

Les pratiques instrumentale et vocale face à la Covid-19

VEILLE SUR LES ÉTUDES RÉALISÉES ET EN COURS EN DATE DU 07 SEPTEMBRE 2020

Suite à l'émergence de l'épidémie de Covid-19 et depuis le mois de mai 2020, de nombreux acteurs de la communauté musicale ou scientifique ont engagé des travaux pour évaluer le niveau de risque lié à la pratique du chant ou des instruments à vent. Ces travaux ont été de natures et d'ampleurs très variées, allant de la réalisation de travaux de visualisation menés sur quelques instruments à celle d'études complètes s'étendant sur plusieurs mois.

Il est important de garder à l'esprit que **tant le virus responsable de la Covid-19 que les caractéristiques propres à la pratique musicale sont des sujets encore peu connus** et que chaque étude parue est à prendre avec du recul. La connaissance du niveau de risque en pratique musicale est fortement dépendante du niveau de connaissance du virus. Or, **certaines questions cruciales sont à ce jour irrésolues par la communauté scientifique**, notamment la question de la dose infectante (combien de copies de virus sont capables de déclencher une infection) dont découle la question de la transmission aérienne du virus.

En effet, la possibilité d'une transmission du virus par les aérosols – qui a été longtemps considérée comme négligeable - fait l'objet depuis le mois de juillet d'une prise de conscience par les autorités sanitaires mondiales (OMS) et nationales, notamment suite à la publication le 6 juillet 2020 de la lettre ouverte de 239 scientifiques appelant à prendre en compte ce risque¹. Le Haut Conseil de la Santé Publique a, par la suite, remis à jour son Avis relatif à la contamination par aérosols [20] et stipule à présent qu'« une transmission aéroportée du virus SARS-CoV-2 doit être envisagée dans les espaces clos, notamment mal aérés et insuffisamment ventilés, et dans des rassemblements en extérieur », en rappelant toutefois la « réduction rapide de l'infectiosité virale dans les aérosols ». On ignore donc dans quelle mesure la contamination par aérosols représente un danger.

Or, les études qui seront exposées dans ce document montrent jusqu'à présent que les aérosols sont la principale forme de particules produites par les instruments à vent et par le chant.

Pour mémoire nous avons publié dans le cadre de notre veille et analyse le 8 juillet dernier le « DOCUMENT RÉCAPITULATIF DES DISTANCES RECOMMANDÉES » (état du 02 07 2020) ainsi que le document « SUR LA PRATIQUE INSTRUMENTALE ET VOCALE EN PLEIN AIR, EN CONTEXTE DE PANDÉMIE COVID-19 »².

Le présent document a pour objet de dresser un état des lieux des connaissances relatives à la propagation de particules potentiellement infectieuses par la pratique du chant et des instruments à vent en date du 7 septembre 2020. Il se fonde en priorité sur les **études considérées comme étant les plus fiables et exploitables scientifiquement**, à savoir celles offrant des résultats quantitatifs et dont le nombre de mesures permet de considérer une tendance et non une observation unique.

En effet, il est primordial de comparer des populations et non des individus, et donc d'avoir des cohortes et des répétitions suffisantes pour établir une significativité statistique.

De nombreuses études ne permettent pas de réaliser un test de significativité suffisant pour pouvoir être considérées comme fiables et comparables à d'autres.

¹ Lidia Morawska, Donald K Milton, It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19, Clinical Infectious Diseases, , ciaa939, <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>.

² Ces documents sont téléchargeables sur les sites Internet de la CSFI et de l'ITEMM : <https://www.csfi-musique.fr/les-publications-de-la-csfi/guide-des-bonnes-pratiques-covid-19> et <https://itemm.fr/innovation/nos-projets/protocoles-de-nettoyage-et-desinfection-des-instruments-de-musique/>

Nous allons ici considérer principalement les études présentant, *a minima*, une moyenne, un écart type, et des barres d'erreur. Les autres études seront aussi mentionnées, mais simplement à titre indicatif.

Les études ici considérées sont donc :

n°	Auteurs	Nom de l'étude	Parution [PP : pré-publication]
[1]	Gregson et al. (University of Bristol)	Comparing the Respirable Aerosol Concentrations and Particle Size Distributions Generated by Singing, Speaking and Breathing	[PP] soumis le 19/08/20
[2]	R. He et al. (University of Minnesota)	Aerosol Generation from Different Wind Instruments	[PP] soumis le 11/08/20
[3]	A. Parker, K. Crookston (Brass Band UK)	Investigation into the Release of Respiratory Aerosols by Brass Instruments and Mitigation Measures with Respect to Covid-19	[PP] soumis le 04/08/20
[4]	Alsved et al. (Lund University, Suède)	Exhaled respiratory particles during singing and talking	Publié le 24/08/20
[5]	Dr. S. Miller (University of Colorado Boulder) Dr. J. Srebric (University of Maryland)	Performing Arts Aerosol Study a. round 1 b. round 2	Rapports d'avancement publiés le 13/07 (a) et le 06/08 (b)

Les autres publications auxquelles fait référence ce document sont exposées à la fin de celui-ci.

Dans les faits, la compréhension du niveau de dangerosité de la pratique instrumentale et vocale passe par différentes questions, notamment :

1. Le chant et la pratique des instruments à vent émettent-ils plus ou moins de particules que la parole ou la respiration ?
2. De quelle taille sont ces particules ?
3. Comment se propagent-elles ?
4. Par où s'échappent les particules émises par les instruments à vent ?

Ces sujets seront abordés dans une première partie dressant un état des lieux de la connaissance accumulée ces derniers mois dans le domaine de la pratique musicale, mais aussi dans la connaissance du virus et de sa transmission. Le sujet de l'émission et de la propagation des aérosols est maintenant au cœur des préoccupations. Les réponses à ces questions sont nécessaires pour déterminer les moyens d'atténuer l'émission et/ou la propagation de ces particules potentiellement virales. Ces solutions seront étudiées dans la deuxième partie de ce document.

Première partie : état des connaissances actuelles (synthèse des études scientifiques)

Si les publications se multiplient sur le domaine de la pratique musicale, la très importante variabilité entre instruments, entre individus, selon la technique de jeu ou la nuance employée produit des résultats, pour certains, difficilement comparables et justifie la nécessité de disposer de plusieurs études sur lesquelles baser l'analyse des risques.

1. Émissions de particules par le chant et les instruments à vent et comparaison avec d'autres activités

La première donnée collectée lors des campagnes de mesures d'émissions d'aérosols est la **concentration de gouttelettes et d'aérosols** dans l'air expiré. Celle-ci peut être une concentration numéraire - mesurée en nombre de particules émises par volume d'air expiré (P/L ou P/m³) ou par période (P/s) - ou bien une concentration massique, bien souvent en µg/cm³ ou µg/s. Les concentrations émises lors d'activités courantes telles que la respiration, la parole, ont été étudiées par plusieurs travaux, avant et depuis la crise de Covid-19. Les données relatives aux émissions générées par la pratique du chant ou des instruments à vent, inexistantes il y a quelques mois, se multiplient et permettent une **première comparaison de ces activités par rapport aux situations du quotidien que sont la respiration ou la parole**.

CHANT, VOIX :

Plusieurs études récentes [1 ; 4] comparent les émissions générées par le chant avec celles de la parole et de la respiration. Il est important de garder à l'esprit que, de même qu'il n'y a pas une façon de chanter, il y a également différentes façons de parler ou de respirer. Des études menées sur la parole font ressortir que **les concentrations de particules émises en parlant sont proportionnelles au niveau sonore [6] et dépendent des lettres prononcées [7]**.

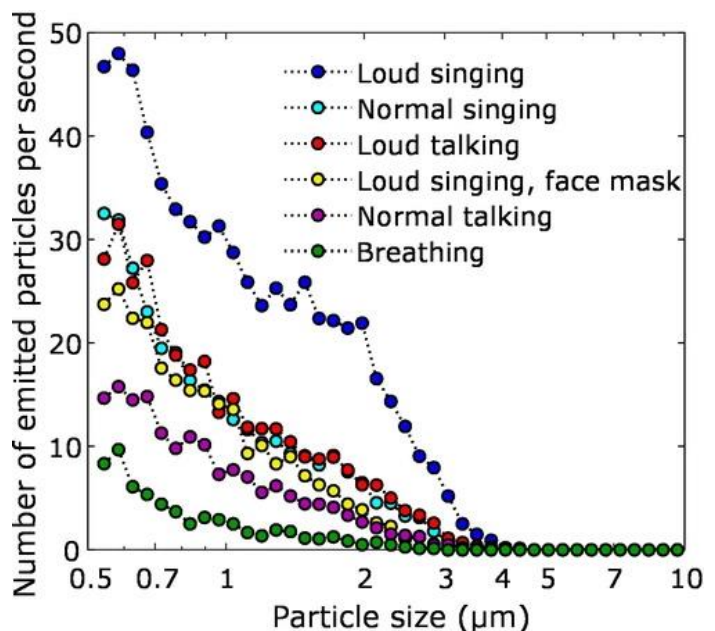


Figure 1 : répartition par taille des particules entre 0.5 et 10 micromètres mesurées lors de l'étude [4]

Afin de distinguer différentes "façons" de parler ou de chanter, les études précisent généralement le niveau sonore concerné. L'étude [1] conclut qu'à un **niveau sonore faible (50 à 60 dB), il n'y a que peu de différences de concentration (en P/cm³) entre le chant et la parole**. C'est à un **volume sonore élevé que l'on distingue une concentration massique (µg/m³) 1.5 à 3.4 fois supérieure pour le chant**.

L'étude [4] démontre également que **le chant fort produit les concentrations les plus élevées, tandis que le chant normal atteint le même niveau que la parole forte** (cf Figure 1 page 3

INSTRUMENTS À VENT :

L'étude [3] menée sur 7 Cuivres conclut que, tant sur des périodes de 60 secondes que sur une période de 300 secondes, **la production moyenne d'aérosols entraînée par les Cuivres serait plus faible que celle engendrée par la respiration** (à noter qu'il s'agit ici d'une **respiration forte** dans le collecteur et d'un chant à un "volume confortable"). Cette conclusion se base sur la comparaison des *moyennes* de toutes les valeurs mesurées sur une période. Le graphique 2 ci-contre fait toutefois bien ressortir le **caractère hétérogène des émissions au cours du temps**, même dans des conditions de jeu constantes : le graphique (noir) en question concerne un musicien répétant 5 fois l'action de jouer sur un registre et une dynamique constante à raison de 2 notes par seconde. Le jeu en continu sur une période longue a été simulé pour obtenir plus de données, mais cela constitue dans les faits une activité peu représentative des conditions réelles. Les auteurs de l'étude expliquent donc le pic observable sur les 30 dernières secondes - qui a eu lieu sur chacune des 5 répétitions de l'action - par l'effort supplémentaire demandé sur la fin de cette période inhabituellement longue. Cette observation souligne une nouvelle fois la variabilité des valeurs d'un contexte à l'autre.

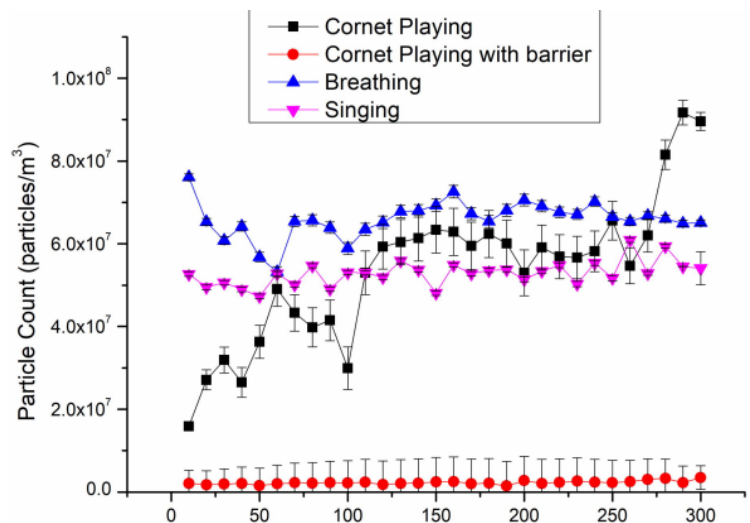
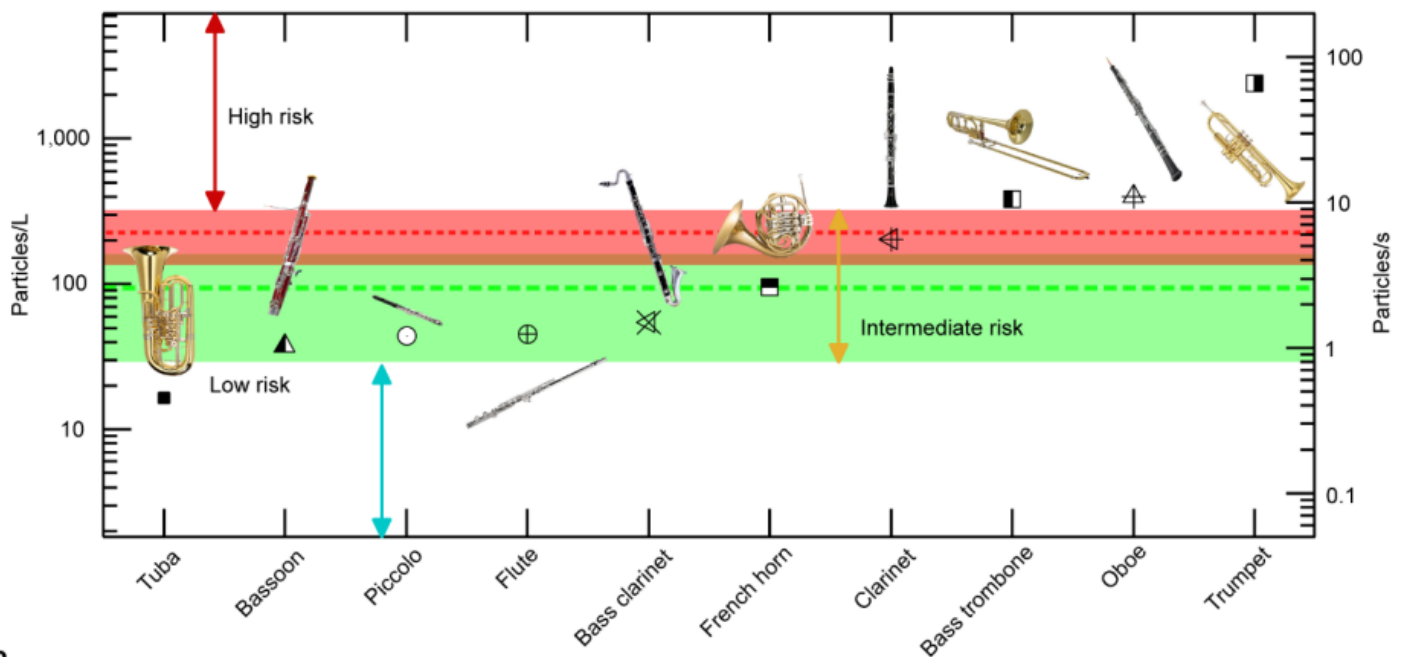


Figure 2 : évolution des concentrations en particules émises par un cornet, un cornet couvert d'une "charlotte" en tissu, et le musicien respirant fort et chantant normalement. Les valeurs sont enregistrées toutes les 10 secondes et ici moyennées à partir d'un musicien répétant 5 fois chaque action sur 300 secondes de manière constante (étude [3]).

Les chercheurs de l'étude [2] utilisent une approche différente, calculant d'abord la moyenne des concentrations de tous les participants lorsqu'ils respirent "normalement" (selon un protocole défini imitant une respiration normale nez-bouche) et lorsqu'ils parlent à un niveau sonore moyen (80 dB). Les **instruments sont ensuite évalués et positionnés relativement à la respiration et à la parole** pour définir trois niveaux de risque selon les concentrations générées. Les résultats sont présentés en Figure 3 page 5.

Un élément encore peu maîtrisé est l'importance du **phénomène de dépôt des particules dans l'instrument**. Ce dernier joue potentiellement un rôle important dans l'atténuation des émissions de particules, puisqu'à la différence du chant, le flux d'air généré n'est pas placé directement dans l'environnement mais doit

effectuer un cheminement dans un tube plus ou moins long. Dans ce sens, **l'instrument à vent peut jouer pendant une certaine durée un rôle de "filtre"** à particules, celles expirées par le musicien restant en partie dans l'instrument et pouvant être éliminées assez facilement en nettoyant l'instrument régulièrement. L'étude [2] s'intéresse à l'influence de l'instrument sur la quantité émise et notamment au phénomène de dépôt, qui serait positivement corrélé à la longueur du tube et dépendrait également du type d'embouchure (manière dont les particules sont propulsées dans le tube) ou encore de la nuance jouée (pression plus ou moins forte).



b

Figure 3 : concentrations émises par chaque instrument de par l'étude [2] et comparaison avec la plage de concentrations moyennes mesurées sur la respiration (bande verte) et la parole (bande rouge)

VARIABILITÉ INTER-INDIVIDUS :

Une des difficultés à caractériser les émissions produites par les personnes sur différentes actions vient de la très grande variabilité entre les individus : sur une action rigoureusement identique on peut en effet obtenir des valeurs très différentes d'une personne à l'autre.

Une étude sur la parole [6] a montré en 2019 que **certaines individus émettent des quantités de particules jusqu'à 10 fois plus importantes que la moyenne** des autres individus. On parle alors de '**super-émetteurs**' (*superspreaders* ou *superemitters*). Ce phénomène semble exister également pour le chant, d'après l'étude [1] - menée sur 25 chanteurs professionnels - qui relève pour une minorité de participants des résultats nettement au-dessus des autres. On ignore à ce jour les raisons précises expliquant ces phénomènes de super-émissions chez certaines personnes.

Il ressort de l'étude [1] que **le genre (H/F), le style musical, ainsi que l'IMC ou encore le débit de pointe (vitesse maximale du souffle) du participant n'ont aucune influence claire** sur la concentration émise par les instrumentistes.

L'importance des émissions d'une personne semble être propre à une activité et non générale : par exemple, certaines personnes émettent des concentrations bien plus élevées que la moyenne en parlant mais ce ne sont pas celles qui émettent le plus en jouant d'un instrument [2]. Outre ces phénomènes extrêmes, la réalisation de mesures sur des sujets humains implique des variations d'une personne à l'autre et justifie la nécessité de réaliser des mesures répétées sur un nombre important de personnes afin d'obtenir une moyenne et une évaluation de la variation fiables.

2. Taille des particules

La taille des particules émises est un **paramètre déterminant à la fois sur leur propagation et sur leur faculté à être inhalée** par une personne présente.

Une distinction est faite entre les 'gouttelettes' et les 'aérosols', dont les diamètres sont communément admis comme étant respectivement supérieurs ou inférieurs à 5 micromètres. Dans les faits, cette dichotomie est artificielle et la taille des particules est une grandeur continue. Cependant, on considère que le comportement des grosses gouttelettes sera balistique et aura tendance à retomber rapidement sur des surfaces tandis que les aérosols - de par leur légèreté - sont moins soumis à la gravité et peuvent donc rester en suspension et se faire porter par les flux d'airs sur plusieurs mètres (en cas de flux d'air important, les gouttelettes aussi peuvent être emportées à une distance supérieure à 1 ou 2m). Cela justifie la nécessité de connaître la taille des particules émises, mais aussi de caractériser les flux d'airs générés par les instrumentistes et le chant (vitesse, orientation, direction).

Plusieurs études se sont penchées sur la taille de ces particules. Il en ressort que :

- **Les particules émises par les instruments à vent sont en majorité inférieures à 5 µm :**

L'étude [2] présente la répartition des tailles de particules émises par 10 instruments à vent (cf figure 3 page 5). Celles-ci suivent des lois normales pour la plupart centrées autour d'une **moyenne de 2 à 3 µm**.

L'étude [3] recense distinctement les particules supérieures ou inférieures à 5 µm et révèle qu'il y a 3 à 4 décades d'écart entre les **aérosols (< 5µm) qui sont en grande majorité, et les gouttelettes (> 5 µm) qui sont en minorité**.

Si les résultats jusqu'ici publiés convergent vers une tendance d'aérosols majoritaires, la **faible proportion de 'grosses' gouttelettes parmi les émissions n'exclut pas un risque de transmission par ces dernières** : non seulement elles ne sont pas inexistantes, mais la probabilité qu'une gouttelette (ou aérosol) contienne un nombre important de copies de virus augmente avec sa taille [12].

Enfin, le phénomène de condensation de l'humidité de l'air expiré sur les parois intérieures des instruments présente une autre forme de risque, qui peut toutefois être largement atténué en évacuant fréquemment l'eau condensée dans un récipient fermé ou au moyen d'un tissu absorbant et en désinfectant régulièrement les surfaces potentiellement éclaboussées. Ce risque-là n'est pas détaillé ici, étant de nature "tangibile" (visible et prévisible) et non aéroporté. Il est toutefois non négligeable et doit faire l'objet de précautions par les musiciens.

- Il en va de même pour les particules émises par le chant :

D'après l'étude [1], les **distributions par taille des particules émises par le chant et la parole au même volume sont similaires** (cf figure 1 page 3). Cela signifie que la proportion de particules de chaque taille sera la même bien que les quantités diffèrent selon l'activité. La respiration - qu'elle soit par le nez ou par la bouche - génère quant à elle des particules plus petites.

Le graphique 1 issu de l'étude [4] (page 3) illustre également cette tendance et montre que, quelle que soit l'activité (chant, parole, respiration), la quantité de particules de diamètre supérieur à 4 µm est quasi nulle.

Des travaux menés par l'Université de Médecine et l'Université Technique de Berlin [21] sur 8 chanteurs professionnels déterminent que 99% des particules émises sont de diamètre inférieur à 5 µm, et 80% des particules inférieures à 1 µm. Bien que ces derniers travaux soient réalisés sur un échantillon plus limité, une tendance assez nette se dégage de ces trois travaux réunis.

3. Lieu d'émission et transport des gouttelettes

LIEU D'ÉMISSION

L'une des questions qui se posait également lors de la rédaction des premières recommandations à l'usage des musiciens portait sur l'endroit de l'instrument duquel s'échappaient les particules émises pendant le jeu : au niveau de l'embouchure, du pavillon / de l'extrémité de l'instrument, des trous latéraux, ou bien en plusieurs de ces points.

L'étude en cours au Colorado [5] mesure les concentrations de particules émises dans différentes configurations, y compris lorsque l'on mesure proche de la bouche, proche des trous latéraux ou proche du pavillon.

A ce stade des travaux, les chercheurs indiquent que **les concentrations mesurées ont tendance à être significativement plus élevées en sortie de pavillon** qu'au niveau des trous latéraux ou de l'embouchure. Cette affirmation est avérée à ce jour notamment sur le **hautbois, le trombone et la clarinette** (cf figure 6 page 17 pour l'exemple de la clarinette).

L'étude [2] distingue différents types d'instruments :

- chez les **Cuivres et les Bois à anches**, les émissions sont clairement concentrées en sortie principale de l'instrument, c'est-à-dire au niveau du **pavillon**
- chez les **flûtes et piccolos**, les émissions sont partagées à **moitié entre l'embouchure et la sortie principale (extrémité) de l'instrument**
- chez le **basson**, des mesures ont été faites au niveau des clés sur 2 passages de morceaux susceptibles de causer plus de fuites d'air sur les clés du bas au vu de leur usage fréquent. Sur ces passages spécifiques, 40% des aérosols ont été mesurés au niveau des **clés fréquemment sollicitées**

La connaissance de cette information permet de cibler les mesures efficaces pour atténuer les quantités de particules émises par les instruments. Dans le cas des instruments émettant par le pavillon, cela justifie l'**efficacité des 'charlottes'** en tissu étudiée en [3] et en [5]. *

TRANSPORT

L'étude de la propagation des particules dans l'air est une discipline complexe nécessitant de prendre en compte de nombreuses informations (liées aux températures, taux d'humidité, flux d'air...). Si l'on parle souvent de concentrations par volume d'air, ces concentrations sont dans la réalité très peu uniformes, les particules étant expulsées dans un jet et créant un « panache », c'est-à-dire une masse d'air aux propriétés différentes de l'air environnant. Les propriétés des gouttelettes et aérosols émis vont évoluer très rapidement dans le temps et l'espace, et **l'un des outils utilisés pour simuler leur dispersion et l'évolution de leurs propriétés est la modélisation numérique CFD (Computational Fluids Dynamic)**. Des travaux de modélisation ont été initiés par l'étude [5b] pour simuler l'évolution du niveau de risque en présence d'un chanteur dans son environnement proche pendant une heure. Ce type de travaux permet de fournir une quantité importante d'informations, selon différents cas de figure, et il est attendu qu'ils apportent par la suite de nombreux éléments, notamment concernant le **cheminement des particules**. Ceci permettra d'en déduire, a fortiori, des recommandations concrètes, relatives notamment aux distanciations ou à la ventilation.

La connaissance des flux d'air est donc un élément déterminant pour anticiper la propagation des gouttelettes et aérosols.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, **les instruments dits "à vent" génèrent dans les faits des flux assez faibles** (la pratique de ces instruments consistant justement à expirer l'air inspiré de manière maîtrisée pour les mettre en vibration, et non à 'souffler' une quantité d'air importante).

L'air est donc ralenti entre le moment où il est expiré dans l'instrument et le moment où il en sort. Des travaux menés par l'équipe du Pr Kähler à Munich [9] ont permis de visualiser par PIV (Particle Image Velocimetry) les flux d'air générés par plusieurs instruments : les images enregistrées montrent l'évolution de la vitesse du flux en sortie d'instrument et conclut sur la distance à partir de laquelle cette vitesse est nulle, donc sur la "portée" du flux d'air généré. Pour le chant et les Cuivres étudiés, cette portée est de l'ordre de 0,5m ; elle est estimée à environ 1m pour la clarinette, le hautbois ou le basson ; tandis que la flûte peut aller au-delà sur certaines notes.

Bien que fournissant des informations utiles sur les flux d'air générés, ces données seules ne sont pas suffisantes pour conclure de distances de sécurité adéquates, d'autres paramètres influant sur la diffusion des particules (flux d'air environnant, taille et concentration des particules...).

CONCLUSION CHANT

Les études parues jusqu'ici mettent en évidence **la production d'aérosols plus soutenue lors de la pratique du chant que lors de la parole à niveau sonore égal** et démontrent une corrélation positive entre niveau sonore et concentration de particules. **La taille des particules mesurées est inférieure à 5 µm pour une grande majorité** (cf figure 1 page 3) voire en quasi-totalité [4 ; 20]. Ces premières données permettent d'orienter de manière plus précise les mesures de précaution à destination des chanteurs et souligne notamment l'importance de **contrôler les flux d'air de la pièce** en passant par un renouvellement d'air constant ou par un purificateur. Pour les disciplines où cela est possible, l'utilisation d'un **système d'amplification** apparaît comme une mesure efficace pour éviter les productions importantes liées au niveau sonore élevé.

CONCLUSION INSTRUMENTS À VENT

La génération de gouttelettes ou d'aérosols et de flux d'air par les instruments à vent était un phénomène très peu étudié en début d'épidémie, et l'on a d'ores et déjà pu se défaire d'idées reçues selon lesquelles les instruments à vent produiraient des flux d'airs importants comparables à un souffle. Les études des concentrations d'aérosols par les instruments sont cependant encore peu nombreuses et difficilement comparables à ce jour. En effet, tant les méthodologies que les instruments de mesure varient et mènent à des conclusions différentes quant à la comparaison des instruments entre eux et par rapport à des actions comme la respiration et la parole. Les travaux réalisés permettent cependant de connaître un ordre de grandeur des tailles de particules en sorties d'instruments, celles-ci étant variables selon les instruments mais également **significativement plus représentées dans les tailles inférieures à 5 µm**. Le point par lequel s'échappent en majorité les particules fait également l'objet d'un consensus entre les études [2 ; 3 ; 5], les **trous latéraux semblant ne représenter qu'un point de sortie négligeable tandis que les instruments disposant d'un pavillon émettent principalement par celui-ci**. La flûte et le piccolo font figure d'exception, émettant à moitié par l'embouchure et à moitié par leur sortie principale [2].

CAS DES AÉROSOLS ET PROBLÉMATIQUE DES LIEUX

Il convient de **distinguer les situations en milieu confiné (intérieur) et plein air**. En plein air, les risques sont de nature différente : les aérosols se diluent dans le volume d'air, le risque est majoritairement lié aux grosses gouttelettes et donc à la proximité entre les personnes, et dans une moindre mesure au vent. Le sujet de la pratique en plein air a été abordé dans la fiche ["LA PRATIQUE VOCALE ET INSTRUMENTALE EN PLEIN AIR"](#) du 08 Juillet 2020 [14].

La transmission par aérosol est liée à l'**accumulation de particules** dans un milieu confiné sans renouvellement d'air. Cette notion d'accumulation est importante et justifie que le risque de contamination par voie aérienne dépend de nombreux paramètres expliqués ci-dessous.

L'importance relative de chacun n'est pas détaillée ici et l'on considérera qu'il faut agir sur chacun dans la mesure du possible.

ESPACE OCCUPÉ	
Volume de la pièce	Le phénomène de dilution des aérosols dans l'air sera d'autant plus important que le volume d'air disponible, donc le volume de la pièce, sera important. C'est dans cette idée que la pratique en plein air a été souvent recommandée comme alternative.

<p>Taux de renouvellement d'air</p>	<p>Le renouvellement d'air peut être assuré mécaniquement ou naturellement (fenêtre). L'aération naturelle est bien plus complexe à maîtriser, étant dépendante de facteurs tels que la vitesse et l'orientation du vent ou la différence de température entre intérieur et extérieur. Les recommandations officielles indiquent une durée minimale de 10 à 15 minutes deux fois par jour, cependant dans le cas d'une petite salle de cours où se succèdent les élèves, on favorisera une aération plus régulière. Les consignes relatives au renouvellement mécanique ne sont pas propres au contexte musical et il convient de se référer aux recommandations officielles générales [18, 19].</p>
<p>PERSONNES PRÉSENTES</p>	
<p>Nombre de personnes infectées probable (= prévalence X nombre de personnes)</p>	<p>Le niveau de risque est évidemment lié au nombre de personnes et au niveau de circulation du virus, qui peut être très variable d'une région à l'autre. Le principal indicateur de référence est le taux d'incidence du virus, qui correspond au nombre de tests positifs pour 100 000 habitants. Santé publique France [15] dévoile quotidiennement l'état de cet indicateur aux échelles nationale et régionale.</p>
<p>ACTIVITÉ</p>	
<p>Type d'activité</p>	<p>La nature de l'« activité » exercée influe sur la quantité et la taille des particules émises. Outre des phénomènes très émetteurs comme la toux et l'éternuement et outre le nombre d'instruments à vent et de chanteurs sur scène, le risque ne sera pas le même selon que les personnes présentes dans une salle soient des spectateurs "silencieux" (respiration et parole normale) avec ou sans masque, ou bien si l'on a affaire à un public parlant/criant/chantant. Cette dernière situation est cependant peu fréquente dans les salles de spectacle au vu des jauges actuelles.</p>
<p>Durée de l'activité</p>	<p>La concentration en particules dans l'air augmentant au fil de l'activité, le raccourcissement des périodes de jeu ou de chant et l'instauration de pauses fréquentes pour aérer se présente comme une solution efficace. A titre d'exemple, le document [8] représente graphiquement et de manière simplifiée l'évolution de la concentration dans différentes configurations de pièces, d'activité et de ventilation, et permet de comparer la dangerosité relative de chaque cas de figure. Dans les cas les plus défavorables, le fait de quitter la pièce et de l'aérer pendant un temps de pause a un effet significatif.</p>

Deuxième partie : solutions de prévention

Les premières recommandations formulées à l'attention des musicien-ne-s et chanteur-se-s ont reposé principalement sur le principe de distanciation entre eux et sur l'utilisation de parois de plexiglass. Ces types de mesures sont des solutions dont la mise en œuvre est simple - bien que pas toujours compatible avec les contraintes pratiques ou artistiques - mais dont l'efficacité n'est avérée que sur les grosses gouttelettes, pour lesquelles le risque de transmission se trouve en champ proche (dans un rayon d'1 à 1,5m).

1. La question de la distanciation entre chanteur·se·s et entre instrumentistes à vent

La formulation de préconisations concernant la distanciation doit considérer **tant la possibilité de transmission par gouttelettes que par aérosols.**

Certains travaux menés au mois de mai dernier [9 ; 10] et largement médiatisés se sont penchés sur la question des distances à respecter entre musicien·ne·s, s'intéressant aux flux d'air émis par les instruments et les chanteur·se·s - plus précisément la distance jusqu'à laquelle on ressentait un flux d'air supplémentaire à celui présent dans l'environnement [10] ou la distance à laquelle la vitesse du flux d'air redevient nulle [9]. Ces observations permettent d'évaluer la zone qui peut être contaminée par les gouttelettes produites, qui sont portées par le flux d'air expiré (par la bouche ou en sortie d'instrument). Cette zone s'étend à une distance naturellement supérieure lorsqu'on joue d'un instrument à vent ou qu'on chante que lorsqu'on respire.

En tout état de cause, rien ne permet à ce stade de préconiser des distanciations moins grandes que celles préconisées pour toute autre situation. On peut noter par ailleurs que la « distance de base » adoptée aux États-Unis (6 feet c'est-à-dire 2 mètres) est plus importante que la française (1 mètre), ce qui est un élément à prendre en compte dans la lecture des résultats et des préconisations des études nord-américaines. D'une manière générale ces préconisations en matière de distanciation n'ont que pas ou peu évolué ces dernières semaines. En plus de prévenir la transmission par gouttelettes, la distanciation permet de s'éloigner du champ du « panache » évoqué préalablement (la concentration de gouttelettes se diluant dans l'air en s'éloignant de la source).

La distanciation ne protège cependant pas des phénomènes d'accumulation des aérosols. Ceci peut amener à prendre des mesures complémentaires dans les situations présentant un risque de concentration : aération, ventilation, purificateurs...

1) Port du masque

Le port du masque présente une double utilité justifiant son utilisation. Tout d'abord, de par la dimension des filtres constituant les masques chirurgicaux ou grand public, ceux-ci filtrent la grande majorité des projections de type gouttelettes, c'est à dire celles de diamètre supérieur à plusieurs micromètres. Ces particules sont principalement émises par la toux et l'éternuement. Les particules plus petites - considérées comme des aérosols potentiels car pouvant se diffuser dans l'air - sont filtrées partiellement par les masques. Toutefois, il est à noter que ce mode de contamination par aérosols, bien qu'il semblerait qu'il soit effectif, n'est pas le principal vecteur de transmission.

Les masques grand public filtrent à l'expiration une moitié des particules de faible diamètre, et permettraient de réduire d'un tiers celles inhalées³. Ainsi, ils offrent une protection partielle contre les aérosols. Aux États-Unis, où est menée la méta-étude [5] qui s'étend sur 6 mois, les institutions telles que la NFHS (National Federation of state High School associations, qui co-pilote le projet de recherche) recommandent en contexte de pratique collective scolaire / étudiante le port du masque systématique pour tous les musicien·ne·s.

³ Davies, A., Thompson, K., Giri, K., Kafatos, G., Walker, J., & Bennett, A. (2013). Testing the Efficacy of Homemade Masks: Would They Protect in an Influenza Pandemic? *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 7(4), 413-418. doi:10.1017/dmp.2013.43.

Les chanteur-se-s sont concernés, ainsi que les Vents, à qui il est recommandé de porter un masque comportant une fente dans l'un des plis (cf figure 5 page 16) afin de pouvoir à la fois passer l'embouchure de leur instrument pour jouer et atténuer les émissions reçues lorsque l'instrument n'est pas joué. Cette préconisation relativement contraignante s'adresse cependant à un contexte spécifique de circulation très active du virus et de pratique par des musicien-ne-s amateur-e-s.

Contrairement à ce qui est généralement avancé - et sur la base des connaissances actuelles – **le port du masque ne diminue pas le taux d'oxygénation du sang**. Le port du masque peut provoquer une sensation désagréable de résistance à l'inspiration pour le porteur, sans toutefois être un danger ou une entrave au système respiratoire pour une personne n'ayant pas de pathologies graves [16 ; 17]. En effet, les molécules de gaz inspirées et expirées lors d'une respiration sont d'un ordre de grandeur largement inférieur (nm) à celui de la trame du masque (μm), soit mille fois plus petit. Celles-ci ne sauraient être empêchées de passer à travers le masque.

2) *Equipements des espaces de pratique collective*

- PAROIS EN PLEXIGLAS :

L'usage de plexiglas placé entre et/ou autour des instrumentistes à vent a souvent été présenté comme un moyen de prévention contre les projections entre musicien-ne-s. Cette méthode qui repose sur un blocage physique des particules est efficace contre la propagation de gouttelettes (à fort diamètre) à trajectoire balistique. Cependant, en cas de création d'aérosols (gouttelettes de faible diamètre) transportés par des flux d'air et suivant des mouvements ascendants, l'installation de parois en plexiglas n'est non seulement pas une solution, mais peut également présenter un risque supplémentaire - en se basant toujours dans le cadre de la pratique musicale.

Dans sa première synthèse datée du (référence 5c, datée du 8 juin 2020), l'étude en cours au Colorado conclut qu'il n'est pas recommandé d'utiliser ce type d'installation, celle-ci **empêchant un renouvellement de l'air complet par les systèmes d'aération en créant des "zones mortes" inaccessibles dans lesquelles les aérosols pourraient s'accumuler**.

A ce stade, **l'un des principes clés à adopter est celui de la ventilation effective des locaux** en tenant compte des **différents facteurs** : volume de la pièce / nombre de personnes présentes / temps d'occupation / système d'aération.

Il convient de prévoir des pauses régulières dans les temps de jeux/chant, pour renouveler l'air par tous les moyens possibles : système de ventilation mécanique quand il existe (cf note INRS en annexes), ouverture des fenêtres le cas échéant, des portes ...

- PURIFICATEURS D'AIR :

Dans les cas où aucune des solutions de ventilation évoquées ci-dessus n'est possible, les purificateurs d'air peuvent être envisagés notamment pour les pièces de faible volume.

Les purificateurs d'air (*air sanitizers*) recyclent l'air à l'intérieur d'un espace. Ils sont munis de filtres de différentes performances captant les particules suivant leur taille. Dans le cas de pièces faiblement ventilées (dont le taux de renouvellement de l'air est inférieur à trois), ils peuvent s'avérer utiles afin de **réduire la concentration d'aérosols dans l'air**. Par conséquent, ils sont envisagés comme une piste intéressante pour diminuer les facteurs de risque dans les infrastructures n'ayant pas d'installations adéquates.

Ces dispositifs ont par exemple été étudiés par l'équipe du professeur Kähler à Munich [13] dans une pré-publication concluant que ce type de dispositif peut être utilisé au lieu ou en complément de la ventilation mécanique selon la typologie et l'occupation de la salle concernée.

Sur le modèle étudié - équipé de différents filtres - la concentration d'aérosols présente dans une pièce peut être réduite de moitié en quelques minutes selon le volume de la pièce (à titre indicatif : 6-15 min pour une pièce de 80 m² ; 3-5 min pour une pièce de 20 m²). Si cette solution est une possibilité intéressante pour certains contextes, son efficacité est conditionnée par de nombreux paramètres : il convient d'étudier scrupuleusement l'emplacement, le choix et les réglages de l'appareil, de s'assurer d'un entretien et d'un renouvellement des filtres réguliers...

3) *Equipements de protection individuelle*

De nombreux équipements ont été imaginés pour réduire les émissions de particules par les instruments à vent ou pour empêcher leur propagation. Seuls quelques-uns ont été testés expérimentalement à ce jour et il est difficile de conclure sur un effet avéré pour la plupart d'entre eux.

L'utilisation de "charlottes" (*bell covers*, **tissus recouvrant le pavillon d'un instrument**) a été évaluée au Colorado [5] et au Royaume-Uni [3]. Dans les deux cas, les concentrations de gouttelettes et/ou d'aérosols mesurées se voient significativement réduites (cf figure 4 page 13). Ces équipements doivent toutefois respecter un cahier des charges conditionnant leur efficacité : le tissu doit disposer d'un **maillage suffisamment dense** (l'utilisation d'un tissu élastique 'étiré' s'est révélé inefficace [5b]), de préférence composé de **plusieurs épaisseurs** et/ou composé de nylon ou de soie, qui sont des tissus au maillage relativement serré. L'étude [3] précise uniquement que le tissu est composé de **polycoton**, mélange de polyester et de coton. Il n'existe pas à notre connaissance de référence commerciale dont l'efficacité a été vérifiée, le choix ou la fabrication de ces équipements étant pour l'instant laissés à la libre interprétation de chacun. Un rapport de l'université de Weimar [12] a également étudié l'efficacité de charlottes en papier absorbant (essuie-tout ménager) en visualisant par strioscopie l'utilisation de celui-ci près de l'embouchure d'une flûte traversière ou sur le pavillon de certains Cuivres. Les images font ressortir que le flux d'air est effectivement dévié par le dispositif (cf figure 4 page 13).

Cependant, ce type de tissu ne permet probablement pas de réellement "filtrer" les particules - notamment les plus fines - et nécessite d'être renouvelé très fréquemment.

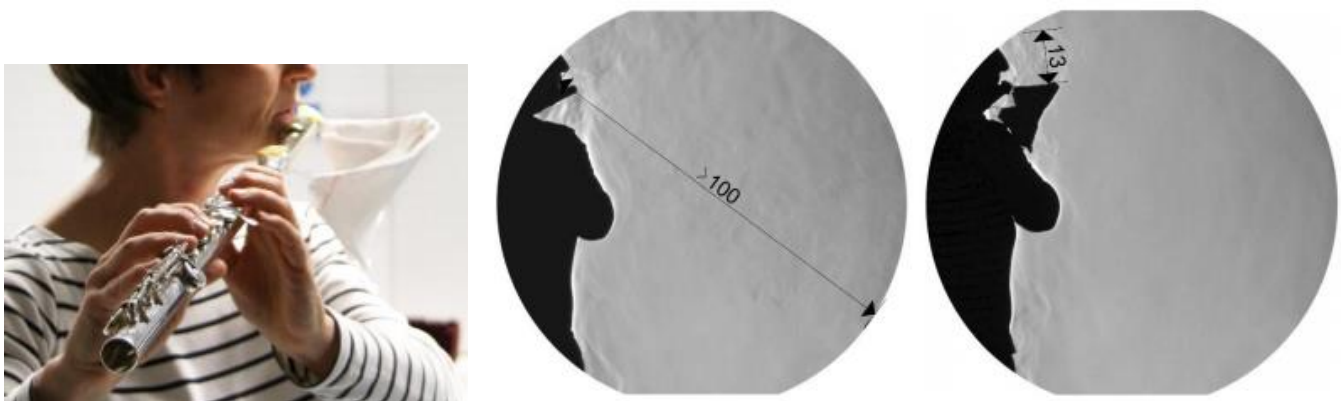


Figure 4 : Illustration des charlottes ou bell covers avec à droite la visualisation par strioscopie de l'effet du dispositif sur le flux d'air réalisée dans le cadre de l'étude [12]

Conclusion

En ce début de mois de septembre 2020, la crise sanitaire n'est pas encore derrière nous : nous avons donc besoin de maîtriser les éléments clés pour la compréhension des enjeux liés à la pratique vocale et instrumentale. Ceux-ci évoluent au fur et à mesure des connaissances sur le virus lui-même ainsi que sur ses modes de propagation qui relèvent de travaux d'autres natures que ceux étudiés dans ce document et dont les résultats auront évidemment des conséquences directes sur les préconisations qui peuvent être formulées.

Le sujet de la pratique vocale et instrumentale, qui n'était que très peu documenté, est maintenant examiné de près par de nombreux projets. Beaucoup de ces travaux sont en cours de publication, voire encore en cours de réalisation, et l'évolution rapide de la quantité de données disponibles implique un travail soutenu de veille scientifique. Nous avons étudié ici les conclusions disponibles et suivons de près la suite des travaux. Nos propres travaux en cours viendront alimenter les conclusions et les conseils à l'aide à la reprise de la pratique.

CERTAINS ÉLÉMENTS DE RÉPONSES ÉMERGENT DES TRAVAUX :

D'une manière générale, la distanciation physique semble incontournable ainsi que le port du masque quand il est possible. On relève que dans les recommandations issues de l'étude du Colorado le port du masque généralisé est préconisé pour les élèves notamment pour les pratiques collectives avec l'utilisation de masque fendu pour les instrumentistes à vent sans qu'on ait des certitudes sur l'efficacité du dispositif.

La pertinence des préconisations concernant les distances physiques plus importantes pour les instruments à vent et les chanteur-se-s est à ce stade confirmée par les travaux réalisés : les actions de chanter ou de jouer d'un instrument à vent émettent sans surprise plus de particules que le simple fait de respirer, donc plus que les autres musicien-ne-s, même en tenant compte de l'effort physique qu'ils réalisent tous.

Tant le port du masque que le respect d'une distance importante entre musicien-ne-s et chanteur-se-s ne sont pas toujours compatibles avec les enjeux spécifiques à la production artistique. Dans ce cas, il va falloir s'orienter vers des protocoles particuliers qui permettront de rester à un niveau de risque acceptable.

Par ailleurs, les conclusions confirment les recommandations préalablement émises sur les pratiques en plein air qui sont encouragées : l'effet d'accumulation des aérosols est alors inexistant, les cas de contaminations semblent rarissimes.

CONCERNANT LES DISPOSITIFS DE PRÉVENTION :

La circulation de l'air ainsi que son renouvellement sont primordiaux pour limiter les phénomènes de concentration et ainsi réduire la notion de risque lié à tout rassemblement de personnes. Une attention forte doit donc être apportée au système de ventilation tant au niveau de la quantité d'air brassé mais aussi de l'efficacité des filtres le cas échéant.

Sans exclure totalement les écrans en plexiglas nous attirons l'attention sur les effets indésirables qui peuvent découler de leur utilisation car ils constituent des obstacles à la circulation de l'air.

L'utilisation de purificateurs d'air portables peut apporter une aide importante pour les salles de faible volume sans système d'aération satisfaisant.

Les dispositifs de protection adaptés aux instruments à vent - type charlotte sur le pavillon des instruments à vent - sont des outils intéressants mais, pour l'instant, il n'existe pas de certification permettant d'avoir des certitudes sur leur fiabilité.

C'est une piste à creuser car ces dispositifs permettent, suivant certaines études, une réduction significative des émissions.

Avec les travaux déjà effectués, on a maintenant acquis une bonne base de compréhension des modes de dispersion des gouttelettes lors du jeu des instruments à vent et du chant, même si cela reste à consolider. C'est maintenant principalement sur l'étude de la production et de la dispersion des aérosols qu'il faut consolider les connaissances.

Les outils de modélisation sont en train d'être construits. L'objectif est de modéliser les différentes configurations aussi bien des salles de concert, que celles des studios, lieux de répétitions et les salles de cours etc.. Ces outils permettront d'affiner les analyses d'une situation à l'autre et de pouvoir établir des recommandations adaptées.

Les Forces Musicales

M. Nicolas DROIN
ndroin@ocparis.com
06 12 81 08 07
24, rue Philippe de Girard
75010 Paris

Pour la CSFI et l'ITEMM

Mme Fanny REYRE MENARD
freymenard@csfi-musique.fr
06 17 91 64 93
CSFI : 9, rue Saint-Martin - 75004 Paris
ITEMM : 71, av. Olivier Messiaen – 72000 Le Mans

Références

- [1] Gregson et al. 2020. *Comparing the Respirable Aerosol Concentrations and Particle Size Distributions Generated by Singing, Speaking and Breathing*. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.12789221.v1> (pré-publication)
- [2] He et al. 2020. *Aerosol generation from different wind instruments*. <https://doi.org/10.1101/2020.08.03.20167833> (pré-publication)
- [3] A. Parker, K. Crookston. 2020. *Investigation into the release of respiratory aerosols by brass instruments and mitigation measures with respect to Covid-19* <https://doi.org/10.1101/2020.07.31.20165837>. (pré-publication)
- [4] M. Alsved, A. Matamis, R. Bohlin, M. Richter, P-E. Bengtsson, C-J. Fraenkel, P. Medstrand & J. Löndahl (2020): *Exhaled respiratory particles during singing and talking*, *Aerosol Science and Technology*, DOI: 10.1080/02786826.2020.1812502
- [5] International Coalition Performing Arts Aerosol Study. Shelly Miller (University of Colorado Boulder) , Jelena Srebric (University of Maryland).
- a. *Round one preliminary results*, paru le 13/07/20. Disponible sur : <https://www.nfhs.org/media/4029974/preliminary-testing-report-7-13-20.pdf>
- b. *Aerosol Study Round 2*, paru le 06/08/20. Disponible sur : <https://www.nfhs.org/media/4119369/aerosol-study-prelim-results-round-2-final-updated.pdf>

- c. *Preliminary Recommendations from International Performing Arts Aerosol Study Based on Initial Testing Results*, paru le 06/08/20. Disponible sur : <https://www.nfhs.org/media/4029971/preliminary-recommendations-from-international-performing-arts-aerosol-study.pdf>
- [6] Asadi et al, 2019. *Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness*. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38808-z>
- [7] Asadi et al, 2020. *Effect of voicing and articulation manner on aerosol particle emission during human speech*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227699>
- [8] Hartmann et al. 2020. *Risk assessment of rehearsal rooms for choir singing regarding aerosols loaded with virus* [pré-publication]
- [9] C. Kähler, R. Hain. Singing in choirs and making music with wind instruments – Is that safe during the SARS-CoV-2 pandemic? Mai 2020. Disponible sur : https://www.unibw.de/lrt7-en/making_music_during_the_sars-cov-2_pandemic.pdf
- [10] Bayerischer Rundfunk. Symphonique de Bamberg : des scientifiques mesurent les aérosols. Mai 2020. Disponible sur : <https://www.br.de/nachrichten/bayern/bamberger-symphoniker-wissenschaftler-messen-aerosolausstoss,Ry6T6OU>
- [11] Becher et al. *Einsatz von Filtern zur Reduktion der Ausbreitung der Atemluft beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen während der COVID-19 Pandemie*. Paru le 06/08/20. Disponible sur : https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren_institute/Bauphysik/00_Aktuelles/Einsatz_von_Filtern_zu_r_Reduktion_der_Ausbreitung_der_Atemluft.pdf
- [12] Stadnytskyi et al. *The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission*. Proceedings of the National Academy of Sciences Jun 2020, 117 (22) 11875-11877; DOI: 10.1073/pnas.2006874117
- [13] C. Kähler, T. Fuchs, R. Hain. Can mobile indoor air cleaners effectively reduce an indirect risk of SARS-CoV-2 infection by aerosols? Paru le 07/08/2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.14081.68963
- [14] CSFI. La pratique vocale et instrumentale en plein air. Publié le 08/07/20. Disponible sur : <https://www.csfi-musique.fr/les-publications-de-la-csfi/guide-des-bonnes-pratiques-covid-19>
- [15] Santé Publique France. Coronavirus : chiffres clés et évolution de la COVID-19 en France et dans le Monde. Mis à jour quotidiennement. Disponible sur : <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19/coronavirus-chiffres-cles-et-evolution-de-la-covid-19-en-france-et-dans-le-monde>
- [16] Roberge RJ, Coca A, Williams WJ, Palmiero AJ, Powell JB. Physiological impact of filtering facepiece respirators (“N95 Masks”) on healthcare workers. *Respiratory Care*; 55(5):569-577, 2010.
- [17] Williams WJ. Physiological response to alterations in [O₂] and [CO₂]: relevance to respiratory protective devices. *J Intl Soc Resp Protect* 2010; 27(1):27-51.

[18] Ministère des Solidarités et de la Santé. Recommandations en matière d'aération, de ventilation et de climatisation en période d'épidémie de Covid-19. Publié le 21/05/20.

[19] Haut Conseil de la Santé Publique. Avis relatif à la réduction du risque de transmission du SARS-CoV-2 par la ventilation et à la gestion des effluents des patients COVID-19. Publié le 17/03/20.

[20] Haut Conseil de la Santé Publique. Avis relatif à l'actualisation des connaissances scientifiques sur la transmission du virus SARS-CoV-2 par aérosols et des recommandations sanitaires. Publié le 23/07/20.

[21] Mürbe et al. 2020. Aerosol emission is increased in professional singing. Actualisé le 03/09/20.
<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10375.3>

Figures complémentaires



Figure 5 : illustration du masque avec fente dont l'utilisation est recommandée pour les instrumentistes à vent dans l'étude [5]

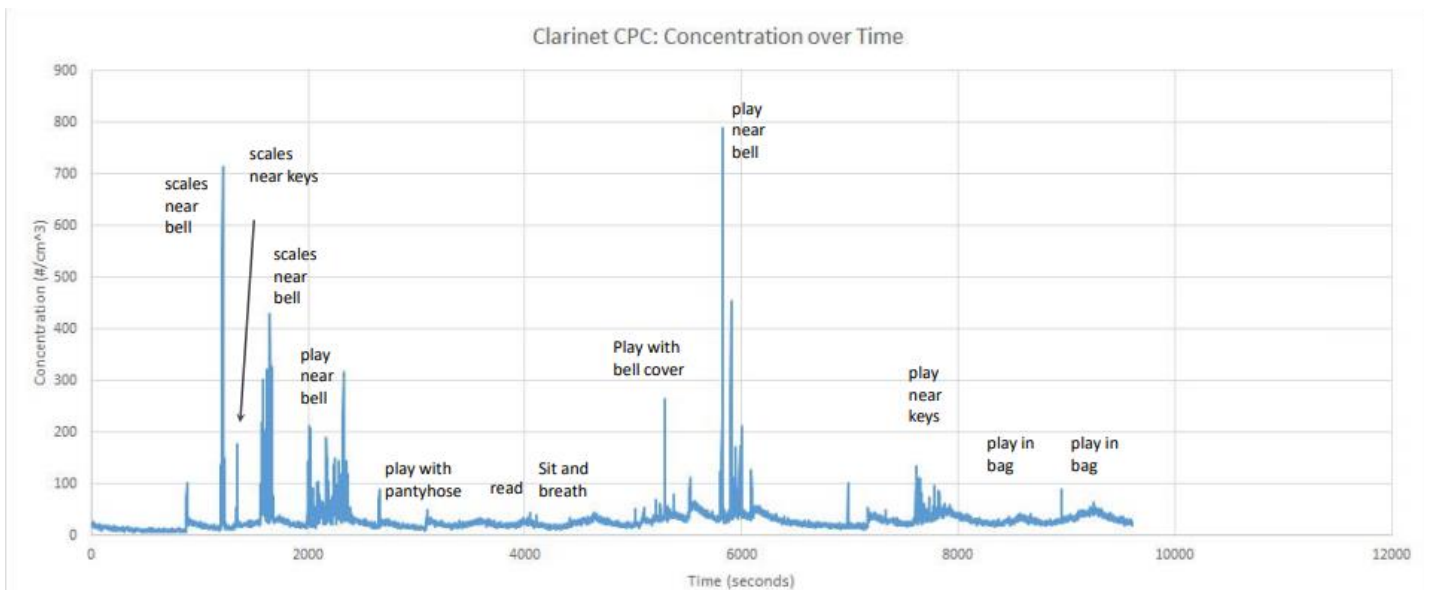


Figure 6 : Exemple d'évolution au cours du temps des concentrations en particules émises par un clarinettiste sur différentes actions et dans plusieurs configurations"; étude [5]

Quelle ventilation des locaux de travail ?

Au vu des données actuelles, le SRAS-CoV-2 se transmet essentiellement par inhalation de gouttelettes émises, par une personne porteuse du virus. Par mesure de précaution, il est recommandé de vérifier si les systèmes de ventilation et de climatisation sont en état de fonctionnement optimal. Une aération régulière des locaux par ouverture des fenêtres est souhaitable, même en dehors de ce contexte infectieux.

Un certain nombre de mesures de prévention complémentaires peuvent limiter la quantité de gouttelettes dans le milieu ambiant, telles que :

- En l'absence de ventilation mécanique, aération régulière des locaux par ouverture des fenêtres.
- Ne pas obstruer les entrées d'air, ni les bouches d'extraction
- Pour les bâtiments équipés d'un système de ventilation mécanique simple flux ou double flux, maintien de la ventilation et fermeture des portes.
- Dans le cas des bâtiments équipés d'une centrale de traitement d'air, maintien de l'apport d'air extérieur et arrêt si possible du recyclage.

Il convient de tester la faisabilité de ces mesures techniques en s'assurant qu'elles maintiennent des conditions de température et d'hygrométrie acceptables.

Par ailleurs, en cas de fortes chaleurs, certaines mesures complémentaires sont nécessaires.

Figure 7 : Extrait de la Foire aux Questions « Covid-19 et entreprises » publiée sur le site Internet de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) : <http://www.inrs.fr/actualites/COVID-19-et-entreprises.html#52803e84-51b5-48ed-81c3-d4acb24b5965>