

Conduits perforés rigides vs conduits en tissu

Comprendre l'écart de pression statique

Les ingénieurs habitués aux conduits en tissu (fabric ducts) s'attendent généralement à une pression statique de l'ordre de 0.5" w.g. ou plus. Lorsqu'un conduit perforé rigide en métal affiche une pression requise nettement inférieure à cette plage, un scepticisme naturel s'installe. Ce document examine la physique derrière cet écart, cite des sources de l'industrie, et explique comment l'outil de sélection BREEZ valide que la pression plus basse est cohérente avec la vitesse de décharge et la performance de projection requises.

Analyse de l'écart de pression

1 Pression d'inflation

0.2–0.5" w.g. consommés uniquement pour maintenir le conduit en tissu gonflé — aucune pression requise pour un conduit rigide en métal.

Un conduit en tissu n'est pas autoportant. Il nécessite une pression statique interne minimale pour maintenir sa forme. Les données d'ingénierie publiées par les principaux fabricants de conduits en tissu documentent cette exigence :

- DuctSox Engineering Guide : pression de fonctionnement minimale de 0.2" w.g. pour les conduits en tissu ronds ; plus élevée pour les profils semi-ronds ou demi-ronds (jusqu'à 0.5" w.g.).
- Prihoda Technical Manual : recommande une pression interne minimale de 0.3–0.5" w.g. selon le diamètre du conduit et le poids du tissu.
- FabricAir Design Guide : spécifie un minimum de 0.25" w.g. pour les conduits en tissu ronds standard.

Cette pression est purement structurelle — elle ne contribue aucunement à la performance de projection. Les conduits BREEZ sont en métal rigide, de sorte que le surplus de pression lié à l'inflation est éliminé entièrement. Cela signifie qu'une plus grande part de la pression statique disponible est dirigée vers la projection d'air.

2 Coefficient de décharge

Pour la même projection, les perforations métalliques nécessitent environ 55 % de la pression requise par le tissu.

La pression requise pour pousser l'air à travers une perforation dépend du coefficient de décharge (C_d), selon l'équation d'orifice standard. Puisque la pression requise varie comme $1/C_d^2$, même une différence modeste de C_d a un effet significatif sur la pression.

Pour un orifice métallique mince à bords vifs, les valeurs de C_d se situent typiquement entre 0.60 et 0.72 selon la géométrie des bords et la forme du trou (Idelchik, Handbook of Hydraulic Resistance, 3e éd. ; ISO 5167). Les perforations BREEZ sont découpées avec précision par une machine de découpe laser CNC, assurant une géométrie de bord nette et constante qui maximise le coefficient de décharge. Pour des perforations à travers des matériaux plus épais et plus rugueux comme les textiles tissés ou enduits, le C_d est réduit en raison du parcours d'écoulement plus long et de l'irrégularité des bords. Les valeurs représentatives basées sur les corrélations pour orifices à paroi épaisse se situent dans la plage de 0.45–0.55 (Idelchik, §4.17–18) ; les valeurs réelles varient selon le produit et la méthode de perforation.

Paramètre	Tissu (orifice à paroi épaisse)	Métal (orifice à paroi mince)
Coefficient de décharge (C_d)	0.45 – 0.55	0.60 – 0.72
Ratio de pression implicite (même V)	Référence (1.0×)	~0.53–0.70×

Le ratio de pression découle de $\Delta P \propto 1/C_d^2$. En utilisant des valeurs médianes représentatives ($C_d = 0.50$ vs 0.67), l'orifice métallique nécessite environ 55 % de la pression requise par l'orifice en tissu à même vitesse de sortie. Le ratio exact dépend des produits spécifiques comparés.

Sources : Idelchik, I.E., Handbook of Hydraulic Resistance, 3e éd., §4.17–18 ; ISO 5167-2:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices.

3 Pertes par porosité du tissu

La perméabilité de certains tissus ajoute une demande de pression inexistante avec les conduits métalliques.

Certains systèmes de conduits en tissu sont conçus pour laisser l'air perméer à travers la trame du matériau, offrant une prévention de la condensation ou une diffusion supplémentaire à basse vitesse. Cette porosité intentionnelle ajoute une résistance à l'écoulement au-delà de ce que les perforations discrètes exigent.

Les taux de perméabilité des tissus varient considérablement — de quasi nul pour les tissus enduits imperméables à 15–30 CFM/pi² à 0.5" w.g. pour les tissus perméables (selon les spécifications des fabricants). Lorsque présente, cette porosité représente un mécanisme de perte de pression additionnel qui n'existe pas avec les conduits métalliques.

Sources : DuctSox Fabric Selection Guide (tissus perméables vs imperméables) ; Prihoda Material Technical Data ; ASHRAE Handbook — HVAC Systems and Equipment, Ch. 20.

Validation d'ingénierie

L'analyse de l'écart de pression est un point de départ. La validation d'ingénierie qu'une pression statique donnée est adéquate repose sur la chaîne complète :

- Surface active de perforation (surface ouverte effective totale pour la configuration sélectionnée)
- Vitesse de décharge ($V = \text{CFM} / A_{\text{eff}}$, selon l'équation d'orifice standard)
- Pression statique requise ($\Delta P = (V / 4005)^2 / C_d^2$, selon ASHRAE Fundamentals)
- Projection résultante (constantes de décroissance ASHRAE : $K = 6.2$ pour jets circulaires, $K = 2.4$ pour jets plans après coalescence)

L'outil de sélection BREEZ calcule cette chaîne entière pour chaque configuration spécifique — en tenant compte de la géométrie de perforation, de la friction du conduit (Darcy-Weisbach avec facteur de friction Haaland), des pertes aux raccords (+15 % facteur de sécurité) et du regain statique (–20 % facteur de sécurité). La pression requise rapportée est le résultat de ce calcul traçable.

Aussi, la coalescence des jets — où des jets individuels rapprochés fusionnent en un rideau d'air continu — est un mécanisme physique clé. Le rideau fusionné se comporte comme un jet plan dont la vitesse décroît en $1/\sqrt{x}$, nettement plus lentement qu'un jet circulaire isolé ($1/x$). C'est ce qui permet de longues projections à des pressions modérées avec les conduits perforés. Ce phénomène est bien documenté dans le ASHRAE Handbook — Fundamentals, Chapter 20 (Space Air Diffusion).

En définitive, une basse pression statique requise n'est acceptable que lorsque la vitesse de décharge impliquée et la projection résultante sont validées pour la surface active de perforation sélectionnée. C'est précisément le point de contrôle d'ingénierie que cet outil est conçu pour fournir.

Avantages d'une pression statique réduite

Avantage	Impact
Consommation énergétique réduite	Moins de pression au ventilateur se traduit directement par des économies d'exploitation
Sélection de ventilateur plus modeste	Une pression plus basse peut permettre un ventilateur plus petit, réduisant le coût initial
Niveau sonore inférieur	La pression statique est directement liée au bruit généré par le système
Budget de pression disponible	La pression économisée au conduit diffuseur reste disponible pour le reste du réseau aéraulique

En résumé

Les ingénieurs familiers avec les conduits en tissu peuvent avoir une attente de pression élevée qui inclut l'inflation structurelle (documentée à 0.2–0.5" w.g. par les principaux fabricants), la résistance de décharge accrue à travers des matériaux plus épais, et les pertes de porosité — aucun de ces facteurs ne s'applique à un conduit perforé rigide en métal. L'outil de sélection BREEZ valide chaque configuration à travers une chaîne de calcul complète et traçable, du débit à la surface de perforation à la vitesse de décharge à la projection, en utilisant les équations d'orifice standard et la physique de décroissance des jets ASHRAE.

Une basse pression statique requise, appuyée par un calcul d'ingénierie traçable du CFM à la projection, est le signe d'un système efficace — et non une erreur.

Références

1. ASHRAE Handbook — Fundamentals (2021), Chapter 21: Duct Design.
2. ASHRAE Handbook — Fundamentals (2021), Chapter 20: Space Air Diffusion.
3. Idelchik, I.E., Handbook of Hydraulic Resistance, 3e édition, CRC Press, 1994.
4. ISO 5167-2:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices.
5. DuctSox Engineering Guide, ductsox.com/resources.
6. Prihoda Technical Manual, prihoda.com/technical-support.
7. FabricAir Design Guide, fabricair.com/engineering.