

Analyse des configurations de ventilateurs à surpression

1 Objectif de la thèse

Dans le cadre de la formation postgraduat en ingénierie de la sécurité incendie à l'université de Gand, Karel Lambert, des pompiers de Bruxelles, a rédigé une thèse sur les possibilités de configuration des ventilateurs à surpression ou PPV (Positive Pressure Ventilator). Pour ce faire, il a été encadré par le professeur Bart Merci.

Cette thèse vise à examiner comment il convient de placer un ventilateur pour obtenir un rendement optimal. Outre les solutions dotées d'un PPV, elle examine aussi différentes solutions qui en comportent plusieurs. Les résultats ainsi obtenus permettent d'orienter les pompiers en matière de placement de ventilateurs dans le cadre des interventions de lutte contre l'incendie. La présente thèse aborde uniquement la configuration des ventilateurs. D'autres aspects essentiels de la ventilation, tels que la création d'une ouverture d'évacuation et sa taille idéale, n'ont pas été pris en considération.

De même, il a été décidé de mener exclusivement des expériences « à froid », étant donné l'impossibilité de réaliser des expériences en présence d'un incendie. Dès lors, la présente thèse part du principe que la meilleure configuration pour un test à froid représente également la solution optimale pour un test à chaud.

2 Méthode

La comparaison des différentes solutions nécessite de mesurer le flux d'air généré par les ventilateurs à l'aide d'un anémomètre, en l'occurrence de type EA-3010 de Lacrosse Technology. Cet appareil portable dispose d'une plage de mesure comprise entre 0,2 et 30 m/s. Les valeurs sont fournies sous une résolution de 0,1 m/s, pour un degré de précision équivalent à 5 % de la valeur mesurée.

L'emplacement du point de mesure du flux d'air revêt un caractère essentiel. Il est possible d'évaluer, soit le débit de l'air qui pénètre dans un appartement, soit celui de l'air qui en sort.

La première solution a été retenue. Pour ce faire, il convient d'effectuer des mesures à hauteur de la porte qui relie la cage d'escalier à l'étage. Cela signifie que la forme de l'ouverture est pratiquement constante. Les ouvertures de portes présentent généralement une surface de 2 m² dans les immeubles d'appartements. De plus, le choix des ouvertures de fenêtres impliquerait une variation accrue. Au final, le choix de la surface constante d'une ouverture de porte permet de comparer les résultats obtenus aux différents étages.

La vitesse du vent est également mesurée à hauteur d'une ouverture de porte. Pour ce faire, la largeur de l'ouverture est divisée en trois, tandis que la hauteur est divisée en cinq. De cette manière, l'ouverture de porte est divisée en 15 parties (voir Figure 2.2). Les mesures sont effectuées à chacun de ces points de mesure. On obtient ainsi 15 valeurs de mesure de la vitesse de l'air à travers une ouverture de porte, dont on établit ensuite la moyenne. Pour chaque ouverture de porte, on obtient donc une valeur qui est le résultat de 15 mesures.

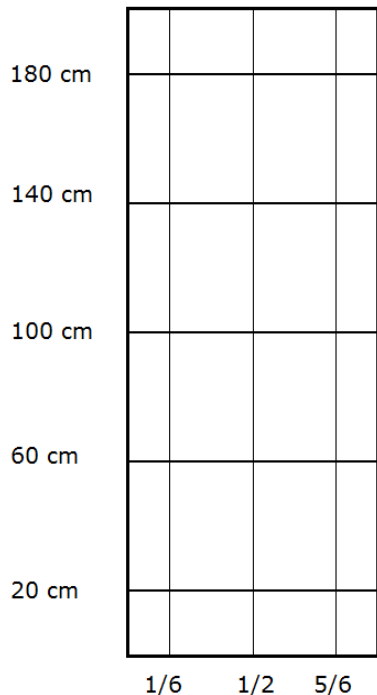


Figure 2.1 Ouverture de porte divisée en 15 parties. Chaque intersection représente un point de mesure.



Figure 2.2 Réalisation de mesures. L'observateur exerce forcément une influence sur le résultat des mesures. (Photo : Luc Thys)

Pour autant, la méthode utilisée altère la précision des résultats obtenus. En effet, la personne qui tient l'anémomètre et le mètre pliant utilisé pour déterminer la hauteur (voir Figure 2.2) exerce forcément une influence sur le résultat de la mesure. Ceci étant dit, ces expériences visent seulement à orienter les pompiers, ceux-ci n'étant pas en mesure de placer les ventilateurs avec une précision absolue. Par conséquent, une certaine marge d'erreur est tolérée.

En revanche, le vent est susceptible d'exercer un impact plus marqué sur les résultats. Si le vent souffle vers une ouverture d'évacuation, la différence de pression qui règne entre l'intérieur et l'extérieur diminuera, voire disparaîtra ou s'inversera. Le rendement ainsi obtenu sera donc limité. En raison de l'influence du vent, il est impossible de comparer les valeurs absolues des résultats de mesure relevées d'un jour à l'autre. En revanche, il est possible de comparer des tendances générales.

3 Bâtiments utilisés

Des expériences sont réalisées dans différents bâtiments. Certaines ont lieu dans un bâtiment bas (rez-de-chaussée + trois étages) à Oostkamp, tandis que d'autres se déroulent dans deux bâtiments moyens, à savoir les tours d'exercice des pompiers de Bruxelles (rez-de-chaussée + six étages) et le bâtiment d'exercice du campus Vesta (rez-de-chaussée + cinq étages). Campus Vesta est le centre de formation provincial des pompiers, de l'aide médicale urgente et de la police de la province d'Anvers. Les pompiers de Bruxelles et Campus Vesta ont eu l'amabilité de mettre leurs bâtiments à disposition pour les expériences.



Figure 3.1 Le bâtiment d'exercice du campus Vesta
(Photo : Bart Noyens)

Des expériences menées dans un bâtiment élevé à Ganshoren ont échoué en raison de la production de CO par les ventilateurs. La teneur en CO y était en effet supérieure au niveau acceptable dans un bâtiment habité.

De ce fait, les expériences ont essentiellement concerné des bâtiments bas et moyens, à savoir, ceux où ce procédé offre un réel « avantage ». La ventilation réalisée depuis le rez-de-chaussée est en effet infructueuse à partir d'une certaine hauteur (p. ex. le cinquième étage), puisque le flux

d'air s'estompe en raison des pertes dues au frottement entre le flux d'air et les murs. L'objectif de ce travail consiste à pouvoir ventiler les étages supérieurs au moyen d'une meilleure configuration. De cette manière, il est possible d'étendre à des étages supplémentaires la portée de dispositifs placés au rez-de-chaussée.

4 Expériences

4.1 Configuration à un seul ventilateur

La règle empirique actuelle des pompiers dispose qu'un ventilateur soit placé de manière à ce que le cône d'air couvre complètement l'ouverture de porte. Pour ce faire, la distance entre le ventilateur et la porte doit être directement proportionnelle à la hauteur de la porte. Le ventilateur doit également être incliné. La plupart des portes font environ deux mètres de haut. Dans ce cas, le ventilateur incliné doit être placé à une distance de deux mètres de la porte.

De nombreux tests sont effectués dans le bâtiment d'exercice de Bruxelles et sur le campus Vesta afin de déterminer la position optimale du ventilateur. Ces tests portent sur des points essentiels tels que l'influence de la distance jusqu'à la porte, l'influence de l'angle d'inclinaison du ventilateur et la perte de rendement en fonction de la hauteur jusqu'à l'étage auquel le local à ventiler se trouve.

4.2 Configuration à plusieurs ventilateurs

Il existe différentes solutions pour placer plusieurs ventilateurs. Les configurations les plus courantes en Belgique sont celles en série (deux ventilateurs l'un derrière l'autre) et en parallèle (deux ventilateurs l'un à côté de l'autre). Toutefois, la littérature anglo-saxonne décrit aussi la configuration en V, peu connue, voire inconnue en Belgique.

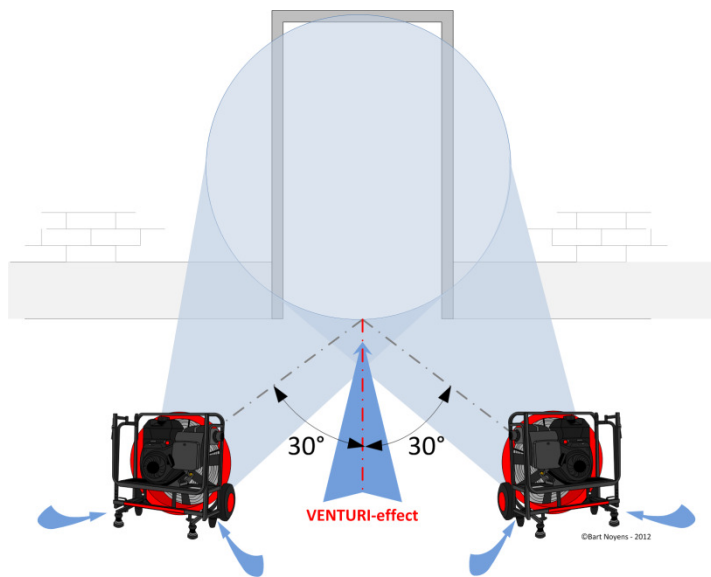


Figure 4.1 Placement de deux ventilateurs en V
(Illustration : Bart Noyens)

Le cadre des expériences, le rendement de cette configuration est comparé à celui d'un ventilateur unique et à celui d'une configuration en série ou en parallèle.

Enfin, des configurations expérimentales à trois ventilateurs sont également testées. Dans ce cadre, un troisième ventilateur est ajouté à la configuration en V. Une autre configuration expérimentale consiste à prévoir une disposition en V à la porte d'entrée du bâtiment tout en plaçant un troisième ventilateur sous l'escalier. De cette manière, on obtient une configuration « de relais ».

5 Résultats

5.1 Configuration à un seul ventilateur

5.1.1 Distance jusqu'à l'ouverture de porte

Les expériences révèlent qu'un ventilateur génère un flux d'air d'autant plus important que le dispositif est proche de l'ouverture de porte. Une distance de deux mètres par rapport à la porte ne représente donc pas la position la plus optimale. Plus le ventilateur est situé à proximité de la porte, plus le flux d'air est puissant. À un certain moment, le ventilateur est toutefois tellement près que l'ouverture de porte est inutilisable pour les pompiers. Cette solution perd alors tout intérêt sur le plan tactique.

La distance optimale représente donc un compromis entre le rendement et des considérations tactiques. Les résultats des expériences suggèrent une distance de 1,6 m par rapport à la porte.

5.1.2 Avec ou sans inclinaison ?

La finalité de la ventilation joue un rôle essentiel. Il convient en effet d'établir une distinction entre la ventilation horizontale (incendie au rez-de-chaussée) et la ventilation verticale (incendie dans les étages).

À défaut d'inclinaison du ventilateur, un flux double apparaît dans l'ouverture de porte. L'air s'écoule respectivement vers l'intérieur et l'extérieur dans les parties inférieure et supérieure de l'ouverture de porte. En cas d'incendie au rez-de-chaussée, une certaine quantité de fumée est donc évacuée vers l'extérieur par la porte d'entrée. En présence d'un incendie violent, cette fumée peut atteindre une température très élevée, voire contenir des flammes. Ce qui ne représente pas une situation optimale, étant donné que les pompiers doivent entrer sous la fumée qui sort.

Il importe donc d'incliner le ventilateur afin de créer un *air seal*. Toute l'ouverture de porte se trouve ainsi dans une zone de surpression, ce qui crée ensuite un flux vers l'intérieur sur toute la surface de la porte. Toute évacuation des gaz de fumées par l'entrée est ainsi évitée.

Toutefois, ce problème ne se pose pas avec la ventilation verticale. Si un ventilateur non incliné est susceptible de générer un double flux au niveau du rez-de-chaussée, aucune fumée des étages supérieurs ne sera aspirée dans le flux qui s'écoule vers l'extérieur par la porte d'entrée.

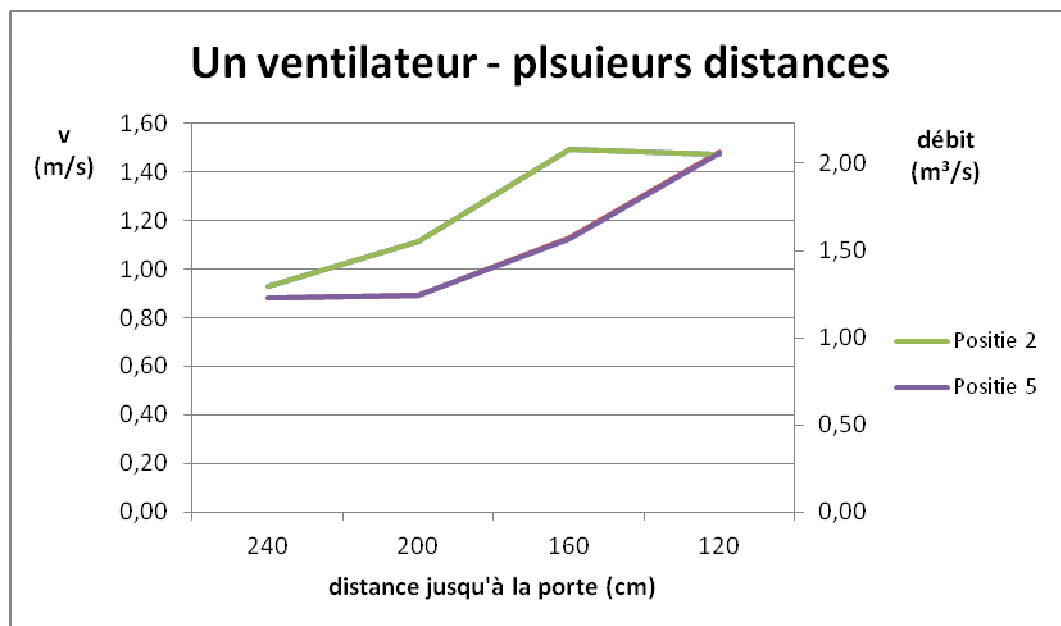


Figure 5.1 Débits et vitesses de l'air dans différentes configurations. On varie à chaque fois la distance et l'angle d'inclinaison. La position 2 n'est pas inclinée, tandis que la position 5 est inclinée au maximum.

La Figure 5.1 illustre les résultats des tests menés dans les tours d'exercice des pompiers de Bruxelles. Il apparaît clairement qu'un ventilateur offre un meilleur rendement s'il est placé plus près de l'ouverture de porte. Le ventilateur non incliné (position 2) offre un meilleur rendement que le ventilateur incliné (position 5). L'analyse des résultats des tests révèle que l'amélioration du rendement est perdue si le ventilateur est placé à moins de 1,2 m de la porte. À partir de cette distance, le ventilateur incliné fournit un

meilleur rendement. À cette distance, le ventilateur entrave toutefois la mobilité des pompiers qui entrent ou sortent du bâtiment par la porte. Autre problème pratique : le ventilateur sera déplacé par les tuyaux d'eau qui entrent dans le bâtiment le long de la porte.

La nécessité d'incliner ou non le ventilateur dépend en grande partie du bâtiment concerné, comme en témoignent les tests menés sur le campus Vesta. La répartition du bâtiment diffère de celle du bâtiment à Bruxelles. Sur le campus Vesta, il s'est avéré que le ventilateur incliné génère un débit supérieur à celui du ventilateur non incliné. La différence entre ces deux configurations est toutefois inférieure à celle des tests menés à Bruxelles. À la lumière des entretiens menés avec le professeur Stefan Svensson, un spécialiste suédois en la matière, ces résultats s'avèrent conformes aux attentes. De fait, la configuration du bâtiment exerce un certain impact sur l'efficacité de la ventilation. Les tours d'exercice à Bruxelles et le bâtiment d'exercice sur le campus Vesta présentent une différence majeure, à savoir l'implantation de la cage d'escalier. À Bruxelles, le flux d'air doit faire une courbe à 180° avant de monter le long de la cage d'escalier. Sur le campus Vesta, cette courbe est de 90°.

Il est suggéré d'incliner le ventilateur pour la ventilation horizontale. De cette manière, l'air seal garantit un flux d'air uniforme dans l'ouverture d'accès du bâtiment. Dans le cadre de la ventilation verticale, il est recommandé de ne pas incliner le ventilateur.

5.2 Configuration à plusieurs ventilateurs

5.2.1 Différentes configurations en V

Il est possible de modifier les différents paramètres de la configuration en V, tels que l'inclinaison des ventilateurs ou l'angle entre l'axe du ventilateur et celui de la porte. Dans toutes les configurations testées, la distance entre la porte et les ventilateurs s'élève à 1,6 m, soit la distance optimale pour une configuration à un seul ventilateur.

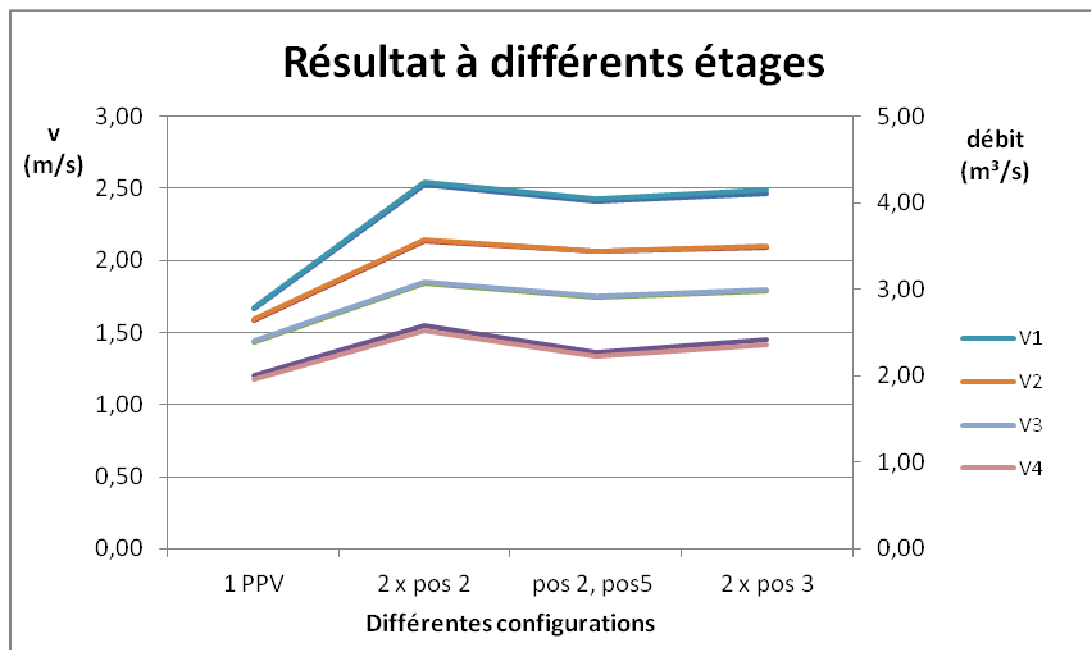


Figure 5.2 Différentes configurations en V

La Figure 5.2 illustre les résultats de différentes configurations en V testées sur le campus Vesta. La configuration à deux ventilateurs non inclinés (position 2) obtient indubitablement le meilleur résultat. La configuration à deux ventilateurs légèrement inclinés (position 3) affiche pour sa part un rendement légèrement plus faible. La configuration en V avec un ventilateur incliné et l'autre non délivre un rendement encore plus faible, même si elle demeure avantageuse par rapport à la configuration à un seul ventilateur. Le graphique montre également que le rendement de toutes les configurations baisse à mesure que l'on ventile à un étage supérieur. Des résultats très similaires ont été obtenus lors de tests menés à Oostkamp.

Les résultats des mesures effectuées à Bruxelles indiquent que les configurations de ventilation sont fortement influencées par les murs situés de part et d'autre des ventilateurs. La configuration en V ne génère donc pas une plus-value étant donné que le flux d'air en direction du ventilateur est entravé par les murs latéraux.

5.2.2 Comparaison entre différentes configurations à deux ventilateurs

La Figure 5.3 compare les résultats de différentes configurations avec deux ventilateurs. Toutes obtiennent un meilleur résultat que la configuration à un seul ventilateur. Le meilleur résultat est obtenu lorsque deux ventilateurs sont placés dans une configuration en V, non inclinés, et que l'angle entre l'axe de la porte et celui des ventilateurs s'élève à 30°. Une configuration similaire avec un angle de 45° fournit le deuxième meilleur résultat. Le troisième meilleur résultat est obtenu par une configuration en série où le ventilateur avant est incliné, tandis que le ventilateur arrière ne l'est pas. Une configuration à deux ventilateurs en parallèle obtient un résultat similaire. D'autres configurations en série obtiennent un résultat légèrement inférieur.

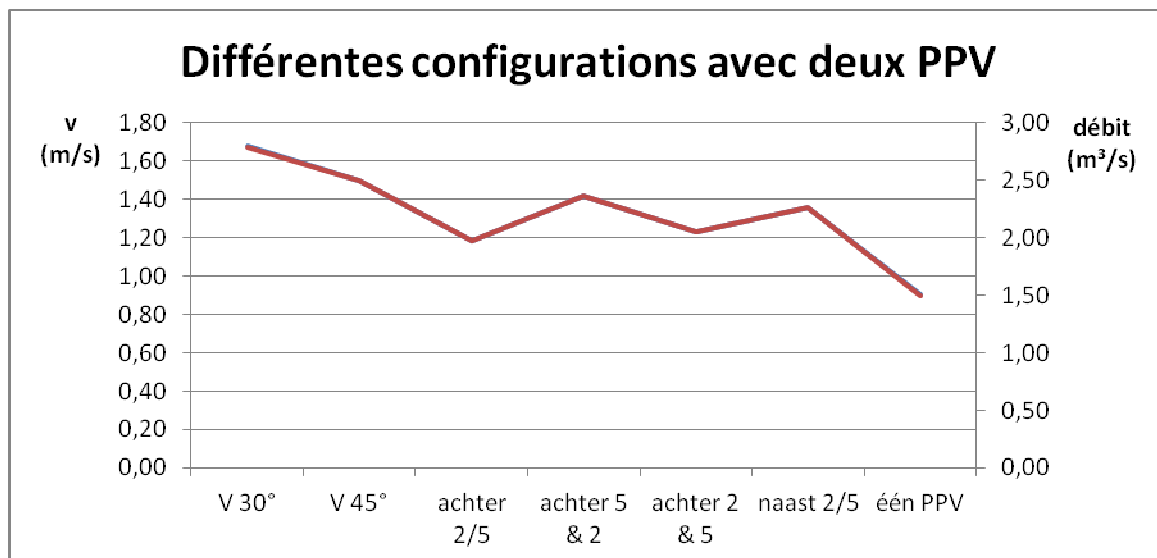


Figure 5.3 Configurations avec deux ventilateurs en V.

5.2.3 Configurations expérimentales

Les configurations expérimentales nous apprennent qu'il est possible d'obtenir un rendement encore supérieur à celui de la configuration en V, et ce grâce à l'ajout d'un troisième ventilateur. Le meilleur résultat est obtenu par la combinaison d'une

configuration en V au niveau de la porte d'entrée avec un ventilateur supplémentaire sous l'escalier. Ceci étant dit, cette configuration provoque une légère gêne étant donné que ledit ventilateur entrave légèrement le passage. En raison du rendement élevé, cette solution représente une bonne configuration de base pour la mise en œuvre de la ventilation à des étages supérieurs.

Étant donné que ces configurations expérimentales n'ont été testées que dans un seul bâtiment, les résultats précités doivent être interprétés avec prudence.

6 Conclusion

Les résultats de la présente thèse indiquent que le ventilateur devrait être placé légèrement plus près de l'ouverture de mise en surpression qu'à l'heure actuelle. Une distance d'un mètre et demi délivre en effet des résultats nettement supérieurs par rapport à une distance de deux mètres.

En outre, il est possible d'établir une configuration en V à l'aide de deux ventilateurs. La figure 5.2 illustre deux ventilateurs placés environ à un mètre et demi de la porte. Aucun des ventilateurs n'est incliné. L'axe du ventilateur crée un angle de 30° avec celui de la porte. Cette configuration obtient un meilleur résultat que toutes les autres configurations à deux ventilateurs.

7 Sources

- [1] *Lambert Karel, Experimentele studie van het gebruik van overdrukventilatie in een traphal bij een brandweerinterventie, Masterproef voor Postgraduate studies in fire safety engineering, université de Gand, 2012*
- [2] *Tempest, www.big-tempest.de*
- [3] *Vanassche Firefighting Engineering, www.vanassche-fire.be*
- [4] *Svensson Stefan, communication personnelle*
- [5] *Svensson Stefan, Fire Ventilation, 2000*