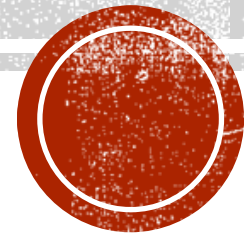


SYSTÈMES DE CHAUFFAGE, VENTILATION ET CLIMATISATION (CVC)

Optimisation et Solutions à Haute Efficacité



Dr. DAHHAOUI Hachimi
Université de Tlemcen

OBJECTIFS ET ENJEUX

Objectifs :

- ✓ Comprendre le rôle essentiel des systèmes CVC dans la réhabilitation énergétique.
- ✓ Identifier les technologies permettant l'optimisation des systèmes existants.
- ✓ Appréhender les aspects techniques et réglementaires liés aux installations CVC.

Enjeux :

- ✓ Réduction de la consommation énergétique et des coûts associés.
- ✓ Amélioration du confort thermique et de la qualité de l'air intérieur.
- ✓ Contribution à la transition énergétique et au développement durable.

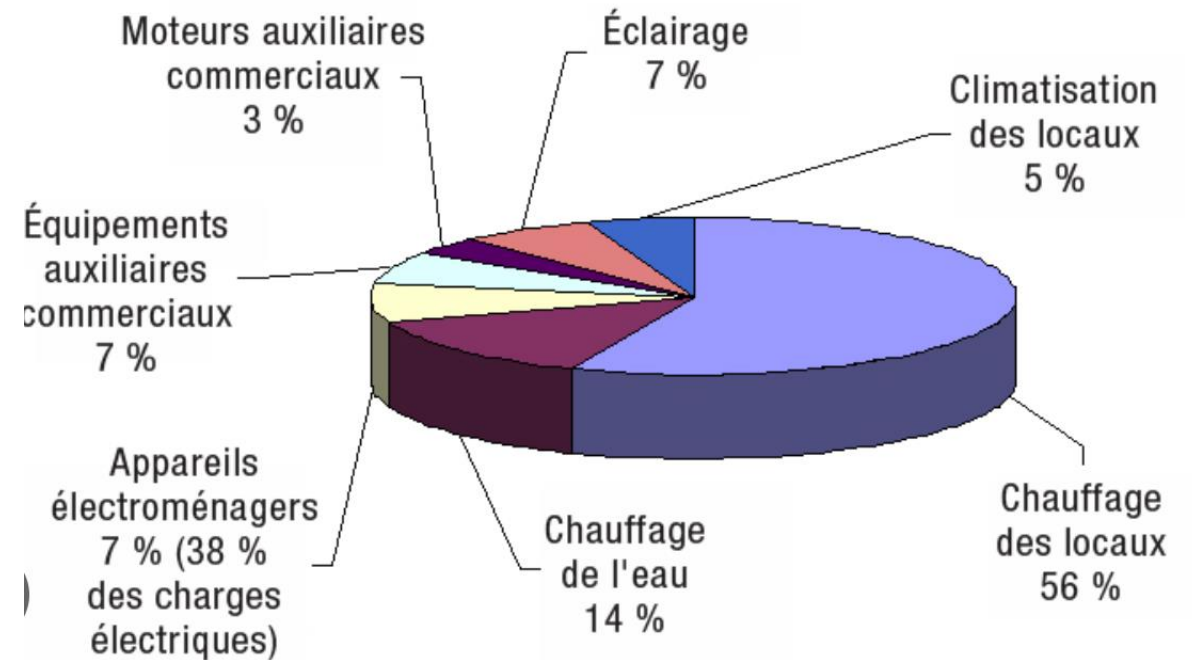


Fig. 1 : La consommation d'énergie par utilisation finale des bâtiments résidentiels et commerciaux (Exemple Canada 2005)



SOURCES DE LA CHALEUR ET DU FROID

Milieu extérieur

- Air (source aérothermique), l'eau ou le sol (source géothermique) comme énergie renouvelable

Combustibles

- Solides (bois, charbon) Liquides (fuel) , Gaz (propane, butane)

Électrique

- par effet joule



Consommation
moins chère



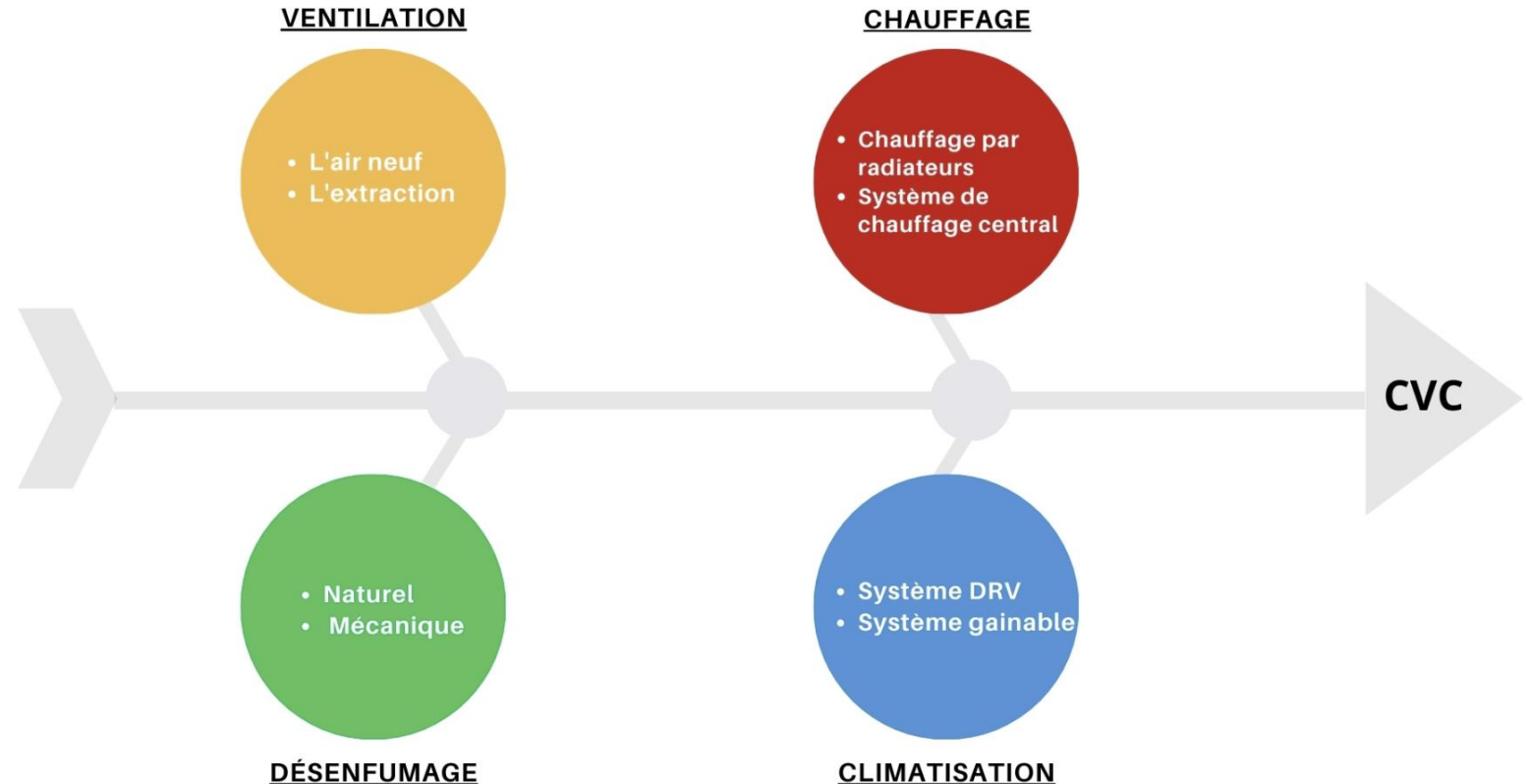
Cout moins
cher



INTRODUCTION AUX COMPOSANTS DES SYSTÈMES CVC

Définition des Composants Clés :

- ❑ **Chauffage** : Équipements pour le chauffage (chaudières, radiateurs, planchers chauffants).
- ❑ **Ventilation** : Systèmes de renouvellement de l'air (VMC, échangeurs d'air).
- ❑ **Climatisation** : Appareils de refroidissement et régulation thermique (pompes à chaleur, climatiseurs).



TYPES DE SYSTÈMES CVC

Systemes Collectifs ou centralisés

Systemes Individuels

Systemes de ventilation

Ventilation Naturelle et Hybride

Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux

Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) double flux

VMC couplé à un Système de Traitement d'Air



SYSTÈMES CENTRALISÉS

Éléments de base d'un système CVC :

- **Composants de production de calories ou frigories** : Chaudières, PAC, GEG, ...
- **Composants de distribution** : pompes de circulation, tuyauterie (réseau hydraulique), CTA, conduits d'air (réseau aéraulique), échangeurs, ...
- **Composants d'émission** : ventilo-convecteurs, radiateurs, bouches, grilles et diffuseurs d'air, ...

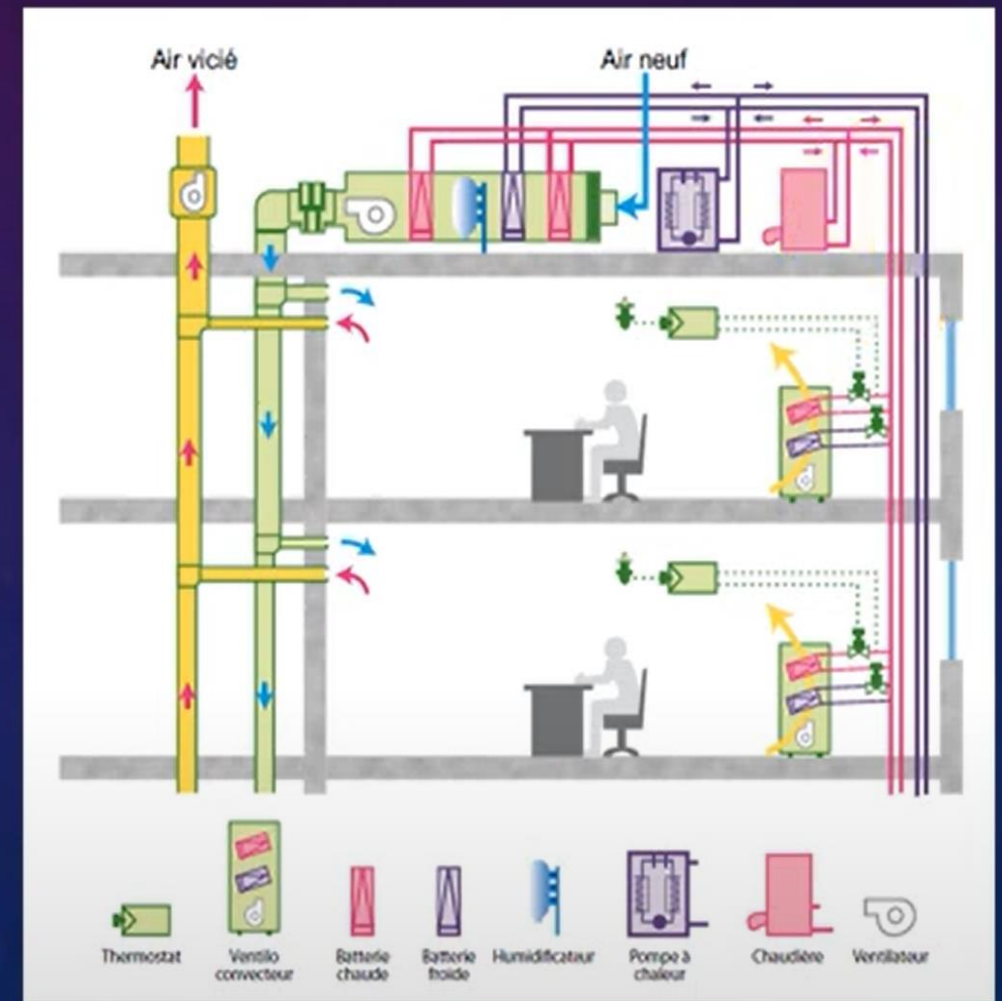


Schéma général d'un système CVC centralisé

SYSTÈMES CENTRALISÉS (SUITE)

Avantages :

- Facilité d'entretien
- Moins de nuisances sonores
- Choix rationnel des sources d'énergies
- Possibilité d'assurer un service quasi ininterrompu
- Économie sur les puissances calorifiques et frigorifiques installées

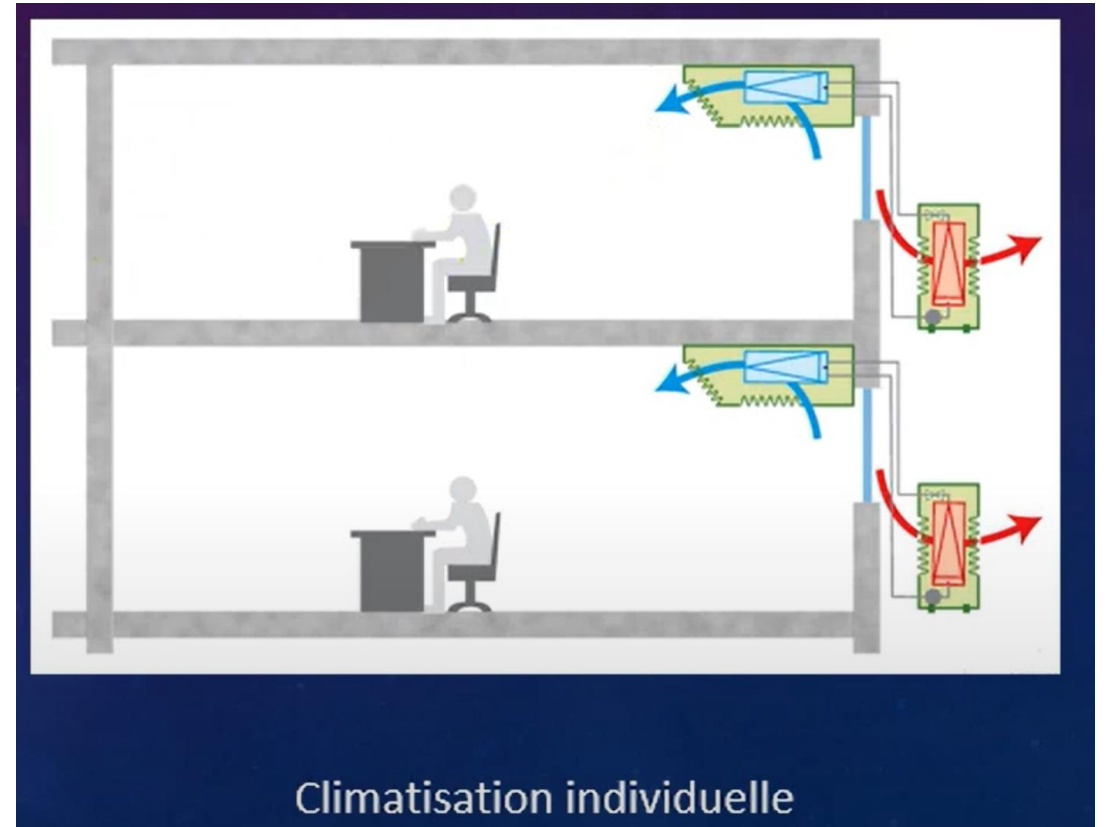
Inconvénients :

- Consommation d'énergie plus importante : présence d'accessoires auxiliaires
- Plus de locaux techniques
- Système de régulation plus complexe

SYSTÈMES INDIVIDUELS

Ces systèmes se caractérisent par la présence des différentes fonctions dans un même équipement qui assure à la fois la production, la distribution et l'émission des calories. Exemples :

- Chaudière (à combustible) avec radiateur ou plancher chauffant ;
- Radiateur ou plancher chauffant électrique ;
- Unité autonome de climatisation ou climatiseur individuel ;



SYSTÈMES INDIVIDUELS (SUITE)

Avantages

Consommation d'énergie moindre : Absence d'équipements auxiliaires

Moins de locaux techniques

Régulation moins complexe

Inconvénients

Éparpillement des équipements :

Complexité d'entretien ;

Multiplication de sources de nuisance sonore ;

Puissances calorifiques et frigorifiques installées plus importantes

SYSTÈMES DE VENTILATION

Ces systèmes permettent de renouveler l'air des locaux.

Ce renouvellement d'air permet de maintenir une certaine qualité de l'air en introduisant une quantité d'air extérieur suffisante pour diluer les polluants générés à l'intérieur de façon à maintenir leurs taux à un niveau acceptable. La ventilation doit être assurée avec de l'air pris à l'extérieur, hors des sources de pollution : cet air est désigné sous le terme « d'air neuf ».

Le paragraphe de renouvellement d'air du chapitre relatif à la thermique du bâtiment présente les différents taux d'introduction d'air neuf à assurer.



VENTILATION NATURELLE

Principe

Pour renouveler l'air du logement, la ventilation naturelle par conduit exploite le tirage thermique ou encore le vent.

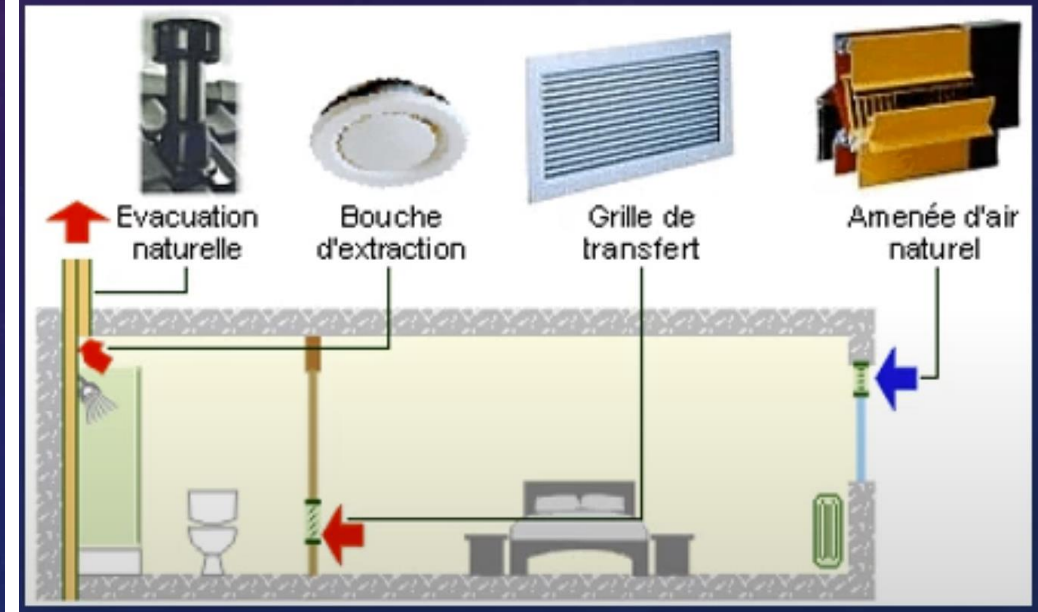
On parle de ventilation hybride ou de ventilation naturelle hybride lorsqu'une assistance mécanique y est associée.

Insufflation : grilles réglables dans les fenêtres et murs

Transfert : fentes sous portes ou grilles dans portes et murs

Extraction : grilles réglables ou départ de conduits verticaux

Schéma du principe



Principe du tirage thermique



VMC SIMPLE FLUX (SF)

Principes

VMC SF à alimentation mécanique (ou insufflation)

Insufflation : un ventilateur envoie l'air dans les pièces via des conduits

Transfert : fentes sous portes ou grilles dans portes et murs

Extraction : grilles réglables ou départ de conduits verticaux

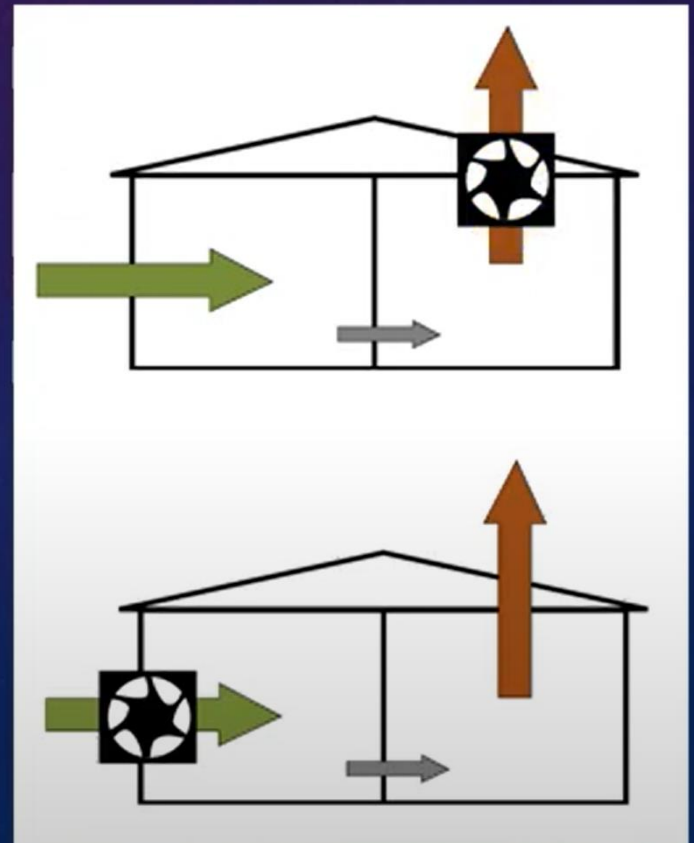
VMC SF à extraction mécanique (ou extraction)

Insufflation : grilles réglables dans fenêtres ou murs

Transfert : fentes sous portes ou grille dans portes ou murs

Extraction : un ventilateur extrait l'air des pièces humides via des conduits

Schémas des principes



VMC DOUBLE FLUX (DF)

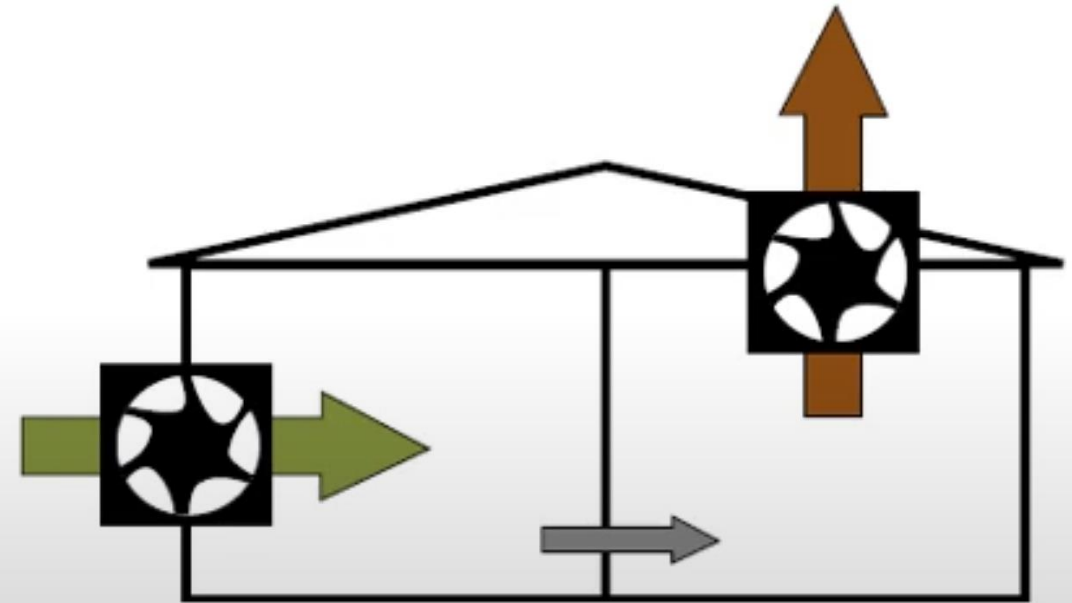
Principe

insufflation : un ventilateur envoie l'air dans les pièces via des conduits

transfert : fentes sous portes ou grilles dans portes ou murs

extraction : un ventilateur extrait l'air des pièces humides via des conduits

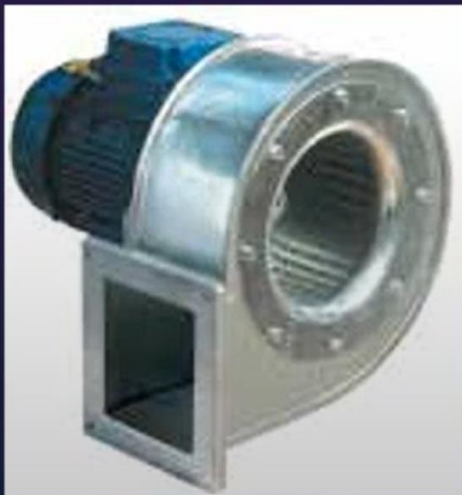
Schéma du principe



VENTILATEURS

Ventilateurs centrifuges

l'air rentre dans la roue dans une direction axiale et en sort dans une direction parallèle à un plan radial. Le plus utilisés en CVC en particulier dans les conduits d'air.



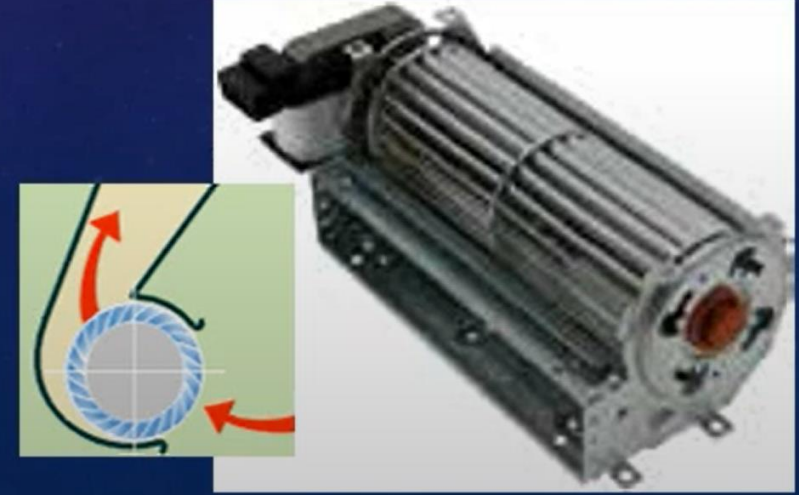
Ventilateurs hélicoïdes

l'air rentre dans la roue et en sort le long de surfaces cylindriques coaxiales au ventilateur. Utilisés en parois ou donnant directement sur l'extérieur



Ventilateurs tangentiels

l'air dans la roue est normale à l'axe, aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la roue. Utilisés pour éviter l'encombrement.



VENTILATEURS (SUITE)

Extracteur tourelle en terrasse



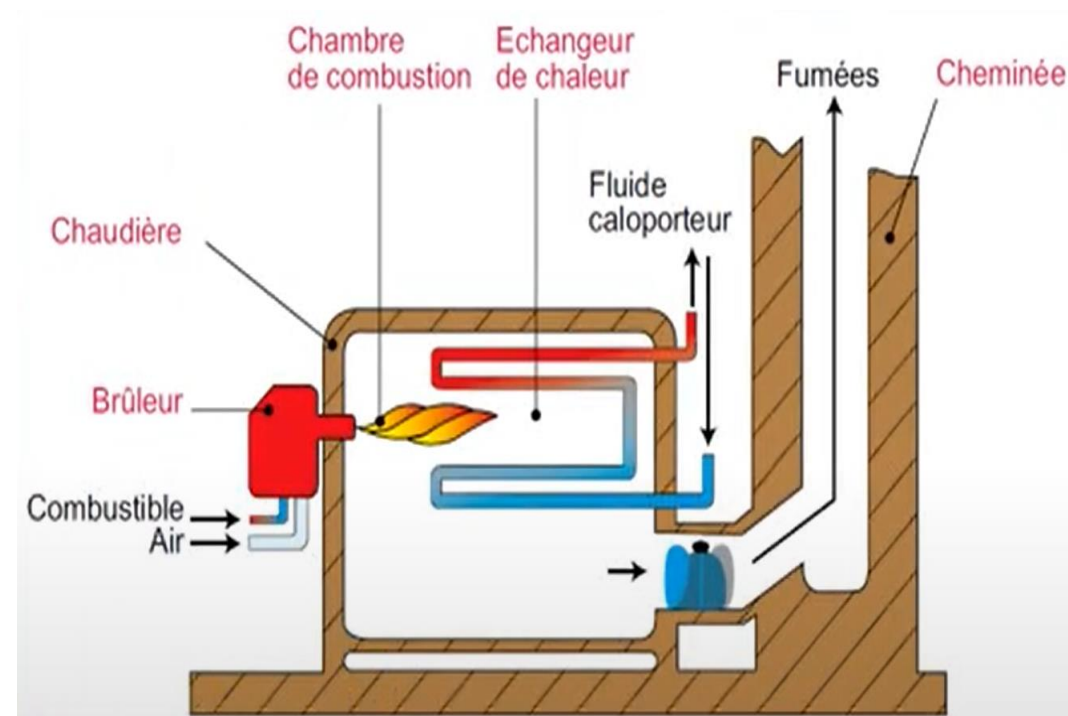
Extracteur caisson en terrasse



CHAUDIÈRE

Les chaudières sont des appareils qui convertissent des combustibles en chaleur pour chauffer un fluide caloporteur : eau, air, huile.

Les chaudières sont généralement installées dans un local dédié (chaufferie) sur un socle reposant sur le sol. Toutefois, et pour de faibles puissances calorifiques ne dépassant pas 30 kW, il existe des chaudières dites murales pouvant être installées dans des enceintes proprement ventilées ou espaces abrités à l'extérieur du bâtiment.



CHAUDIÈRE (SUITE)

Les chaudières sont disponibles en version simple (chauffage uniquement) et en version mixte (chauffage + production d'eau chaude sanitaire). Elles sont en outre équipées d'une pompe de circulation permettant de véhiculer l'eau chaude vers les divers terminaux de chauffage.

La performance énergétique d'une chaudière est exprimée par son rendement calorifique η :

$$\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_s - T_e)}{Q_{fuel}PCI}$$

\dot{m} :	débit massique de l'eau chauffée [kg/h]
C_p :	capacité calorifique de l'eau chauffée [kJ/°C·kg]
T_e :	température d'entrée de l'eau chauffée [°C]
T_s :	température de sortie de l'eau chauffée [°C]
Q_{fuel} :	débit massique du fuel [kg/h]
PCI:	pouvoir calorifique inférieur [kJ/kg]

		PCI [MJ/ kg]	PCS [MJ/ kg]
Combustible liquide	Fuel domestique	42,7	46,0
	Fuel lourd No.2	40,6	43,1
Gaz de pétrole	Propane	46,2	50,0
	Butane	45,7	49,4
Gaz naturel	Lacq	48,3	54,7
	Groningue	38,2	42,4

ÉMETTEURS

radiateur

Il permet d'échanger la chaleur entre la boucle d'eau chaude et le local par convection et rayonnement.



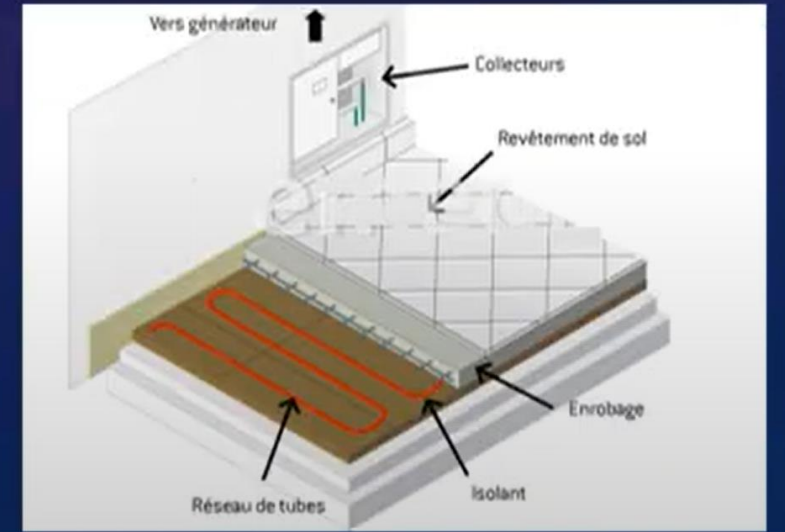
Ventilo-convecteur

Composé de batteries d'échange, de ventilateurs de brassage et de résistances d'appoint.



Plancher chauffant

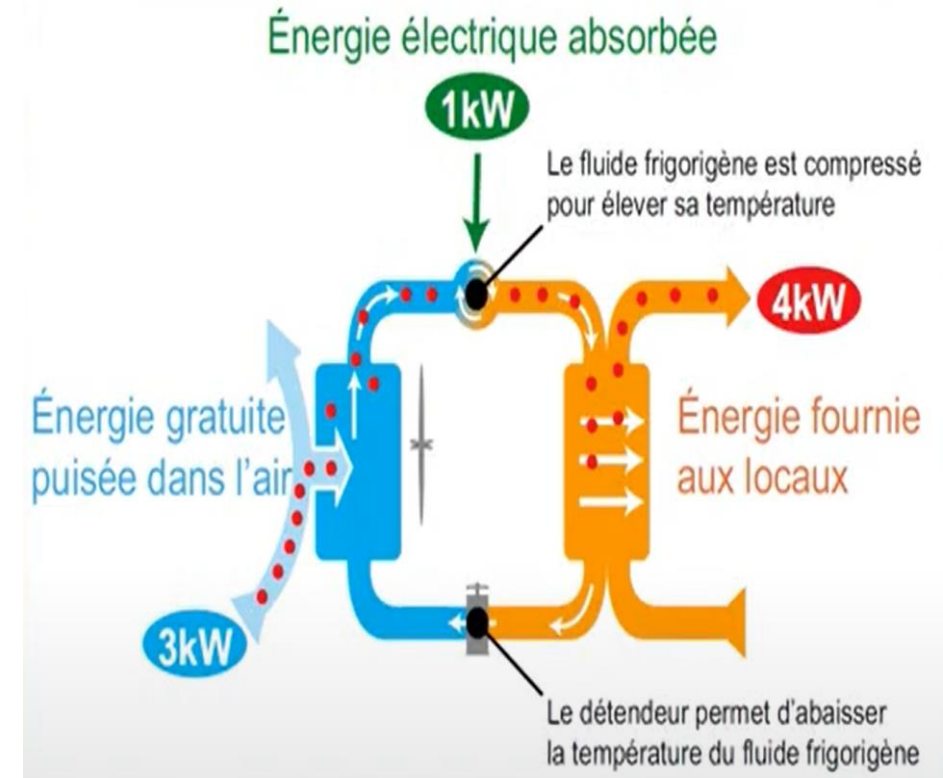
Fonctionnant en basse température et permettant une meilleure répartition de la température



POMPE À CHALEUR (PAC)

Machine thermique permettant d'utiliser de l'énergie pour « pomper » de la chaleur à basse température d'une "source froide" et de la restituer à une température plus élevée.

Elle utilise soit de l'énergie mécanique (pompes à compresseur) ou thermique (pompes à absorption)



UNITÉ AIR/AIR (À DÉTENTE DIRECTE)

Unité individuelle de climatisation

Les **unités air/air** puise de l'énergie depuis l'air vers l'air

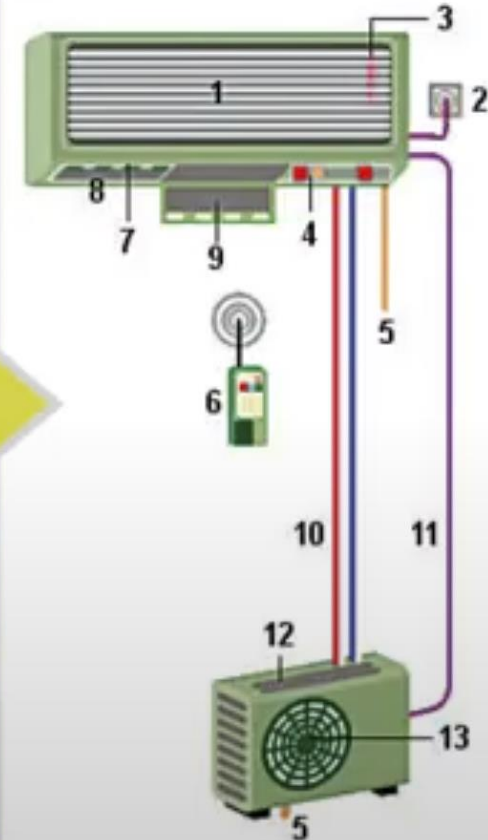
Les Unités individuelles de climatisation sont disponibles en versions Froid seul ou froid/chaud. Ils sont de types:

monobloc ;

split système (bi-bloc) ;

multi-split.

- 1 : reprise d'air partie haute
- 2 : alimentation électrique
- 3 : sonde de température de reprise d'air
- 4 : commande d'unité intérieure
- 5 : évacuation des condensats
- 6 : télécommande
- 7 : volet réglable
- 8 : air soufflé dans le local
- 9 : filtre à air
- 10 : liaison du fluide frigorigène
- 11 : raccordement électrique
- 12 : air repris à l'extérieur
- 13 : air soufflé à l'extérieur



Exemple : split système



UNITÉ AIR/AIR (À DÉTENTE DIRECTE)

Unité autonome de climatisation

Disponible en versions Froid seul ou froid/chaud. Ils offrent des puissances plus importantes que les unités individuelles. Ils sont de types :

- monobloc (roof-top) pour la climatisation de grands espaces
- armoires de climatisation (pour une climatisation de précision)

Exemple : roof-top



RÉSEAU HYDRAULIQUE

Tout réseau de tuyauteries équipant une installation de CVC dont la température du fluide transporté est inférieure à 18°C ou supérieure à 40°C doit être isolé thermiquement. Les épaisseurs minimales d'isolation (mm) sont indiquées dans le Tableau :

Intervalle de température (°C)	Diamètre des tuyauteries [mm] [pouce]				
	< 25,4	> 25,4 (1") < 50,8 (2")	> 50,8 (2") < 101,6 (4")	> 101,6 (4") < 152,4 (6")	> 152,4 (6")
	Tuyauteries de chauffage				
> 40°C	25,4 (1")	25,4 (1")	38,1 (1"1/2)	38,1 (1"1/2)	38,1 (1"1/2)
	Tuyauteries de froid (eau glacée, saumure, réfrigérants, condensats)				
4-18°C	12,7 (1/2")	19,1 (3/4")	25,4 (1")	25,4 (1")	25,4 (1")
< 4°C	25,4 (1")	38,1 (1"1/2)	38,1 (1"1/2)	38,1 (1"1/2)	38,1 (1"1/2)

RÉSEAU AÉRAULIQUE

Réalisé en plusieurs matériaux dont la tôle acier galvanisé ou bien le plâtre dans le cas de gaines coupe feu.

Les conduits d'air conditionné (soufflage d'air chauffé ou refroidi) doivent être isolés thermiquement :

Différence absolue entre la température de calcul dans la gaine et la température de l'air ambiant [°C]	Épaisseur minimale [mm]	
	Polystyrène◆	Laine de verre◆◆
0 - 4	pas d'exigence	pas d'exigence
4 - 15	15	20
15 - 30	25	30
Au-dessus de 30	40	46

* ou matériau équivalent de conductivité thermique

$\lambda = 0,036 \text{ W/m. K}$

** ou matériau équivalent de conductivité thermique

$\lambda = 0,042 \text{ W/m. K}$



PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES CVC

Pour garantir une performance énergétique optimale, les systèmes CVC reposent sur deux mécanismes complémentaires.

Cycle Thermodynamique :

- ❑ Comprend la compression, la condensation, la détente et l'évaporation.
- ❑ Permet des échanges thermiques précis pour chauffer ou rafraîchir.

Systèmes de Régulation :

- ❑ Assurent le contrôle automatique de la température et du débit d'air.
- ❑ Utilisent une boucle fermée pour ajuster continuellement le fonctionnement.

L'harmonisation du cycle thermodynamique et de la régulation garantit un confort thermique constant et une efficacité énergétique accrue



ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES SYSTÈMES CVC

Pour optimiser un système CVC, il est essentiel d'évaluer ses performances à l'aide de critères précis et de méthodologies adaptées.

Critères d'Évaluation :

- ❖ Efficacité énergétique mesurée par le COP et le rendement global.
- ❖ Consommation d'énergie par unité de surface.
- ❖ Qualité de l'air intérieur influençant le confort des occupants.

Méthodologies de Mesure :

- ✓ Utilisation de capteurs pour suivre la température, le débit d'air et la consommation.
- ✓ Analyse en temps réel grâce aux systèmes de régulation et de monitoring.

Importance de l'Analyse :

- Identification des points faibles pour améliorer la performance.
- Réduction des coûts énergétiques et amélioration du confort thermique.



ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES SYSTÈMES CVC (SUITE)

Les performances énergétiques minimales des installations de climatisations sont données :

➔ en mode refroidissement par l'Efficacité Énergétique (EER: Energy Efficiency Ratio)

Le niveau d'efficacité énergétique (EER) est calculé comme suit :

$$EER = \frac{\text{Puissance totale de refroidissement}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

➔ en mode chauffage par le coefficient de performance (COP: Coefficient of Performance).

Le coefficient de performance (COP) est calculé comme suit :

$$COP = \frac{\text{Puissance calorifique}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

Puissance totale de refroidissement	Quantité de chaleur extraite dans l'air par le climatiseur dans un intervalle défini de temps.
Puissance calorifique	Énergie calorifique fournie à l'air par l'inversion du cycle frigorifique durant un intervalle défini de temps.
Puissance électrique absorbée	Puissance électrique moyenne absorbée et composée de : <ul style="list-style-type: none">• la puissance absorbée par le fonctionnement du compresseur ainsi que pendant le dégivrage ;• la puissance absorbée par tous les organes de contrôle et de sécurité de l'appareil ;• la puissance proportionnelle absorbée par les auxiliaires tels que pompes ou ventilateurs nécessaires pour assurer le transfert du médium de refroidissement à l'intérieur de l'appareil.



TECHNIQUES D'OPTIMISATION DES SYSTÈMES CVC

L'optimisation des systèmes CVC vise à améliorer leur performance énergétique tout en réduisant la consommation et les coûts.

Maintenance Préventive :

- ✓ Inspections régulières pour détecter et corriger les dysfonctionnements.
- ✓ Nettoyage et réglages pour maintenir l'efficacité des équipements.

Modernisation Technologique :

- ✓ Remplacement des équipements obsolètes par des solutions à haute efficacité.
- ✓ Mise à jour des systèmes de régulation et intégration de nouvelles technologies.

Gestion Adaptative :

- Ajustement dynamique des paramètres en fonction des conditions réelles.
- Utilisation de logiciels de monitoring pour anticiper les besoins.



INNOVATIONS ET TECHNOLOGIES MODERNES DANS LES SYSTÈMES CVC

Les innovations technologiques permettent de transformer et d'optimiser les systèmes CVC pour une performance énergétique accrue.

Automatisation et Capteurs Intelligents :

- ✓ Systèmes de contrôle avancés intégrant l'IoT.
- ✓ Capteurs permettant un monitoring précis en temps réel.

Intégration des Énergies Renouvelables :

- ✓ Utilisation de l'énergie solaire pour compléter l'alimentation des systèmes.
- ✓ Association avec des solutions géothermiques pour maximiser l'efficacité.

Bénéfices :

- Amélioration du confort et de la qualité de l'air intérieur.
- Réduction significative des coûts énergétiques.



RÉGLEMENTATIONS ET NORMES DES SYSTÈMES CVC

Pour garantir des installations sûres et performantes, il est indispensable de respecter les réglementations et normes en vigueur.

Contraintes Légales :

- Respect des obligations légales en matière de performance énergétique.
- Conformité aux exigences de sécurité imposées par la réglementation.

Normes Techniques :

- Application des normes (NF, CE, etc.) pour assurer la qualité des équipements.
- Certifications et vérifications périodiques des installations.

Impact sur la Conception :

- ❖ Adaptation des solutions techniques aux exigences réglementaires.
- ❖ Veille réglementaire pour anticiper et intégrer les évolutions.



DÉFIS ET PROBLÉMATIQUES DES SYSTÈMES CVC

Les systèmes CVC rencontrent plusieurs défis qui nécessitent des solutions innovantes pour s'adapter aux exigences techniques et environnementales actuelles.

Défis Techniques :

- Usure naturelle et obsolescence des équipements.
- Difficulté d'intégrer de nouvelles technologies dans des installations existantes.

Problématiques Énergétiques :

- Consommation élevée dans certains systèmes.
- Optimisation des cycles thermodynamiques pour réduire les pertes.

Enjeux Environnementaux :

- Impact sur les émissions de CO₂ et la qualité de l'air.
- Nécessité d'orienter les solutions vers une durabilité accrue



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Pour clore ce chapitre, il est essentiel de récapituler les points clés et de réfléchir aux perspectives d'amélioration.

Synthèse :

- ❑ Récapitulatif des éléments abordés : principes de fonctionnement, évaluation, optimisation, innovations, réglementations et défis.
- ❑ Importance de l'intégration cohérente des systèmes CVC pour garantir une performance énergétique optimale.

Perspectives d'Amélioration :

- Surveillance des évolutions technologiques et réglementaires pour adapter les installations.
 - Opportunités de réduction des coûts énergétiques et d'amélioration continue du confort thermique.
- Un système CVC bien conçu et maintenu est un levier majeur pour la transition énergétique.

