



Promouvoir  
une attitude  
responsable

# ÉNERGIE & EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

---

COLLOQUE AFCE - 7 OCTOBRE 2020



Assaad Zoughaib  
*CES, Mines Paristech*



Promouvoir  
une attitude  
responsable



# L'efficacité énergétique sous contraintes : quels challenges ?

---

COLLOQUE AFCE - 7 OCTOBRE 2020

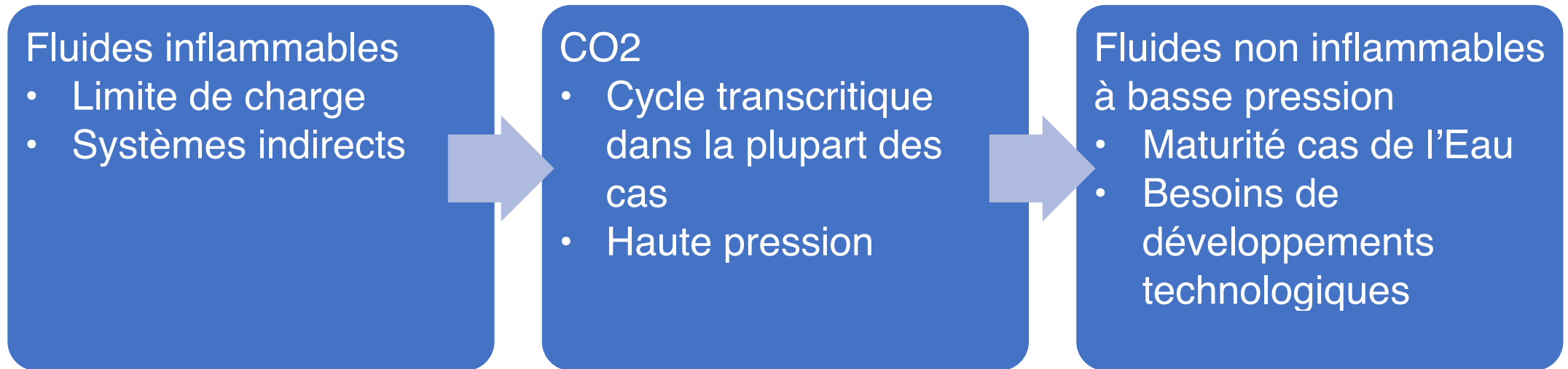
# Contexte réglementaire

- ECO design=> fixe des seuils minimaux de performance énergétique des équipements par type
- F-gaz => fixe un cadre de baisse de mise sur le marché des HFC, complété par des mesures nationales
- EN378 et réglementations spécifiques nationales=> définit en particulier les aspects liés à la sécurité (inflammabilité, appareils sous pression...). Pour l'inflammabilité, en France, on cite le Guide M et CH35 modifié

# Impact F-Gaz sur le paysage des réfrigérants

- Froid industriel => tendance lourde de long terme d'aller vers l'ammoniacque dans l'agroalimentaire ou du CO2
- GRE => HFO (1234ze) inflammable, HFO basse pression non inflammables, l'eau comme fluide frigorigène
- Climatisation et PAC ambiances => R-32 ou mélanges HFO/HFC quid de leur pérennité, CF3I, R1123. CO2 mais avec problématiques coût performances, propane, mélanges CO2+propane....
- Froid commercial: mélanges HFC/HFO, propane, CO2, Cascades CO2/HFO ou CO2/Ammoniacque
- Clim auto: HFO(1234yf), CO2 retour de développements
- Clim train, transports frigo....

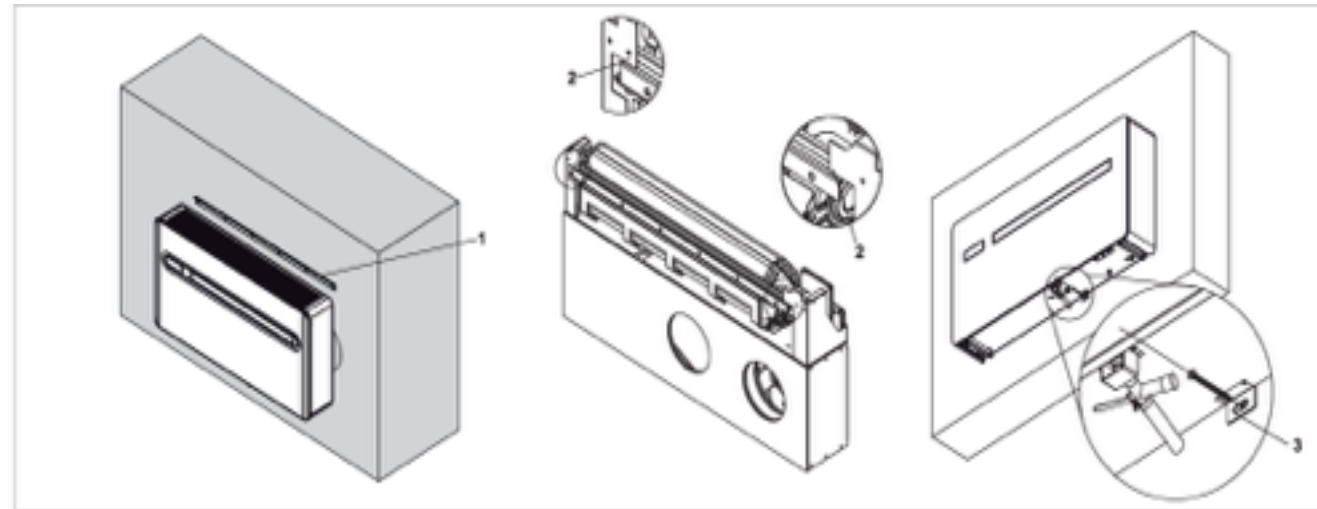
# Conséquences technologiques



- Quelles conséquences pour les performances énergétiques ?

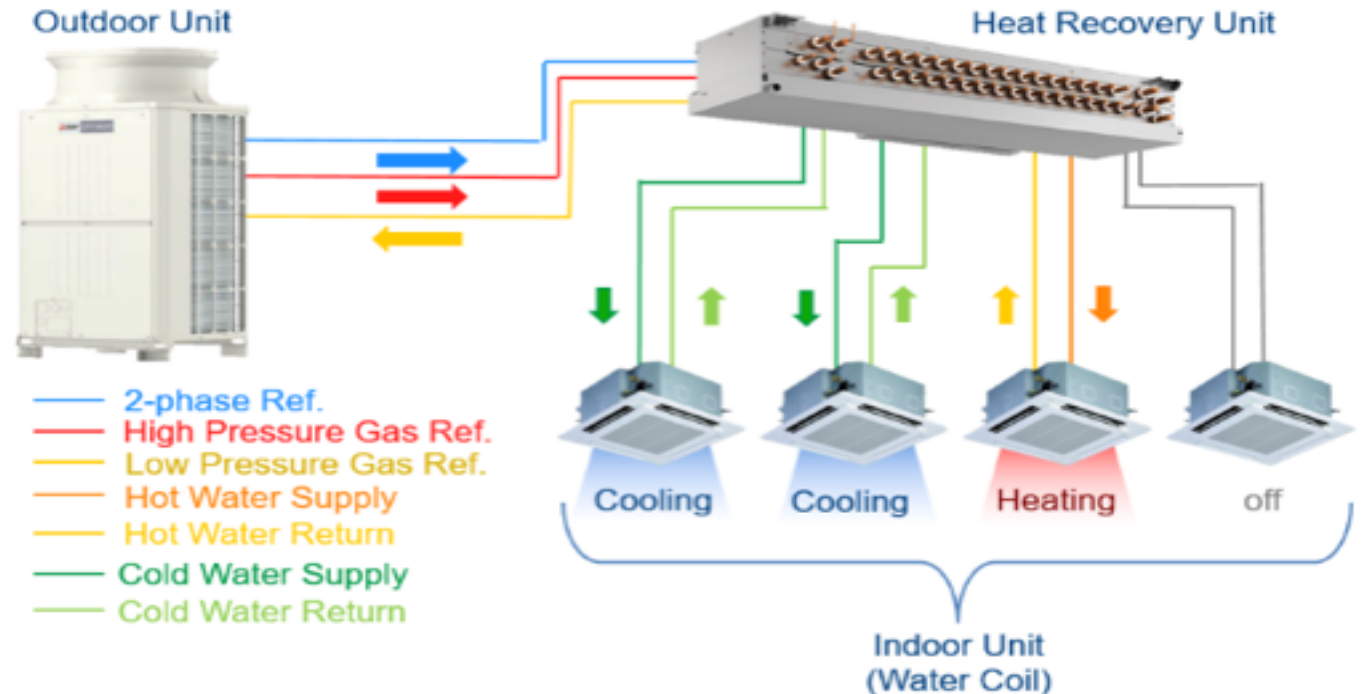
# Fluides inflammables (1)

- Thermodynamiquement ce sont des fluides permettant une haute efficacité énergétique
- Les règles de sécurité imposent cependant une limitation de la charge
- Pour les installations de faible puissance (petit froid commercial, split...) ceci conduit à concevoir des installations compactes avec une conséquence sur la performance énergétique (ex. clim compacte à double conduit en remplacement de splits)



# Fluides inflammables (2)

- Pour les installations de grande puissance (rooftop, VRV...) il n'est pas possible de concevoir des installations compactes sans l'utilisation de fluide caloporteur ou frigoporteur (ex. VRV hybride)



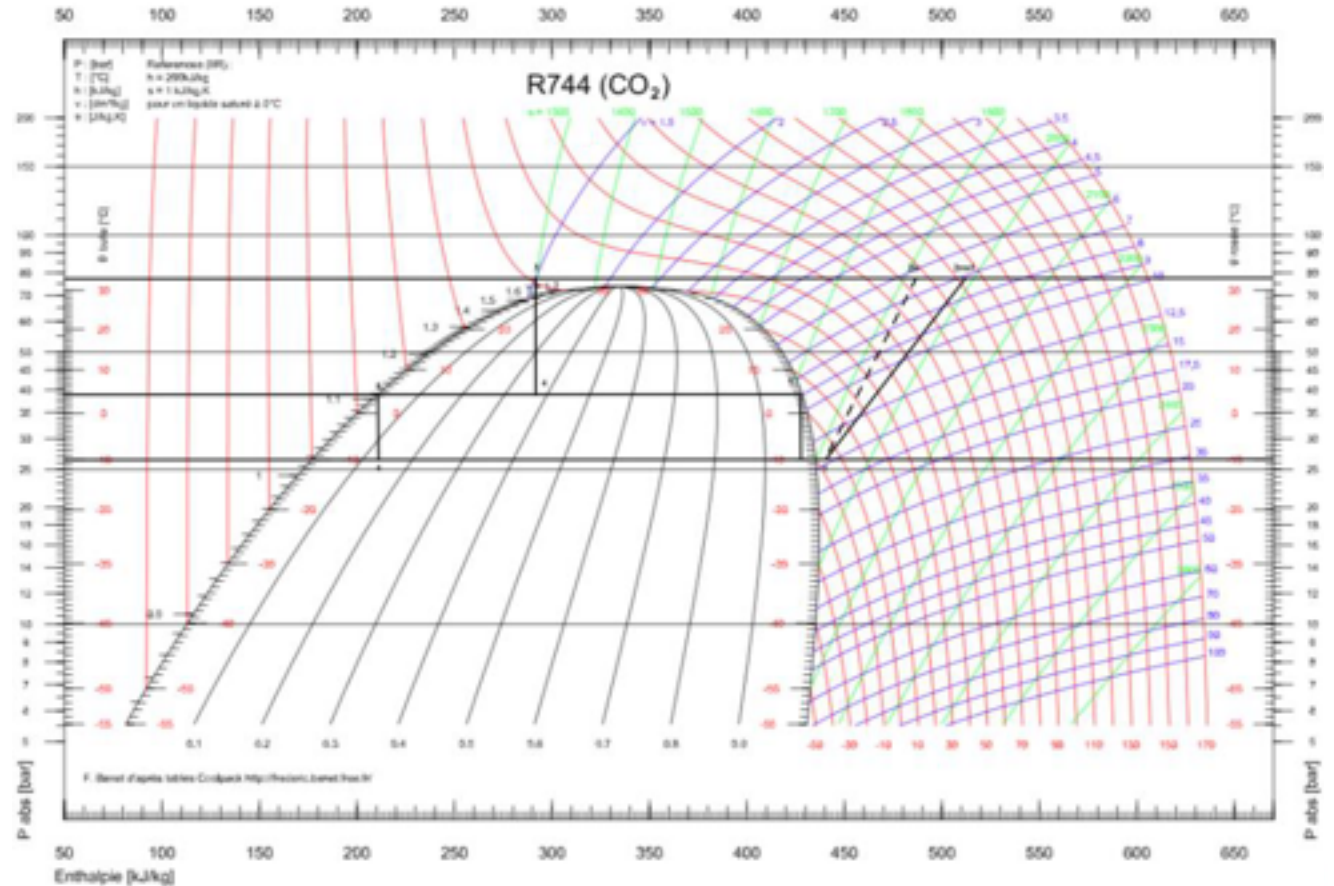
# Fluides inflammables (3)

- Les mesures de sécurité coûteraient entre 10 et 20% sur le COP des équipements
- Les efforts pour réduire cette pénalité doivent se concentrer sur :
  - ❑ Développement d'échangeurs compacts à faibles pertes de pression et grande efficacité d'échange
  - ❑ Dans le cas des systèmes indirects, explorer l'intérêt de mélanges de fluide à glissement de température compatible avec celui du fluide secondaire
  - ❑ Nouvelle génération de compresseurs (compacts et performants)



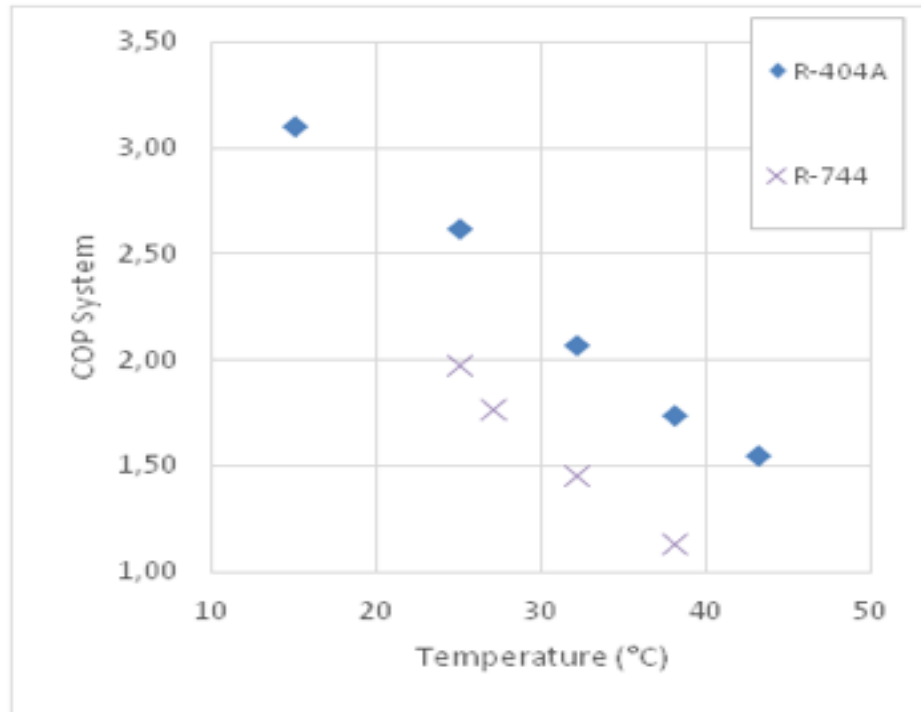
# CO2 (1)

- Le CO2 est un fluide à faible température critique (31 °C) et forte pression
- Son utilisation en cascade pour les températures négative permet des installations compactes et performantes
- Dans les autres cas d'usages, il est le plus souvent en cycle transcritique

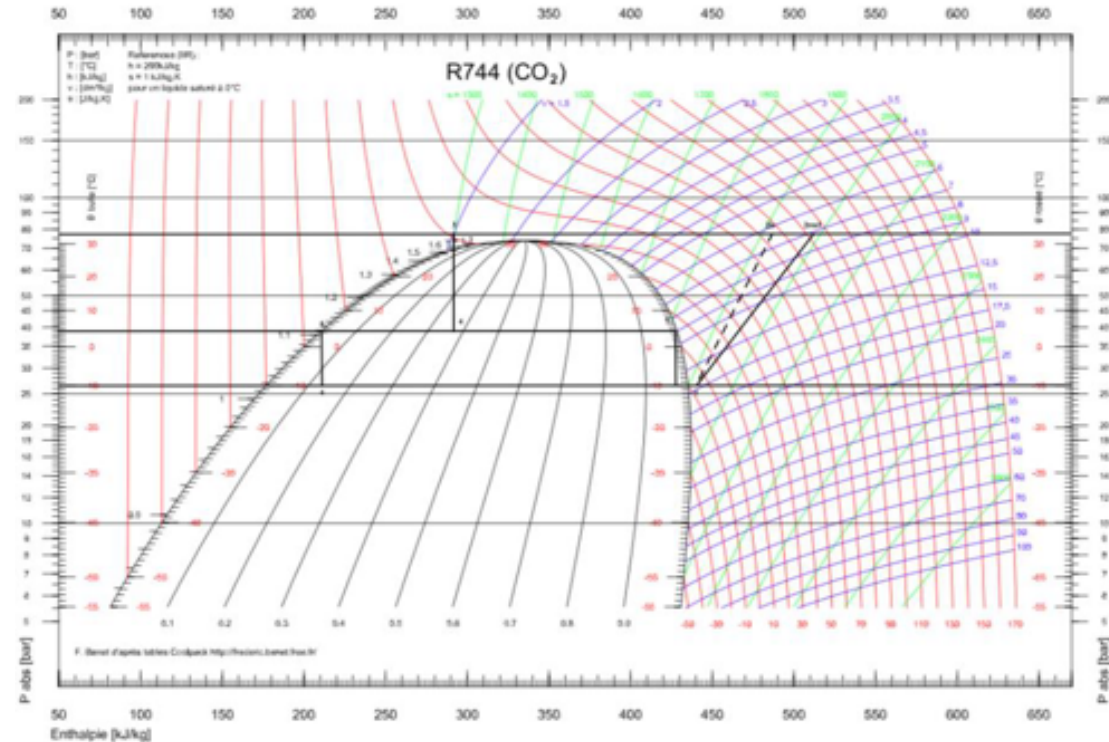


# CO2 (2)

- En cycle transcritique simple et surtout pour des températures ambiantes supérieures à 20°C, le CO2 sous performe comparé aux HFC, HFO ou le Propane

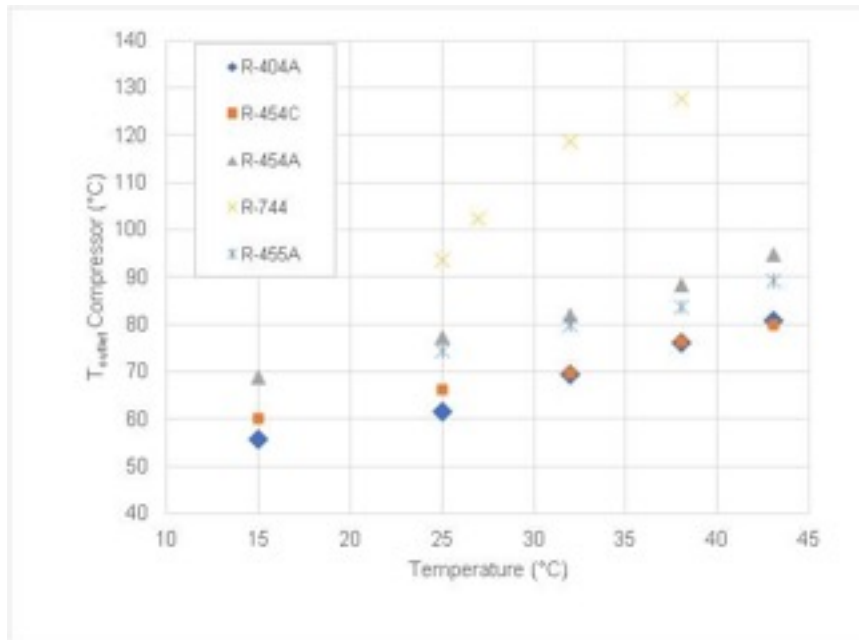


Comparaison de deux unités de condensation récentes

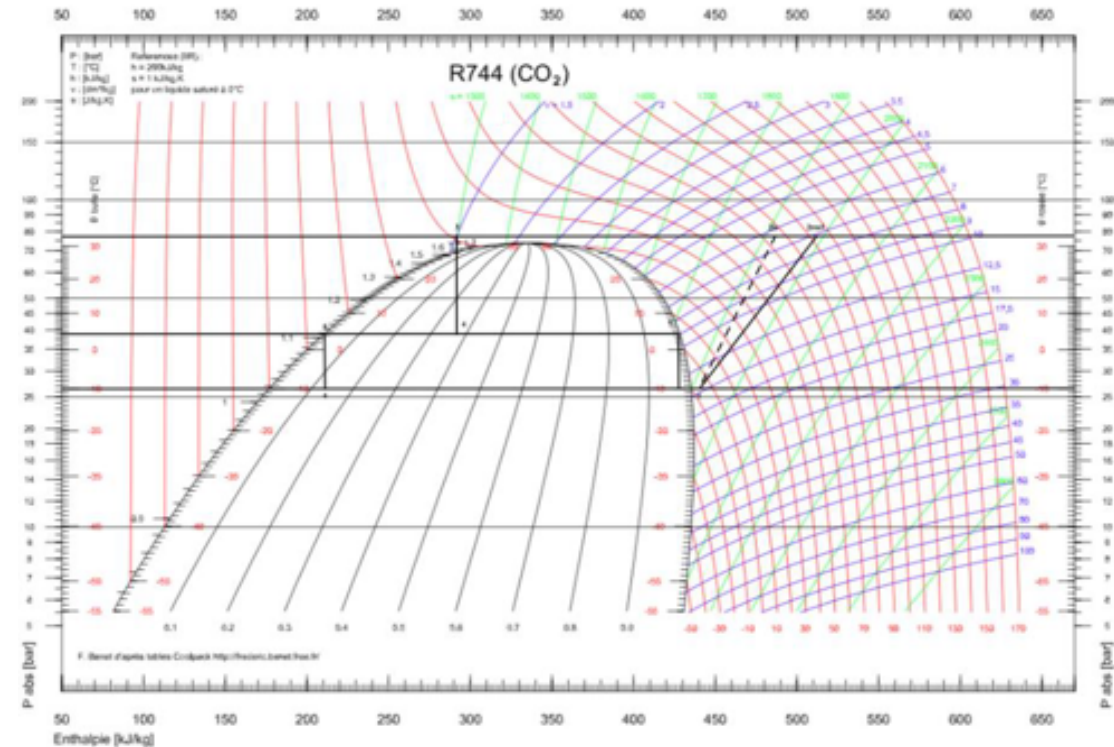


# CO2 (3)

- La valorisation de chaleur simultanément à la production de froid est un levier pour améliorer le bilan énergétique

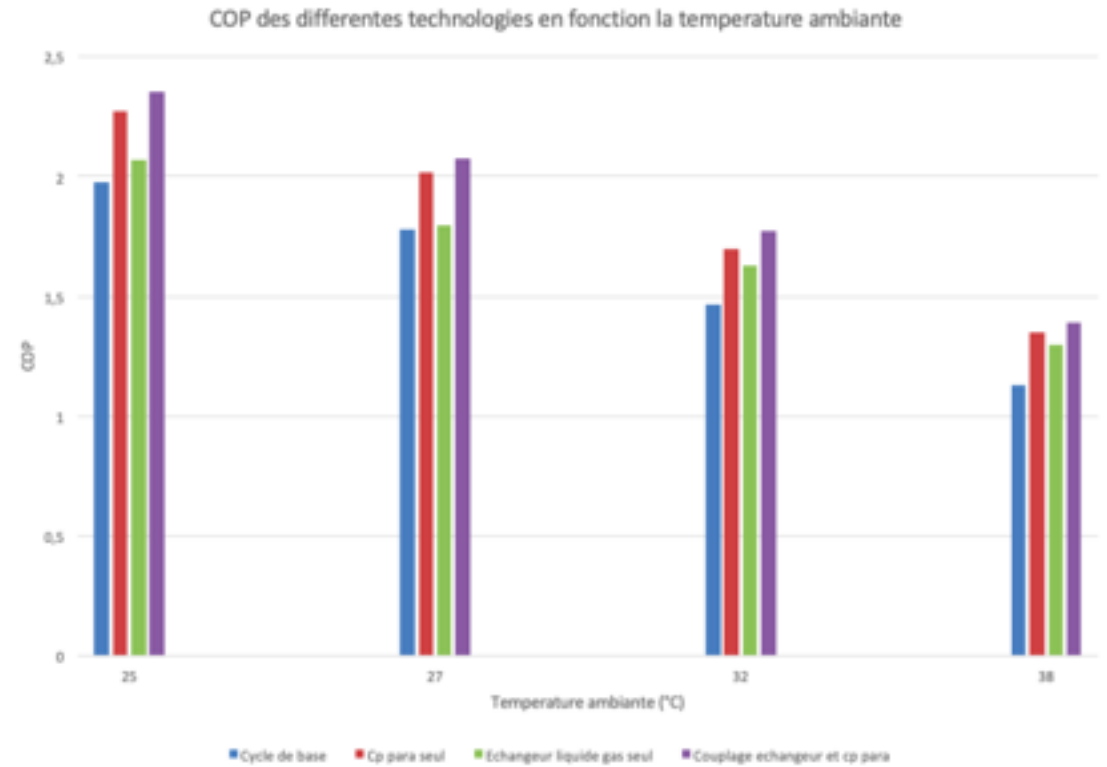
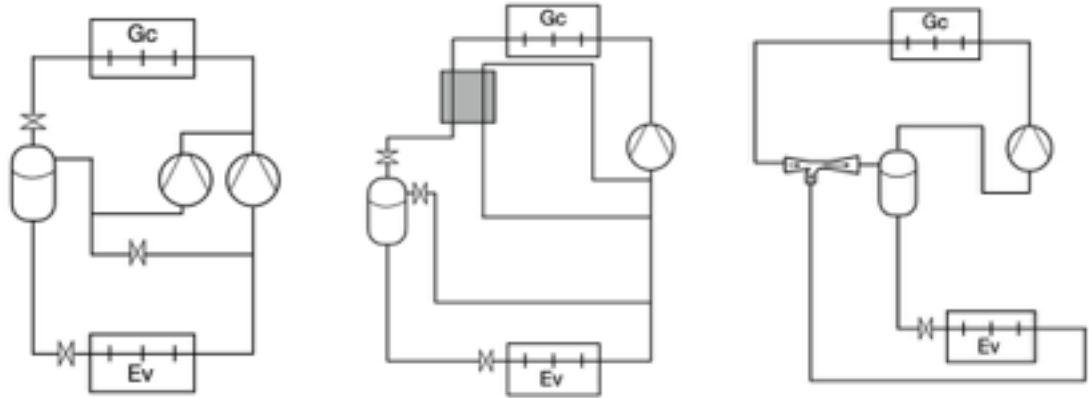


Comparaison de deux unités de condensation récentes



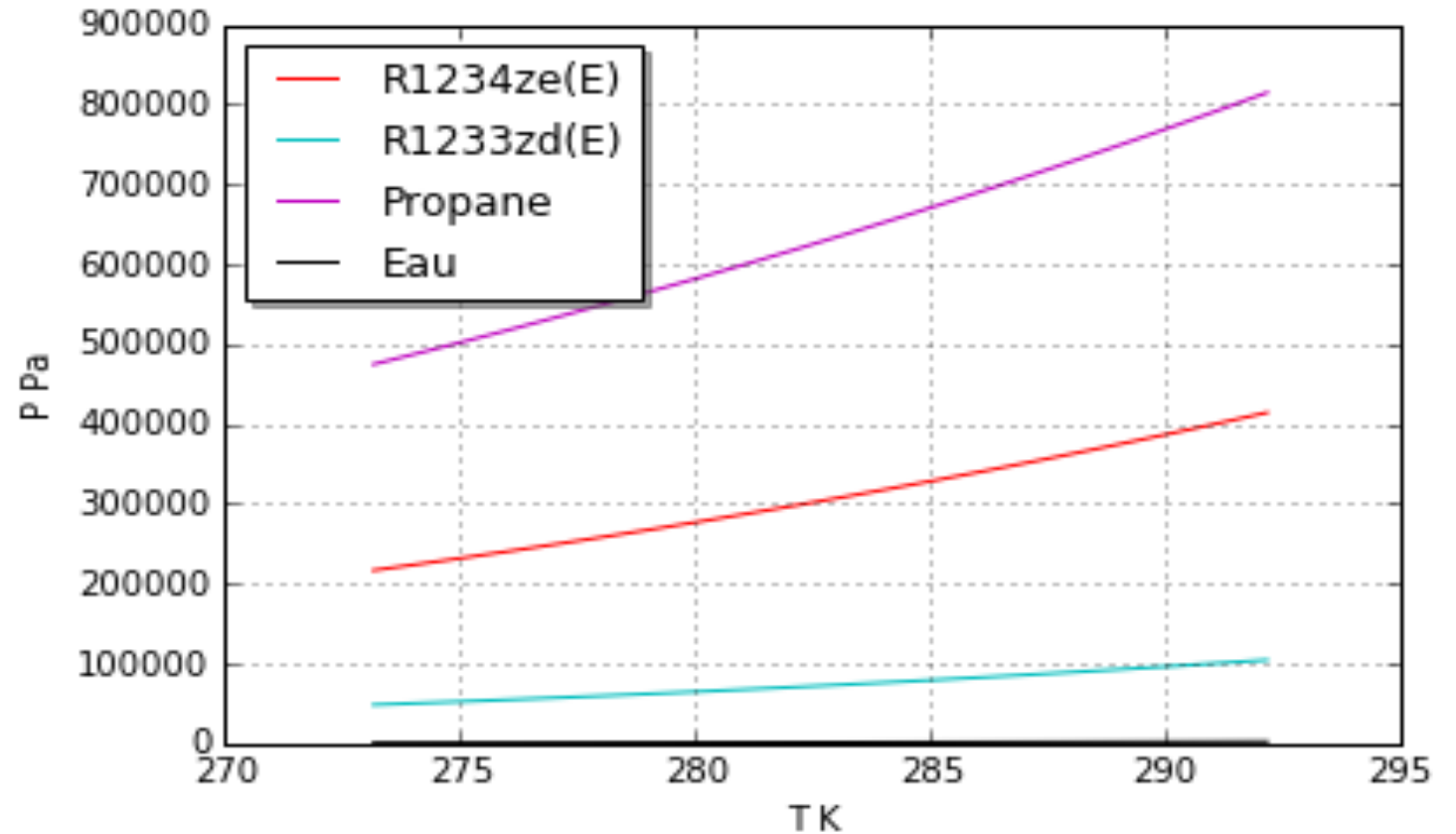
# CO2 (4)

- Des options techniques comme la compression parallèle, l'échangeur liquide vapeur et l'utilisation d'éjecteur permet de rattraper une partie de la sous performance



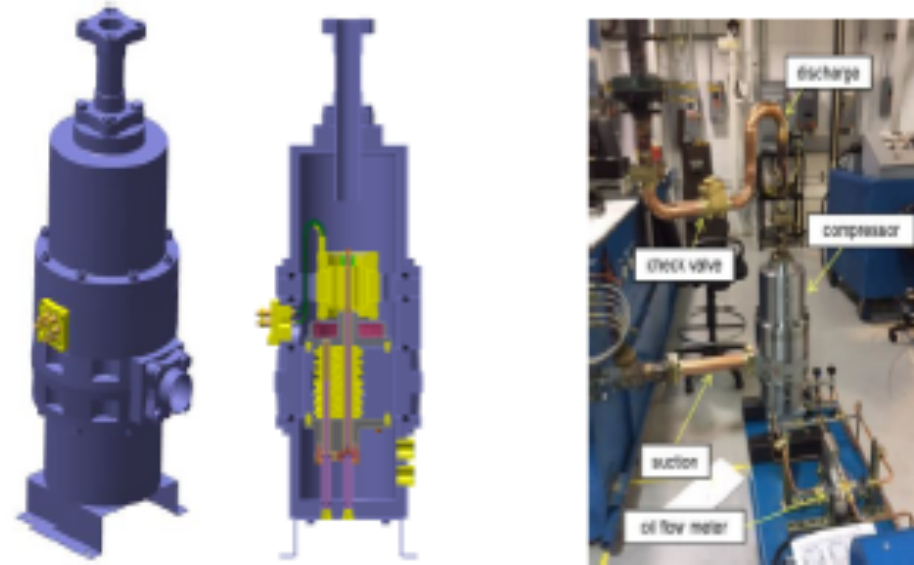
# Fluides non inflammables hors CO2 (1)

- Contrairement aux autres solutions, des systèmes utilisant ces fluides pour la climatisation ou les PAC n'existent pas
- Comparés aux fluides inflammables, ils sont à basse pression (en dessous de la pression atmosphérique) voir sous vide pour l'eau



# Fluides non inflammables hors CO2 (2)

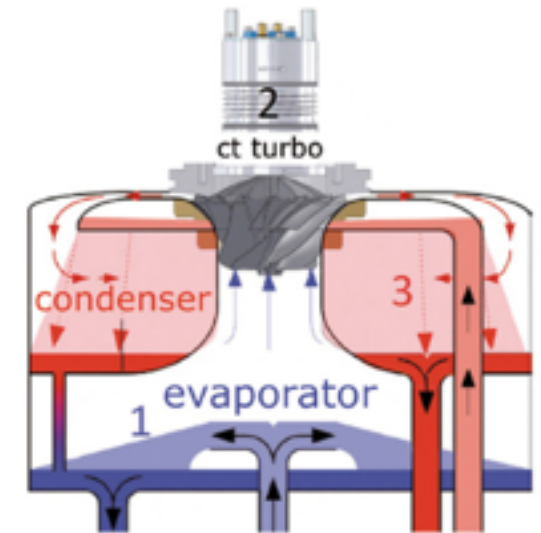
- Les HFO non inflammables peuvent être utilisés en climatisation et PAC mais nécessitent des développements technologiques
- Compresseurs à grande vitesse
- Maitrise de l'étanchéité
- Maitrise des pertes de pressions



Prototype du mini screw developpé par Carrier

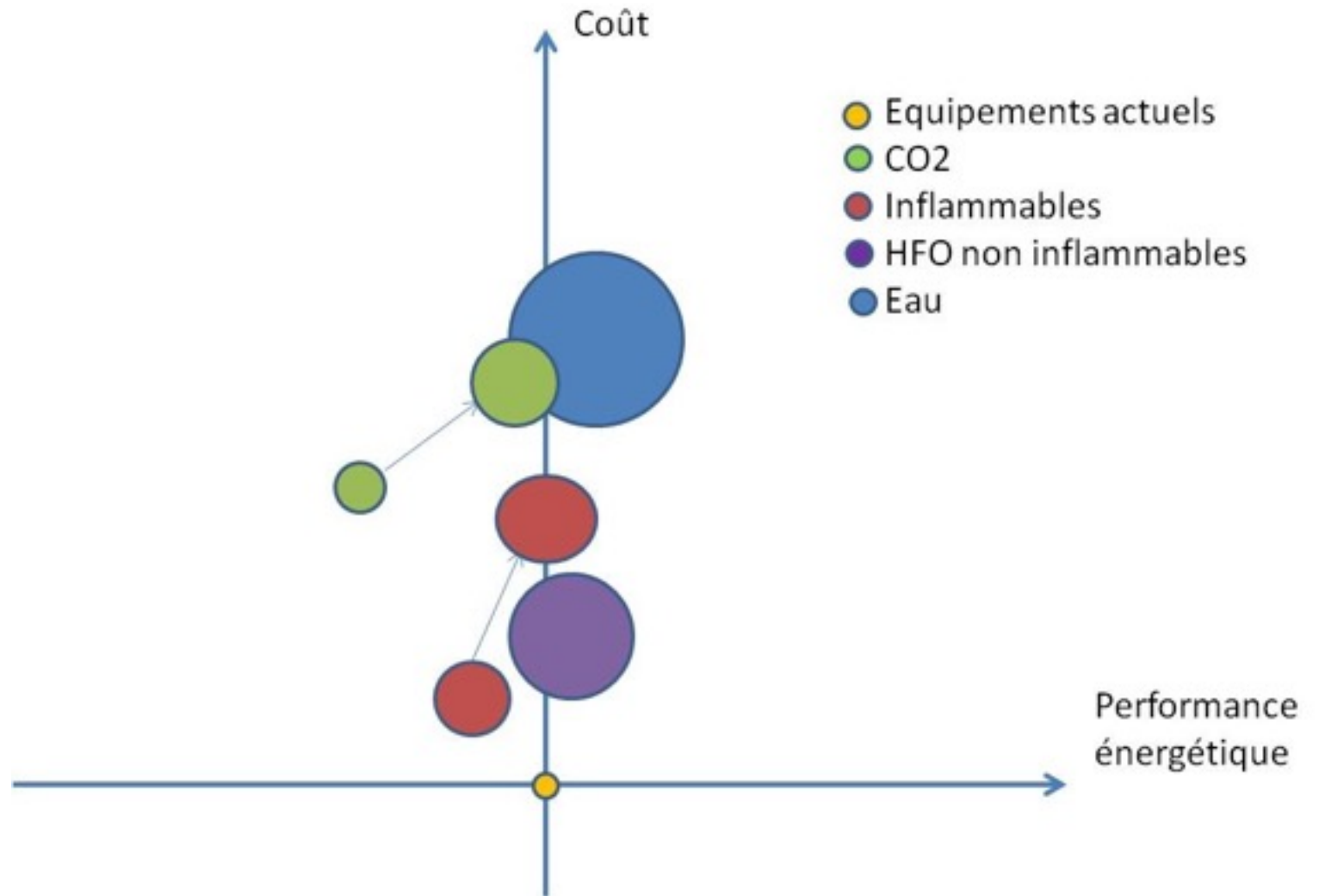
# Fluides non inflammables hors CO2 (3)

- L'eau comme fluide frigorigène peut être utilisée en climatisation
- Compresseurs à grande vitesse (problème d'échauffement et taux de compression)
- Maitrise de l'étanchéité
- Maitrise des pertes de pressions
- Technologie en développement



# Conclusions

- Il n'y a pas de solution miracle
- Il faut innover pour aller vers la haute efficacité énergétique
- Le contexte réglementaire remet l'ensemble des concepts établis à plat





**Merci pour votre attention !**



[afce.asso.fr](http://afce.asso.fr)