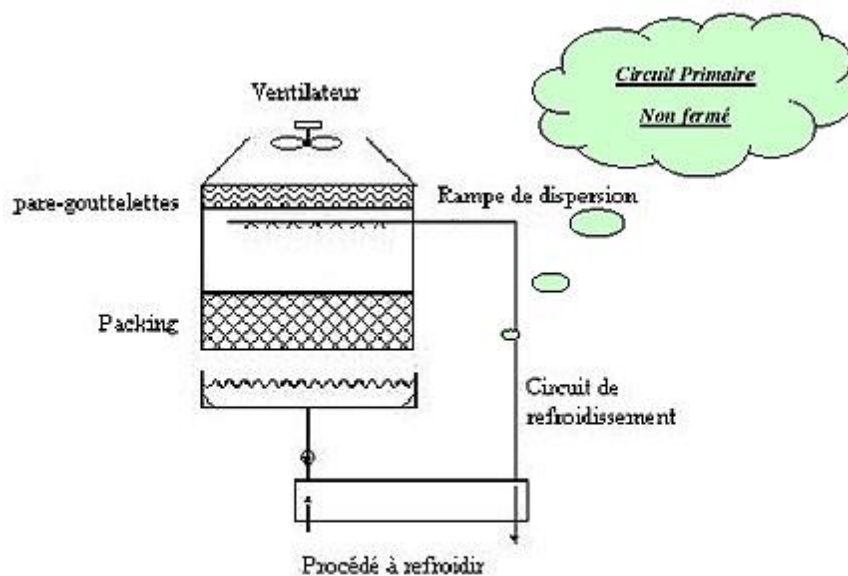


# Les solutions pour le refroidissement de l'eau pour les condenseurs à eau

## • Généralités

- Pour les condenseurs à eau de moyenne et grosse puissance on est amené à prévoir des dispositifs spéciaux permettant de réduire le plus possible la consommation de ce liquide de plus en plus précieux.
- Ces dispositifs consistent à faire circuler l'eau de refroidissement en circuit (ouvert ou fermé) dans des appareils dont il existe 2 catégories : les tours de refroidissement et les aéroréfrigérants.

## • Les tours de refroidissement à circuit ouvert



*Schéma de principe d'une installation de refroidissement avec une tour ouverte où l'eau dispersée provient directement du circuit à refroidir*

- L'eau en provenance du condenseur est pulvérisée dans une tour de refroidissement et ruisselle de haut en bas sur un échangeur de chaleur dans lequel circule, à contre-courant, de l'air.
- La circulation de cet air assure la vaporisation d'une petite quantité d'eau en prélevant de la chaleur au reste qui se trouve ainsi refroidi.
- Les tours de refroidissement nécessitent des appoints d'eau car leur mode de fonctionnement conduit à une quantité d'eau évaporée de 1% (pour un écart thermique de 6 K) et à des purges de déconcentration du circuit d'eau. L'appoint d'eau permet ainsi de limiter la concentration en sels dissous dans l'eau présente dans le circuit de la tour.
- Ce facteur de concentration est un des points à prendre en compte lors de la conception de la tour car il peut influencer sur les conditions de prolifération bactériologique. Généralement, l'appoint d'eau correspond au double de la quantité d'eau évaporée, bien que des aspects économiques tendent à diminuer dans la pratique ce niveau avec un traitement d'eau approprié. Cet appoint d'eau dépend également de la nature de l'eau disponible sur le site et de son traitement.



maintenance et analyses).

- Ces appareils présentent les avantages suivants :
  - \* investissement modéré en raison du rendement élevé de ce type de système à échange direct,
  - \* surface au sol et masse en service réduites,
  - \* niveau sonore faible surtout si la tour de refroidissement utilise un ou des ventilateur(s) centrifuge(s),
  - \* consommation d'exploitation modérée (électricité, eau, traitement d'eau,

● **Les tours de refroidissement à circuit fermé**

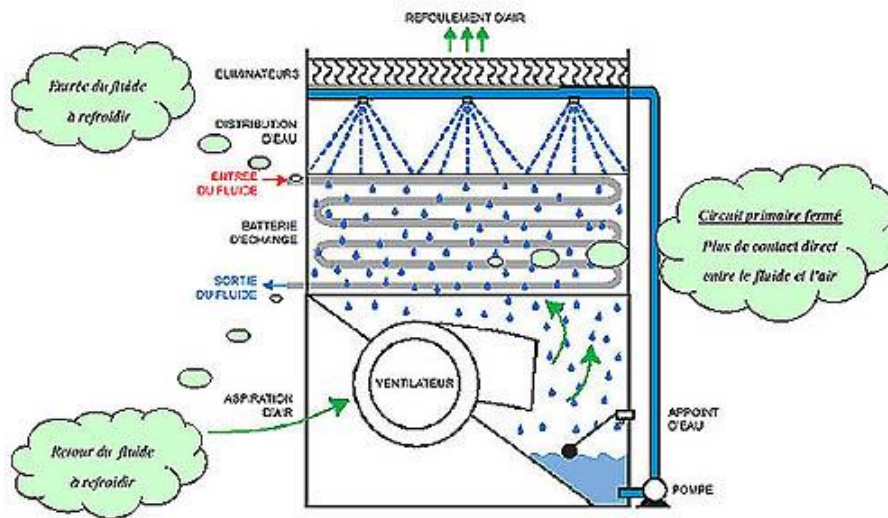


Schéma de principe d'une tour aéroréfrigérante avec échangeur tubulaire

- L'eau de refroidissement du condenseur circule en circuit fermé, à l'abri de la pollution atmosphérique.
- L'eau à refroidir traverse un échangeur de chaleur spécial souvent placé en partie basse d'une tour de refroidissement, cet échangeur étant alimenté à contre courant par de l'eau refroidie dans la tour exactement sur le même procédé qu'une tour à circuit ouvert.
- On se trouve donc en présence de deux circuits :
  - \* un circuit dit primaire dans lequel circule l'eau de refroidissement du condenseur en circuit fermé ;
  - \* un circuit dit secondaire qui assure en circuit ouvert le refroidissement de l'eau chargée de refroidir l'eau du circuit primaire.



- Inconvénients :
  - \* le double échange pénalise la température de l'eau de refroidissement,
  - \* coût d'investissement nettement plus élevé,
  - \* surface au sol et masse en service à performance identique plus élevées,
  - \* le faible volume d'eau à traiter entraîne des variations sensibles et rapides de ses caractéristiques et exige donc un suivi

régulier,

- \* consommation électrique plus élevée (présence d'une pompe sur le circuit tour, et fonctionnement à un débit d'air plus important),
- \* le niveau sonore est plus élevé (de 3 à 6 dBA maximum) du fait d'un fonctionnement avec des débits d'air importants afin de compenser les pertes de puissances thermiques liées au contact indirect entre le fluide du procédé à refroidir et l'air. Des options existent pour l'atténuation acoustique de ce type d'installation,
- \* entartrage possible de l'échangeur tubulaire, pénalisant pour les performances thermiques et le développement de légionelles. En préventif, un traitement approprié doit être mis en place ; en curatif, des traitements et procédures existent pour les opérations de détartrage avant d'en arriver au changement de l'échangeur,
- \* utilisation recommandée d'eau glycolée sur le circuit tour afin de prévenir les risques de gel à l'arrêt de l'installation.

○ Avantages :

- \* pas de pollution de l'eau de refroidissement du condenseur,
- \* consommation d'eau identique à celle d'une tour ouverte,
- \* l'échangeur étant placé sous le bassin hors du circuit d'air, on peut le by-passer ce qui revient à transformer la tour en un système ouvert et gagner ainsi quelques kelvins en saison chaude.

## • Les aéroréfrigérants

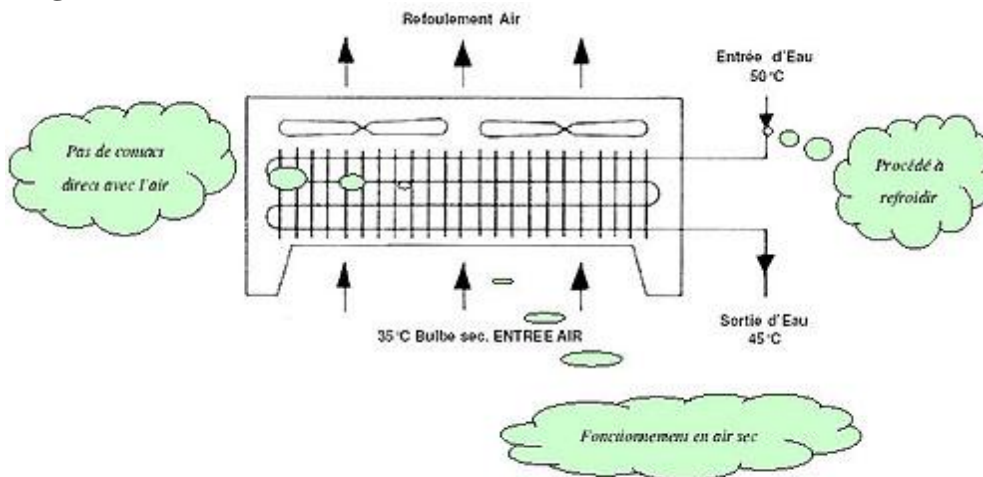


Schéma de principe d'un aéroréfrigérant sec

- Un aéroréfrigérant constitue un système de refroidissement par air exclusivement.
- Il comporte un ou plusieurs ventilateurs du type généralement aspirant dont le rôle est de faire circuler l'air sur un échangeur de chaleur dans lequel circule en circuit fermé l'eau de refroidissement du condenseur.

Vue d'un aéroréfrigérant



**ventilateurs hélicoïdes,  
entraînement direct,  
fonctionnement extérieur.**

○ Inconvénients :

- \* pas d'évaporation d'eau ce qui fait que le refroidissement obtenu est moins intense que pour une tour de refroidissement,
- \* nécessite des surfaces d'échange (surface au sol importante) et un débit d'air élevé,
- \* on compte au minimum une différence de 10 K entre la température de l'air et la température du fluide refroidi ce qui peut poser un problème en été dans certaines régions,
- \* consommation d'énergie électrique élevée (coût

d'exploitation),

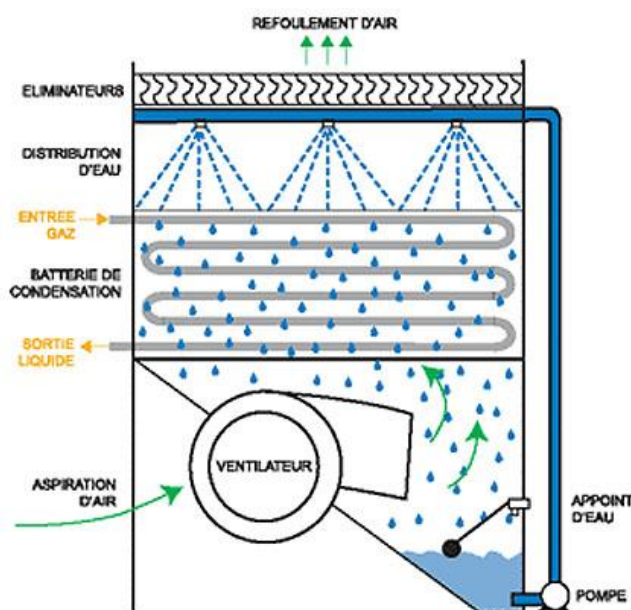
- \* niveau sonore plus élevé qu'avec une tour de refroidissement car les débits d'air sont supérieurs,
- \* nombreux moteurs électriques (nombre de ventilateurs),
- \* nécessité d'utiliser de l'eau glycolée pour prévenir le gel de l'installation.

○ Avantages :

- \* pas de consommation d'eau,
- \* pas d'entartrage,
- \* pas de traitement d'eau,
- \* coût d'investissement comparable à celui d'une tour ouverte (mais ne permettant pas d'atteindre les mêmes niveaux de températures),
- \* absence de panache,
- \* entretien aisé, bien que la batterie à ailettes demande à être nettoyée régulièrement, par des procédés adéquats afin de ne pas pénaliser les performances thermiques plus faibles que celles des systèmes humides.

○ Ces systèmes s'appliquent principalement dans le domaine de la climatisation en tertiaire, pour des puissances relativement faibles, mais peuvent également être utilisés en applications industrielles de puissances inférieures à 2 MW.

### • Le condenseur évaporatif



- Il s'agit de remplacer l'ensemble « condenseur à eau + tour » par un seul appareil basé sur le principe d'une tour de refroidissement à circuit fermée.
- C'est un condenseur à refroidissement à eau dans lequel le fluide frigorigène se condense dans des tubes alors que l'eau de refroidissement ruisselle sur ceux-ci.
- Tandis que le film d'eau absorbe la chaleur du fluide frigorigène, l'eau va simultanément céder cette chaleur par évaporation partielle.
- Le débit d'air nécessaire pour assurer cette évaporation est envoyé sur le réseau de tubes au moyen d'un ventilateur qui peut être du type aspirant ou refoulant.

- Dans pratiquement tous les appareils et avant qu'elle ne pénètre dans les tubes du condenseur les vapeurs de fluide frigorigène surchauffées sont préalablement refroidies dans un désurchauffeur sur lequel l'eau ne ruisselle pas.
- Pour éviter l'augmentation de la concentration en sel de l'eau recyclée, on peut prévoir un appoint d'eau fraîche supérieur à la quantité qui s'est évaporée (en général 5 à 6 Kg/h par kW de production frigorifique) ou prévoir un système de traitement d'eau.



- Régulation de la pression de condensation :
  - \* Il est possible, lorsque la température extérieure n'est pas trop élevée, de faire fonctionner le condenseur évaporatif sans circulation d'eau.
  - \* Il est également possible de réduire le débit d'air en circulation :
    - par réduction de la vitesse de rotation du ou des ventilateurs ;
    - par arrêt d'un ou plusieurs ventilateurs ;

- par variation de l'angle de calage des aubes des ventilateurs au moyen d'ensembles régleurs du type électropneumatique ou hydraulique ;
- par changement de position des volets d'un registre placé sur l'écoulement de l'air (déconseillé d'un point de vue énergétique).

- Température de condensation :

$$\theta_k = \theta_{bh} + 10 \text{ à } 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$