

Les exigences physiologiques du jeu des instruments à vent

Neville H. FLETCHER

Research School of Physical Sciences and Engineering
Australian National University, Canberra, Australie

Article traduit de l'anglais

Les instruments à vent existent depuis l'aube de l'humanité, mais ce n'est que récemment qu'on a commencé à bien comprendre les principes physiques régissant la production sonore et les variables physiologiques que l'instrumentiste doit maîtriser lorsqu'il joue. Cette connaissance s'accompagne d'une meilleure compréhension de la conception et de la facture des instruments eux-mêmes, mais, comme on dit, c'est une autre histoire.

L'orgue mis à part, les instruments à vent peuvent être classés en trois catégories : les instruments à anche tels que la clarinette, le hautbois, le basson et le saxophone ; les cuivres, dont le son est produit par les lèvres de l'instrumentiste, tels la trompette, le trombone et le tuba ; enfin la flûte et les instruments apparentés, dont le son est produit par un flux d'air. Dans tous les cas, l'instrumentiste doit apprendre à contrôler la hauteur de la note qu'il joue en utilisant notamment les doigts pour actionner des clés, des pistons ou des coulisses ; il doit aussi, pour obtenir un résultat satisfaisant, maîtriser le mécanisme même de la production sonore. Pour cela, il lui faut exercer un contrôle conscient sur des variables physiologiques telles que la position et la tension des lèvres, la pression de souffle, voire la configuration du conduit vocal. Cet article se propose de décrire l'état actuel des connaissances sur les contraintes liées à chacune de ces variables. Le lecteur trouvera des détails concernant l'acoustique des instruments dans Fletcher et Rossing (1998).

LES INSTRUMENTS A ANCHE : PRODUCTION DU SON PAR UNE LANGUETTE

La clarinette est peut-être le bois le plus étudié et aussi le moins complexe. Elle est constituée d'un tube quasiment cylindrique et d'une seule anche plane, de géométrie simple. Les lèvres de l'instrumentiste entourent l'anche et le bec sur lequel elle est fixée, en laissant à son extrémité un espace d'environ 1 mm. L'instrumentiste exerce une pression qui tend à plaquer l'anche contre le bec. L'analyse des mécanismes physiques découlant de cette action montre que l'anche commence à vibrer, en provoquant des oscillations de l'air qui se trouve dans l'ouverture entre l'anche et le bec et qui pénètre dans le tube de l'instrument, dès que la pression de souffle dépasse un tiers de la valeur nécessaire pour plaquer complètement l'anche contre le bec. Pour s'assurer d'un jeu stable, l'instrumentiste exerce généralement une pression allant de la moitié aux deux tiers de la pression d'occlusion.

A première vue, rien de plus n'est requis pour que l'instrumentiste produise la note déterminée par le doigté. Dans la pratique, il existe quelques subtilités. La production de notes aiguës est facilitée, d'abord, si l'instrumentiste ajuste les lèvres de manière à raccour-

cir la partie vibrante de l'anche, et ensuite, s'il réduit simultanément le volume buccal en soulevant la langue. Généralement, cela augmente légèrement la pression d'occlusion, ce qui à son tour entraîne une légère augmentation de la pression du souffle. S'il veut diminuer le niveau sonore, l'instrumentiste exerce une tension sur ses lèvres de telle sorte que l'ouverture au niveau de l'anche soit réduite ainsi que le flux d'air pénétrant à l'intérieur de l'instrument. Il s'ensuit une légère baisse de la pression d'occlusion et, par conséquent, de la pression optimale du souffle.

Comme le montre la figure 1, dans les conditions normales de jeu de la clarinette, la pression du souffle varie en principe entre 2 et 3 kilopascals (kPa) pour un son de faible intensité et entre 4 et 4,5 kPa pour un son de forte intensité, cela sur toute la tessiture de l'instrument (Fuks et Sundberg, 1999), bien que certains musiciens de jazz utilisent parfois une pression du souffle plus élevée afin d'obtenir une qualité sonore plus incisive, voire rugueuse. Ces pressions sont à comparer aux pressions subglottiques normales d'environ 300 Pa pour la parole et peut-être de 1 kPa pour le chant. Elles ne sont pas assez élevées pour provoquer un stress physiologique important (pour ceux qui ne connaîtraient pas ces mesures de pression, 1 kPa équivaut à environ 10 cm d'eau ou à 7,5 mm de mercure ; chaque figure donne l'équivalence des échelles).

La technique du saxophone est similaire en de nombreux points à celle de la clarinette, et les musiciens de jazz passent souvent d'un instrument à l'autre. Le saxophone a, lui aussi, une seule anche plane, mais il diffère de la clarinette par son tube conique à large embouchure. Au saxophone alto, la pression du souffle pour un son de faible intensité est normalement de 2 kPa, mais elle peut aller jusqu'à 8 kPa dans le médium pour un son très fort pour lequel une qualité sonore dure est recherchée ; c'est ce que montre la figure 1.

Les instruments à anche double, tels le hautbois et le basson, ont une perce conique et étroite, ainsi qu'une anche également étroite se composant de deux languettes fixées l'une à l'autre. L'ouverture au niveau de l'anche est bien plus petite que dans le cas des instruments à anche simple ; de plus, l'anche double est incurvée dans sa largeur et le passage étroit au niveau de l'anche oppose une résistance considérable au flux d'air. Pour ces raisons, il faut une pression plus importante pour mettre l'anche en vibration. Chez les instrumentistes expérimentés, la pression va du simple au double entre un son de faible intensité et un son de forte intensité, ainsi qu'entre la note la plus grave et la plus aiguë de l'instrument, comme le montre la figure 1. Les pressions d'environ 10 kPa, requises pour produire des sons aigus et forts sur le hautbois ou le basson, imposent à l'instrumentiste une tension physiologique importante si cette pression doit se maintenir pendant

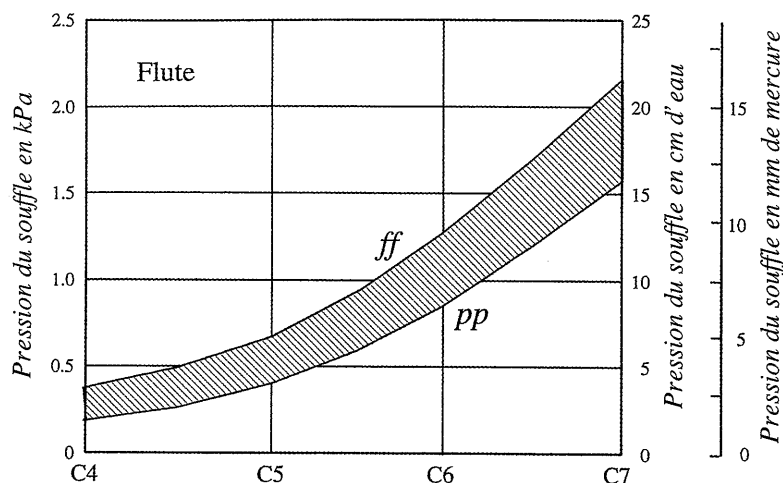


Figure 3
Valeurs caractéristiques, minimales et maximales, de la pression du souffle sur toute la tessiture de la flûte, pour un jeu pianissimo et fortissimo (d'après Fletcher, 1975).

plus fort. La largeur utile du flux d'air est toutefois limitée par la largeur de l'ouverture de l'embouchure de l'instrument, environ 12 mm. Et il faut que ce flux ne soit pas trop épais — la limite se situe autour de 1 mm — pour que l'on obtienne une qualité de son acceptable. De plus, pour conserver un niveau sonore uniforme sur toute la tessiture de l'instrument, il faut réduire l'ouverture pour les notes aiguës pour compenser l'augmentation de la pression du souffle. Tous ces ajustements nécessitent de l'expérience et de la pratique mais ne posent pas de problèmes physiologiques.

Contrairement à la plupart des autres instrumentistes à vent (à l'exception peut-être du hautboïste) qui désirent une sonorité stable, le flûtiste privilégie le vibrato. Les mesures prises par Fletcher (1975) montrent que ce vibrato se réalise en imprimant une légère oscillation à la pression d'air dans la bouche, avec une amplitude d'environ 10 % de la pression stable et une fréquence allant de 5 à 6 Hz. Le résultat n'est pas tant une oscillation régulière du niveau sonore ou de la fréquence, qui demeurent presque inchangés, qu'une oscillation de la valeur tonale due à la variation de l'amplitude des harmoniques aigus du son.

La méthode pour réaliser le vibrato n'est pas toujours très claire et elle peut varier d'une école à l'autre. On peut l'obtenir soit par oscillation rythmique des muscles abdominaux, soit par des changements ana-

logues dans la tension des lèvres et donc dans l'ouverture labiale, soit encore par oscillation des cordes vocales si elles sont suffisamment accolées. Mukai (1989) a constaté un rétrécissement du conduit d'air par les cordes vocales chez des flûtistes expérimentés comme chez d'autres instrumentistes, ainsi que des variations du passage d'air en synchronisme avec le vibrato. Mais des études récentes suggèrent que, d'un instrumentiste à l'autre, il pourrait y avoir plus de techniques différentes que l'on n'en trouve dans ses travaux.

CONCLUSION

Comme le montre ce bref survol, la production d'un son bien maîtrisé au moyen d'un instrument à vent implique le contrôle précis de plusieurs variables physiologiques, en particulier la pression du souffle et la configuration des lèvres. Les exigences de ces variables diffèrent grandement selon la catégorie d'instrument, et certaines contraintes musicales peuvent imposer des stress physiologiques extrêmes. Il reste à espérer qu'en comprenant ces exigences et les raisons qui les sous-tendent, les instrumentistes pourront améliorer leur technique ainsi que leur confort de jeu.

N. H. F.

— En résumé —

L'auteur examine certaines exigences physiologiques lors du jeu des instruments à vent, comme la pression du souffle et la tension des lèvres propres au jeu des bois et des cuivres. Il établit pour chaque cas le rapport avec le mécanisme de production du son. L'émission de sons aigus de forte intensité sur les cuivres constitue la situation physiologiquement la plus exigeante, mais tous les instruments à vent imposent à l'instrumentiste des contraintes particulières s'il veut obtenir un contrôle physiologique précis.

The physiological demands of wind instrument performance
Requirements on blowing pressure and lip tension in the playing of woodwind and brass instruments are examined and related to the sound-producing mechanism in each case. Loud playing of high notes on brass instruments is found to be the most physiologically demanding situation, but all instruments have particular requirements for precise physiological control.

— Bibliographie —

- ADACHI (S.), SATO (M.), "Trumpet sound simulation using a two-dimensional lip vibration model", *J Acoust Soc Am*, 99, 1996, p. 1200-1209.
FLETCHER (N. H.), "Acoustical correlates of flute performance technique", *J Acoust Soc Am*, 57, 1975, p. 233-237.
FLETCHER (N. H.), ROSSING (T. D.), *The Physics of Musical Instruments*, Springer-Verlag, New York, 1998, 2^e édition, p. 401-551.
FLETCHER (N. H.), TARNOPOLSKY (A.), "Blowing pressure, power,

- and spectrum in trumpet playing", *J Acoust Soc Am*, 105, 1999, p. 874-881.
FUKS (L.), SUNDBERG (J.), "Blowing pressures in bassoon, clarinet, oboe and saxophone", *Acustica*, 85, 1999, p. 267-277.
MUKAI (S.), "Laryngeal movement during wind instrument play", *J Otolaryngol Japan*, 92, 1989, p. 260-270.
YOSHIKAWA (S.), "Acoustical behavior of brass-player's lips", *J Acoust Soc Am*, 97, 1995, p. 1929-1939.

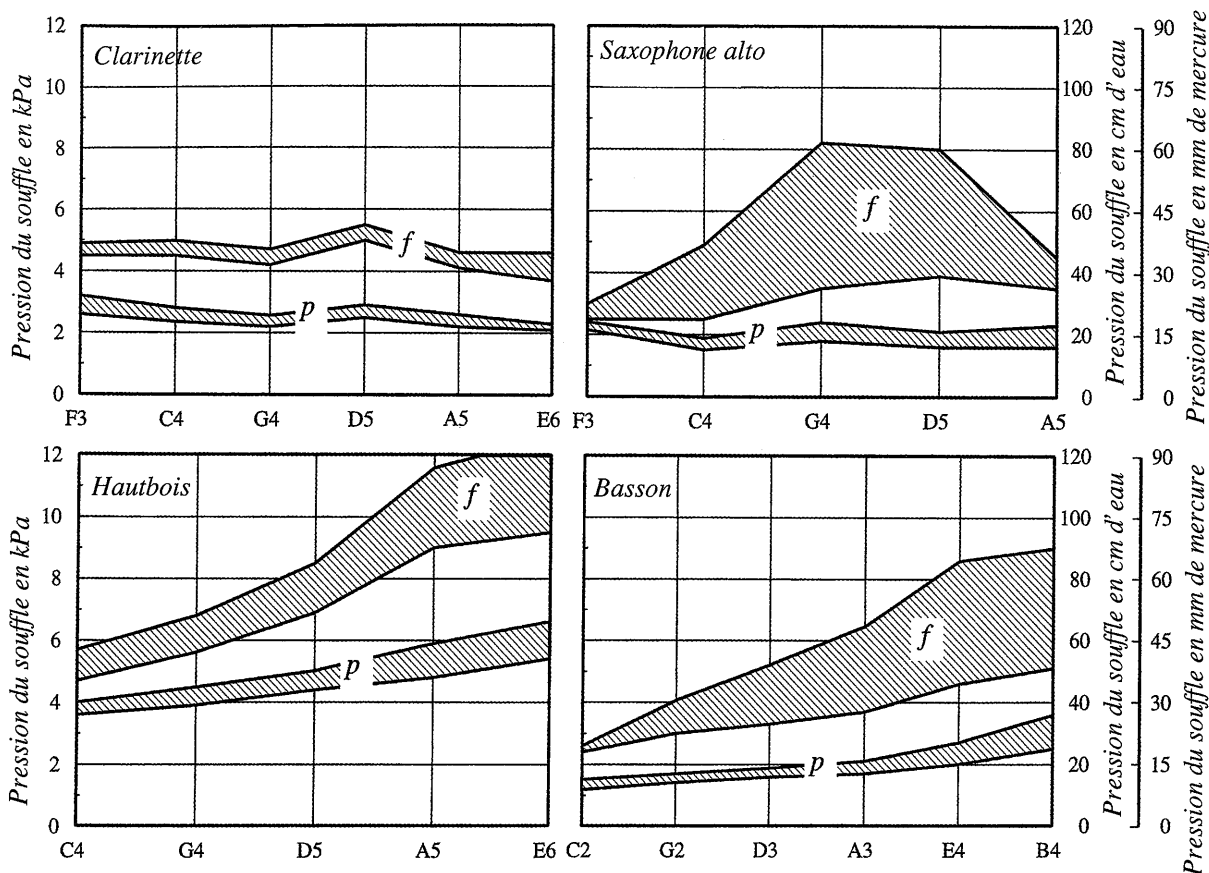


Figure 1 - Valeurs caractéristiques, minimales et maximales, de la pression du souffle sur toute la tessiture de la clarinette, du saxophone alto, du hautbois et du basson, pour un jeu piano et forte (d'après Fuks et Sundberg, 1999).

une longue période, bien que cela ne provoque généralement qu'une rougeur du visage. Chez les instrumentistes moins expérimentés, le maintien des lèvres en position sur l'anche peut se révéler particulièrement difficile, car le souffle tend à les entrouvrir. On ne connaît pas de solution à ce problème si ce n'est un entraînement régulier visant à renforcer les muscles des lèvres, entraînement qu'il est préférable de commencer à un âge précoce.

Les instruments à anche, et en particulier ceux à anche double, ne requièrent pas un flux d'air important pour produire un son d'intensité moyenne. Ainsi, on peut jouer des passages assez longs, d'une durée allant jusqu'à 50 secondes, sans avoir besoin de reprendre sa respiration. Mais cela aussi fait subir à l'instrumentiste certains effets physiologiques, à cause de la concentration de dioxyde de carbone dans les poumons. Normalement, cela provoque un réflexe respiratoire, mais les instrumentistes expérimentés sont capables de neutraliser presque complètement ce réflexe. Depuis quelque temps, une pratique courante sur les bois consiste à apprendre les techniques de la « respiration circulaire » : une fois que l'air sous pression venant des poumons a rempli la gorge et la bouche afin de maintenir le son de l'instrument, on coupe le passage entre la trachée et les fosses nasales en agissant sur le voile du palais, pour permettre une respiration rapide par le nez. Cette technique, utilisée depuis des millénaires par les aborigènes d'Australie qui jouent du didjeridu, permet à l'instrumentiste de jouer sans interruption pendant un temps indéfini.

Il a été dit plus haut que le volume buccal est généralement réduit pour la production de notes aiguës et augmenté pour celle des notes très graves,

ce qu'illustre l'abaissement du menton chez les bassonistes. Un autre aspect de la physiologie du système respiratoire, concernant le larynx, paraît également entrer en ligne de compte. Mukai (1989) a utilisé en laboratoire un endoscope nasal pour observer le larynx de nombreux joueurs d'instruments à vent en train de jouer et il a observé que le larynx d'un instrumentiste novice est généralement grand ouvert, tandis que les instrumentistes expérimentés (et cela sur tous les instruments à vent) rapprochent les cordes vocales afin de resserrer considérablement l'ouverture laryngienne. Chez les instrumentistes pratiquant le vibrato, les cordes vocales ont tendance à vibrer en synchronisme avec le vibrato lui-même. Il ne semble pas y avoir eu d'autres investigations sur ce point pour le cas des joueurs d'instruments à anche.

LES CUIVRES : PRODUCTION DU SON PAR LES LEVRES

En ce qui concerne les cuivres, les lèvres de l'instrumentiste remplacent l'anche, mais leur fonctionnement est très différent. Cela s'explique par le fait que la pression intrabuccale tend à fermer une anche, alors qu'elle tend à ouvrir la valve labiale. Les mouvements des lèvres de l'instrumentiste sont précis et complexes, et, dans une certaine mesure, consciemment déterminés, bien que, généralement, il ne se rende pas compte des modifications qui en résultent. Les lèvres peuvent souffler vers l'extérieur, c'est-à-dire vers l'instrument, comme une porte s'ouvrant vers l'extérieur, ou plus latéralement comme une porte coulissante. Plus exactement, elles peuvent

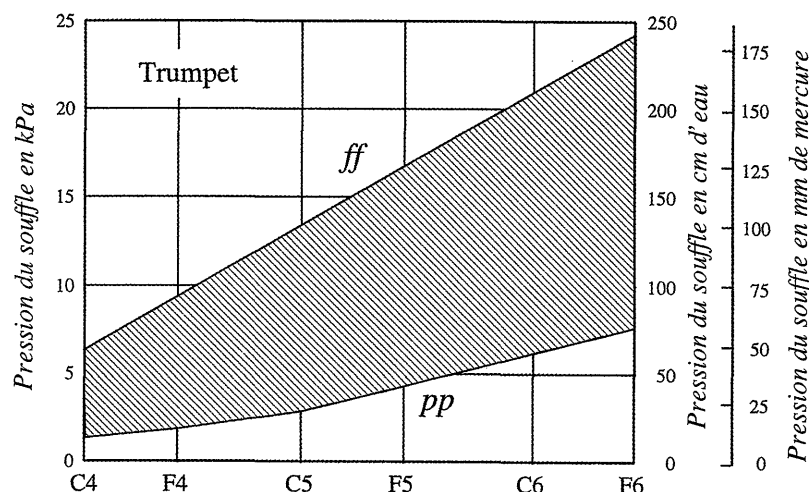


Figure 2
Valeurs caractéristiques, minimales et maximales, de la pression du souffle sur toute la tessiture de la trompette, pour un jeu pianissimo et fortissimo (d'après Fletcher et Tarnopolsky, 1999).

associer ces deux mouvements ou bien encore effectuer un mouvement assimilable à celui d'une vague (Yoshikawa, 1995 ; Adachi et Sato, 1996).

Ce qui importe du point de vue acoustique, c'est que les lèvres ne sont capables d'agir comme une valve génératrice de son que près de leur fréquence de résonance naturelle. Autrement dit, il faut que l'instrumentiste ajuste minutieusement la tension des muscles labiaux pour la faire correspondre à la hauteur de chaque note, et qu'il l'augmente fortement pour les notes aiguës. La précision nécessaire à l'ajustement de la tension augmente dans le registre le plus aigu, où les fréquences des intervalles naturels de l'instrument sont rapprochées. Pour un cor d'harmonie ou une trompette « naturelle » sans pistons, certains de ces intervalles ne sont que d'un demi-ton, soit 7 % en fréquence, ce qui requiert la plus grande précision dans le contrôle de la tension labiale. Il n'est donc pas étonnant que les cornistes amateurs « ratent » leurs notes quand ils commencent à jouer !

Cette forte tension labiale entraîne des difficultés physiologiques liées à la fatigue musculaire, mais les lèvres sont soutenues par le rebord du bassin d'embouchure, de sorte qu'elles ne laissent pas sortir le souffle de manière incontrôlée. Plus important encore : une importante tension labiale nécessite une importante pression intrabuccale pour que les lèvres soient forcées de s'entrouvrir et si l'on désire produire un son très fort, la pression du souffle nécessaire devient extrême.

Fletcher et Tarnopolsky (1999) ont étudié ces problèmes dans le cas de trompettistes. La figure 2 récapitule leurs résultats. Pour un jeu de faible intensité sonore, la pression d'air requise est modérée, mais elle double pour chaque saut d'une octave et atteint 6 kPa pour les notes les plus aiguës. Un niveau sonore élevé nécessite une plus grande pression, et les instrumentistes expérimentés peuvent dépasser 20 kPa pour les notes aiguës jouées fortissimo. En effet, l'un des instrumentistes étudiés atteignait 25 kPa. Pour mieux situer ces valeurs, notons que cela implique dans les poumons, la gorge et la bouche une pression de 150 à 190 mm de mercure, ce qui est supérieur à la valeur de la pression artérielle systolique ! Il n'est pas surprenant que les trompettistes professionnels d'orchestre soient généralement bien bâtis mais que, malgré cela, certains d'entre eux souffrent de vertiges et même de ruptures musculaires.

En ce qui concerne les instruments produisant des sons plus graves, les problèmes de pression ne sont pas aussi importants. Au tuba, par exemple, les

difficultés proviennent plutôt d'un débit d'air excessif dans le registre le plus grave, ce qui entraîne une hyperventilation.

LES FLUTES ET INSTRUMENTS APPARENTES

La troisième catégorie d'instruments à vent est celle où le son est généré par le passage du flux d'air à travers une ouverture. La flûte traversière en est le représentant principal, mais les flûtes à bec, l'ocarina, le shakuhachi et les flûtes de Pan ont des caractéristiques similaires. En fait, le flux excite la colonne d'air de l'instrument en se dirigeant alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur de l'ouverture. Cette déflexion du flux est provoquée par des ondes qui se propagent le long de l'instrument, à partir de la petite ouverture entre les lèvres de l'instrumentiste. Pour produire une note, il faut que la perturbation affectant le flux d'air se propage sur presque une demi-longueur d'onde à la fréquence de la note que l'on veut jouer. Cela requiert un contrôle précis de la position des lèvres et de la pression du souffle. Les flûtes à bec, les ocarinas et les sifflets ont pour particularité de déterminer la géométrie du flux d'air par un élément fixe.

Des mesures effectuées sur des flûtistes (Fletcher, 1975) confirment cette théorie sur la génération du son par ces instruments. L'instrumentiste réduit la longueur du flux d'air en avançant les lèvres, et il augmente la pression du souffle, donc la vitesse du flux, pour produire les notes aiguës. En réalité, la longueur du flux d'air et la pression du souffle varient très peu d'un flûtiste à l'autre, comme le montre la figure 3 pour le cas de la pression. La pression du souffle est quasiment doublée pour chaque montée d'une octave. Elle est donc proportionnelle à la fréquence de la note jouée. Il en va de même chez les trompettistes, mais pour une raison complètement différente ! Les pressions du souffle intervenant dans le jeu de flûte sont les plus basses de tous les instruments à vent, variant ainsi de 0,2 kPa pour les notes graves à environ 2,5 kPa pour les notes les plus aiguës, et cela presque indépendamment de l'intensité de la note jouée, comme le montre la figure 3. C'est pourquoi la pression du souffle n'entraîne aucune difficulté physiologique pour les flûtistes.

Puisqu'il ne peut utiliser la pression de souffle pour contrôler l'intensité sonore, le flûtiste modifie le flux d'air passant dans l'instrument en faisant varier le degré d'ouverture des lèvres : une ouverture plus grande entraîne un débit d'air plus important et donc un son