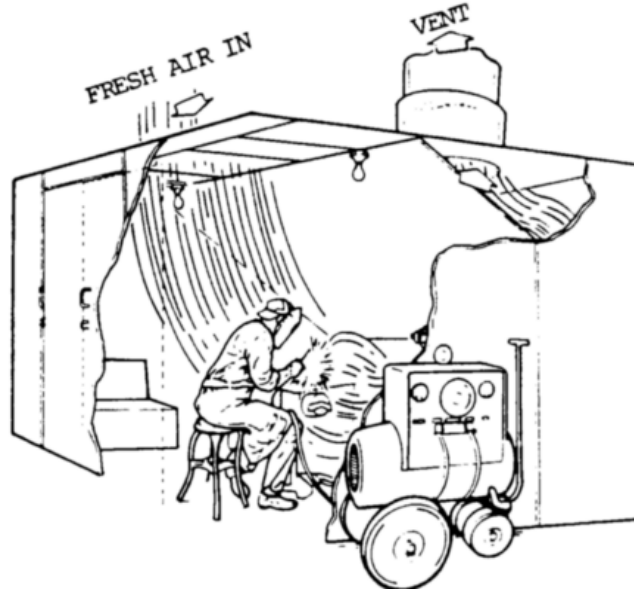


# PLAN DE COURS

## Notions de ventilation

Pour intervenants en santé sécurité au travail.



Trois jours

Forfait de 3 750 \$, plus 50 \$ par participant, plus taxes  
plus frais de voyage



***Beulier Formation inc.***

410-7 400 boul. Galeries d'Anjou

Anjou (Québec) H1M 3M2

Tél. : 514 355-8001 Fax : 514-355-4159

[www.beulierformation.qc.ca](http://www.beulierformation.qc.ca) [secretariat@beulierformation.qc.ca](mailto:secretariat@beulierformation.qc.ca)

Agrée Emploi Québec #54324



*Technologies aérauliques avancées*

## CLIENTÈLE VISÉE

Les hygiénistes et les techniciens en hygiène industrielle intervenant dans les établissements industriels et non-industriels.

## OBJECTIFS

Le cours a pour objectif de rendre les participants capables:

- De décrire les principes généraux de la ventilation pour la santé et sécurité des travailleurs en milieu industriel et non industriel;
- D'évaluer la qualité de la ventilation existante en milieu industriel en non industriel;
- De fournir un support de première ligne aux responsables de la ventilation en établissements.

## PÉDAGOGIE ET DÉROULEMENT

### Deux premiers jours

Un conférencier utilisant des acétates électroniques projetés, donnant des explications et dirigeant les discussions.

### Troisième journée

Atelier : Visite technique d'établissements (rapide) suivi d'un rapport verbal et forum.

## NIVEAU DU COURS

Niveau pratique qui pourra être suivi avec succès par ceux qui ont une formation technique en santé sécurité du travail et ou une expérience de la ventilation industrielle.

La plus grande partie du cours est de nature pratique, appuyé par des images, des schémas, des exemples et des anecdotes.

Les formules mathématiques, les calculs et les interprétations de graphiques sont évités autant que possible. Le cours porte autant que possible sur le qualitatif plutôt que le quantitatif.



# PROFESSEUR

## **BEAUDET, Maurice, ing.**

Ingénieur conseil et formateur spécialisé en ventilation industrielle, dépoussiérage, assainissement des émissions atmosphérique et qualité de l'air en milieu non industriel depuis 1973.

Ingénieur principal chez Beaulier inc. firme de génie conseil spécialisée en ventilation industrielle, prévention des incendies explosion et assainissement de l'air.

Expérience de 8 ans en enseignement au département de mécanique du bâtiment du Cégep Ahuntsic, deux sessions à l'École Polytechnique de Montréal et plusieurs dizaines de conférences et cours depuis avec Beaulier Formation inc.

A enseigné la ventilation industrielle aux inspecteurs de la CSST de 1985 à 2008.



# TABLE DES MATIÈRES

|                                                                        | <b>Acétate #</b> |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>1. Introduction</b>                                                 |                  |
| 1.1. ----- Présentation de Beaulier Formation -----                    | 1                |
| 1.2. ----- Présentation du professeur -----                            | 2                |
| 1.3. ----- Les objectifs du cours -----                                | 3                |
| 1.4. ----- Les exclusions -----                                        | 4                |
| 1.5. ----- Horaire du cours -----                                      | 5                |
| 1.6. ----- Les unités -----                                            | 6                |
| 1.7. ----- La loi et les règles de l'art -----                         | 7                |
| 1.8. ----- Classification des systèmes de ventilation -----            | 8                |
| 1.9. ----- Exemple de systèmes de ventilation -----                    | 9                |
| <b>2. La réglementation</b>                                            |                  |
| 2.1. ----- Article 103 – Annexe III Table 1 – Interprétation -----     | 10, 11           |
| 2.2. ----- Article 49 – Limite inférieure explosive -----              | 12               |
| 2.3. ----- Explosivité des particules en suspension dans l'air -----   | 13, 14           |
| <b>3. Ventilation générale</b>                                         |                  |
| 3.1. ----- Généralités -----                                           | 15               |
| <b>4. Ventilation générale naturelle</b>                               |                  |
| 4.1. ----- Généralités -----                                           | 16               |
| 4.2. ----- Effet du vent – Localisation des ouvertures -----           | 17               |
| 4.3. ----- Effet d'Archimède (cheminée) -----                          | 18               |
| 4.4. ----- Effet d'Archimède – Exemple de visualisation -----          | 19               |
| 4.5. ----- Effet de cheminée – Illustration -----                      | 20               |
| 4.6. ----- Moteur thermique – Concept -----                            | 21               |
| 4.7. ----- Moteur thermique – Four -----                               | 22               |
| <b>5. Ventilation générale mécanique</b>                               |                  |
| 5.1. ----- Critères de conception – Écoulement -----                   | 23               |
| 5.2. ----- Critères de conception – Efficacité -----                   | 24               |
| 5.3. ----- Déplacement – Concept général -----                         | 25               |
| 5.4. ----- Déplacement – Concept appliqué à une halle d'usine -----    | 26               |
| 5.5. ----- Extracteurs au toit - Critère de conception -----           | 27               |
| 5.6. ----- Compensation d'air - Généralités -----                      | 28               |
| <b>6. La diffusion en ventilation industrielle</b>                     |                  |
| 6.1. ----- Distributeur multi jets – Concept -----                     | 29               |
| 6.2. ----- Distributeurs multi jets – Exemple Atelier confection ----- | 30               |
| 6.3. ----- Distributeur multi jets – Critères de conception -----      | 31               |
| 6.4. ----- Effet COANDA - Concept -----                                | 32               |
| 6.5. ----- Effet COANDA – Illustration -----                           | 33               |
| 6.6. ----- Distributeur multi jets - Exemple de calcul -----           | 34, 35           |



**7. La dilution, modélisation**

|            |                                                                 |         |
|------------|-----------------------------------------------------------------|---------|
| 7.1. ----- | Les phases de la dilution -----                                 | 36      |
| 7.2. ----- | Graphiques de l'évolution de la concentration -----             | 37      |
| 7.3. ----- | Modélisation de la phase de croissance -----                    | 38      |
| 7.4. ----- | Modélisation de la phase d'équilibre -----                      | 39      |
| 7.5. ----- | Modélisation de la phase de décroissance -----                  | 40      |
| 7.6. ----- | Analyse – Le taux de décroissance -----                         | 41      |
| 7.7. ----- | Analyse – La concentration au début de la décroissance -----    | 42      |
| 7.8. ----- | Analyse – Efficacité de la dilution -----                       | 43      |
| 7.9. ----- | Analyse de la ventilation par la décroissance - Procédure ----- | 44, 45  |
| 7.10. ---- | Analyse de la ventilation par la décroissance – Exemple -----   | 46 à 50 |

**8. Ventilation locale**

|            |                                                                              |         |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 8.1. ----- | Objectif de la ventilation locale -----                                      | 51      |
| 8.2. ----- | Avantages -----                                                              | 52      |
| 8.3. ----- | Contaminants visés – Dimensions aérodynamiques -----                         | 53      |
| 8.4. ----- | Sources ponctuelles vs diffuses -----                                        | 54      |
| 8.5. ----- | Composantes d'un système de ventilation locale -----                         | 55      |
| 8.6. ----- | Hottes – Les trois types -----                                               | 56      |
| 8.7. ----- | Hottes enceintes - Concept -----                                             | 57      |
| 8.8. ----- | Cabines de pulvérisation -----                                               | 58      |
| 8.9. ----- | Problème de l'induction du jet d'air -----                                   | 59, 60  |
| 8.10. ---- | Problème des vortex - Concept -----                                          | 61      |
| 8.11. ---- | Problème des vortex – Position optimale du travailleur dans une cabine ----- | 62      |
| 8.12. ---- | Hottes réceptrices -----                                                     | 63      |
| 8.13. ---- | Hottes réceptrices sur procédé chaud -----                                   | 64 à 66 |
| 8.14. ---- | Hottes inductrices – Concept général -----                                   | 67      |
| 8.15. ---- | Hottes inductrices - Exemple -----                                           | 68      |
| 8.16. ---- | Hottes inductrices – Expérience de Della-Vale -----                          | 69      |
| 8.17. ---- | Hottes inductrices – Paramètre et conception -----                           | 70 à 77 |

**9. Hotte avec rideaux d'air**

|            |                             |         |
|------------|-----------------------------|---------|
| 9.1. ----- | Hottes à rideau d'air ----- | 78 à 81 |
|------------|-----------------------------|---------|

**10. Courants d'air**

|            |                                                              |         |
|------------|--------------------------------------------------------------|---------|
| 10.1. ---- | L'effet des courants d'air sur l'efficacité des hottes ----- | 82 à 85 |
|------------|--------------------------------------------------------------|---------|

**11. Règles de conception**

|            |                                   |    |
|------------|-----------------------------------|----|
| 11.1. ---- | Sources des règles de l'art ----- | 86 |
|------------|-----------------------------------|----|

**12. Les conduits du réseau**

|            |                                                |    |
|------------|------------------------------------------------|----|
| 12.1. ---- | Distribution d'air – Équilibrage -----         | 87 |
| 12.2. ---- | Matériaux -----                                | 88 |
| 12.3. ---- | Géométrie de section -----                     | 89 |
| 12.4. ---- | Pression statique de conception -----          | 90 |
| 12.5. ---- | Dimensionnement par vitesse de transport ----- | 91 |



**13. Les épurateurs**

|                                                              |         |
|--------------------------------------------------------------|---------|
| 13.1. ---- Principaux types et leur application -----        | 92      |
| 13.2. ---- La chambre de sédimentation -----                 | 93      |
| 13.3. ---- Le cyclone -----                                  | 94      |
| 13.4. ---- Le dépoussiéreur (à couche filtrante sèche) ----- | 95      |
| 13.5. ---- Précipitation électrostatique -----               | 96      |
| 13.6. ---- Le séparateur à voie humide -----                 | 97      |
| 13.7. ---- L'absorbeur ou laveur chimique -----              | 98      |
| 13.8. ---- L'adsorbeur -----                                 | 99, 100 |
| 13.9. ---- L'incinérateur (RTO)-----                         | 101     |
| 13.10.---- L'incinérateur avec catalyseur -----              | 102     |

**14. La dispersion atmosphérique**

|                                                                     |         |
|---------------------------------------------------------------------|---------|
| 14.1. ---- Généralités -----                                        | 103     |
| 14.2. ---- Règlements et critères -----                             | 104     |
| 14.3. ---- Évolution d'un panache par vent critique - Concept ----- | 105,106 |
| 14.4. ---- Effet du cône de dilution – Chapeau CLARKE-----          | 107     |

**15. Les ventilateurs**

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 15.1. ---- Familles de ventilateurs ----- | 108 |
|-------------------------------------------|-----|

**16. Les ventilateurs axiaux**

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 16.1. ---- Extracteurs de toit----- | 109 |
| 16.2. ---- Extracteurs muraux-----  | 110 |
| 16.3. ---- Table de catalogue ----- | 111 |

**17. Les ventilateurs centrifuges - descriptions**

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1. ---- Image et nomenclature -----                        | 112 |
| 17.2. ---- Courbes types -----                                | 113 |
| 17.3. ---- Classe de robustesse -----                         | 114 |
| 17.4. ---- Pales aérodynamiques -----                         | 115 |
| 17.5. ---- Pales courbées vers l'arrière-----                 | 116 |
| 17.6. ---- Pales penchées vers l'arrière -----                | 117 |
| 17.7. ---- Pales inclinées à bords radiaux -----              | 118 |
| 17.8. ---- Pales radiales -----                               | 119 |
| 17.9. ---- Pales courbées vers l'avant (cage c'écureuil)----- | 120 |

**18. Sélection et dimensionnement des ventilateurs : Critères 121****19. Perte de charge du réseau**

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 19.1. ---- Définition des grandeurs de base-----                | 122       |
| 19.2. ---- Évolution des grandeurs dans un réseau -----         | 123       |
| 19.3. ---- Méthodes de calculs - Survol -----                   | 124 à 132 |
| 19.4. ---- La "fan static pressure" vs la perte de charge ----- | 133, 134  |



**20. Ventilateurs centrifuges – applications**

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| 20.1. ---- Le dimensionnement (sélection) -----         | 135       |
| 20.2. ---- Les montages -----                           | 136       |
| 20.3. ---- Position du moteur -----                     | 137       |
| 20.4. ---- Position du ventilateur dans le réseau ----- | 138 à 140 |

**21. L'effet d'insertion**

|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 21.1. ---- Concept - Introduction - description -----                         | 141 à 144  |
| 21.2. ---- Solutions – Tenir compte lors de la sélection du ventilateur ----- | 145        |
| 21.3. ---- Solutions – L'évite par de bon raccordement -----                  | 146 et 147 |

**22. L'inconfort thermique industriel**

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 22.1. ---- L'inconfort thermique industriel – MOSHER ----- | 148 |
| 22.2. ---- Stratégies de réduction -----                   | 149 |
| 22.3. ---- Relations entre paramètres -----                | 150 |
| 22.4. ---- Réduire les éléments de Tg - Stratégie -----    | 151 |
| 22.5. ---- Réduction par jet d'air -----                   | 152 |
| 22.6. ---- Réduction par douche d'air -----                | 153 |

**23. La qualité de l'air intérieur (QAI) non industriel**

|                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|
| 23.1. ---- Causes des plaintes selon NIOSH -----              | 154      |
| 23.2. ---- Critères d'évaluation de la QAI – STD ASHRAE ----- | 155, 156 |

**24. La QAI par la qualité de la filtration**

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 24.1. ---- Objectifs de la filtration -----                         | 157       |
| 24.2. ---- Réduire les particules respirables -----                 | 158       |
| 24.3. ---- Le mécanisme de la filtration -----                      | 159 à 163 |
| 24.4. ---- Classement par l'efficacité gravimétrique STD 52.1 ----- | 164       |
| 24.5. ---- Classement MERV par l'efficacité STD 52.2 -----          | 165       |
| 24.6. ---- Tableau cote MERV -----                                  | 166       |
| 24.7. ---- Système de filtration – Critères d'évaluation -----      | 167       |
| 24.8. ---- Encrassement des filtres -----                           | 168       |
| 24.9. ---- Étanchéité des bancs de filtres -----                    | 169       |

**25. La QAI par le confort thermique**

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 25.1. ---- Concept et définition -----                        | 170, 171  |
| 25.2. ---- Prémisses et évidences -----                       | 172       |
| 25.3. ---- Les facteurs confort thermique -----               | 173       |
| 25.4. ---- Les deux méthodes d'évaluation par STD 55.2 -----  | 174       |
| 25.5. ---- La méthode complexe - PMV et PPD de ISO 7730 ----- | 175 à 177 |
| 25.6. ---- Méthode simplifiée du STD 55.2 -----               | 178 à 187 |
| 25.7. ---- Conditions supplémentaires pour le confort -----   | 188       |
| 25.8. ---- Symétrie dans l'espace -----                       | 189 à 192 |
| 25.9. ---- Stabilité de l'évolution -----                     | 193 à 196 |



**26. Les courants d'air et le confort thermique**

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 26.1. --- Introduction -----                                | 197       |
| 26.2. --- La turbulence de l'air – Définition -----         | 198       |
| 26.3. --- Le courant – Expérience du COSTIC de France ----- | 199       |
| 26.4. --- Détection des courants d'air -----                | 200       |
| 26.5. --- La chasse aux courants d'air -----                | 201 à 207 |

**27. Atelier sur le confort thermique non industriel** 208**28. La QAI par la ventilation (Débit d'air neuf)**

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 28.1. --- Définition de la ventilation -----                                 | 209       |
| 28.2. --- Ventilation naturelle – Critères STD 62.1 – 2007 -----             | 210       |
| 28.3. --- Ventilation mécanique – Critères d'évaluation -----                | 211       |
| 28.4. --- Position des prise d'air neuf -----                                | 212 à 216 |
| 28.5. --- Qualité de l'air neuf -----                                        | 217       |
| 28.6. --- Méthodes d'évaluation de la ventilation -----                      | 218       |
| 28.7. --- Débit d'air neuf ou conformité de la ventilation par le CO2 -----  | 219 à 226 |
| 28.8. --- Atelier – Évaluation de valeur critère du CO2 dans la classe ----- | 227       |
| 28.9. --- Évaluation de la ventilation directement -----                     | 228, 229  |
| 28.10. --- Calcul pour une zone -----                                        | 230, 231  |
| 28.11. --- Qualité de l'air de reprise - Classe -----                        | 232       |
| 28.12. --- Efficacité de la ventilation -----                                | 233, 234  |
| 28.13. --- Calcul du débit d'air neuf du système -----                       | 235 à 241 |
| 28.14. --- Mesurer le débit d'air neuf – Techniques -----                    | 242       |
| 28.15. --- Fraction d'air neuf avec CO2 -----                                | 243       |
| 28.16. --- Mesurer le débit total – Techniques -----                         | 244       |
| 28.17. --- Exploration du champ de vitesse -----                             | 245 à 247 |
| 28.18. --- Mesurer le débit total aux bouches de soufflage -----             | 248       |
| 28.19. --- Mesurer le débit d'air neuf par le débit évacué -----             | 249, 250  |

**29. Les micro-organismes et la QAI**

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| 29.1. --- Les micro-organismes -----               | 251 à 253 |
| 29.2. --- L'infestation -----                      | 254       |
| 29.3. --- Conditions de l'infestation -----        | 255 à 258 |
| 29.4. --- Manifestation d'infestations -----       | 259, 260  |
| 29.5. --- Spores -----                             | 261       |
| 29.6. --- Mycotoxines -----                        | 262       |
| 29.7. --- Symptômes d'infestation -----            | 263       |
| 29.8. --- L'échantillonnage de l'air ambiant ----- | 264       |
| 29.9. --- Prévention -----                         | 265 à 268 |
| 29.10. --- Tests -----                             | 269, 270  |
| 29.11. --- Références -----                        | 271       |





|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| <b>30. La ventilation souterraine (minière)</b>      | <b>272</b> |
| 30.1. ---- Objectifs -----                           | 273        |
| 30.2. ---- Ventilation locale -----                  | 274        |
| 30.3. ---- Ventilation générale (dilution) -----     | 275 à 278  |
| 30.4. ---- Difficultés des galeries parallèles ----- | 279        |
| 30.5. ---- Solutions pratiques -----                 | 280, 281   |
| 30.6. ---- Solution par calcul -----                 | 282 à 287  |

## ANNEXES

1. Équivalence des unités SI et SA
2. Hotte à rideau d'air
3. Hotte supérieure sur procédé chaud
4. Calcul de perte de charge – Exemple
5. Inconfort thermique industriel
6. Filtration non industrielle
7. Confort thermique non industriel
8. Ventilation non industrielle
9. Efficacité de la dilution et facteur de mélange

## INSTRUMENTS UTILISÉS

- |                                                    |                                 |
|----------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Tubes à fumées                                  | 7. Détecteur de CO <sub>2</sub> |
| 2. Anémomètre à fil chaud<br>- très faible vitesse | 8. Balomètre                    |
| 3. Thermomètre<br>électronique rapide              | 9. Humidimètre                  |
| 4. Hygromètre                                      | 10. Thermomètre infrarouge      |
| 5. Wibget                                          | 11. Appareil photo              |
| 6. Botsball                                        | 12. Chronomètre                 |
|                                                    | 13. Gallon à mesurer            |



# HORAIRE DU COURS

## Jour 1

08 h 15 Distribution matériel  
08 h 30 Cours  
10 h 00 Pause  
10 h 15 Cours  
12 h 00 Dîner  
13 h 00 Cours  
14 h 30 Pause  
14 h 45 Cours  
16 h 15 Ajournement

## Jour 2

08 h 30 Cours  
10 h 00 Pause  
10 h 15 Cours  
12 h 00 Dîner  
13 h 00 Cours  
14 h 30 Pause  
14 h 45 Cours  
16 h 15 Ajournement

## Jour 3

08 h 30 Regroupement  
Visite  
12 h 00 Dîner  
13 h 30 Rapport verbal et forum  
16 h 00 Évaluation du cours et  
certificat de participation  
16 h 15 Fin du cours du premier  
groupe



## **MATÉRIEL FOURNI PAR BEAULIER FORMATION INC.**

Notes de cours dans un cahier boudiné, en français, reproduisant en noir et blanc, toutes les images, les graphiques, les tableaux comparatifs, les exemples de calculs, les listes de critères, etc., utilisés par le professeur.

Un cahier d'annexes incluant une copie des pages pertinentes des STD utilisés

## **MATÉRIEL FOURNI PAR LE PARTICIPANT**

Les participants devront avoir avec eux: crayons, effaces, règles, etc., nécessaires pour prendre des notes.

## **CERTIFICAT DE PARTICIPATION**

Beaulier Formation inc., émettra à la fin du cours, aux participants présents, un certificat de participation personnalisé énonçant le sujet et le nombre d'heures suivies donnant droit théoriquement à 1 unité de formation continue par 10 heures de cours.

## **LOI 90 FORMATION DE LA MAIN-D'ŒUVRE (1%)**

Beaulier Formation inc., est agréé par Emploi Québec et émet le formulaire du Conseil du trésor du Québec CO-1029.8.33 ATTESTATION DE PARTICIPATION À UNE ACTIVITÉ DE FORMATION qui certifie que les frais encourus pour la formation sont admissibles pour crédit d'impôt et ou obligation de formation.

----Fin du plan de cours----

