

## Groupe 11 — Technologies de substitution aux GES fluores

Compétences 11.01 à 11.07 — Evaluation : T

### 11.01 / 11.04 — Fluides de substitution : comparatif [T]

Fluide	PRP	Classe secu	Avantages	Inconvénients
R32	675	A2L	Faible PRP, charge réduite, efficace	Inflammable, pression élevée
R290 (propane)	3	A3	PRP quasi nul, excellent COP	Hautement inflammable, charge limitée
R744 (CO <sub>2</sub> )	1	A1	Naturel, non inflammable, inoffensif	Tres haute pression, matériel spécifique
R717 (NH <sub>3</sub> )	0	B2L	PRP nul, excellent COP	Toxique, matériel spécifique
R1234yf	<1	A2L	Tres faible PRP	Cout élevé, PFAS en décomposition
R454B	466	A2L	PRP réduit vs R410A, drop-in partiel	A2L, nouveau marché

### 11.02 — Réduction de la charge et efficacité [T]

- Minimiser volume circuit : tuyauteries courtes, sans longueur inutile
- Détendeurs électroniques (EEV) : régulation précise, charge active optimale en permanence
- Micro-canaux : échangeurs compacts, charge fluide réduite de 30-50% vs tubes-ailettes
- Entretien préventif : encrassement échangeurs = +10-30% consommation — nettoyage = maintenance cle
- Charge correcte : sous-charge ou sur-charge dégradent le COP et usent les composants

### 11.03 — Réglementations sécurité fluides inflammables/toxiques [T]

Norme / Réglementation	Contenu pour A2L/A3
EN 378-1 à 4	Sécurité systèmes frigorifiques : charge max, ventilation, signalétique, seuils
EN ISO 5149	Systèmes frigorifiques et PAC — prescriptions sécurité
Directive ATEX 2014/34/UE	Équipements en atmosphère explosive — obligatoire zones A3
F-Gaz 2024/573 Annexe IV	Interdictions progressives selon PRP et catégorie équipement
EN 60335-2-40	Sécurité électrique climatiseurs — inclut précautions A2L

### 11.05 — Spécificités conception hydrocarbures [T]

- Composants ATEX : moteurs, contacteurs, capteurs — tout ce qui peut créer une étincelle
- Câblage spécifique, boîtiers IP élevés, absence de commutateurs classiques dans la zone
- Charge maximale : calculée selon volume pièce et LFL (R290 LFL = 0,038 kg/m<sup>3</sup>)
- Outils antidéflagrants en zone A3 (pas d'outils coupants qui font des étincelles)
- Raccords bombonnés : spécifiques anti-erreur — ne jamais forcer

## 11.06 — Specificites conception CO2 (R744) [T]

---

- Tuyauteries acier sans soudure ou cuivre haute pression — pas le cuivre standard residentiel
- Soupapes de securite et events obligatoires — pression stagnation peut depasser 100 bar
- Cycle transcritique : T critique = 31,1°C / P critique = 73,8 bar
- Ejecteurs : recuperation energie de detente — technologie avantee
- Compresseurs paralleles et regulation pression intermediaire pour efficacite optimale
- Formation glace carbonique si detente sous 5,2 bar : risque lors maintenances

## 11.07 — Specificites conception NH3 (R717) [T]

---

- Materiaux : jamais de cuivre ni alliages cuivreux (corrosion) — acier, aluminium, fonte
- Moteurs a entrainement separe : moteur electrique hors zone NH3
- Huile non miscible : gestion separee, circuit de retour d'huile specifique
- Compresseurs bi-etages pour temperatures tres basses
- Systemes noyes : surplus liquide permanent dans evaporateur — regulation par flotteur
- Thermosiphon : retour huile par gravite sur certains systemes

---

### RECAP EXAMEN — Groupe 11

Item	Type	Points cles
11.01	T	Tableau : R32/R290/CO2/NH3/HFO — PRP, classe secu, avantages/inconvenients
11.02	T	Reduction charge : micro-canaux, EEV, tuyauteries courtes, entretien
11.03	T	EN 378, ATEX, F-Gaz Annexe IV, EN 60335-2-40
11.04	T	Avantages/inconvenients selon application et zone climatique
11.05	T	HC : ATEX, charge limitee LFL, raccords specifiques
11.06	T	CO2 : HP materiel specifique, soupapes obligatoires, transcritique
11.07	T	NH3 : pas de cuivre, moteurs separees, huile non miscible