de présenter une modélisation dans laquelle le paramètre de qualité de l'air, déterminé par la concentration de CO_2, est intégré dans l'évaluation du risque lié aux aérosols chargés de virus (Hartmann et Kriegel 2020).

Chant et musique en plein air

Le risque infectieux est probablement élevé surtout en cas de séjour prolongé avec d'autres personnes dans des lieux clos. Qian *et al.* ont constaté, lors d'une étude menée en Chine en janvier et février 2020, que sur 7324 personnes infectées, une seule l'avait probablement été en plein air (Qian *et al.* 2020). On peut supposer que les aérosols se propagent plus rapidement à l'extérieur, que l'inactivation du virus y est fortement accélérée (UV, ozone, radicaux hydroxyle, oxydes d'azote) et que tous ces facteurs concourent à réduire largement le risque infectieux, à condition encore de respecter les règles de distanciation. Si la distanciation minimale est respectée, le risque d'infection lors de la pratique du chant et de la musique en plein air devrait donc être très faible.

Le travail en plein air est donc à privilégier pour faire de la musique à plusieurs. Nous sommes justement à la belle saison, et l'idée de musique en plein air paraît réalisable et même tout à fait attrayante. C'est aussi une tradition de longue date puisque, dans le théâtre antique grec, le *choros* (χορός) désignait la partie de l'amphithéâtre où l'on dansait et chantait. Les

ensembles de vents en plein air font aussi partie des fêtes rurales. Dans le domaine de la pop et du rock, les concerts en plein air sont largement majoritaires. Toutefois, il faudra faire respecter les règles relatives aux rassemblements au public ou trouver des solutions imaginatives (telles que les concerts-promenades).

Chant et musique dans les lieux clos

- *Aération :* pour chanter et faire de la musique dans des lieux clos avec ventilation naturelle, il semble actuellement qu'une aération régulière et poussée soit un facteur important de réduction des risques. L'efficacité de la ventilation peut être vérifiée à l'aide de la mesure de la concentration de CO_2. Si les locaux disposent d'une ventilation mécanique, le risque d'infection par les aérosols peut être réduit. Avec une aération naturelle, les aérosols sont évacués si le taux de renouvellement de l'air est de 0,5 à 2 fois le volume de la pièce par heure, même avec les fenêtres fermées ; avec une ventilation mécanique, par exemple dans les salles de concerts, le taux de renouvellement de l'air est de l'ordre de 4 à 8/h. On peut considérer que l'extraction des aérosols est suffisante à partir d'un renouvellement de l'air de l'ordre de 6 fois le volume par heure.
- *Taille des locaux :* la taille des locaux et le nombre de personnes qui s'y trouvent, ainsi que le temps qu'elles y passent, semblent jouer un rôle important (Tellier 2006). C'est apparemment le grand nombre de personnes réunies pendant longtemps dans des locaux exigus et mal ventilés qui a favorisé la propagation du virus dans les foyers de contagion d'Ischgl et de Heinsberg.

  Pour faire de la musique ensemble, on pourrait utiliser davantage pour répéter les lieux très spacieux tels qu'églises (« scénario de la cathédrale »), salles de concert ou salles des fêtes communales.
- *Durée des répétitions :* outre un espace suffisant, on peut penser que le fractionnement des répétitions en phases de travail de durée réduite (par ex. de 15 minutes ; voir Institut Robert-Koch, version du 16.04.2020, Traçage des contacts en cas d'atteintes respiratoires par le coronavirus SARS-CoV-2), avec des pauses pour aérer « un bon coup », permet de réduire les risques.
- Pour estimer le risque d'infection en fonction des paramètres cités d'aération, de taille de la pièce, de nombre de personnes dans la pièce et de durée de la répétition, on pourra s'aider, à l'avenir, des tableaux Excel déjà mentionnés ainsi que des indications de Hartmann et Kriegel (Trukenmüller, 2020 ; Jimenez, 2020 ; Harmann et Kriegel 2020).

c) Mesures de protection individuelles

- *Protection des voies respiratoires :* le port d'un masque barrière nous semble une possibilité importante de réduction des risques. On sait, depuis longtemps déjà, que les masques constituent une protection adéquate contre différentes infections respiratoires (van der Sande *et al.* 2008). L'important est de les utiliser même s'ils sont perçus comme déplacés ou gênants pour chanter ou jouer d'un instrument à cordes frottées, pincées ou à clavier. Les infectiologues distinguent deux fonctions du masque barrière, selon s'il s'agit de se protéger contre les gouttelettes ou aérosols des autres (protection de soi) ou d'empêcher la

propagation de sa propre infection vers les autres (protection des autres). Ces deux effets possibles se conjuguent lors du port d'un masque barrière.

Le matériau des masques médicaux de type II selon la norme EN 14683:2019-6, qu'il est facile de se procurer actuellement, absorbe ≥ 92 % des particules de ≥ 3 µm de diamètre. Ces masques constituent donc une mesure judicieuse pour protéger les autres mais aussi pour se protéger soi-même (selon les mesures de l'IuK, ils retiennent jusqu'à 80-90 % des particules de 0,5 µm et plus et environ 70 à 80 % des particules de 0,3 µm et plus). Le port correct du masque est également déterminant, sachant que l'air peut s'échapper par les côtés lors d'une expiration forcée (Mittal *et al.* 2020). Des études récentes ont néanmoins démontré que le port de tels masques réduisait efficacement la propagation des gouttelettes et des aérosols (Leung *et al.* 2020).

Depuis notre deuxième mise à jour du 19.05.2020, de nouvelles études ont été publiées à propos du port du masque pour la protection contre le coronavirus, auquel les plus récents résultats scientifiques s'avèrent favorables. Voici un bref résumé de ces études :

D'une part, une expérimentation animale a montré que le risque infectieux pouvait être nettement réduit par l'utilisation de masques (Chan *et al.* 2020).

D'autre part, un travail de revue a permis de constater que les pays qui avaient imposé de façon cohérente le port de masques dès le début de la pandémie (par exemple Taiwan, le Japon, Hong Kong, Singapour et la Corée du Sud) enregistraient des taux d'infection et de décès nettement inférieurs aux régions où ces mesures n'avaient pas été recommandées initialement, par exemple à New York (Prather *et al.* 2020).

Cette constatation concorde avec les observations du groupe de travail de Mitze, qui estime que le port du masque a permis une réduction de 40 % du nombre d'infections dans la ville allemande d'Iéna (Mitze *et al.* 2020). La Société allemande de pneumologie (DGP) a publié fin mai 2020 un avis favorable au port du masque (Pfeiffer *et al.* 2020).

L'efficacité de la filtration par différents types de masques a été étudiée par l'équipe de Konda (Konda *et al.* 2020). On retiendra de ces résultats que même les masques « faits maison » produisent un effet de filtration intéressant, en particulier quand ils sont composés de plusieurs couches de matières différentes.

Le groupe de travail de Stutt a également mis en évidence l'effet positif du masque dans une modélisation (Stutt *et al.* 2020), de même que l'équipe de Wang dans une étude épidémiologique (Wang *et al.* 2020) et celle de Schünemann dans une vaste méta-analyse (Chu *et al.* 2020).

Dans son orientation provisoire (Interim Guidance) du 05.06.2020, l'OMS préconise aussi le port du masque parmi les mesures de protection contre l'infection, y compris pour la population générale (OMS 2020)

- *Distanciation :* le respect des règles de distanciation physique nous semble très important pour éviter la contagion par gouttelettes, y compris dans la pratique musicale. Comme il nécessite beaucoup d'attention, que la proximité physique et sociale font partie intégrante de la pratique musicale et que l'on ne peut ni chanter ni jouer en restant planté raide sur place, la distance entre les musiciens nous semble devoir s'établir à 2 mètres. Le respect

d'un rayon de 2 mètres entre les musiciens dans les lieux clos aurait en outre l'avantage de réduire le nombre de personnes qui pourront se réunir dans une petite pièce. Pour les formations plus importantes, le respect des distances nécessitera de trouver des locaux plus spacieux. La règle de distanciation à 2 mètres permet donc à la fois de réduire le risque de transmission par gouttelettes mais aussi de limiter l'accumulation d'aérosols produits par un regroupement de personnes dans un lieu clos. Elle ne remplace pas, toutefois, une aération régulière ni la réduction de la durée des répétitions.

- *Mesures spécifiques :* certains instruments nécessitent des mesures de protection individuelles spécifiques (par ex. protection contre les postillons et cloisons entre les chanteurs et leurs voisins de répétition).

2.2 Évaluation du risque spécifique pour le chant et différents instruments

2.2.1 Chant

Évaluation générale du risque lié au chant

Comme nous l'avons vu, il faut distinguer, dans les modes de transmission du SARS-CoV-2, le risque d'infection par des gouttelettes et par des aérosols contenant le virus. S'y ajoutent le mode de transmission important que constitue le contact des mains avec le nez et la bouche et éventuellement des mains avec les yeux.

Gouttelettes : en raison de leur taille et de leur poids, les gouttelettes tombent rapidement vers le sol et ne dépassent pas une distance d'un mètre. C'est sur cette distance que se fonde la règle de distanciation à 1,5 m dans les situations quotidiennes (commerces, bureaux, etc.).

Existe-t-il un risque accru d'infection par les gouttelettes pendant le chant ?

On sait depuis longtemps qu'il n'y a pas de mouvement supplémentaire de l'air devant la bouche des chanteurs lors de la phonation (production du son) car la propagation physique des ondes sonores ne passe pas par la circulation d'un fluide. La flamme d'une bougie ne vacille pas devant la bouche d'un chanteur, même quand celui-ci chante fort.

Cette observation a été confirmée à nouveau par les mesures réalisées avec trois chanteurs de l'Orchestre symphonique de Bamberg. Le brouillard artificiel amené juste devant la bouche de ceux-ci n'a pas été visiblement dévié lors de l'émission de sons de différentes hauteurs, de différents volumes, dans différents styles de chant. De légères turbulences ont été observées près de leur bouche lors de l'articulation forcée avec consonnes explosives, mais aucun mouvement de l'air n'a été mesuré, lors de la mesure de la vitesse de l'air, par les capteurs placés à 2 mètres des chanteurs. Une distance de 2 mètres peut donc être considérée comme sûre en ce qui concerne l'infection par les gouttelettes, même quand l'articulation est forcée. Ces observations concordent avec celles d'autres groupes de travail qui ont récemment utilisé différents procédés optiques pour visualiser la propagation de l'air pendant la pratique d'un instrument à vent et du chant (Kähler et Hain 2020 a/b ; Becher *et al.* 2020 a/b ; Echternach et Kniesburges 2020 ; Sterz, 2020 ; ORF 2020 ; Becher et al. 2020 a/b).).

Aérosols : des particules infectieuses (par ex. les virus de la varicelle, de la grippe, de la rougeole, le bacille de la tuberculose et, apparemment, le SARS-CoV-2) capables de réplication s'incorporent dans les aérosols dans les voies respiratoires.

Il a été démontré que la formation d'aérosols est d'autant plus intense que l'on parle fort (Asadi *et al.* 2019). Les premières études scientifiques relatives aux aérosols émis pendant le chant viennent d'être publiées (Mürbe et al. 2020). À leur sortie de la bouche, on peut s'attendre à ce que les aérosols commencent par monter, en raison de leur faible densité spécifique (à environ 37 °C et > 95 % d'humidité relative), et se mêlent à l'air ambiant. Comme leur taille de particules est d'environ 4 µm, la sédimentation ne joue pratiquement aucun rôle[3].

Les aérosols créent-ils un risque accru pendant le chant ?
Sur le principe, il faut supposer que le chant, tout comme la respiration au repos ou la parole, peut libérer des aérosols susceptibles de transmettre des virus (Fabian *et al.* 2019). La mesure des aérosols constitue cependant un défi technique.

Plusieurs groupes de travail ont entrepris de mesurer les aérosols lors du chant.

Le 22.05.2020, le Bayerischer Runfunk (br) a évoqué une étude du Prof. Matthias Echternach, du service d'ORL du CHU de Munich (LMU), et du Dr Stefan Kniesburges, du service d'ORL de l'hôpital d'Erlangen (BR-Klassik aktuell 22.05.2020). Le 04.07, le site br.de a présenté un reportage détaillé sur cette étude, dans lequel les auteurs expliquent leurs résultats. Ils supposent, comme le suggèrent nos propres mesures, que les nuages d'aérosols se propageraient jusqu'à une distance de 1,5 m dans la direction d'émission du souffle pendant le chant, et beaucoup moins loin latéralement par rapport aux chanteurs. Ils préconisent donc une distance de sécurité d'au moins 2 m (de préférence 2,5 m) vers l'avant et 1,5 m sur les côtés.

Le 27.05.2020, le site Web de la Fédération autrichienne des chœurs a publié un protocole d'étude et une documentation photographique des émissions d'aérosols et de condensation par les membres d'un chœur ; cette étude a été menée, elle aussi, sous la direction du Prof. Fritz Sterz de la Faculté de médecine de Vienne (Sterz *et al.* 2020).

La radio de Berlin (Rundfunk Berlin-Brandenburg) a consacré le 03.06.2020 une émission télévisée à une étude du Prof. Dirk Mürbe, du CHU Charité de Berlin, et du Prof. Martin Kriegel de l'Institut Hermann Rietschell de l'Université technique de Berlin (rbb Praxis, 03.06.2020). Les résultats de ce groupe de travail ont été publiés le 3 juillet en *preprint* (Mürbe et al. 2020 ; Hartmann et al. 2020 ; Hartmann et Kriegel 2020 ; Kriegel et Hartmann 2020).

Le 26.06.2020, un groupe de travail japonais composé de membres du Tokyo Metropolitan Symphony Orchestra (direction : Kazushi Ono) a publié, en coopération avec le Prof. Tomoaki Okuda, chercheur spécialiste des aérosols (Université Keio) et le Dr Hirokyuki Kunishima, du Département des maladies infectieuses de l'Université St. Marianna de Kawasaki, un compte-rendu de mesures des aérosols émis par les instruments à vent et les chanteurs (Ono *et al.* 2020).

Certains résultats de ces études sont à présent publiés dans des articles scientifiques, comme nous venons de le voir.

[3] NdT : sédimentation = les gouttelettes retombent au sol (mais pas les aérosols)

Inspiration
La science n'a pas encore cherché à déterminer dans quelle mesure les inspirations profondes du chant aggravent le risque d'infection.

Production de mucus
Le chant peut entraîner la production de quantités non négligeables de mucus, en particulier pendant l'échauffement. Les chanteurs ont tendance à libérer leurs voies respiratoires de ces mucosités en toussant ou en se raclant la gorge. La production de mucus peut aussi être augmentée lors d'une pratique prolongée, en raison de l'effort fourni par l'appareil respiratoire.

Conclusion de l'évaluation générale du risque lié au chant
Les descriptions et résultats qui précèdent nous portent à conclure que le risque de transmission par gouttelettes n'est pas augmenté pendant le chant, à condition de respecter une distance de 2 mètres de rayon. D'après les derniers résultats de mesure, il ne semble pas nécessaire d'augmenter la distance entre 3 et 5 mètres, comme le préconisait encore la première évaluation des risques du 25.04.2020. En revanche, il reste difficile d'évaluer complètement dans quelle mesure le chant modifie *spécifiquement* la formation et la propagation des aérosols, car le débit d'émission est extrêmement fluctuant (voir Morawska et al. 2009). Les données relevées à ce jour suggèrent toutefois que le taux d'émission d'aérosols est nettement plus élevé pendant le chant que pendant la respiration par la bouche et la parole ; certains auteurs avancent actuellement qu'il serait, en moyenne, 30 fois plus élevé (Mürbe et al. 2020).

La concentration en CO_2 dans l'air donne une indication importante pour l'évaluation du risque d'infection par les aérosols. Elle peut être utilisée pour avoir une idée de la concentration de particules virales de SARS-CoV-2 contenues dans les aérosols (Hartmann et Kriegel 2020). L'utilité du dioxyde de carbone gazeux (CO_2, gaz carbonique) comme indicateur de la qualité de l'air a été établie dès le milieu du XIXème siècle par Max Pettenkofer, considéré aujourd'hui comme le père fondateur de l'hygiène en tant que discipline scientifique de plein droit en Allemagne. Celui-ci a constaté, non seulement que le CO_2 était un indicateur de la qualité de l'air, mais aussi que le comportement d'autres substances contenues dans l'air changeait d'une façon proportionnelle à la concentration en CO_2 (Pettenkofer 1858). Il a donné son nom à la limite de Pettenkofer, concentration maximale de CO_2 admissible dans l'air intérieur (en particulier dans les locaux scolaires, que l'on y chante ou pas), qui est actuellement fixée à 1000 ppm (communication du Ministère fédéral allemand de l'environnement, 2008). Il existe, pour vérifier le respect de cette limite, des appareils de mesure relativement simples, pouvant donner une indication visuelle de la qualité de l'air sous la forme de « feux tricolores ». Il est ainsi possible d'estimer le risque de contagion par des aérosols dans un lieu clos et de contrôler en conséquence l'aération nécessaire dans les lieux ventilés naturellement.

On ne sait toujours pas non plus quelle influence l'inspiration profonde des chanteurs peut avoir sur une possible infection.

Les connaissances disponibles nous semblent donc dicter des mesures de protection supplémentaires, que nous allons décrire pour les différentes formes de chant et les contextes de la pratique.

Formes de pratique du chant

Cours de chant individuels

Dans le chant soliste, la production du son s'accompagne d'inspirations et d'expirations profondes ; pour autant que nous sachions, aucune étude n'a encore cherché à savoir dans quelle mesure le risque infectieux s'en trouvait accru. Bien que la circulation directe de l'air ne soit pas forte lors de l'émission du chant, ainsi que l'on confirmé nos dernières mesures, il faut supposer que le chant peut propager le virus par le biais des aérosols. Dans le chant soliste, la formation des consonnes provoque la projection de gouttelettes de salive, dont nous avons déjà expliqué qu'elles ne portaient pas très loin.

La transmission directe de ces gouttelettes peut être encore réduite par la mise en place d'écrans en plastique. On pourrait utiliser, comme mesure de protection improvisée, les pare-sons déjà disponibles dans certains établissements.

Des mesures du CO_2 et le respect de la limite de Pettenkofer peuvent apporter une aide précieuse pour contrôler l'efficacité des concepts de ventilation.

Il nous semble également utile que les enseignants portent un masque-barrière pendant que leurs élèves chantent. S'il est possible de s'en procurer en dehors du milieu médical, le port d'un masque FFP-2 offre une bonne protection pour le porteur.

Nous estimons que les risques liés à l'enseignement individuel peuvent être réduits par un strict respect des mesures de sécurité (notamment d'une distance de 2 mètres, selon les dernière mesures dont il a été question plus haut) et par des conditions adéquates dans la pièce (volume suffisant, pauses pour aérer toutes les 15 minutes ou en fonction de la concentration de CO_2 et, plus encore, entre deux élèves).

Cette estimation actualisée du risque n'implique cependant pas que l'on puisse obliger les enseignants et/ou les élèves à assurer des cours « en présentiel » ou à y participer. Si les conditions d'aménagement ou d'organisation ne sont pas remplies ou si une des personnes en présence appartient à un groupe à risque, il nous semble préférable de dispenser les cours en ligne.

Chant choral

Les paramètres du chant choral sont, sur le principe, les mêmes que ceux du chant soliste. Dans la mesure où il est probable que chaque chanteur émette des aérosols, on peut supposer que le regroupement de plusieurs personnes dans un lieu clos va donner lieu à une accumulation d'aérosols potentiellement porteurs du virus (Liu *et al.*, 2020). La qualité de la ventilation joue dès lors un rôle crucial (Li *et al.*, 2020). La durée des répétitions influe également sur la concentration des aérosols, qui va augmenter en proportion du temps passé.

Plusieurs cas de transmission du SARS-CoV-2 lors de répétitions de chœurs ou de cultes ont été rapportés. Le 12 mai, une publication scientifique a décrit un tel foyer de contagion dans un chœur du comté de Skagit, dans l'état de Washington (Hamner *et al.*, 2020). Le chœur a signalé un taux d'infection élevé aux autorités de la santé le 17 mars. La répétition lors de laquelle de nombreux choristes ont probablement été infectés a eu lieu le 10 mars. Sur les 61 choristes qui y avaient participé, 53 sont tombés malades, 3 ont été hospitalisés et 2 sont décédés. L'âge médian des chanteurs était de 69 ans (extrêmes de 31 et 83 ans) et les trois personnes hospitalisées souffraient de deux ou plusieurs maladies préexistantes connues. La publication examine la possibilité d'une infection par les aérosols, mais elle met également en

lumière d'autres facteurs d'influence : les chaises des chanteurs étaient très rapprochées (6-10 pouces, soit 15 à 25 cm) ; la répétition a duré en tout 2 heures et demie, avec une pause casse-croûte de 15 minutes. En outre, le « patient zéro » du chœur présentait déjà des symptômes depuis le 7 mars et avait participé à la répétition précédente le 3 mars.

Afin de réduire le risque d'infection par les aérosols, on peut également se munir d'un *masque barrière* pour le chant choral.

En outre, il paraît judicieux de chanter dans *un lieu très spacieux*, par exemple une salle de concert ou une église. Une *aération* régulière du lieu, tous les quarts d'heure environ, ou l'utilisation de la VMC si le lieu en est équipé, constitue une mesure importante pour la réduction du risque. Le contrôle de la qualité de l'air dans les lieux clos ventilés naturellement, au moyen d'indicateurs de CO_2 de type « feux tricolores », permet d'optimiser nettement le concept d'aération, comme nous l'avons vu plus haut. Dans la mesure où l'émission d'aérosols est augmentée non seulement lors du chant, mais aussi quand on parle ou que le débit expiratoire augmente, par exemple lors de l'activité physique, cette mesure est à recommander de manière plus générale, *a fortiori* si, comme on le pense, les aérosols s'accumulent dès lors que plusieurs personnes se regroupent dans un lieu clos, qu'elles chantent ou fassent de la musique ou pas. Contrôlé au moyen d'un indicateur de CO_2, le chant en groupe ne créerait plus un sur-risque incontrôlable. L'association allemande de médecine de la danse (TaMed) intègre d'ailleurs la mesure du CO_2 dans son concept d'hygiène pour la danse et l'activité physique (TaMed 2020).

Pour réduire le risque au minimum, le mieux semble toujours être de chanter *en plein air* (voir les explications sur la réduction du risque au niveau des systèmes).

En outre, le fractionnement de la *durée* des répétitions en courtes séquences de 15 minutes peut contribuer à limiter le risque. Afin d'éviter la transmission par gouttelettes, les choristes doivent respecter aussi les règles de *distanciation physique* et porter des masques-barrières pendant les pauses.

Il nous semble en outre important d'éviter tout contact avec les mains d'autres musiciens ou avec des surfaces (par exemple distribution de partitions) pendant les pauses. Un *lavage des mains* soigneux et régulier est très important et il faut éviter notamment de se toucher le visage et de se frotter les yeux.

La réduction des risques peut aussi passer par un *contrôle individuel à l'entrée*.

Dans la mesure du possible, on toussera ou éternuera dans le creux du coude, si on ne peut pas s'en empêcher.

Chant liturgique

Le chant en commun pendant les cultes paraît possible, dans le respect de la distanciation à 2 mètres et en portant un masque facial, car les lieux de culte sont a priori des édifices de grand, voire de très grand volume. Les églises dont la hauteur intérieure atteint ou dépasse 10 mètres renferment un volume d'air tellement important que l'on peut les comparer, en termes de risque infectieux, à des locaux plus petits mais très bien ventilés (renouvellement du volume d'air 6 fois par heure). En outre, de nombreuses églises sont aujourd'hui équipées de systèmes de ventilation. Si ce n'est pas le cas, il est possible, là encore, de contrôler la qualité de l'air et son

renouvellement à l'aide d'un indicateur de CO_2 de type « feux tricolores » et d'optimiser la ventilation sur la base des valeurs mesurées.

2.2.2 INSTRUMENTS À VENT

Évaluation du risque lié à la pratique des instruments à vent

À l'exception des flûtistes (qu'il s'agisse de flûte traversière ou de flûtes à bec), les musiciens expérimentés ne laissent pas échapper d'air à l'interface entre leur bouche et l'embouchure ou l'anche (qu'elle soit simple ou double). Sur certains instruments, de l'air s'échappe par les trous ouverts par les différentes clés pour l'émission des sons. Par ailleurs, les instruments à vent sont munis d'une ouverture : pavillon, bonnet, etc. Ces particularités en font une catégorie d'instruments à étudier tout particulièrement.

Ils ont en commun (à l'exception des flûtes) le fait que le son est produit par des vibrations des lèvres de l'instrumentiste (cuivres) ou des anches de l'embouchure (instruments à anche parmi les bois). Comme dans le chant, le débit d'air sortant du pavillon d'un instrument à vent est très faible. Les récentes mesures réalisées avec les musiciens de l'Orchestre symphonique de Bamberg par M. Schubert, ingénieur du bureau d'études Tintschl, vont dans ce sens. Les travaux d'autres équipes sont venus à l'appui de ces résultats (Kähler et Hain 2020 a/b ; Becher et al. 2020 a/b ; Echternach et Kniesburges 2020 ; Sterz, 2020 ; ORF 2020 ; Becher et al. 2020 a/b ; NFHS 2020). Le 17.05.2020, ORF Kultur a consacré un article à une étude menée sur les musiciens de Philharmonique de Vienne, au cours de laquelle le Prof. Fritz Sterz, de la Faculté de médecine de Vienne, a photographié la respiration de différents instrumentistes à vent (ORF 2020).

Une fois encore, il convient de distinguer le risque potentiel de transmission du SARS-CoV-2 par les gouttelettes et par les aérosols. S'y ajoute l'important mode de transmission que constitue le toucher, en particulier le contact des mains avec les yeux.

Gouttelettes : en raison de leur taille et de leur poids, les gouttelettes tombent rapidement vers le sol et ne dépassent pas une distance d'un mètre. C'est sur cette distance que se fonde la règle de distanciation à 1,5 m dans les situations quotidiennes (commerces, bureaux, etc.).

La pratique d'un instrument à vent crée-t-elle un risque accru d'infection par les gouttelettes ?
Un instrumentiste maîtrisant bien sa technique ne laisse pas sortir d'air par l'embouchure (cuivres) ou l'anche (bois ; simple sur la clarinette ou le saxophone, double sur le hautbois et le basson) de son instrument et n'envoie donc pas non plus directement des gouttelettes dans son environnement pendant qu'il joue. Il en va tout autrement des flûtes (traversières ou à bec), et notamment de la flûte traversière : lorsque l'on souffle sur l'embouchure, de l'air sort directement de la bouche de l'instrumentiste et peut transporter des gouttelettes dans son environnement. Les mesures de la vitesse de l'air réalisées avec les musiciens de l'Orchestre symphonique de Bamberg ont toutefois montré que les capteurs placés à 2 mètres de l'embouchure ne mesuraient aucun déplacement d'air. La transmission du virus par des gouttelettes est donc très peu probable à cette distance. Les flûtistes à bec entourent le bec de l'instrument avec leurs lèvres, de sorte qu'ils ne projettent pas de gouttelettes dans leur

environnement. En revanche, des gouttelettes peuvent sortir à l'endroit où le flux d'air se heurte au biseau de la flûte. Lors des mesures de Bamberg, les mouvements de l'air au passage du biseau n'étaient plus mesurables à 1,5 m de distance. La transmission du virus par des gouttelettes est donc très peu probable à cette distance.

Condensation : la condensation se forme lorsque l'eau contenue dans l'air chaud et humide de la respiration se dépose en gouttes sur les parois intérieures de l'instrument, nettement plus froides. Cette condensation peut arrêter et réduire fortement les aérosols que pouvait transporter la respiration. Toutefois, si l'instrumentiste est porteur du virus, on peut se demander dans quelle mesure cette eau de condensation, dont il doit de temps à autres débarrasser son instrument, pourrait contenir des virus et créer ainsi un risque infectieux. Des mesures de la charge virale dans l'eau de condensation des instruments sont encore à venir.

Aérosols : si des aérosols s'échappent par l'embouchure, ils suivent une trajectoire ascendante en raison de leur faible poids spécifique et se propagent dans la pièce sans que la sédimentation joue le moindre rôle. Ils ne peuvent être réduits qu'en se diluant avec le volume d'air présent dans la pièce et le renouvellement de celui-ci.

Le risque lié aux aérosols est-il plus grand lors de la pratique des instruments à vent ?
À l'exception de la flûte traversière, lors de la pratique des instruments à vent, les aérosols ne passent pas directement de la bouche à l'air ambiant : ils passent d'abord dans le corps de l'instrument, puis s'échappent à travers les trous ouverts par les clés et/ou le pavillon. Il faut distinguer ici les différentes issues possibles pour l'air dans les instruments à vent : dans les cuivres, l'air s'échappe par le pavillon. Dans les bois, les trous ne sont tous fermés que pour les sons les plus graves, et c'est le seul moment où l'air sort seulement par le pavillon ou le bonnet. Seuls le hautbois et le cor anglais gardent un dernier trou ouvert, donc une issue pour l'air, même pour leur son le plus grave. En outre, le trajet de sortie de l'air change avec la hauteur du son, en fonction du premier trou ouvert.

Pour tous les instruments, y compris les flûtes (traversière et à bec), les aérosols se forment uniquement dans les voies respiratoires.

Dans la flûte à bec, le flux d'air coïncide avec le flux expiratoire et il est dévié par l'effet Coandă[4]. Les lèvres de l'instrumentiste entourent le bec de la flûte et le flux d'air se brise sur le biseau de la tête.

La physique suggère que des particules d'aérosols peuvent venir en contact avec des surfaces qui les absorbent dans n'importe quel instrument à vent, autrement dit que ces instruments réduisent, en théorie, la concentration de particules de ces aérosols. Cet effet est proportionnel à la longueur du trajet de l'air dans l'instrument et au nombre de courbures, et inversement proportionnel à la section. Il affecte les particules de toutes les tailles, mais plutôt

[4] NdT : L'effet Coandă (du nom de l'ingénieur roumain Henri Coandă) est l'attraction ou l'attachement d'un jet de fluide par une surface convexe sur laquelle il s'écoule. Le fluide suit la surface et subit une déviation avant de s'en détacher avec une trajectoire différente de celle qu'il avait en amont. (Wikipédia)

les grosses que les petites telles que les virus. On peut ainsi se demander dans quelle mesure l'instrument peut agir comme un filtre sur les aérosols (à la suite de la condensation de l'humidité de l'air, d'une part, du contact avec les surfaces, d'autre part). Nous attendons encore des mesures de ce possible effet. En l'absence de résultats sans ambiguïté, certains auteurs (cf. Kähler et Hain, Willich *et al.*) recommandent de placer soit un écran en matière transparente, soit des pans de soie tissés serré devant le pavillon des instruments, afin de réduire d'éventuels aérosols. Il semble moins utile, pour les raisons que nous venons de voir, de placer une housse par-dessus le pavillon ou le bocal des bois.

L'éventualité que les inspirations profondes des instrumentistes aggravent le risque infectieux n'a pas encore été étudiée. On peut se demander, en effet, dans quelle mesure ces inspirations profondes et souvent rapides pourraient entraîner l'inhalation de quantités importantes d'aérosols et la pénétration d'une plus grande concentration de virus dans l'appareil respiratoire. Il n'existe encore aucune étude scientifique à ce sujet.

En dehors de la production de sons, l'appareil respiratoire des instrumentistes à vent peut produire une quantité non négligeable de mucus, notamment pendant l'échauffement. Les musiciens libèrent leurs voies respiratoires de ces mucosités en toussant ou en se raclant la gorge. La production de mucus peut aussi être augmentée lors d'une pratique prolongée, en raison de l'effort fourni par l'appareil respiratoire.

Conclusion de l'évaluation générale du risque lié aux instruments à vent

La concentration du virus dans l'air soufflé par les instrumentistes à vent n'a pas encore été mesurée. On sait cependant que la pratique de ces instruments nécessite une circulation intensive de l'air dans les poumons et les voies respiratoires, sous une pression parfois importante. Nous ne savons pas encore précisément dans quelle mesure la charge virale est réduite par le passage de l'air dans l'instrument. D'après les derniers résultats de mesure, il ne semble pas nécessaire d'augmenter la distance entre 3 et 5 mètres, comme le préconisait encore la première évaluation des risques du 25.04.2020. Il nous semble qu'une distance de 2 mètres devrait être suffisante, puisque aucun déplacement d'air n'a été mesuré à cette distance pendant le jeu, de sorte que le risque d'infection par les gouttelettes devrait être très faible si elle est respectée.

Par ailleurs, l'eau qui se condense dans l'instrument à partir du souffle de l'instrumentiste peut constituer un risque infectieux. Nous recommandons d'éviter de laisser cette condensation s'écouler par terre et de la recueillir dans un récipient ou avec un papier absorbant. Il faut également éviter de souffler fort dans l'instrument pour le nettoyer. Dans la mesure du possible, le nettoyage des instruments doit être effectué dans un local séparé, à l'écart des lieux d'enseignement ou de pratique. En cas de contact avec l'eau de condensation ou avec l'intérieur de l'instrument (par exemple dans le cas du cor), l'hygiène des mains doit être particulièrement méticuleuse (lavage des mains pendant au moins 30 secondes avec du savon ou application d'un gel hydroalcoolique).

Formes de pratique des instruments à vent

Enseignement individuel

Le risque nous paraît comparable à celui de l'enseignement du chant. Des mesures du CO_2 et le respect de la limite de Pettenkofer peuvent apporter une aide précieuse pour contrôler l'efficacité des concepts de ventilation.

En outre, il nous semble judicieux que les enseignants portent un masque barrière pendant les cours lorsqu'ils ne jouent pas. Les règles d'hygiène et de manipulation correcte des masques doivent dans ce cas être respectées. S'il est possible de s'en procurer en dehors du milieu médical, le port d'un masque FFP-2 peut réduire encore le risque infectieux éventuel.

Ensembles de vents

Selon la formation, les ensembles de vents peuvent comporter un nombre variable d'instrumentistes. Ce nombre doit rester dans les limites autorisées par la réglementation en vigueur. Dans les petits ensembles, les mesures les plus récentes suggèrent de respecter une distanciation de 2 mètres au minimum, puisque aucun mouvement de l'air provenant de l'instrument n'a été mesuré à cette distance. Les locaux de répétition doivent être aussi spacieux que possible et bien aérés régulièrement.

Le respect de la distanciation étant une précaution très importante (voir le point 2c), la pratique dans des locaux spacieux (tels que les salles de concert ou les églises) devrait réduire encore le risque. La pratique en plein air nous semble une possibilité à privilégier à la belle saison, et elle constitue d'ailleurs une grande tradition des ensembles de vents.

On peut supposer que les aérosols se propagent plus rapidement à l'extérieur, que l'inactivation du virus y est fortement accélérée (UV, ozone, radicaux hydroxyle, oxydes d'azote) et que tous ces facteurs concourent à réduire largement le risque infectieux, à condition encore de respecter les règles de distanciation. Si la distanciation minimale pour les ensembles à vent est respectée, le risque d'infection devrait être très faible.

2.2.3 AUTRES INSTRUMENTS

Claviers, cordes frottées et pincées, percussions

Le risque d'infection par les gouttelettes ou par les aérosols résultant de la pratique des autres instruments n'est pas accru *par la pratique même de l'instrument* par rapport aux autres situations sociales, à condition que les précautions habituelles soient strictement respectées. Les risques sont déjà connus : dès lors que plusieurs musiciens se trouvent dans la même pièce, il existe un risque d'infection par des aérosols. Il importe donc de mettre en œuvre les mesures décrites plus haut (paragraphe 2b), notamment l'aération (un renouvellement de l'air toutes les 15 minutes de répétition ou d'enseignement, mesures du CO_2) et une taille suffisante des locaux. Le nettoyage soigneux des mains est aussi particulièrement important.

Claviers

Le risque de transmission par contact existe si plusieurs pianistes se succèdent sur le même instrument. Chaque musicien doit donc, avant de jouer, se laver les mains très soigneusement avec du savon pendant au moins 30 secondes ou, à défaut, se frictionner avec un gel hydroalcoolique. En outre, il nous semble nécessaire de nettoyer le clavier lui-même avec des lingettes désinfectantes avant et après chaque personne.

Pour les répétitions de groupe, il importe de veiller à maintenir une distance de 2 mètres entre le pianiste et les autres musiciens, les instrumentistes à vent ou les chanteurs, car il n'est pas rare que les musiciens se tournent machinalement les uns vers les autres en jouant. À cette distance, selon nos mesures, la transmission du virus au pianiste par des gouttelettes portées par l'air sortant des instruments ou de la bouche des chanteurs n'est pas à craindre.

En revanche, une possible infection par des aérosols présents dans la pièce n'est pas exclue. Il semble donc indiqué que le pianiste porte un masque barrière dans ces circonstances, afin de se protéger et de protéger les autres musiciens. En ce qui concerne les vents, on se reportera aux mesures déjà exposées plus haut.

Cordes frottées et pincées, percussions

L'échange ou le partage d'instruments est à éviter autant que possible. Comme pour les pianistes, le risque de transmission par contact peut être réduit par la toilette des mains et en évitant de se toucher le visage et les yeux.

Ensemble de musique de chambre/Jazz band

Pour les petits ensembles de type orchestre de chambre ou jazz band, les mesures de réduction des risques exposées en détail dans la section 2 (*contrôle à l'entrée*, optimisation des paramètres *de lieu, d'aération et de durée* et *précautions individuelles*) doivent impérativement être observées. Ici encore, le respect de la distanciation est très important pour éviter la contagion par gouttelettes. Cette distanciation nécessitant une grande attention, la pratique musicale impliquant la proximité physique et sociale, et les musiciens ne pouvant faire autrement que de bouger, la distanciation doit être de 2 mètres de toutes parts, à notre avis. En outre, si plusieurs personnes font de la musique dans un lieu clos, il faudra veiller à prendre des mesures de

prévention de l'infection par les aérosols : locaux aussi spacieux que possibles (rendus nécessaires par la distance de 2 m de rayon entre les musiciens), aération régulière (après 15 minutes de répétition ou de cours dans les lieux ventilés naturellement, mesures du CO_2) et réduction de la durée totale de la répétition.

Ici encore, afin d'éviter l'infection par les aérosols, les musiciens qui ne jouent pas d'un instrument à vent devront porter un masque barrière.

Il nous semble en outre important de veiller à ce qu'il ne puisse pas y avoir de contacts avec les mains d'autres musiciens pendant les pauses (par ex. distribution de partitions). Un lavage régulier et soigneux des mains est très important et il faut éviter en particulier de se toucher le visage et de se frotter les yeux. Dans la mesure du possible, on toussera ou éternuera dans le creux du coude si on ne peut pas l'éviter.

Orchestre / Big band

Les mesures décrites plus haut doivent être adaptées à la situation pour les formations plus importantes telles que les orchestres ou les big bands.

Compte tenu des risques de transmission par gouttelettes et/ou aérosols, les mesures de réduction des risques doivent, ici encore, être combinées pour réduire le risque au minimum.

En ce qui concerne la transmission par gouttelettes entre les musiciens, les mesures effectuées avec l'orchestre symphonique de Bamberg et par d'autres groupes de travail suggèrent qu'elle n'est pas à craindre si l'on laisse une distance de 2 m de rayon entre les musiciens, y compris les vents (et même les flûtes).

En revanche, il n'existe pas de données probantes scientifiques concernant la propagation des aérosols dans les lieux clos lors des répétitions et des concerts. Tant qu'il en sera ainsi, il nous semble nécessaire de combiner les mesures de précaution afin de réduire le risque autant que faire se peut. Dans le cas d'un orchestre ou d'un big band, comme précédemment, celles-ci incluent une aération régulière (voir le paragraphe 2 ci-dessus) toutes les 15 minutes, la surveillance du taux de CO2 et du respect de la limite de Pettenkofer (qui peut apporter une aide précieuse pour contrôler l'efficacité des concepts de ventilation) ou l'utilisation de locaux équipés d'une VMC. Le mieux est de jouer en plein air lorsque cela est possible (voir aussi la section sur la réduction des risques au niveau des systèmes).

En outre, le port du masque est nécessaire pour se protéger et protéger les autres. Pour les vents, tant que l'effet de filtre des instruments n'est pas démontré, une protection textile adéquate doit être placée devant les pavillons. La durée de la répétition ou du concert dépend de la concentration de particules d'aérosols prévisible : plus on joue longtemps, plus la concentration de particules risque d'être élevée. Il importe d'en tenir compte lors des répétitions et pour les programmes de concert. Dans la mesure du possible, on toussera ou éternuera dans le creux du coude si on ne peut pas l'éviter.

Pour les ensembles en grand effectif, les situations « annexes » à l'activité de l'orchestre sont encore plus déterminantes pour le risque de contagion. Il faut veiller avec une attention particulière à éviter de toucher les mains des autres musiciens ou autres surfaces (par ex.

distribution de partitions) pendant les pauses. Un lavage régulier et soigneux des mains est très important et il faut éviter en particulier de se toucher le visage et de se frotter les yeux.

Le contrôle à l'entrée évoqué plus haut peut, s'il est bien conduit, constituer une mesure complémentaire efficace.

3. Gestion des risques

La démarche de gestion des risques est bien établie depuis longtemps dans le domaine de la gestion de la qualité, notamment dans l'industrie, pour faire face à l'apparition de nouveaux risques. Elle fait l'objet de normes ISO spécifiques (ISO 31000:2018). Une gestion des risques nécessite une analyse précise de ceux-ci, avec la probabilité de survenue de chacun et des indications sur l'efficacité de certaines mesures de réduction. Nous ne savons pas encore grand-chose sur la transmission du SARS-CoV-2 et la gestion des risques est donc une équation à multiples inconnues. Les différences de buts (taux d'infection ou maintien de la vie musicale) ou d'attitudes personnelles (acceptation du risque ou aversion au risque) peuvent ainsi susciter des recommandations différentes. Il importe de laisser à chacun le droit de décider quel risque il est prêt à prendre.

En tant que scientifiques, notre rôle est d'aider à transformer le plus possible d'inconnues de l'équation en variables connues. Les récents résultats d'études et les recommandations des groupes de travail de Fribourg, Munich et Berlin qui se sont penchés sur la question permettent d'établir des niveaux de risque et d'évaluer le risque infectieux en fonction des mesures prises, comme on le voit dans la figure 3. D'après nos estimations, aux niveaux 1 et 2, le risque est suffisamment réduit pour que la pratique musicale soit possible, dans le strict respect des mesures de réduction du risque. Elle devient déconseillée si le niveau 3 seulement est atteint, et à proscrire au niveau 4. Nous avons mis en place un service de conseil afin d'aider les musiciens du Bade-Wurtemberg[5], en particulier les amateurs, face à ces problèmes sanitaires complexes.

Un formulaire de contact (https://fim.mh-freiburg.de/beratung-laienmusik/) permet de poser des questions, auxquelles les spécialistes de la médecine de la musique répondront sur la base des données scientifiques les plus récentes.

NIVEAU 1	• Personnes testées plusieurs fois avec un résultat négatif (cf. sport, Philharmonique de Vienne, Thomanerchor) • Pas besoin de mesures de réduction des risques (distanciation etc., cf. sport)	risque infectieux très faible
NIVEAU 2	• Respect de la distance minimale (2 m de rayon ou 1,5 m latéralement, placement en quinconce) • à l'extérieur • à l'intérieur – de locaux très spacieux (« scénario de la cathédrale ») – avec un très fort taux de renouvellement de l'air (ventilation mécanique, 6 fois le volume/h) ou aération intermittente (indicateur de CO_2) – Port d'un masque chirurgical pendant le chant – Mesures spécifiques pour les vents (protection sur le pavillon, condensation)	risque infectieux faible
NIVEAU 3	• Anomalies au contrôle à l'entrée • Non-respect de la distanciation (2 m de rayon ou 1,5 m latéralement), parce qu'y a trop de monde dans la pièce • Possibilités de ventilation insuffisantes	risque infectieux élevé
NIVEAU 4	• Méconnaissance du risque • Aucune mesure de réduction du risque	risque infectieux très élevé

Spahn/Richter 2020 : Risikomanagement Corona beim Musizieren

[5] NdT : *land* dans lequel se trouve Fribourg, donc le FIM

Fig. 3 : Quatre niveaux d'appréciation du risque infectieux en fonction des mesures de réduction du risque (d'après la grille de risques de Nohl 2019).

En pratique, une gestion des risques optimale consisterait aujourd'hui à laisser chaque institution élaborer sa propre gestion des risques en fonction des circonstances particulières de sa pratique musicale, suivant les quatre niveaux de risque définis. On peut penser que le risque d'infection sera d'autant plus faible que les mesures prises pour le réduire seront nombreuses et efficaces. Aux médecins du travail, offices de la santé publique, etc. d'accompagner cette démarche de leurs conseils.

Dans le doute, tant que nous ne disposons pas de bases scientifiques avérées, il vaut mieux surestimer les risques possibles que les sous-estimer. Nous pourrons ainsi réduire au minimum le risque global d'infection en combinant les mesures de réduction du risque. Il importe toutefois de garder à l'esprit qu'en application du principe ALARP (**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **P**racticable, [risque] aussi faible que cela est raisonnablement faisable), il subsiste un risque résiduel qui n'est pas quantifiable dans l'état actuel des connaissances.

Bibliographie

Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart D.
Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Sci Rep. 2019 Feb 20;9(1):2348. doi: 10.1038/s41598-019-38808-z.

Becher L, Gena AW, Völker C. (a) Risikoeinschätzung zur Ausbreitung der Atemluft beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen während der COVID-19 Pandemie [Evaluation du risque de propagation avec l'air respiratoire lors de la pratique des instruments à vent et du chant pendant la pandémie de COVID-19.]. Mise à jour du 17.07.2020. https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren_institute/Bauphysik/00_Aktuelles/Risikoeinschaetzung_zur_Ausbreitung_der_Atemluft_beim_Spielen_von_Blasinstrumenten_und_beim_Singen.pdf

Böckelmann I, Böttcher S, Fendel M, Hartjen A, Neuber M, Höfting I, Richter A, Schlaich C, Wanke E. Avis de la DOV : commentaire des propositions de mesures présentées le 30.4.2020 par le Groupe de travail Santé et Prévention de la Fédération allemande des orchestres (DOV) - Fédération des médecins du travail allemands (VDBW), groupe de travail « Scène et orchestre ». https://www.dov.org/projekte-kampagnen/musikergesundheit/corona-krise

br-klassik, 22.05.2020 Miriam Stumpfe : Neue Studie mit dem BR-Chor untersucht Übertragungswege [une nouvelle étude explore les voies de transmission avec l'aide du chœur du Bayerischer Rundfunk]. https://www.br-klassik.de/aktuell/news-kritik/corona-pandemie-studie-chor-br-ansteckung-uebertragung-singen-saenger-100.html

Buonanno G, Stabile L, Morawska L. (a) Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. Environment International 141, August 2020,https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794

Buonanno G, Morawska L, Stabile L. (b) Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: prospective and retrospective applications. medRxiv Preprint.
doi: https://doi.org/10.1101/2020.06.01.20118984

Chan J F-W, Zhang A J, Yuan S, Poon V K-M, Chan C C-S, Lee A C-Y, Chan W-M, Fan Z, Tsoi H-W, Wen L, Liang R, Cao J, Chen Y, Tang K, Luo C, Cai J-P, Kok K-H, Chu H, Chan K-H, Sridhar S, Chen Z, Chen H, To K K-W, Kwok-Yung Yuen K-Y. Simulation of the clinical and pathological manifestations of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in golden Syrian hamster model: implications for disease pathogenesis and transmissibility *Clinical Infectious Diseases*, ciaa325, https://doi.org/10.1093/cid/ciaa325

Chia PY, Coleman KK, Tan YK, Ong SWX, Gum M, Lau SK, et al. Detection of Air and Surface Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in Hospital Rooms of Infected Patients. medRxiv. 2020. doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20046557

Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ. 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 27;395(10242):1973-1987. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9.Epub 2020 Jun 1.

Deutsche HNO-Gesellschaft / Société allemande d'oto-rhino-laryngologie, article sur l'exposition particulière des médecins ORL. SARS-CoV-2: HNO-Ärzte besonders gefährdet.
https://cdn.hno.org/media/presse/PM_DGHNO_Covid-19.pdf (dernière consultation le 17.05.2020)

Echternach M, Kniesburges S. *Aerosol-Studie mit dem Chor des BR* – Erste Ergebnisse liegen vor [Premiers résultats de l'étude sur les aérosols avec le chœur du Bayerischer Rundfunk]. https://www.br.de/presse/inhalt/pressemitteilungen/aerosol-studie-chor-100.html

Centre européen de prévention et de lutte contre les maladies (ECDC). Fiche d'information des professionnels de la santé sur les coronavirus ; European Centre for Disease Prevention and Control, 2020 [Document à télécharger à l'adresse : https://www.ecdc.europa.eu/en/factsheet-health-professionals-coronaviruses]. (dernière consultation le 17.05.2020)

Fabian P[1], McDevitt JJ, Houseman EA, Milton DK. Airborne influenza virus detection with four aerosol samplers using molecular and infectivity assays: considerations for a new infectious virus aerosol sampler. Indoor Air. 2009 Oct;19(5):433-41. doi: 10.1111/j.1600-0668.2009.00609.x.

Firle C, Jabusch HC, Grell A, Fernholz I, Schmidt A, Steinmetz A. Musizieren während der SARS-CoV-2-Pandemie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Musikphysiologie und Musikermedizin (DGfMM) zum Infektionsschutz beim Musizieren. https://dgfmm.org/fileadmin/DGfMM_Musizieren_waehrend_der_SARS_Cov2_Pandemie_14.05.2020.pdf

Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, Jordan A, Lee J, Lynn J, Ball A, Narwal S, Russell S, Patrick D, Leibrand H. High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice — Skagit County, Washington, March 2020. Morbidity and Mortality Weekly Report. https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6919e6.htm

Hartmann A, Mürbe D, Kriegel M, Lange J, Fleischer M. Risikobewertung von Probenräumen für Chöre hinsichtlich virenbeladenen Aerosolen [Évaluation du risque créé par les aérosols chargés de particules virales dans les locaux de répétition des choeurs]. DOI: http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10372

Hartmann A, Kriegel M. Risikobewertung von virenbeladenen Aerosolen anhand der CO2-Konzentration [Évaluation du risque créé par les aérosols chargés de particules virales par la mesure de la concentration en CO2]. DOI: http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10361

ISO 31000:2018. Management du risque - Lignes directrices. https://www.iso.org/standard/65694.html

Jimenez JL. Outil d'estimation de la transmission aéroportée du SARS-CoV-2. https://tinyurl.com/covid-estimator

Kähler CJ, Hain R. (a) Musizieren während der Pandemie – was rät die Wissenschaft? – Über Infektionsrisiken beim Chorsingen und Musizieren mit Blasinstrumenten [sur le risque infectieux du chant choral et des instruments à vent]. https://www.unibw.de/home/news-rund-um-corona/musizieren-waehrend-der-pandemie-was-raet-die-wissenschaft

Kähler CJ, Hain R. (b) Singing in choirs and making music with wind instruments – Is that safe during the SARS-CoV-2 pandemic? https://www.youtube.com/watch?v=BYo3wlWUDDM&feature=youtu.be

Konda A, Prakash A, Moss GA, Schmoldt M, Grant GD, Guha S. Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks. *ACS Nano* **2020** *14* (5), 6339-6347. DOI: 10.1021/acsnano.0c03252

Kriegel M, Hartmann A. Risikobewertung von Innenräumen zu virenbeladenen Aerosolen [Evaluation du risque créé par les aérosols chargés de particules virales à l'intérieur des pièces]. DOI: http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10343.2

Leung NH, Chu DK, Shiu EY, Chan K-H, McDevitt JJ, Hau BJ, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. Nature medicine. 2020:1-5.

Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, et al. (2020). Aerosol transmission of SARS-CoV-2. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant: https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1

Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. Nature. 2020:1-6.

Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, Sun L, Duan Y, Cai J, Westerdahl D, Liu X, Ho K, Kan H, Fu Q, Lan K. Aerodynamic Characteristics and RNA Concentration of SARS-CoV-2 Aerosol in Wuhan Hospitals during COVID-19 Outbreak. bioRxiv 2020.03.08.982637; doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.08.982637

Meselson M. Droplets and Aerosols in the Transmission of SARS-CoV-2 New England Journal of Medicine, 2020 Apr 15. doi: 10.1056/NEJMc2009324.

Miller SJ, Nazaroff WW, Jimenez JL, Boerstra A, Buonanno G, Dance SJ, Kurnitski J, Marr LC, Morawska L, Noakes C. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading Event. Submitted to Indoor Air 15 June 2020. medRxiv preprint doi: https://doi.org/10.1101/2020.06.15.20132027.this version posted June 18, 2020.

Mittal R, Ni R, Seo J-H. The flow physics of COVID-19. Journal of fluid Mechanics Vol. 894, 10 July 2020.

Communications du groupe de travail *ad hoc* sur les valeurs de référence de l'air intérieur de la Commission d'hygiène de l'air intérieur du Ministère fédéral de l'environnement et des Hautes autorités de la santé régionales. Évaluation sanitaire du dioxyde de carbone dans l'air intérieur. Bundesgesundheitsbl. - Gesundheitsschutz 2008. 51:1358–1369. DOI 10.1007/s00103-008-0707-2

Mitze T, Kosfeld R, Rode J, Wälde K. Face Masks Considerably Reduce COVID-19 Cases in Germany: A Synthetic Control Method Approach. June 2020. IZA DP No. 13319: https://www.iza.org/publications/dp/13319/face-masks-considerably-reduce-covid-19-cases-in-germany-a-synthetic-control-method-approach

Mitze T, Kosfeld R, Rode J, Wälde K. Maskenpflicht und ihre Wirkung auf die Corona-Pandemie: Was die Welt von Jena lernen kann. https://download.uni-mainz.de/presse/03_wiwi_corona_masken_paper_zusammenfassung.pdf

Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Corbett S, Chao CYH, Katoshevski LD. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. J Aerosol Science Volume 40, Issue 3, 2009, Pages 256-269. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.11.002

Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. Environment International Volume 139, June 2020, 105730. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730

Morawska L, Milton DK. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clinical Infectious Diseases*, ciaa939, https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939

Mürbe, D. Bischoff, P, Fleischer, M., Gastmeier, P. Beurteilung der Ansteckungsgefahr mit SARS-CoV-2-Viren beim Singen [évaluation du risque d'infection lors du chant]. Charité Berlin, 04.05.2020. Document à télécharger à l'adresse : https://audiologie-phoniatrie.charite.de (dernière consultation le 17.05.2020).

Mürbe D., Fleischer M, Lange J, Rotheudt H, Kriegel M. Erhöhung der Aerosolbildung beim professionellen Singen [Augmentation de la formation d'aérosols dans la pratique professionnelle du chant] DOI: http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10374

NFHS. Performing Arts Aerosol Study – Round one preliminary results Clarinet, Flute, Horn, Soprano Singer, Trumpet. https://www.nfhs.org/media/4029952/preliminary-testing-report-7-13-20.pdf

Nohl J. Grille de risques https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pra/container/pdf/risikomatrix-nohl.pdf

Ono K, Okuda T, Kunishima H. Reshaping the concert stage. 26 juin 2020. http://maestroarts.com/articles/reshaping-the-concert-stage

http://maestroarts.com/articles/reshaping-the-concert-stage

ORF Kultur, 17.05.2020 : « Faible risque infectieux pour les musiciens du Philharmonique », https://wien.orf.at/stories/3049099/

Pfeifer M, Ewig S, Voshaar T, Randerath E, T. Bauer T, Geiseler J, Dellweg D, Westhoff M, Windisch W, Schönhofer B, Kluge S, Lepper PM. Positionspapier zur praktischen Umsetzung der apparativen

Differenzialtherapie der akuten respiratorischen Insuffizienz bei COVID-19. Pneumologie 2020; 74: 1–21. DOI https://doi.org/10.1055/a-1157-9976

Prather KA, Wang CC, Schooley RT. Aerosol transmission of SARS-CoV-2. Science 27 mai 2020 : eabc6197 DOI: 10.1126/science.abc6197

QIAN H, Te MIAO T, LIU L, ZHENG X, LUO D, and Li Y. Indoor transmission of SARS-CoV-2 doi: https://doi.org/10.1101/2020.04.04.20053058. medRxiv preprint

rbb Praxis. 03.06.2020 Carola Welt/Dr Katrin Krieft. Corona : Wie groß ist das Übertragungsrisiko beim Singen? [risque infectieux lors du chant] https://www.rbb-online.de/rbbpraxis/archiv/20200603_2015/sars-cov-corona-singen-aerosole-infektion-covid-chor-musik-luft-.html

RKI, Liste de risques de l'Institut Robert-Koch. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText3

RKI, Institut Robert-Koch : fiche d'information sur le SARS-CoV-2 et la COVID-19. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html (dernière consultation le 17.05.2020)

Ruthberg JS, Quereshy HA, Jella TK, Kocharyan A, D'Anza B, Maronian N, Otteson TD. Geospatial analysis of COVID-19 and otolaryngologists above age 60. Am J Otolaryngol. 2020 Apr 30:102514. doi: 10.1016/j.amjoto.2020.102514. [Epub ahead of print]

Santarpia JL, Rivera DN, Herrera V, Morwitzer MJ, Creager H, Santarpia GW, et al. Transmission Potential of SARS-CoV-2 in Viral Shedding Observed at the University of Nebraska Medical Center. medRxiv. 2020.

Décret de la Ville de Berlin relatif à la protection contre le SARS-CoV-2, 23.06.2020. https://www.berlin.de/corona/massnahmen/verordnung/

Statista. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1104173/umfrage/todesfaelle-aufgrund-des-coronavirus-in-deutschland-nach-geschlecht/

Sterz F, Herkner H, Bixa H. Protokoll einer Untersuchung und fotografische Dokumentation von Aerosol- und Kondenswasseremission bei Chor Mitgliedern. 27.05.2020. https://www.chorverband.at/images/AerosoleFotos/Untersuchung_MedUni_Wien_Sterz_Aerosolchor.pdf

Stutt ROJH, Retkute R, Bradley M, Gilligan CA, Colvin J. A modelling framework to assess the likely effectiveness of facemasks in combination with 'lock-down' in managing the COVID-19 pandemic. Proc. R. Soc. A 2020, 476: 20200376. http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2020.0376

TaMed. Wiederaufnahme und Durchführung eines regelmäßigen Trainings- und Probenbetriebes im Bereich des professionellen Bühnentanzes an Stadt-, Staats- und Landestheatern im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie – Prinzipien, Überlegungen und Empfehlungen [Réflexions et recommandations sur la reprise et l'exécution des entraînements et des répétitions régulières de danse de scène professionnelle]. https://tamed.eu/files/Aktuelles/ta.med_Uberlegungen_und_Empfehlungen_Wiederaufnahme_von_Training_und_Proben_V_2_Stand_08.07.20_EV.pdf

Tellier R. Review of aerosol transmission of influenza A virus. Emerg Infect Dis. 2006 Nov;12(11):1657-62.

Trukenmüller A. Risikoanalyse der Übertragung von SARS-CoV-2 durch Aerosole. https://www.magentacloud.de/share/e7esxr9ywc

van der Sande M, Teunis P, Sabel R. 2008 Professional and home-made face masks reduce exposure to respiratory infections among the general population. PLoS ONE 3, e2618. (doi:10.1371/journal.pone.0002618)

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. The New England journal of medicine. 2020.

Décret du 23 juin 2020 du *land* de Bade-Wurtemberg sur les mesures de protection contre l'infection et la propagation du virus SARS-CoV-2 (*Corona-Verordnung* – CoronaVO). https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/Coronainfos/200623_Corona-Verordnung.pdf

Vuorinen *et al.* 2020 (a). Researchers modelling the spread of the coronavirus emphasise the importance of avoiding busy indoor spaces. https://www.aalto.fi/en/news/researchers-modelling-the-spread-of-the-coronavirus-emphasise-the-importance-of-avoiding-busy. (dernière consultaiton le 17.05.2020)

Vuorinen V, Aarnio MA, Alava M, Alopaeus V, Atanasova N, Auvinen M, Balasubramanian N, Bordbar H, Erästö P, Grande R, Hayward N, Hellsten A, Hostikka S, Hokkanen J, Kaario O, Karvinen A, Kivistö I, Korhonen M, Kosonen R, Kuusela J, Lestinen S, Laurila E, Nieminen HJ, Peltonen P, Pokki J, Puisto A, Råback P, Salmenjoki H, T. Sironen T., M. Österberg M. Modelling aerosol transport and virus exposure with numerical simulations in relation to SARS-CoV-2 transmission by inhalation indoors.
Preprint submitted to Safety Science. arXiv:2005.12612v1 [physics.flu-dyn] 26 May 2020

Wang Y, Tian H, Zhang L, *et al.* Reduction of secondary transmission of SARS-CoV-2 in households by face mask use, disinfection and social distancing: a cohort study in Beijing, China. BMJ Global Health 2020;5:e002794. doi:10.1136/bmjgh-2020-002794

Willich SN, Berghöfer A, Wiese-Posselt MK, Gastmeier P, Stellungnahme zum Spielbetrieb der Orchester während der COVID-19 Pandemie [avis du CHU Charité de Berlin sur la pratique des orchestres pendant la pandémie]
https://epidemiologie.charite.de/fileadmin/user_upload/microsites/m_cc01/epidemiologie/downloads/Stellungnahme_Spielbetrieb_Orchester.pdf

WHO/OMS, Organisation mondiale de la santé (2020) Conseils sur le port du masque dans le cadre de la COVID-19 : orientations provisoires, 5 juin 2020. World Health Organization. Organisation mondiale de la santé https://apps.who.int/iris/handle/10665/332448. License : CC BY-NC-SA 3.0 IGO

Yan J, Grantham M, Pantelic J, Bueno de Mequita PJ, Albert B, Liu F, Ehrman S, Milton DK, EMIT Consortium. Infectious virus in exhaled breath of symptomatic seasonal influenza cases from a college community. Proc Natl Acad Sci U S A. 2018 Jan 30;115(5):1081-1086. doi: 10.1073/pnas.1716561115.

Dixième décret du *land* de Rhénanie-Palatinat du 24.06.2020 relatif à la lutte contre le coronavirus. https://corona.rlp.de/de/service/rechtsgrundlagen/

Zhou Y, Zeng Y, Tong Y, Chen C. Ophthalmologic evidence against the interpersonal transmission of 2019 novel coronavirus through conjunctiva. MedRxiv. 2020.