Module 4 : Réseaux de froid

Version pour la formation professionnelle intensive

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B_Erasmus+ KA220-HED Partenariats de coopération dans l'enseignement supérieur_x000B_Établissement responsable : Universitat Jaume I de Castellón_x000B_Auteur : Dr. Adrián Mota-Babiloni and Ghad Alarnaot-Alarnaout_x000B_Date : juillet 2026_x000B_Version 1.1

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



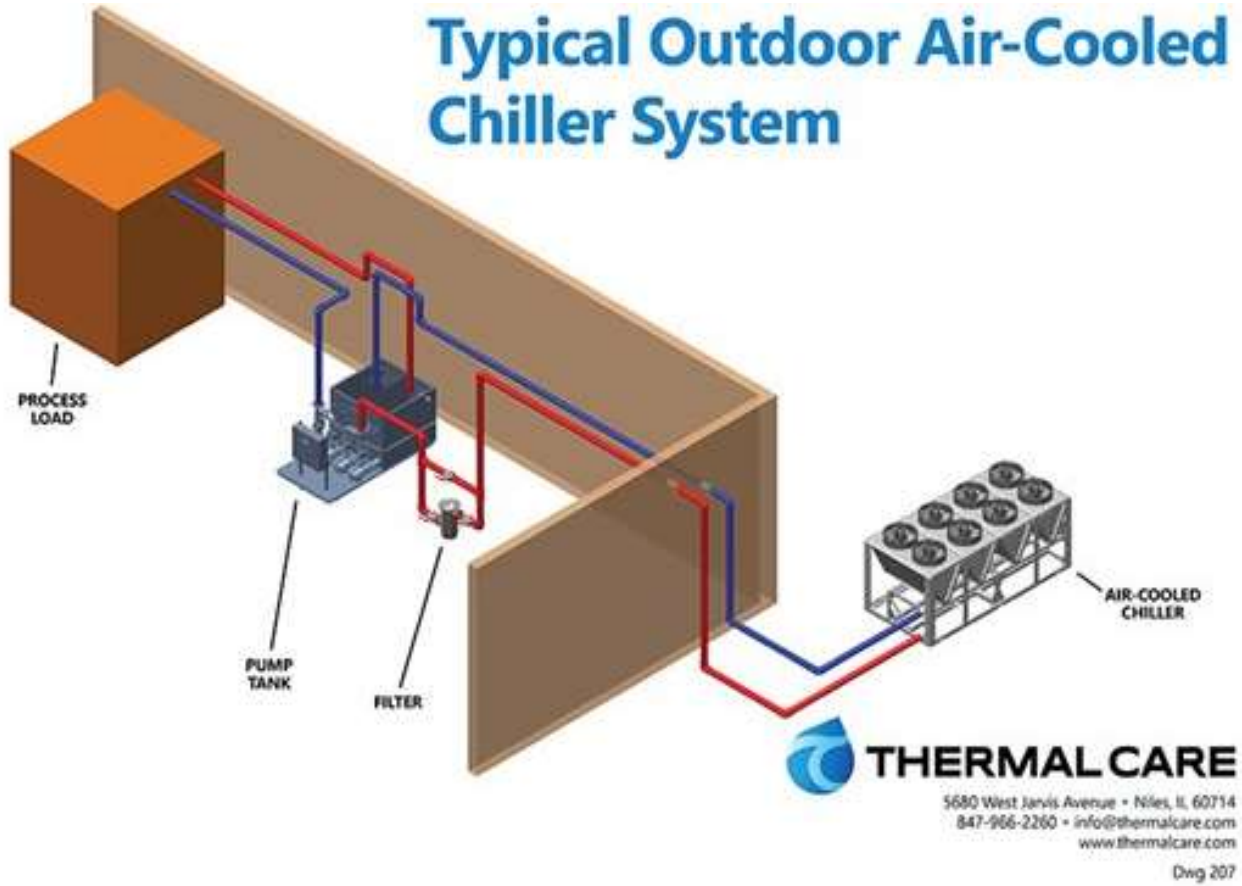
GROUPES FROID

Introduction

Un groupe froid extrait la chaleur d'un procédé, d'un équipement ou d'un bâtiment pour maintenir une température contrôlée. Un fluide refroidi en circulation (souvent de l'eau ou un mélange eau-glycol) absorbe cette chaleur et la rejette dans l'environnement.

Ils servent à refroidir équipements, procédés et bâtiments dans les secteurs industriel, commercial et CVC, pour des puissances de plusieurs centaines à plusieurs milliers de kW.

Les groupes froid sont utilisés dans l'industrie, les établissements de santé, les centres de données et l'agroalimentaire pour maintenir les températures optimales.

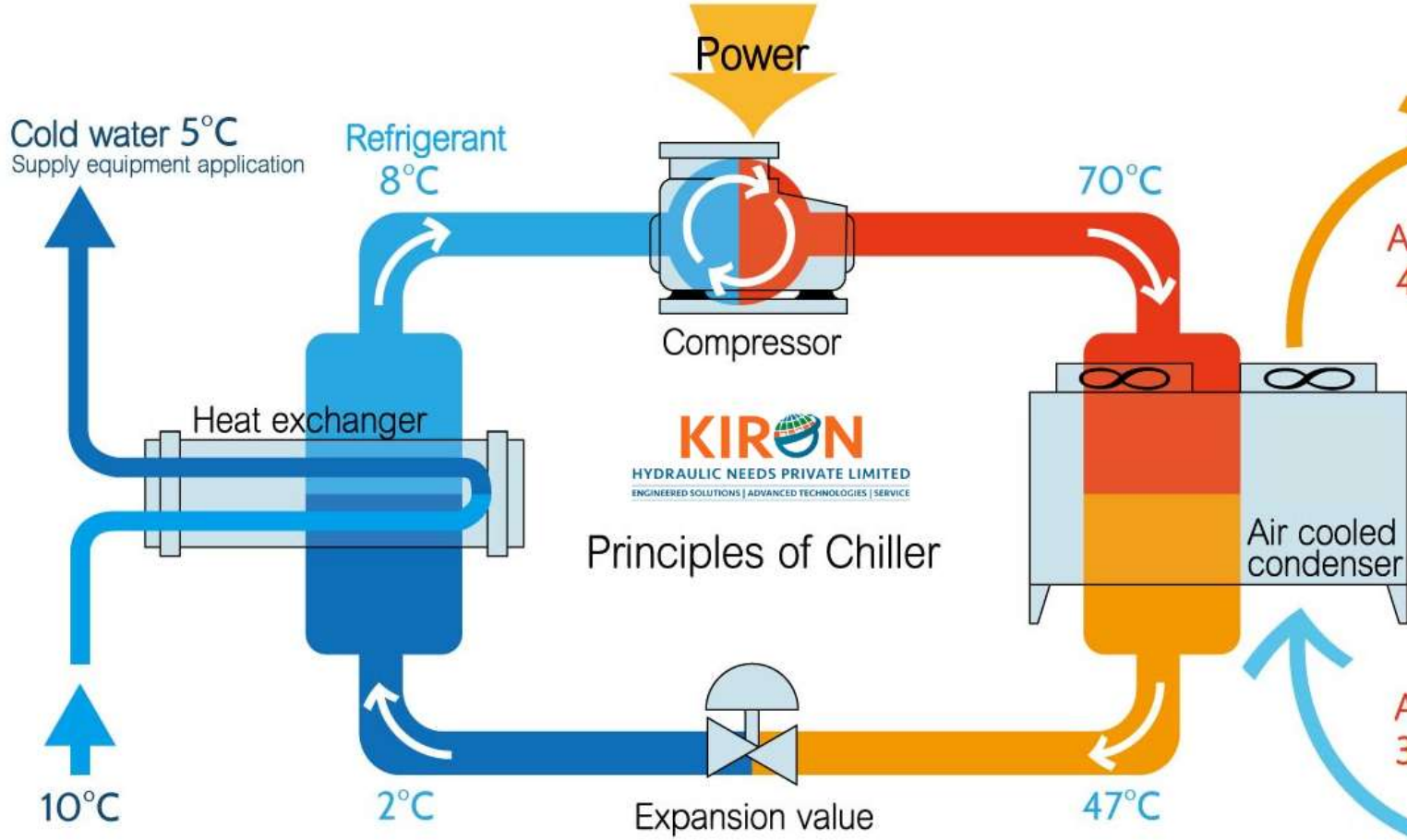


Plastics Technology. (n.d.). How does a chiller work. https://www.ptonline.com/kc/process-cooling/basics/how-does-a-chiller-work

GROUPES FROID

Fonctionnement

- Le cycle d'un groupe froid est semblable à celui d'une pompe à chaleur, mais réservé au refroidissement.
- L'évaporateur absorbe la chaleur par échange thermique avec de l'eau liquide.
- La chaleur est rejetée dans l'air, généralement en toiture.
- Les unités comprenant des ventilateurs de rejet de chaleur sont appelées unités de condensation.



Kiron Hydraulic Needs. (2023, July 31). Chiller circulation system. Group Kiron. https://www.groupkiron.com/blog/chiller-circulation-system/

GROUPES FROID

Types de groupes froid

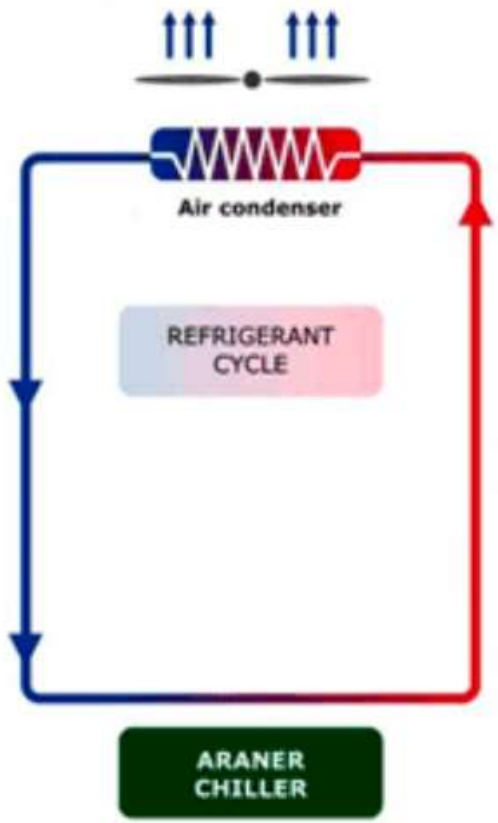
Les groupes froid se classent selon le mode de rejet de chaleur :

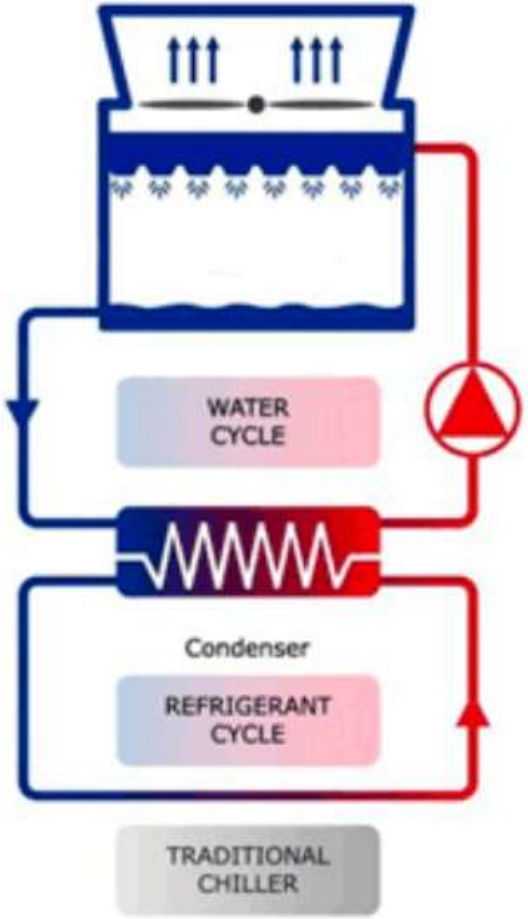
1.Groupes froid à condensation par air :

1. Des ventilateurs font circuler l'air sur le condenseur pour rejeter la chaleur.
2. Adaptés aux installations petites et moyennes ou lorsque l'eau est peu disponible.
3. Courants dans les systèmes CVC tertiaires.

2.Groupes froid à condensation par eau (centrifuges) :

1. Utilisent l'eau et des tours aéroréfrigérantes pour rejeter la chaleur plus efficacement.
2. Adaptés aux grandes installations industrielles nécessitant un rendement élevé



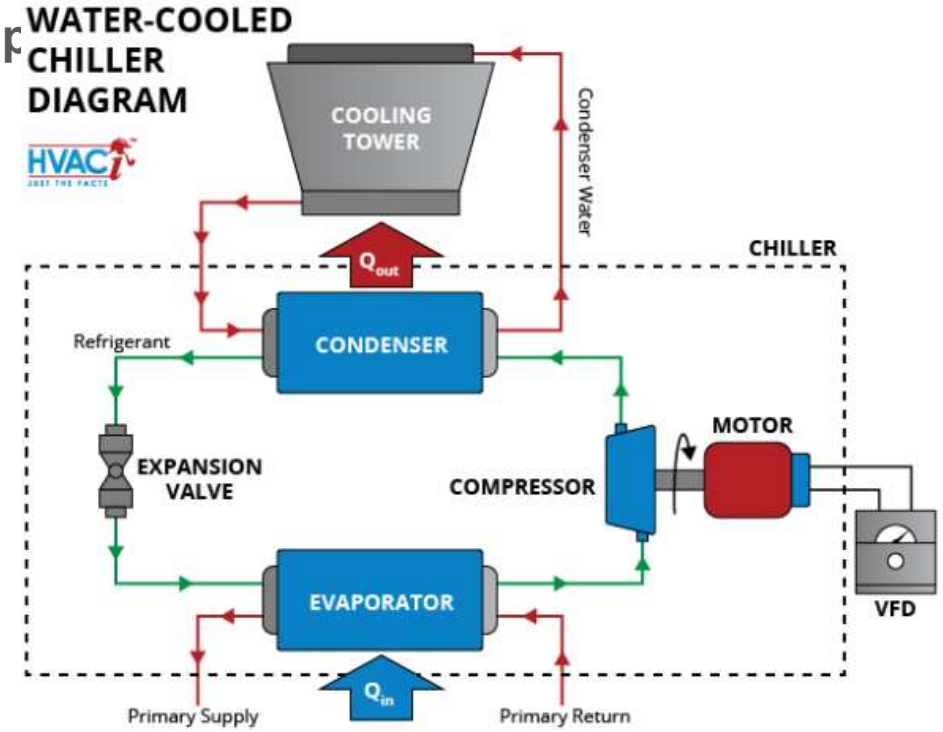


Araner. (n.d.). Air-cooled vs. water-cooled chiller. https://www.araner.com/blog/air-cooled-vs-water-cooled-chiller

GROUPES FROID

Groupe froid à condensation p

Un groupe froid à condensation par eau rejette la chaleur dans l'eau, refroidie ensuite en tour aéroréfrigérante puis renvoyée au condenseur.



Plage : 50 à 10 000 kW



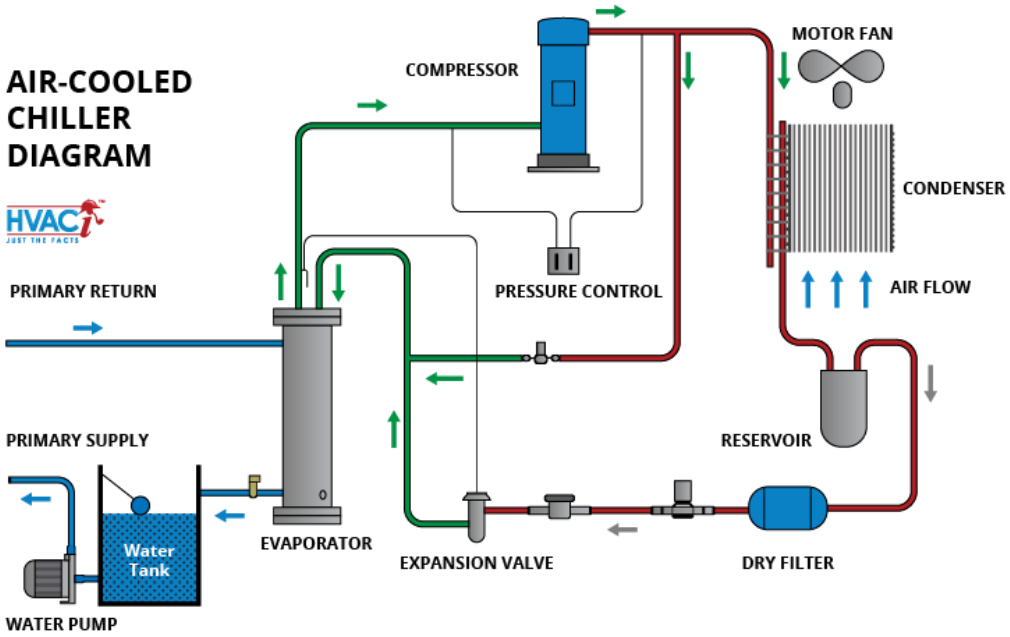
Alpine Intel. (2025). The basics of chillers. https://alpineintel.com/resource/the-basics-of-chillers/

Carrier CCA. (n.d.). Product listing (Parent ID: 7, Category ID: 48). https://www.carriercca.com/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=48

GROUPES FROID

Groupe froid à condensation par air

Dans un groupe froid à condensation par air, le fluide frigorigène est refroidi directement par l'air et la chaleur est rejetée dehors.



Plage : 15 à 1500 kW



Alpine Intel. (2025). The basics of chillers. https://alpineintel.com/resource/the-basics-of-chillers/

Carrier CCA. (n.d.). Product listing (Parent ID: 7, Category ID: 48). https://www.carriercca.com/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=48

GROUPES FROID

Key Metrics and Efficiency

- **Cooling Capacity (Q_o)**: Measured in tons of refrigeration or kilowatts (kW), indicating the amount of heat removed.
- **Power Consumption (W_c)**: Compressors consume (kW) the most electricity in the system, making their design critical for efficiency. Water pumps and fans must be considered as they can represent 10% of the consumption.
- **Energy efficiency ratio (EER)**: A measure of efficiency calculated as the ratio of cooling provided to energy consumed (kW cooling / kW electricity).

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{W}_c}$$

- **Seasonal energy efficiency ratio (SEER)**: Like the EER, but over an entire season, by calculating the cooling output divided by total electric energy input (kWh cooling / kWh electricity).

GROUPES FROID

Coefficient d'efficacité énergétique saisonnière (SEER)

- Le SEER simule le fonctionnement réel avec température intérieure fixée, températures extérieures et charges variables.
- La norme EN 14825 définit la méthode d'essai.

		Capacity			
		100%	**74%**	**47%**	**21%**
Outdoor temperature	**Air source**	35 °C	30 °C	25 °C	20 °C
	Water source	30 °C	26 °C	22 °C	18 °C

- La classe énergétique dépend du SEER et de l'équipement ; elle va de A+++ à G, A+++ étant la plus efficace.

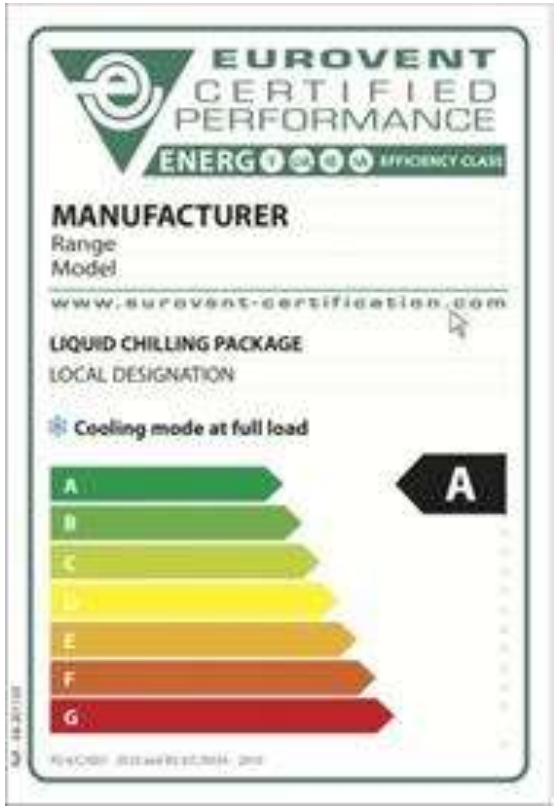
GROUPES FROID

Performance du système

Elle dépend de :

- Bonne conception et installation professionnelle du système.
- Maintenance régulière.
- Taille et efficacité énergétique du bâtiment climatisé.
- Dimension du système et capacité de traitement d'air.
- Durée quotidienne de fonctionnement.
- Température intérieure.
- Température extérieure.

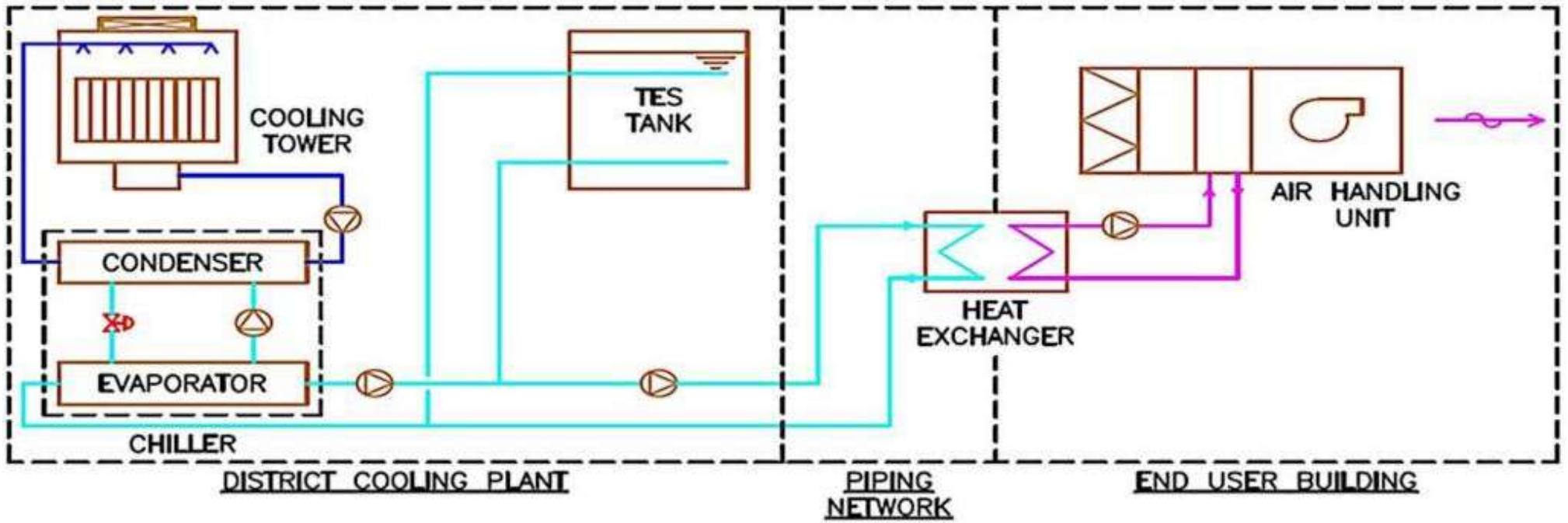
AC	CHF	
≥ 5.05	≥ 5.1	A
4.65≤EER<5.05	4.9≤EER<5.1	B
4.25≤EER<4.65	4.7≤EER<4.9	C
3.85≤EER<4.25	4.5≤EER<4.7	D
3.45≤EER<3.85	4.3≤EER<4.5	E
3.05≤EER<3.45	4.1≤EER<4.3	F
< 3.05	<4.1	G



Eurovent Certita Certification. (n.d.). Eurovent Certified Performance. https://www.eurovent-certification.com/en/

INTÉGRATION DES GROUPES FROID DANS UN RÉSEAU DE FROID

Intégration des groupes froid au réseau de froid



L'intégration de groupes froid à un réseau de froid repose sur deux points : on utilise généralement des groupes à condensation par eau en raison des fortes puissances et débits ; un stockage thermique est également nécessaire pour couvrir les variations de demande.

District Cooling Pro. (n.d.). What are the main components of a district cooling system? https://districtcooling.pro/what-are-the-main-components-of-a-district-cooling-system/

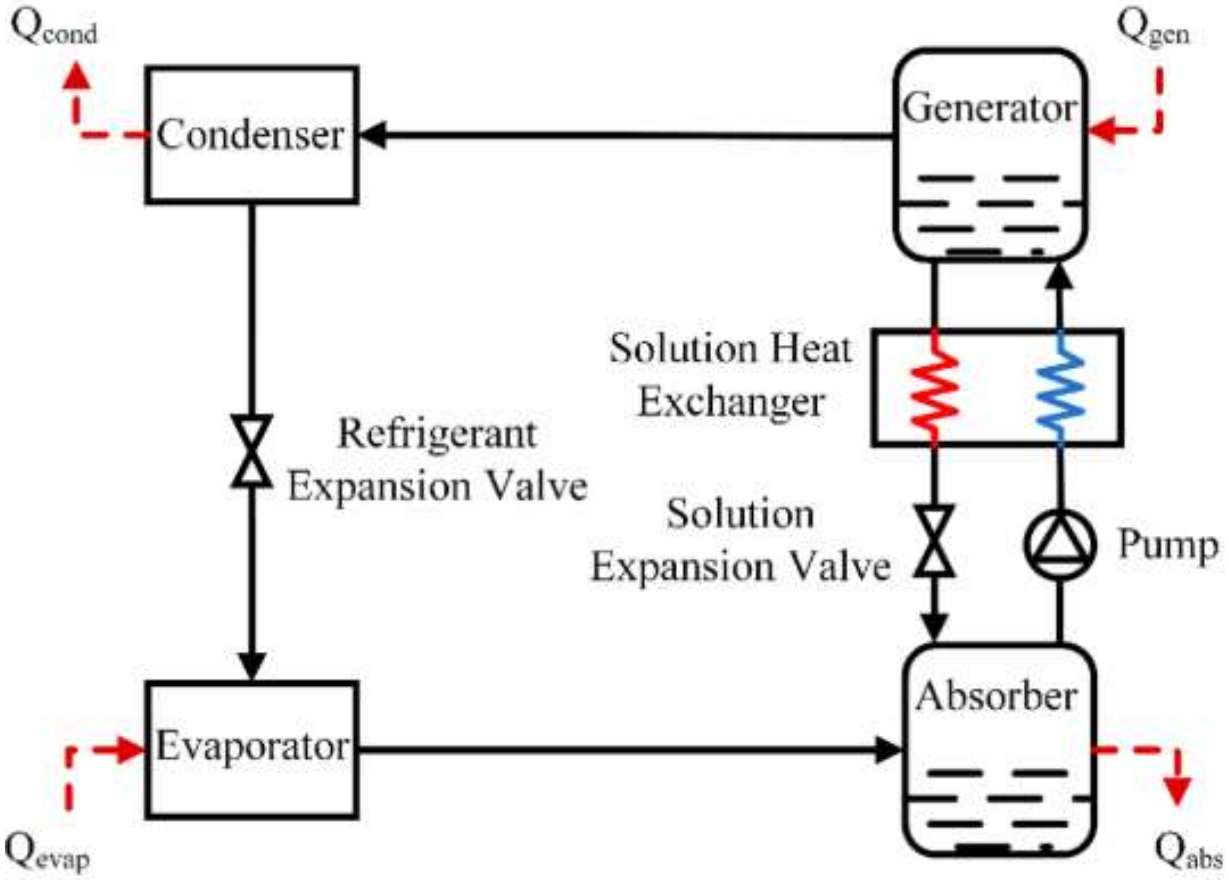
MACHINES FRIGORIFIQUES À ABSORPTION

Réfrigération par absorption

Principaux composants :

1. **Évaporateur : le fluide frigorigène absorbe de la chaleur et s'évapore.**
2. **Absorbeur : la vapeur de frigorigène est absorbée par la solution absorbante.**
3. **Générateur : la chaleur sépare le frigorigène de l'absorbant et le régénère.**
4. **Condenseur : le frigorigène cède de la chaleur et redevient liquide.**

.



Wang, L., He, L., & He, Y. (2024). Review on Absorption Refrigeration Technology and Its Potential in Energy-Saving and Carbon Emission Reduction in Natural Gas and Hydrogen Liquefaction. Energies, 17(14), 3427. https://doi.org/10.3390/en17143427

MACHINES FRIGORIFIQUES À ABSORPTION

Relevant Parameters

Cooling Capacity ($\dot{Q}_O$): The amount of heat removed by the evaporator from the space or process being cooled, typically measured in kW.

Heat Input ($\dot{Q}_g$): The heat required to drive the absorption cycle, typically provided by a heat source like natural gas, waste heat, or solar energy. It is often measured in kW.

Coefficient of Performance (COP): The cooling capacity (Qo) ratio to the heat input (Q_g).

$$COP = \frac{\dot{Q}_O}{\dot{Q}_g}$$

COP is a key performance indicator of energy efficiency. A higher COP indicates a more efficient system. In absorption refrigeration, typical COP values range from 0.5 to 1.5, significantly lower compared to vapor compression systems.

MACHINES FRIGORIFIQUES À ABSORPTION

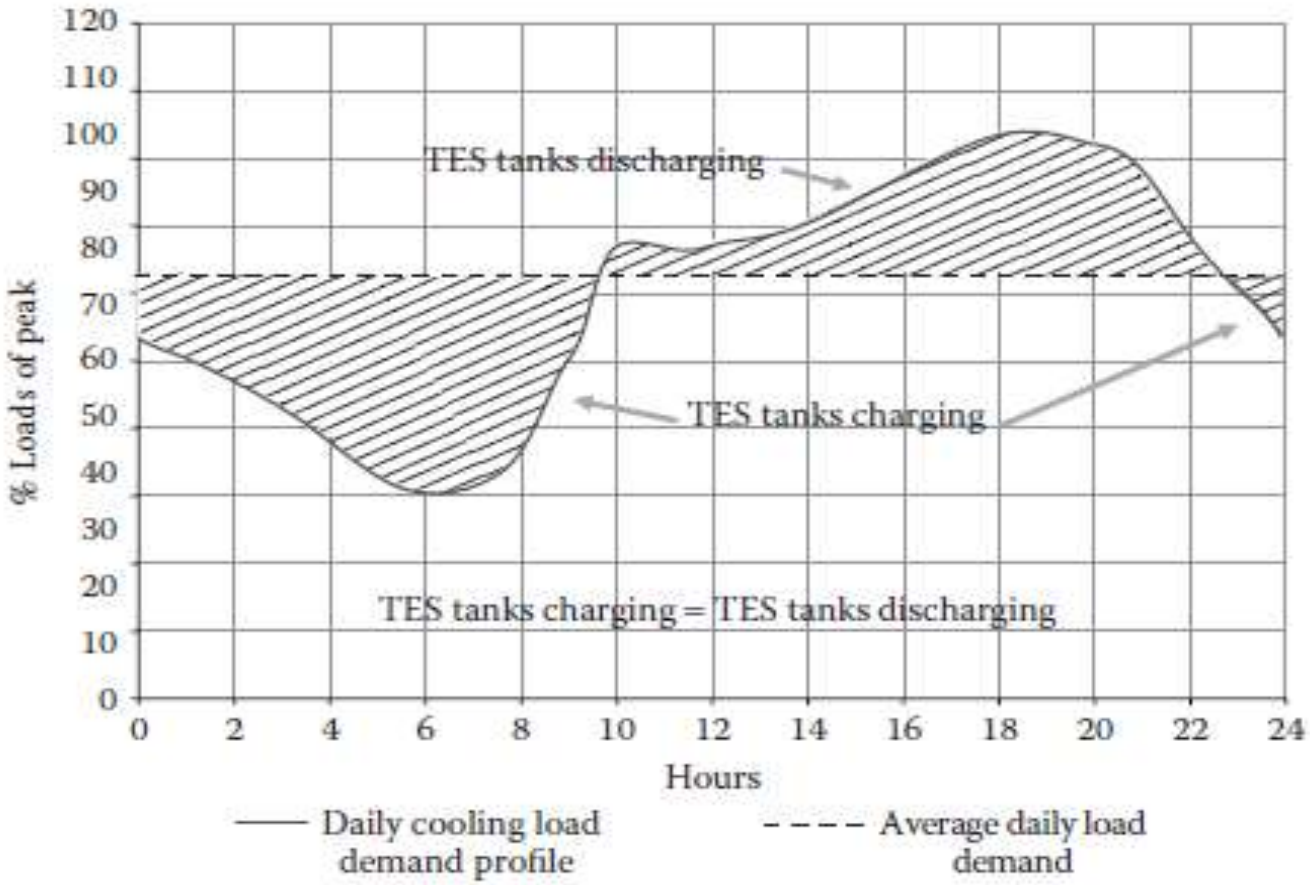
Par rapport aux systèmes à compression de vapeur :

Compression systems	Absorption systems
Work operated	Heat operated
High COP	Low COP (currently maximum ≈ 1.4)
Performance (COP and capacity) very sensitive to evaporator temperatures	Performance not very sensitive to evaporator temperatures
System COP reduces considerably at part loads	COP does not reduce significantly with load
Liquid at the exit of evaporator may damage compressor	Presence of liquid at evaporator exit is not a serious problem
Performance is sensitive to evaporator superheat	Evaporator superheat is not very important
Many moving parts	Very few moving parts
Regular maintenance required	Very low maintenance required
Higher noise and vibration	Less noise and vibration
Small systems are compact and large systems are bulky	Small systems are bulky and large systems are compact
Economical when electricity is available	Economical where low-cost fuels or waste heat is available

STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMIQUE (TES)

Le stockage thermique et son principal avantage

- Dans les réseaux de froid, l'énergie frigorifique est stockée dans un réservoir d'eau isolé, refroidi ou gelé hors pointe (nuits ou week-ends) puis réchauffé ou dégelé en période de pointe.
- La décharge du stockage couvre une partie ou la totalité des pointes et permet de réduire la puissance frigorifique installée. Hors pointe, les groupes froid alimentent le réseau et rechargent le stockage.
- Des groupes froid moins puissants diminuent les coûts d'investissement et d'exploitation ainsi que la charge sur le réseau électrique.



Ghajar, A. J., Kraus, A. D., Welty, J. R., & Aziz, A. (2017). HEAT TRANSFER A Series of Reference Books and Textbooks Series editor Introduction to Thermal and Fluid Engineering. www.ebook3000.com

2.3. STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMIQUE (TES)

Types de stockage thermique

	Ice storage tank	Chilled water storage tank	Low-temperature liquid storage tank
Type of storage	Latent heat	Sensible heat	Latent heat
Discharge temperature	1ºC to 7ºC	4ºC to 6ºC	-1ºC to 2ºC
Recharge temperature	-8ºC to -2ºC	4ºC to 6ºC	-1ºC to 2ºC
Recharge chiller plant and power (kW electricity in/kW thermal out)	0.8 to 1.1 kW/ton (0.23 to 0.31)	0.6 to 0.7 kW/ton (0.23 to 0.31)	0.7 to 0.8 kW/ton (0.23 to 0.31)

District cooling guide. (2013). ASHRAE. https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/district-heating-and-cooling-guides

Merci !_x000B__x000B_Module 4 - District Cooling_x000B_SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B__x000B_https://www.shakeproject-dhc.eu/_x000B__x000B_Developed by UJI_x000B_Dr. Adrián Mota-Babiloni | mota@uji.es_x000B_Ghad Alarnaot-Alarnaout | alarnaot@uji.es_x000B__x000B_



Co-funded by the European Union