

8.7 C VEN Ventilation naturelle et hybride par conduits

8.7.1 INTRODUCTION ET DEFINITION

Cette fiche algorithmique décrit les deux systèmes de ventilation suivant :

- Le système de ventilation naturelle par conduits,
- Le système de ventilation hybride.

Ces dispositifs ne s'appliquent qu'aux usages de maison individuelle ou accolée et de logements collectifs.

Ventilation naturelle par conduit : c'est un système qui permet de ventiler naturellement (*tirage thermique et effets du vent*) un logement par des conduits individuels seuls ou des conduits individuels raccordés à des conduits collectifs.

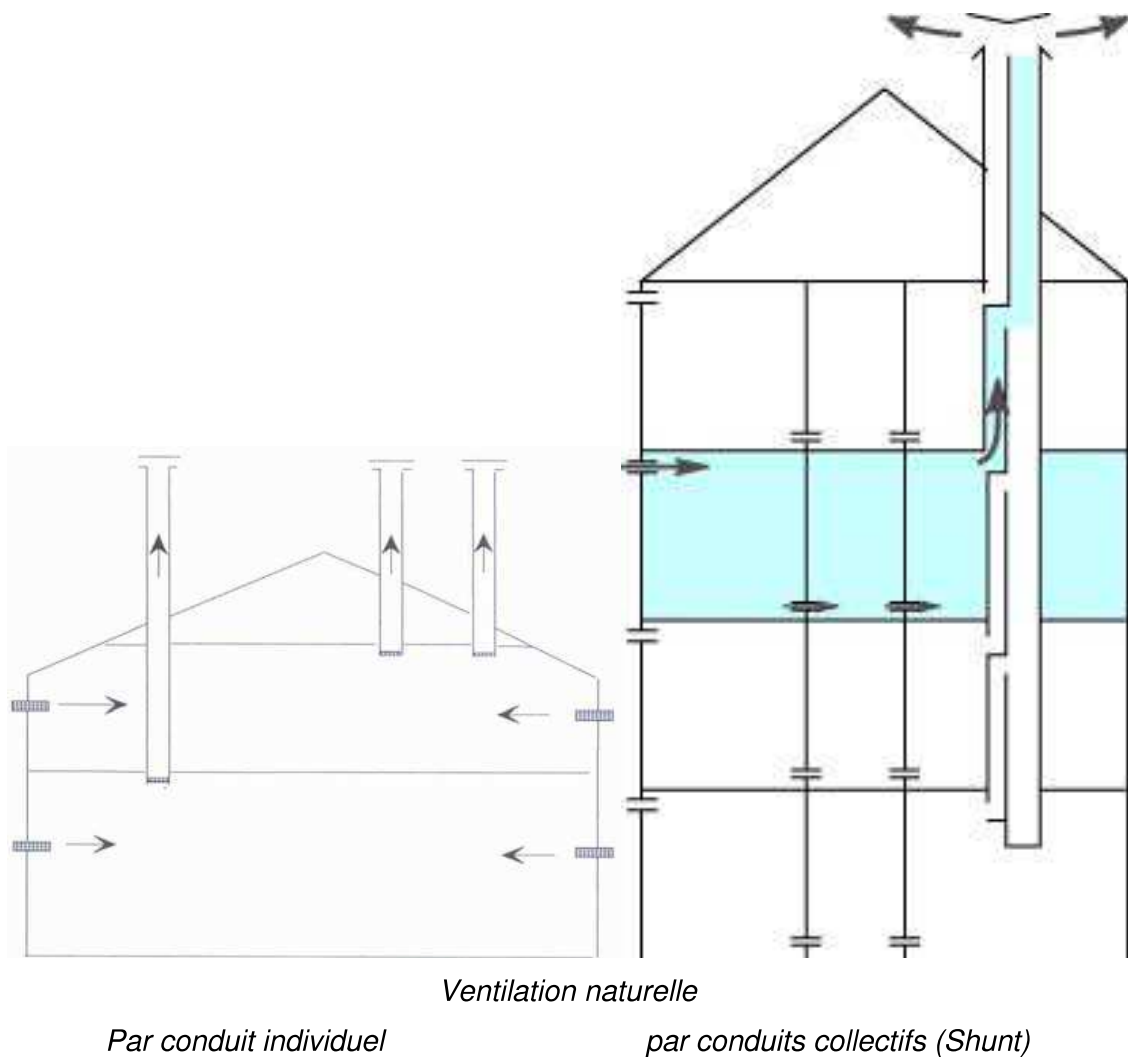


Figure 70 Schématisation de système de ventilation naturelle par conduit

Ventilation hybride : la ventilation hybride est un système qui bascule d'un mode mécanique à un mode naturel et inversement. Le dispositif mécanique permet ainsi de suppléer aux faiblesses éventuelles du tirage thermique et des effets du vent (tirage naturel).

8.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 66 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul des débits de ventilation spécifique pour le calcul du Bbio.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, j le jour de simulation, s la semaine de simulation et m le mois au sens de la décomposition faite pour les scénarios.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Environnement extérieur	$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h .	h			
	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h .	°C			
	$\omega_{ext}(h)$	Poids d'eau dans l'air extérieur au pas de temps h	kg/kg as			
	$\rho_{ext}(h)$	Masse volumique de l'air extérieur au pas de temps h .	kg/m ³			
	$v_{vent,c}(h)$	Vitesse du vent issue des fichiers météorologiques	m/s			
	$i_{occ,vent}(h)$	Indicateur d'occupation de la zone au sens de la ventilation.	Bool			
Résultats au pas de temps précédent	$Saison_{pro}(j)$	Indicateur de la saison	Ent			
	$\theta_{i,fin}(h-1)$	Température de l'air intérieur du groupe gr associé au système à la fin du pas de temps précédent	°C			
	$\rho_{i,fin}(h-1)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr associé au système à la fin du pas de temps h .	kg/m ³			
	$P_{ib}(h-1)$	Pression différentielle intérieure moyenne au niveau du sol calculée sur le pas de temps précédent, pour la zone considérée.	Pa			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Zone	id_{usage}	Usage de la zone considérée.	Entier	0	$+\infty$	
	$\delta_{permea_verticale}$	Indicateur de transferts d'air verticaux à l'intérieur de la zone (perméabilité verticale, voir définition dans fiche « <i>C_Bat_Débits d'air en Cep</i> »). <i>0 : pas de transferts verticaux entre niveaux</i> <i>1 : transferts verticaux possibles entre niveaux</i>	Bool	0	1	-
	h_{zone}	Hauteur du plancher de la zone par rapport au sol	m	0	$+\infty$	-
	N_{id}	Nombre d'ensembles bouche équivalente/conduit/extracteur identiques	-	1	$+\infty$	

Méthode de calcul Th-BCE 2012

Bouche fixe	A_{sect_base}	Section de base de la bouche d'extraction.	cm ²	0	+∞	-
	A_{sect_pointe}	Section de pointe de la bouche d'extraction.	cm ²	0	+∞	-
Bouche auto.	$[dP_1, \dots, dP_6,]$	Conditions de mesures de la bouche d'extraction autoréglable (pressions de référence).	Pa	0	+∞	-
	$[Q_{v1}, \dots, Q_{v6},]$	Résultats de mesures de la bouche d'extraction autoréglable.	m ³ /h	0	+∞	-
Propriétés du conduit	A_{cond}	Surface de l'enveloppe du conduit pour le calcul des fuites.	m ²	0	+∞	-
	Per_{cond}	Périmètre du conduit de ventilation naturelle.	m	0	+∞	-
	h_{cond}	Hauteur équivalent du conduit de ventilation naturelle.	m	0	+∞	-
	h_{mot}	Hauteur de tirage thermique du conduit de ventilation naturelle.	m	0	+∞	-
	$Rat_{fuitevc}$	Ratio des fuites en volume chauffé du réseau de ventilation.	0	1	-	-
	K_{res}	Coefficient de fuite de réseau de ventilation (sous 1 Pa)	m ³ /(s.m ²)	0	+∞	-
	dP_{ref}	Pression de référence dans le conduit pour le calcul des fuites	Pa	0	+∞	20
	R_{rep}	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors volume chauffé.	m ² K/W	0	+∞	-
	C_{rdbnr}	Coefficient de réduction des débits	Réel	0	1	1
	C_{dep}	Coefficient de dépassement	Réel	0	1.5	-
Ventilation hybride	$Dugd$	Durée d'Utilisation du grand débit exprimée en h/semaine	h	0	+∞	-
	$q_{spec,rep,conv_pointe}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en pointe en résidentiel	m ³ /h	0	+∞	-
	$q_{spec,rep,conv_base}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en base en résidentiel	m ³ /h	0	+∞	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{type_vent}	Type de ventilation : 1 : Ventilation naturelle par conduit, 2 : Ventilation hybride (naturelle assistée).	-	1	2	-
id_{type_bouche}	Type de bouche d'extraction. 1 : bouche fixe, 2 : bouche autoréglable.	-	1	2	-
λ_{cond}	Coefficient de pertes de charge du conduit sur sa partie droite.	-	0	+∞	0.05

Extrat. statique	χ_{coud}	Coefficient de pertes de charge du coude équivalent représentant les confluences du réseau.	-	0	$+\infty$	1,15
	$[V_{cond,s,j}]_{j=1 \text{ à } 8}$	Tableau des valeurs de vitesse d'air dans le conduit pour lesquelles sont défini les C_{extr} (8 valeurs).	-	$-\infty$	$+\infty$	-
	$[C_{extr,j}]_{j=1 \text{ à } 8}$	Tableau des valeurs de coefficient de dépression pour un vent horizontal de vitesse $V_{vent,réf}$ en fonction de la vitesse d'air dans le conduit (8 valeurs).	-	$-\infty$	$+\infty$	-
	$V_{vent,réf}$	Vitesse de vent de référence pour la caractéristique de l'extracteur statique.	m/s	0	$+\infty$	8
	ξ_{extr}	Coefficient de perte de charge singulière de l'extracteur statique.	-	0	$+\infty$	-
Ventilation hybride	$\theta_{ext,lim,hyb}$	Seuil de température pour le basculement du système de ventilation naturelle hybride en mode mécanique	°C	-40	$+\infty$	-
	$V_{vent,c,lim,hyb}$	Seuil de vitesse de vent pour le basculement du système de ventilation naturelle hybride en mode mécanique	m/s	0	$+\infty$	-
	$[h_{gd,1,deb}, h_{gd,1,fin}, h_{gd,2deb}, h_{gd,2,fin}]$	Horaires fixe (par rapport à h_{leg}) d'activation de l'assistance mécanique (voir Tableau 68).	h	1	24	
	$[V_{vent,reg,k}]_{k=1 \text{ à } 10}$	Vecteur des vitesses de vent prises en compte pour les basculements entre régimes de fonctionnement.	m/s	0	$+\infty$	-
	$[\theta_{ext,reg,l}]_{l=1 \text{ à } 10}$	Vecteur des températures extérieures prises en compte pour les basculements entre régimes de fonctionnement.	m/s	0	$+\infty$	-
	$[P_{vent,k,l}]_{k=1 \text{ à } 10, l=1 \text{ à } 10}$	Matrice des puissances de ventilateur de l'assistance mécanique pour le couple $[\theta_{ext}; V_{vent,c}]$ considéré.	W	0	$+\infty$	-
$P_{vent,pointe}$	Puissances de ventilateur de l'assistance mécanique en période de pointe.	W	0	$+\infty$	-	

Variables internes

Nom	Description	Unité
$A_{boucheeq}$	Section totale de l'ensemble des bouches d'extractions associées au système de ventilation naturelle par conduits.	m ²
$A_{section,cond}$	Aire de la section du conduit.	m ²
D_{cond}	Diamètre du conduit de reprise relié à l'extracteur.	m

Modélisation de l'extracteur statique	$A_{cond,rep,ext}$	Surface des conduits de reprise donnant sur l'extérieur	m^2
	$H_{cond,rep,ext}$	Conductivité thermique du conduit de reprise	W/K
	$V_{cond,s}$	Vitesse de l'air dans le conduit.	m/s
	$V_{cond,s,corr}$	Vitesse de l'air dans le conduit corrigé en fonction de la vitesse de vent au pas de temps h , pour la modélisation de l'extracteur.	m/s
	$V_{cond,s_lim1}(h)$	Vitesse d'air limite 1 dans le conduit pour la modélisation de l'extracteur statique (voir paragraphe associé).	m/s
	$V_{cond,s_lim2}(h)$	Vitesse d'air limite 2 dans le conduit pour la modélisation de l'extracteur statique (voir paragraphe associé).	m/s
	$C_{extr_lim1}(h)$	Coefficient de dépression au niveau de l'extracteur pour une vitesse $V_{cond,s_lim1}(h)$.	-
	$dP_{extr_lim1}(h)$	Dépression au niveau de l'extracteur pour une vitesse $V_{cond,s_lim1}(h)$.	Pa
	$dP_{extr_lim2}(h)$	Dépression au niveau de l'extracteur pour une vitesse $V_{cond,s_lim2}(h)$.	Pa
	C_{extr}	Coefficient de dépression de l'extracteur statique interpolé à partir de la vitesse de vent réelle et de la vitesse dans le conduit.	-
Bilan des pertes de charge du conduit	$dP_{bouche}(h)$	Pertes de charge associées à la bouche d'extraction équivalente associée au conduit.	Pa
	$dP_{cond}(h)$	Pertes de charge du conduit de ventilation naturelle.	Pa
	$dP_{coud}(h)$	Pertes de charge des confluences du conduit de ventilation naturelle, modélisées par un coude équivalent.	Pa
	$dP_{extr_i}(h)$	Pertes de charge et effet moteur éventuel de l'extracteur statique.	Pa
	$dP_{mot}(h)$	Différence de pression associée au tirage thermique dans le conduit.	Pa
	$q_{v,fuites,dPref}$	Débit volumique de fuites du réseau à la pression dP_{ref} .	m^3/h
	$q_{v,bouches,dPref}$	Débit volumique à travers les bouches d'extraction à dP_{ref} .	m^3/h
	$[q_{v,fuites,dP1}, \dots, q_{v,fuites,dP6}]$	Débits de fuites pour les différents points de mesure de la bouche autoréglable.	m^3/h
	$q_{vr,bouches}(h)$	Débit volumique repris total au niveau des bouches, sans prise en compte des fuites du réseau.	m^3/h
	$q_{vr,cond}(h)$	Débit volumique repris total avec prise en compte des fuites du réseau.	m^3/h
	$q_{v,rep,uities}(h)$	Débit volumique repris au travers des fuites de réseau.	m^3/h
	$q_{rep,dep}(h)$	Débit repris tenant du coefficient de dépassement de la bouche équivalente.	m^3/h
	$q_{v,sou,fuites}(h)$	Débit volumique soufflé au travers des fuites de réseau.	m^3/h

Méthode de calcul Th-BCE 2012

$q_{sou,dep}(h)$	Débit soufflé tenant du coefficient de dépassement de la bouche équivalente.	m^3/h
$\theta_{et}(h)$	Température des espaces tampons prise en compte pour les déperditions du réseau hors volume chauffé.	$^{\circ}C$

Sorties

Nom	Description	Unité
$q_{v,spec,rep}(h)$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe pour le système de ventilation naturelle.	m^3/h
$T_{extr1}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit, au niveau de l'extracteur.	$^{\circ}C$
$C_{vent}(h)$	Consommation du ou des ventilateurs pour le groupe.	Wh
$q_{v,spec,souf}(h)$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe pour le système de ventilation naturelle en refoulement.	m^3/h
$T_{air_soufflé}(h)$	Température de l'air soufflé dans le groupe en refoulement (en provenance de l'extérieur)	$^{\circ}C$
$\omega_{air_soufflé}(h)$	Humidité de l'air soufflé dans le groupe en refoulement (en provenance de l'extérieur)	kg/kgas

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv..
C_d	Coefficient de décharge.	Réel	0,68
g	Accélération de la pesanteur.	$m.s^{-2}$	9,81

Tableau 66 : Nomenclature du modèle

8.7.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Du point de vue de l'organisation des calculs, les systèmes de ventilation naturelle par conduits (ou hybrides) sont pris en compte comme un système de ventilation standard :

- dans un premier temps, la méthode prévoit un calcul du débit total dans les conduits du système, ainsi que les propriétés de l'air extrait, sur la base de la pression intérieure (P_{ib}) calculée sur l'heure précédente. A ce titre, la présente fiche se substitue à la fiche *C_Ven_Bouche et conduit*.
- dans un second temps, ce débit moyen approché est considéré fixe dans le bilan aéraulique, permettant d'aboutir à la pression intérieure au pas de temps actuel.

Dans le cas de la ventilation hybride, on intègre également un calcul de la consommation des ventilateurs, sur la base d'une gestion en fonction de la température extérieure et de la vitesse de vent.

Les systèmes de ventilation naturelle par conduits et de ventilation hybride tels que décrits dans la présente fiche ne s'appliquent qu'aux usages de maison individuelle ou accolée et de logements collectifs.

Les hypothèses retenues sont les suivantes:

- dans le cas d'un conduit Shunt, on modélise un conduit équivalent d'une hauteur égale à la différence d'altitude entre le débouché et la moyenne des hauteurs des bouches raccordées.
- dans le cas de conduits unitaires, chaque conduit est modélisé sur la base de ses vrais caractéristiques.
- si plusieurs bouches d'extraction sont connectées à un même conduit, on décrit une bouche équivalente dont les caractéristiques de dimensionnement sont calculées sur la base de la somme de toutes les bouches raccordées,
- chaque conduit dispose de son propre extracteur.

8.7.3.1 Calcul du débit dans le conduit en ventilation naturelle

Le débit dans un conduit $q_{v,cond}(h)$ est obtenu par résolution d'un bilan aéraulique de la conduite de ventilation naturelle depuis l'intérieur du logement jusqu'à l'extérieur. Il peut être positif (situation normale, extraction) ou négatif (refoulement dans le conduit).

Ainsi, dans un premier temps, on exprime chacun des termes suivants en fonction du débit volumique dans la conduite de ventilation naturelle $q_{v,cond}(h)$:

- la perte de charge des bouches d'extraction, dP_{bouche} , en prenant en compte le débit total incluant les fuites des conduits,
- la perte de charge du conduit, dP_{cond} ,
- les pertes de charge aux confluences, dP_{coud} , conventionnellement représentées par un coude de coefficient de perte de charge, χ_{coud} (adimensionnel).
- la perte de charge et l'effet moteur éventuel statique des dispositifs de couronnement dP_{extr} ,
- l'effet moteur associé au tirage thermique dans la conduite dP_{mots} , fonction de h_{mots} , différence d'altitude entre le point de référence pour le calcul de P_{ib} et le débouché de conduit.

Dans un second temps, on résout numériquement l'équation :

$$F(q_{v,cond}) = dP_{extr,s} + dP_{cond} + dP_{coude} + dP_{bouche} - dP_{mot} = 0 \quad (787)$$

8.7.3.1.1.1 Bouches d'extraction fixe: $id_{type_bouche} = 1$

Dans le cas d'une bouche d'extraction fixe, il convient de renseigner les sections en base et en pointe en cm² (les sections seront converties en m² pour le logiciel).

$$A_{boucheeq} = 0.0001 \times \frac{Dugd \times (A_{sect_pointe}) + (168 - Dugd) \times (A_{sect_base})}{168} \quad (788)$$

Dans la pratique, ces caractéristiques sont souvent définies en grand débit et en petit débit. Pour passer du petit débit au grand débit, on utilise un dispositif permettant d'agrandir les sections des bouches.

On considère que la pression de référence pour le calcul du débit par les bouches et par les fuites est la même :

$$q_{v,fuites,dPr ef} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{ref}^{0.667} \quad (789)$$

$$q_{v,bouche,dPr ef} = 3600 \times C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \times dP_{ref} \right)^{0.5} \quad (790)$$

Note : cette dernière équation est issue de l'application du théorème de Bernoulli à la bouche d'extraction.

A un débit dans le conduit donné, on réalise un calcul approché de la différence de pression au niveau de la bouche, en considérant que l'ensemble bouche et fuites se comportent selon la loi de la bouche :

$$dP_{bouche} = dP_{ref} \times \frac{q_{v,cond} \times ABS(q_{v,cond})}{(q_{v,bouche,dPr ef} + q_{v,fuites,dPr ef})^2} \quad (791)$$

8.7.3.1.1.2 Bouche d'extraction autoréglable: $id_{type_bouche} = 2$

Dans le cas de bouches d'extraction autoréglable, on se conformera à la courbe caractéristique définie suivant la norme EN 13141-2 sous une différence de pression de référence dP_n . Les valeurs de débit moyen (m³/h) sont évaluées pour les points 1 à 6 d'échantillonnage de dP_{bouche} , afin de couvrir la gamme opérationnelle du dispositif comme indiquée par le fabricant.

Par conséquent, les valeurs à renseigner prennent la forme du tableau suivant :

Mesure (indice j)		1	2	3	4	5	6
dP (Pa)	$dP_0=0$	dP_1	dP_2	dP_3	dP_4	dP_5	$dP_6=$ dP_{max}
Débit moyen (m³/h)	$q_{v0}=0$	q_{v1}	q_{v2}	q_{v3}	q_{v4}	q_{v5}	$q_{v6} =$ $q_{v,max}$

Tableau 67 : Courbe caractéristiques d'une bouche autoréglable

A partir de ce tableau de caractéristiques, il est possible d'exprimer la différence de pression dP_{bouche} en fonction du débit $q_{v,cond}$, via l'algorithme suivant.

On définit également pour chaque valeur de dP (chaque indice j), un débit de fuite correspondant :

$$q_{v,fuites,dPj} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_j^{0.667} \quad (792)$$

Si $q_{v,cond} > q_{v,max}$, alors,

$$q_{v,fuites,dPr ef} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{max}^{0.667}$$

$$dP_{bouche} = dP_{max} \times \left(\frac{q_{v,cond}}{q_{v,max} + q_{v,fuites,dPr ef}} \right)^2 \quad (793)$$

Sinon, si $q_{v,cond} \leq q_{v,0}$, alors, (*refoulement*)

$$q_{v,fuites,dPr ef} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_1^{0.667}$$

$$dP_{bouche} = -dP_1 \times \left(\frac{q_{v,cond}}{q_{v,1} + q_{v,fuites,dPr ef}} \right)^2 \quad (794)$$

Sinon, (*cas* $q_{v,0} < q_{v,cond} < q_{v,max}$, *on interpole linéairement entre les valeurs de débits*)

Si $q_{v,cond} \leq q_{v,1}$, alors,

$$q_{v,fuites,dPr ef} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_1^{0.667}$$

$$dP_{bouche} = dP_1 \times \left(\frac{q_{v,cond}}{q_{v,1} + q_{v,fuites,dPr ef}} \right)^2 \quad (795)$$

Sinon,

Soit l'indice entier j correspondant aux colonnes du tableau 2 :

$j = 1$

Tant que $q_{v,cond} > q_{v,j} + q_{v,fuites,dPj}$, faire,

$j = j + 1$;

Fin du « tant que »

$$dP_{bouche} = dP_{j-1} + \frac{dP_j - dP_{j-1}}{q_{v,j} + q_{v,fuites,dPj} - q_{v,j-1} - q_{v,fuites,dPj-1}} \times (q_{v,cond} - q_{v,j-1} - q_{v,fuites,dPj-1}) \quad (796)$$

8.7.3.1.2 Pertes de charge du conduit

On considère que la température dans les conduits est toujours égale à la température d'air intérieur du groupe.

On définit pour chaque conduit un conduit équivalent de la façon suivante :

- Pour un conduit shunt, on retient le périmètre et la section réels du conduit Per_{cond} et $A_{section,cond}$. La hauteur équivalente h_{cond} doit être prise égale à la différence d'altitude entre le débouché et la moyenne des hauteurs entre la bouche d'extraction la plus haute et la bouche d'extraction la plus basse, plus la hauteur conventionnelle de la bouche par rapport au sol.
- Pour les conduits unitaires, on travaille conduit par conduit en fonction de leurs caractéristiques réelles.

Dans le cas de la **ventilation naturelle** par conduit et de la **ventilation hybride**, la surface du conduit relié au groupe de ventilation s (extracteur) est définie comme suit :

$$A_{section,cond} = \frac{Per_{cond}^2}{4\pi} \quad (797)$$

Le diamètre du conduit est défini comme suit :

$$D_{cond} = \frac{4 \times A_{section,cond}}{Per_{cond}} \quad (798)$$

La vitesse de l'air dans le conduit est définie comme suit :

$$v_{cond,s} = \frac{q_{v,rep,cond}}{A_{section,cond} \times 3600} \quad (799)$$

Les pertes de charges linéaires du conduit sont aussi calculées :

$$dP_{cond} = 0.5 \times \lambda_{cond,i} \times \left(\frac{h_{cond}}{D_{cond}} \right) \times \rho_{int} \times v_{cond,s} \times abs(v_{cond,s}) \quad (800)$$

Les pertes de charges singulières du conduit :

$$dP_{coude} = 0.5 \times \chi_{coude} \times \rho_{int} \times v_{cond,s} \times abs(v_{cond,s}) \quad (801)$$

8.7.3.1.3 Prise en compte de l'extracteur

8.7.3.1.3.1 Caractérisation de l'extracteur

La prise en compte du comportement statique des extracteurs est réalisée par l'intermédiaire de la courbe caractéristique décrivant les valeurs du coefficient de dépression (C_{extr}), telle que décrite dans la norme EN 13141-5. La courbe est obtenue expérimentalement sous un vent de 8 m/s et pour différentes vitesses d'air dans le conduit, dans les conditions suivantes :

	Vent de référence =8 m/s							
Indice j	1	2	3	4	5	6	7	8
$v_{cond,s,j}$	0 m/s	0,5 m/s	1 m/s	1,5 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s	8 m/s

Pour chacun des essais, une valeur $C_{extr,j}$ est à renseigner.

Pour se placer dans les conditions de vent du pas de temps, on corrige la vitesse de conduite pour réaliser l'interpolation entre les valeurs du tableau :

$$v_{cond,s,corr} = v_{cond,s} \times \frac{v_{vent_réf}}{v_{vent,c}(h)} \quad (802)$$

Ces coefficients ne sont valables que sur l'intervalle de vitesses dans le conduit prévu par la courbe. En dehors de cet intervalle, on utilise la courbe de modélisation de l'extracteur sans vent, basé sur le coefficient de pertes de charge singulière ξ_{extr} , lui aussi issu d'une procédure d'essai. Ceci est justifié par le fait que pour un ratio vitesse dans le conduit sur vitesse du vent élevé, l'effet du vent devient négligeable.

Les courbes monotones d'un extracteur sont présentées à titre illustratif sur le graphe suivant.

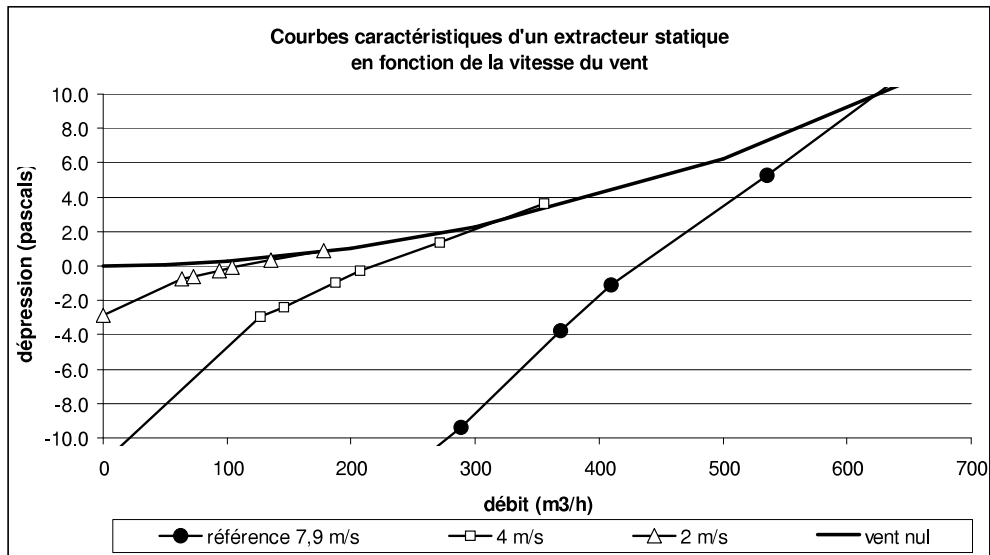


Figure 71: Exemple de profils de dépression de l'extracteur (en Pa) en fonction du débit dans le conduit, pour différentes vitesses de vent

On définit deux grandeurs v_{cond,s_lim1} et v_{cond,s_lim2} permettant le choix du modèle à utiliser, ainsi que les valeurs de pertes de charge dP_{extr} associées. Le calcul de ces valeurs n'est réalisé qu'en cas de vitesse de vent $v_{vent,c}(h)$ non-nulle.

Si $v_{vent,c}(h) > 0$, alors :

- v_{cond,s_lim1} correspond au dernier point d'essai de la courbe caractéristique :

$$v_{cond,s_lim1}(h) = v_{cond,s,8} \times \frac{v_{vent_réf}}{v_{vent,c}(h)} \quad (803)$$

$$C_{extr_lim1}(h) = C_{extr,8} \quad (804)$$

$$dP_{extr_lim1}(h) = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr_lim1}(h) \cdot (v_{vent,c}(h))^2 \quad (805)$$

- v_{cond,s_lim2} est la valeur approchée de vitesse dans le conduit pour laquelle la dépression au niveau de l'extracteur calculée à partir du modèle sans vent dépasse celle calculée à partir de la courbe caractéristique pour le vent réel.

v_{cond,s_lim2} est déterminé à chaque pas de temps par l'algorithme suivant :

Soit un entier n initialisé à 2 à chaque pas de temps.

$$\text{Tant que } \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (n \cdot v_{cond,s_lim1}(h))^2 < dP_{extr_lim1}(h) \text{ et}$$

$n < 20$, faire,

$$n = n + 1 ;$$

Fin du tant que.

(806)

$$v_{cond,s_lim2}(h) = n \cdot v_{cond,s_lim1}(h)$$

$$dP_{extr_lim2}(h) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (v_{cond,s_lim2}(h))^2$$

8.7.3.1.3.2 Expression de la dépression de l'extracteur en fonction de la vitesse dans le conduit

Soit la vitesse dans le conduit $v_{cond,s}$ calculée en équation (799) et la vitesse du vent au pas de temps h $v_{vent,c}(h)$. On distingue les cas suivants :

- Cas $v_{cond,s} \leq 0$ (refoulement) : on prend la valeur de C_{extr} correspondant à $v_{cond,s} = 0$

$$C_{extr} = C_{extr,1}$$

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr} \cdot v_{vent,c}(h)^2 \quad (807)$$

- Cas $v_{vent,c}(h) > 0$ et $0 < v_{cond,s} \leq v_{cond,s,lim1}(h)$

On se situe sur la plage de fonctionnement correspondant aux courbes caractéristiques des extracteurs, telles que définies dans la norme EN 13141-5.

On interpole entre les valeurs de $C_{extr,j}$:

Soit l'indice entier j correspondant aux colonnes du tableau 2 :

$$j = 2$$

Tant que $v_{cond,s,corr} > v_{cond,s,j}$, faire,

$$j = j + 1 ;$$

Fin du « tant que »

$$C_{extr} = C_{extr,j-1} + \frac{C_{extr,j} - C_{extr,j-1}}{v_{cond,s,j} - v_{cond,s,j-1}} \times (v_{cond,s,corr} - v_{cond,s,j-1}) \quad (808)$$

L'expression de dP_{extr} en fonction de la vitesse de vent est la suivante :

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr} \cdot v_{vent,c}(h)^2 \quad (809)$$

- Cas $v_{vent,c}(h) > 0$ et $v_{cond,s,lim1}(h) < v_{cond,s} \leq v_{cond,s,lim2}(h)$

On se situe sur la transition entre le modèle sans vent basé sur les pertes de charge singulière et le modèle de la courbe caractéristique.

On interpole entre les deux valeurs limites :

$$dP_{extr} = \left(\frac{v_{cond,s} - v_{cond,s,lim1}(h)}{v_{cond,s,lim2}(h) - v_{cond,s,lim1}(h)} \right) (dP_{extr,lim2}(h) - dP_{extr,lim1}(h)) + dP_{extr,lim1}(h) \quad (810)$$

- Cas $v_{vent,c}(h) > 0$ et $v_{cond,s}(h) > v_{cond,s,lim2}(h)$ ou $v_{vent,c}(h) = 0$ m/s ($\forall v_{cond,s} > 0$) :

On utilise le modèle sans vent basé sur les pertes de charge singulière :

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (v_{cond,s})^2 \quad (811)$$

8.7.3.1.4 Calcul du tirage thermique

Pour un conduit i donné, le tirage thermique est exprimé comme suit :

$$dP_{mot,s} = h_{mot,s} \times g \times (\rho_{ext}(h) - \rho_{int,fin}(h-1)) + P_{ib}(h-1) \quad (812)$$

Elle dépend donc de la différence de température intérieur/extérieur, de la hauteur de tirage thermique et de la pression dans la zone (dans le groupe donc).

La hauteur de tirage thermique est un paramètre pouvant faire l'objet d'une définition par défaut, en fonction de l'indicateur de transferts d'air entre niveaux de la zone $\delta_{permea_verticale}$:

- $\delta_{permea_verticale} = 0$: pour les zones dont les niveaux sont étanches entre eux, le calcul s'effectue conventionnellement à mi-hauteur de la zone. En considérant une différence d'altitude de 2 m entre la bouche et le sol, on retient par défaut :

$$h_{mot,s} = h_{cond,s} + 2 \text{ (m)} \quad (813)$$

- $\delta_{permea_verticale} = 1$: pour les zones où les transferts d'air entre niveaux sont possibles et significatifs (hauteur de zone supérieure à 3m), la valeur par défaut est la suivante :

$$h_{mot,s} = h_{zone} + 2 \text{ (m)} \quad (814)$$

La sortie de toiture est supposée à 2 m au-dessus du plancher haut de la zone.

8.7.3.2 Calculs des débits repris (ou refoulés)

8.7.3.2.1 Ventilation naturelle

Comme il est possible d'avoir plusieurs conduits identiques, on définit alors le nombre de conduit identique par N_{id} . On identifie le débit repris par les bouches et le débit repris total (hors et dans le volume chauffé) en imposant que leur somme est égale au débit total dans le conduit $q_{v,cond}$.

Le débit $q_{v,cond}$ peut être positif (repris) ou négatif (soufflé). Selon le cas, on adapte le jeu de données de sortie.

Note : ci-dessous, les débits d'indice « *rep* » ou « *souf* » sont considérés du point de vue du groupe étudié, alors qu'on se plaçait du point de vue du conduit dans la résolution. Il y a donc inversion de signe.

Les coefficients C_{dep} et C_{rdbnr} sont déterminés selon les modalités de la fiche « *C_Ven_Bouche et conduit* ». On rappelle qu'en maison individuelle ou accolée et logements collectifs, C_{rdbnr} est conventionnellement égal à 1.

Cas $q_{v,cond} \geq 0$:

Le débit de fuites total pour l'ensemble de conduits identiques est défini comme suit :

$$q_{rep,fuites}(h) = - \frac{Kres \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}}{C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}}\right)^{0.5} + Kres \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}} \times N_{id} \times q_{v,cond} \quad (815)$$

Les débits aux bouches pour l'ensemble des conduits identiques, en tenant compte de la régulation et du coefficient de dépassement, sont définis comme suit :

$$q_{rep,dep}(h) = -C_{dep} \times C_{rdbnr} \times (N_{id} \times q_{v,cond} + q_{rep,fuites}(h)) \quad (816)$$

Les débits insufflés sont nuls :

$$q_{souf,fuites}(h) = 0 \quad (817)$$

$$q_{souf,dep}(h) = 0$$

Cas $q_{v,cond} < 0$:

Dans ce cas, les débits insufflés sont

$$q_{souf,fuites}(h) = - \frac{Kres \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}}{C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}}\right)^{0.5} + Kres \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}} \times N_{id} \times q_{v,cond} \quad (818)$$

$$q_{souf,dep}(h) = -C_{dep} \times C_{rdbnr} \times (N_{id} \times q_{v,cond} + q_{souf,fuites}(h))$$

Les débits repris sont nuls :

$$q_{rep,fuites}(h) = 0 \quad (819)$$

$$q_{rep,dep}(h) = 0$$

8.7.3.2.2 Ventilation hybride : prise en compte de l'assistance mécanique

Ce paragraphe décrit l'assistance mécanique des systèmes de ventilation hybride (naturelle assistée). Ce système ne s'applique qu'au secteur résidentiel.

On considère que le système peut fonctionner en naturel pur ou en mode mécanique.

Le passage d'un mode à l'autre s'effectue en fonction :

- de créneaux horaires fixes,
- des conditions météorologiques (vitesse de vent et température d'air extérieur).

Conventionnellement, on considère que les horaires d'utilisation du grand débit en cuisine sont les suivants :

D_{ugd}	id_{usage}	Horaires de passage en grands débits au sens de $h_{eq}(h)$
0 (pas de grand débit)	/	Non appliqué
>0	Maison Individuelle ou accolée	$h_{gd,1,deb} = 11h$ à $h_{gd,1,fin} = 12h$ $h_{gd,2,deb} = 18h$ à $h_{gd,2,fin} = 19h$
	Logement Collectif	$h_{gd,1,deb} = 11h$ à $h_{gd,1,fin} = 13h$ $h_{gd,2,deb} = 18h$ à $h_{gd,2,fin} = 20h$

Tableau 68 : Horaires d'utilisation du grand débit cuisine en ventilation hybride

Des valeurs différentes de durées d'utilisation peuvent être issues d'Avis Techniques ou de procédures de certification équivalentes.

En dehors de ces plages horaires, le débit de base est imposé par l'assistance mécanique lorsque :

- la vitesse de vent est inférieure à la vitesse de consigne $V_{vent,c,lim,hyb}$,
- la température d'air extérieur est supérieure à la température de consigne.

Le débit repris, s'appliquant en occupation et en inoccupation, est alors calculé comme celui d'un système mécanique simple flux standard.

Les coefficients C_{dep} et $Crdbnr$, ainsi que la durée $Dugd$, sont déterminés selon les modalités de la fiche « *C_Ven_Bouche et conduit* ». On rappelle qu'en maison individuelle ou accolée et logements collectifs, $Crdbnr$ est conventionnellement égal à 1.

Au final l'algorithme est le suivant :

$$\text{Si } \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ \text{ou} \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases} \text{ ou } (v_{vent,c}(h) < v_{vent,c,lim,hyb} \text{ et } \theta_{ext}(h) > \theta_{ext,lim,hyb}),$$

alors,

$$q_{rep,dep}(h) = -Cdep \times Crdbnr \times \frac{q_{spec,rep,conv_pointe} \times Dugd + q_{spec,rep,conv_base} \times (168 - Dugd)}{168}$$

$$q_{rep,fuites}(h) = -N_{id} \times 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{ref}^{0.667} \quad (820)$$

$$\begin{cases} q_{souf,fuites}(h) = 0 \\ q_{souf,dep}(h) = 0 \end{cases}$$

Sinon,

On applique le calcul de débit en ventilation naturelle (voir 8.7.3.1 et 8.7.3.2.1).

Note : lorsque l'assistance mécanique est activée, les débits de fuites sont calculés sur la base du dP_{ref} (20Pa) correspondant à la basse pression.

8.7.3.2.3 Débit repris spécifique

Au final, que l'on soit en ventilation naturelle par conduit ou en assistance mécanique (ventilation hybride), on définit le débit repris spécifique (pour le calcul du P_{ib}) comme suit :

$$q_{v,spec,rep}(h) = q_{rep,dep}(h) + Rat_{fuitevc} \times q_{rep,fuites}(h) \quad (821)$$

Note : exceptionnellement ce débit noté repris, peut être positif, ce qui correspond à une situation de refoulement.

8.7.3.3 Calcul des consommations d'énergie des ventilateurs

L'assistance mécanique fonctionne suivant une matrice de régulation modulant la puissance du ventilateur en fonction du tirage naturel à compléter.

Il convient donc de connaître :

- les valeurs de températures extérieures (l valeurs) et de vitesses de vent (k valeurs) provoquant des basculements entre régimes de fonctionnement,
- les valeurs de puissance consommée par les ventilateurs d'assistance pour les différents couples de valeurs de températures extérieures et de vitesses de vent ($k \times l$ valeurs).
- la valeur de puissance pour les périodes de passage en débits de pointe.

A minima, $P_{vent,1,1}$, $\theta_{ext,lim,hyb}$ et $V_{vent,c,lim,hyb}$ doivent être définis.

Si plus d'un point de fonctionnement est défini, on vérifiera :

$$\begin{cases} \forall k, 0 \leq v_{vent,reg,k} \leq v_{vent,reg,k-1} \leq v_{vent,reg,1} < v_{vent,c,lim,hyb} \\ \forall l, \theta_{ext,reg,l} \geq \theta_{ext,reg,l-1} \geq \theta_{ext,reg,1} > \theta_{ext,lim,hyb} \end{cases}$$

On note k_{max} , la dimension du vecteur des $[v_{vent,reg,k}]$, et l_{max} , la dimension du vecteur des $[\theta_{ext,reg,l}]$. Le paramétrage est limité à $k_{max} < 10$ et $l_{max} < 10$.

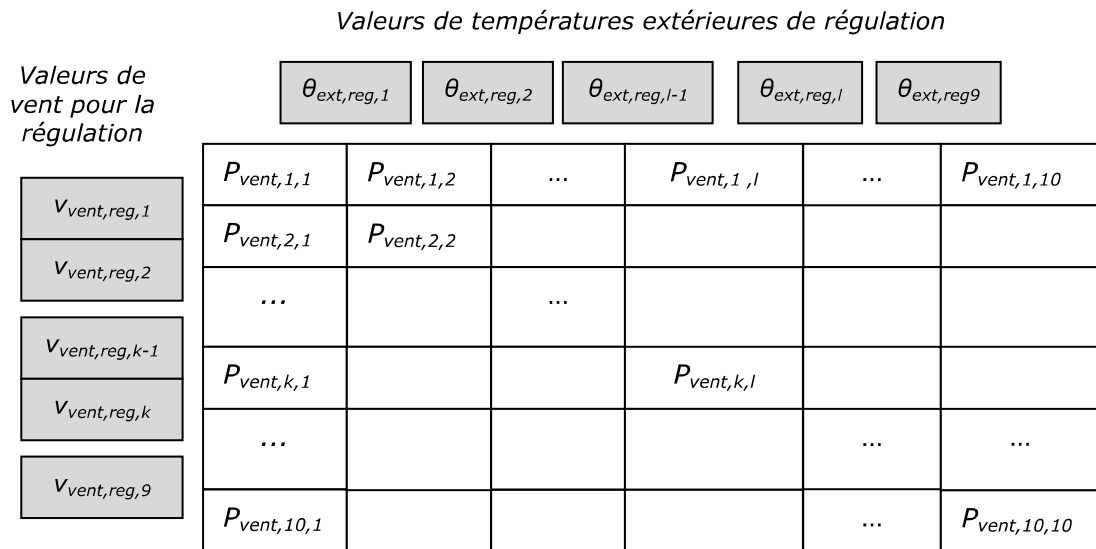


Figure 72 : Format de la description mathématique du comportement de l'assistance mécanique : P_{vent} (W), en fonction des couples θ_{ext} (°C) et $v_{vent,c}$ (m/s)

Au final l'algorithme est le suivant :

$$Si \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ ou \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases}, \text{ alors, (passage en grand débit)}$$

$$C_{vent}(h) = P_{vent,po\ int\ e}$$

Sinon, si $v_{vent,c}(h) < v_{vent,c,lim\ hyb}$ et $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,lim,hyb}$, alors, (besoin d'assistance mécanique)

Soit k et l des entiers correspondant aux indices décrits en figure 3,

$$k = 1$$

$$l = 1$$

Tant que $v_{vent,c}(h) < v_{vent,reg,k}$ et $k < k_{max}$ faire,

$$k = k + 1;$$

Fin du « tant que »

Tant que $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,reg,l}$ et $l < l_{max}$ faire,

$$l = l + 1;$$

Fin du « tant que »

$$C_{vent}(h) = P_{vent,k,l}$$

Sinon, (pas besoin d'assistance)

$$C_{vent}(h) = 0 \text{ (Wh)}$$

(822)

8.7.3.4 Calcul des températures

8.7.3.4.1 Calcul des températures dans le cas de l'extraction.

Température après impact pertes conduit :

$$T_{extr1}(h) = \theta_{i,g,fin}(h-1) - (\theta_{i,g,fin}(h-1) - \theta_{et}(h)) \times \left(1 - \exp\left(-\frac{H_{cond,rep,ext}}{0.34 \times (abs(q_{v,cond}(h)))} \right) \right) \quad (823)$$

Avec

$$\theta_{et}(h) = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin}(h) + b \times \theta_{ext}(h) \quad (824)$$

$$H_{cond,rep,ext} = \frac{A_{cond,rep,ext}}{R + 0.02} \quad (825)$$

Et :

$$A_{cond,rep,ext} = (1 - Rat_{fuitevc}) \times A_{cond,rep} \quad (826)$$

8.7.3.4.2 Calcul des températures et des humidités spécifiques dans le cas du refoulement

En refoulement, on considère que l'air soufflé est à température et humidité spécifique extérieure.

$$T_{air_souffle}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (827)$$

$$\omega_{air_souffle}(h) = \omega_{ext}(h) \quad (828)$$