



Module 4

Installation et maintenance des pompes à chaleur

Développé par l'UMA (Université de
Malaga)



Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Présentation du module 4

Ce module constitue un guide technique complet couvrant l'ensemble du cycle de vie de l'installation et de la maintenance des pompes à chaleur. Le contenu commence par la classification des différents systèmes et détaille la nécessité d'un examen préalable du site d'installation, en évaluant des facteurs critiques tels que la conformité acoustique, la gestion des condensats et l'accessibilité pour l'entretien. Il propose des instructions détaillées pour la réalisation des raccordements frigorifiques, hydrauliques et électriques, tout en soulignant constamment l'importance de l'efficacité énergétique et des normes réglementaires. En outre, le manuel décrit l'utilisation d'outils de mesure spécialisés, tels que les collecteurs numériques et les micromètres, ainsi que des protocoles de mise en service rigoureux conçus pour vérifier que l'équipement fonctionne conformément aux paramètres de conception prévus. Enfin, le texte met fortement l'accent sur la sécurité au travail grâce à la mise en œuvre de mesures préventives telles que le verrouillage/étiquetage (LOTO), l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) et des procédures d'intervention d'urgence établies pour des incidents tels que les chocs électriques ou les fuites de fluide frigorigène.

Contenu du module 4

Leçon 22	Types de pompes à chaleur selon leur installation	Leçon 27	Raccordements électriques et commandes
Leçon 23	Révision préliminaire et planification de l'installation	Leçon 28	Outils et matériel de mesure
Leçon 24	Installation des unités intérieures et extérieures	Leçon 29	Mise en service des pompes à chaleur
Leçon 25	Raccordement des tuyauteries de réfrigérant	Leçon 30	Maintenance préventive et corrective des pompes à
Leçon 26	Raccordements hydrauliques	Leçon 31	chaleur, Sécurité lors de l'installation et de la maintenance

LEÇON 22

Types de pompes à chaleur selon leur installation



Co-funded by
the European Union



22.1 Principes fondamentaux et terminologie (de la source au point de rejet)

- Définition d'une pompe à chaleur : machine frigorifique réversible reliant deux réservoirs thermiques ; son rendement est déterminé par l'écart de température entre eux.
- Classification (EN 14511) : la nomenclature suit le format « source-puits » (par exemple, A2W, B2W), où le premier terme désigne la source de chaleur et le second le fluide caloporteur.
- Désignations courantes :
 - Air-air (A2A) : 1 kW - 250 kW ; comprend les climatiseurs muraux et les systèmes VRF.
 - Air-eau (A2W) : 4 kW - 1 MW ; souvent appelés monoblocs « aérothermiques » ou refroidisseurs.
 - Saumure-eau (B2W) : 4 kW - 2 MW ; extrait la chaleur de boucles fermées de glycol (forages/tranchées).

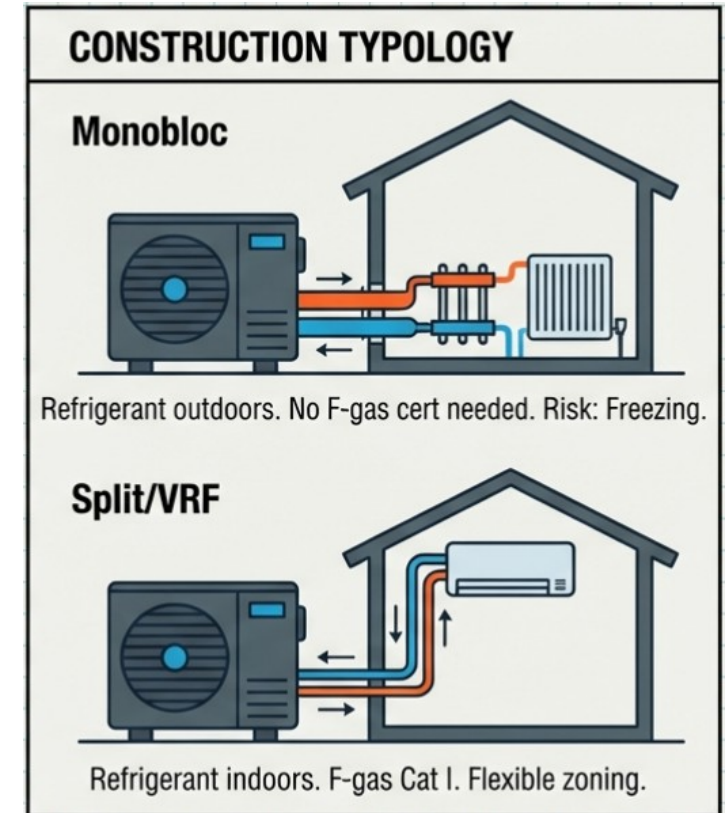
SOURCE-TO-SINK MATRIX			
	Air-to-Air (A2A)	-20°C to +40°C range	Quick install Defrost required < 7°C
	Air-to-Water (A2W)	Standard for hydronic	Monobloc vs. Split
	Water-to-Water (W2W)	5-25°C source	High COP Permits required
	Brine-to-Water (B2W)	0-15°C (Stable)	Lifespan >50 years High CAPEX

22.2 Caractéristiques des milieux environnementaux

- Air extérieur : omniprésent et rapide à installer, mais soumis à des cycles de gel/dégel en dessous d'environ 7 °C et à des réglementations acoustiques.
- Eaux souterraines/eaux de surface : Offrent des températures d'entrée stables (entre +5 °C et +25 °C) et un COP élevé, mais nécessitent des permis de captage et des conceptions anti-encrassement biologique.
- Saumure/sol : faibles variations de température annuelles et potentiel de refroidissement passif ; nécessite des investissements initiaux élevés pour le forage, mais offre une durée de vie de plus de 50 ans.
- Air évacué : récupère la chaleur « gratuite » à basse température issue de la ventilation ; capacité limitée ($\approx 330 \text{ W par } 100 \text{ m}^3/\text{h}$).

22.3 Types de construction : monobloc ou split

- Compact / Monobloc :
 - Le circuit frigorifique est entièrement scellé en usine ; il contient généralement entre 1 et 5 kg de fluide frigorigène.
 - Seuls les raccordements hydroniques (eau/saumure) sont effectués sur site, ce qui nécessite des licences de plomberie standard.
- Systèmes split / VRF :
 - Compresseur à l'extérieur et évaporateur à l'intérieur ; nécessite un montage sur site et une certification F-gaz.
 - Permet de longues longueurs de tuyauterie (jusqu'à 50 m à la verticale) et un zonage flexible, mais nécessite une mise sous vide et une charge sur site.



22.4 Échelles d'application et plages de charge

- Maisons individuelles (3-15 kW) : priorité donnée à la facilité d'entretien et à l'encombrement réduit ; préférence pour les systèmes split A2A ou les monoblocs A2W.
- Immeubles collectifs / Petits locaux commerciaux (15-100 kW) : Utilisation de systèmes en cascade A2W pour la redondance ou de systèmes E2W pour la récupération individuelle de l'eau chaude sanitaire.
- Établissements / Industrie (100 kW - 10 MW) : l'accent est mis sur la récupération de chaleur haute température W2W et la redondance N+1 pour les hôpitaux/centres de données.
- Réseaux de quartier (2-30 MW) : unités W2W à grande échelle utilisant la chaleur fluviale ou marine pour la décarbonisation urbaine.

LEÇON 23

Bilan préliminaire et planification de l'installation

23.1 Objectifs stratégiques de l'examen préalable à l'installation

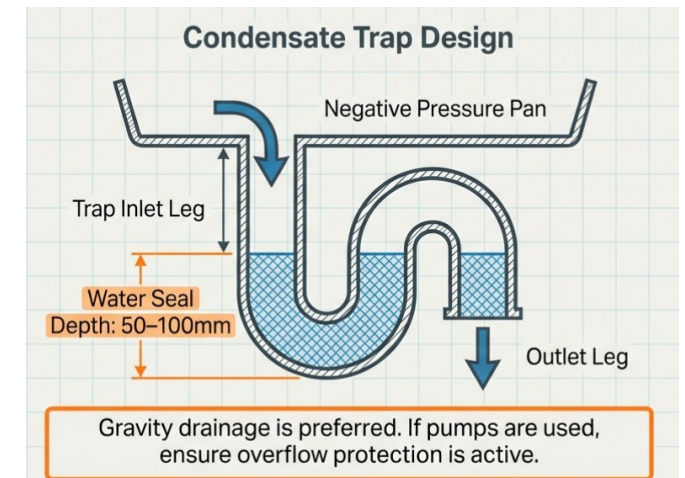
- Atténuation des risques : identifier les conditions spécifiques au site et les défis logistiques avant de commencer les travaux afin d'éviter les retards et les coûts supplémentaires.
- Compatibilité du système : lors des rénovations, les techniciens doivent vérifier si les radiateurs existants peuvent assurer le confort à des températures de pompe à chaleur plus basses (45-55 °C).
- Définition du périmètre : Clarifier les rôles et les responsabilités entre les corps de métier (techniciens, électriciens, plombiers) et les clients.

23.2 Inspection du site et évaluation environnementale

- Vérifications dimensionnelles : Vérifier l'espace disponible pour l'installation de l'unité et les dégagements requis par le fabricant pour l'entretien.
- Voies d'accès : Évaluer la largeur des portes, la capacité des ascenseurs et l'accès potentiel par grue pour les unités de toiture.
- Profil acoustique : Évaluer les distances par rapport aux zones sensibles au bruit (chambres, bureaux) afin de garantir le respect des réglementations locales en matière de bruit.
- Cartographie des réseaux : répertorier l'emplacement des tableaux de distribution électrique et des systèmes de drainage existants.

23.3 Conception des systèmes de gestion des condensats et de l'eau

- Objectifs de drainage : Assurer l'évacuation continue et sans obstruction de l'eau issue des cycles de dégivrage (extérieur) ou de déshumidification (intérieur).
- Unités extérieures : dans les climats froids, les tuyaux d'évacuation doivent être protégés contre le gel (isolation, chauffage par câble chauffant ou puits d'infiltration).
- Siphons de condensat : indispensables pour les unités intérieures afin d'empêcher l'infiltration d'air et les odeurs d'égout.
- Conception des siphons : la profondeur minimale recommandée du joint d'eau est de 50 mm à 100 mm, en fonction de la pression statique de l'unité.



23.4 Planification des ressources et des outils

- Séquence des tâches : s'assurer que les préparatifs structurels et électriques sont terminés avant la mise en place physique des équipements.
- Outillage à main général : coupe-tubes, tournevis et clés pour l'assemblage mécanique.
- Outils spécialisés en CVC : pompes à vide, manomètres à collecteur, détecteurs de fuites électroniques et balances de remplissage.
- Matériel de levage : des grues ou des chariots élévateurs peuvent être nécessaires pour les unités dont le poids dépasse souvent 100 kg.

LEÇON 24

Installation des unités intérieures et extérieures

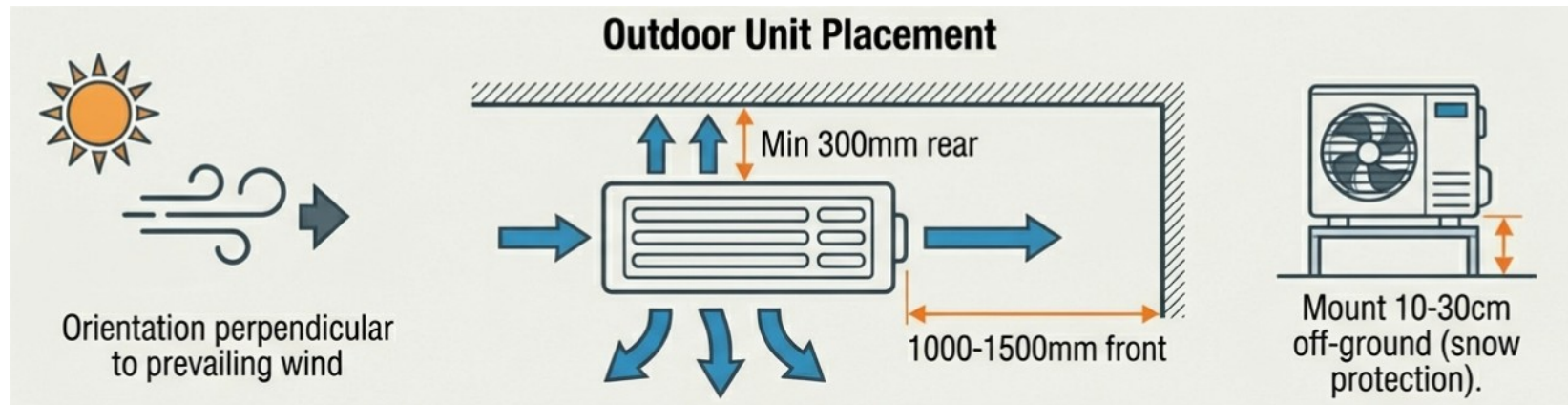


Co-funded by
the European Union



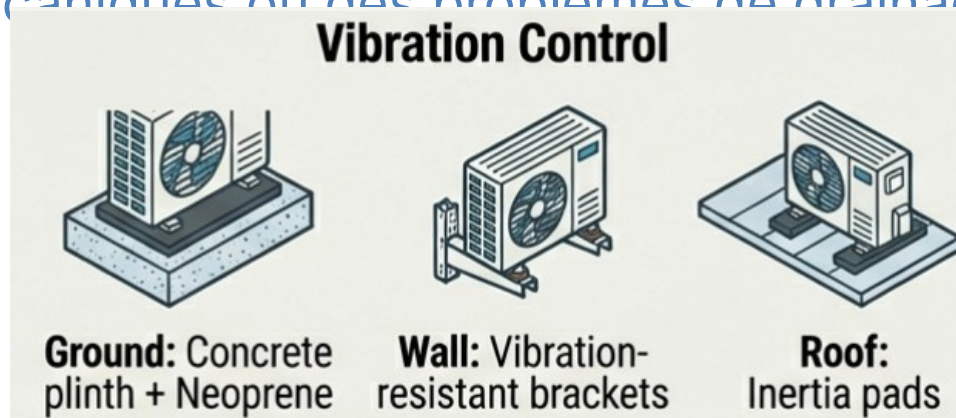
24.1 Exigences relatives à l'emplacement et à la circulation de l'air

- Priorité opérationnelle : les unités intérieures doivent assurer une distribution uniforme de l'air sans courants d'air directs sur les occupants.
- Risque lié à la recirculation de l'air : des dégagements insuffisants (par exemple, < 1 000 mm devant les ventilateurs extérieurs) peuvent entraîner la réintroduction de l'air expulsé dans l'entrée d'air, ce qui réduit le COP.



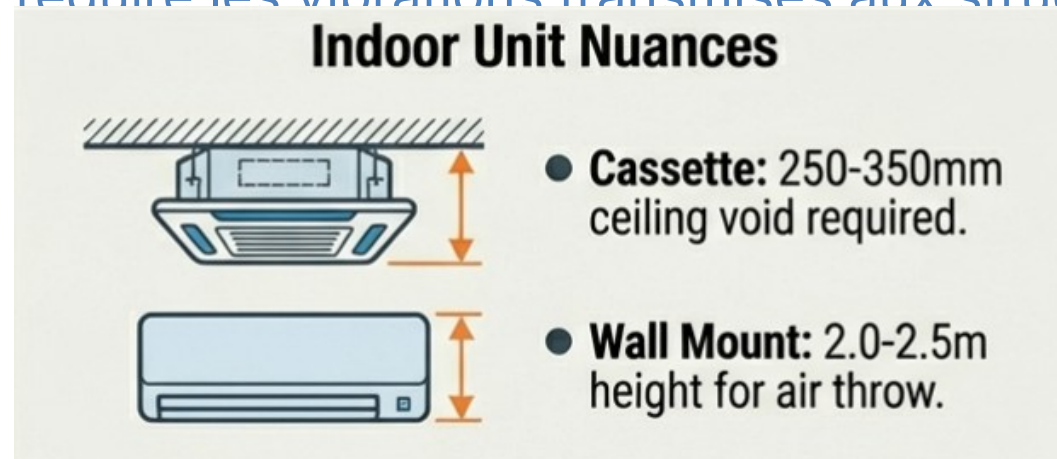
24.2 Fixation structurelle et mise à niveau

- Montage au sol : les unités doivent reposer sur des socles en béton isolés contre les vibrations ou sur des bases en acier, ancrés pour résister aux charges dues au vent et aux séismes.
- Montage mural/sur toiture : les supports doivent être ancrés aux éléments structurels ; les toitures nécessitent des dispositifs anti-vibration et anti-basculement.
- Mise à niveau de précision : utilisez des niveaux à bulle calibrés et des pieds réglables ; même les inclinaisons les plus légères peuvent entraîner du bruit, des contraintes mécaniques ou des problèmes de drainage.



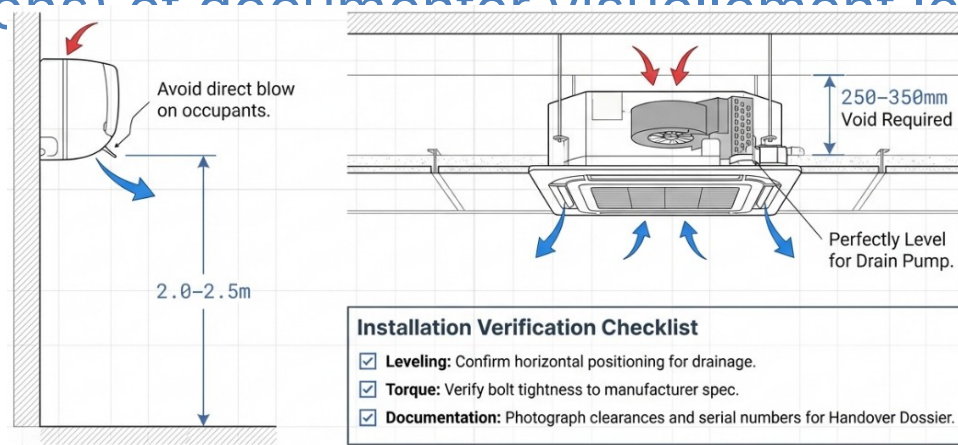
24.3 Isolation contre les vibrations et le bruit

- Méthodes de découplage : utilisez des patins antivibratoires, des supports à ressort ou des isolateurs en néoprène pour empêcher la transmission des bruits structurels.
- Particularités des unités intérieures : des supports rembourrés ou des inserts insonorisants sont nécessaires pour les unités situées à proximité d'espaces calmes tels que les chambres à coucher.
- Unités de type cassette : utilisez des suspensions à ressort ou isolées par du caoutchouc pour réduire les vibrations transmises aux structures du plafond.



24.4 Accessibilité pour la maintenance et vérification

- Accès aux filtres : prévoir un espace libre d'au moins 100 à 150 mm pour faciliter le retrait des filtres sans démontage des structures.
- Accessibilité des composants : les ventilateurs, les borniers électriques et les raccords de réfrigérant doivent être facilement accessibles pour l'inspection.
- Vérification : Vérifier la stabilité structurelle (contrôles du couple de serrage des boulons) et documenter visuellement les étapes clés (jeux, fixations).



LEÇON 25

Raccords des tuyauteries de réfrigérant



Co-funded by
the European Union



25.1 Normes relatives au choix et à la préparation des tuyaux

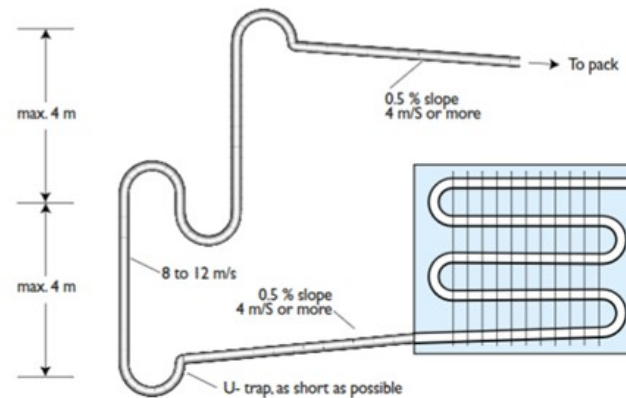
- Matériau : Cuivre de qualité frigorifique (EN 12735-1) pour garantir la propreté, la solidité et la résistance à la corrosion.
- Préparation : les tuyaux doivent être coupés à l'aide d'un coupe-tube spécialisé (jamais d'une scie à métaux) et soigneusement ébavurés pour éviter toute turbulence dans le flux.
- Propreté : stocker avec des embouts ; toute contamination interne par l'humidité ou des particules entraîne une défaillance prématurée.

25.2 Calculs d'isolation et de dimensionnement

- Dimensionnement (EN 378) : l'épaisseur minimale de la paroi doit résister à la pression de service maximale admissible (calculée à l'aide d'une formule).
- Type d'isolation : mousse élastomère (caoutchouc nitrile) d'une épaisseur comprise entre 13 mm et 32 mm selon le diamètre.
- Facteurs environnementaux : l'isolation empêche les pertes d'énergie et la condensation ; son épaisseur doit maintenir la température de surface au-dessus du point de rosée.

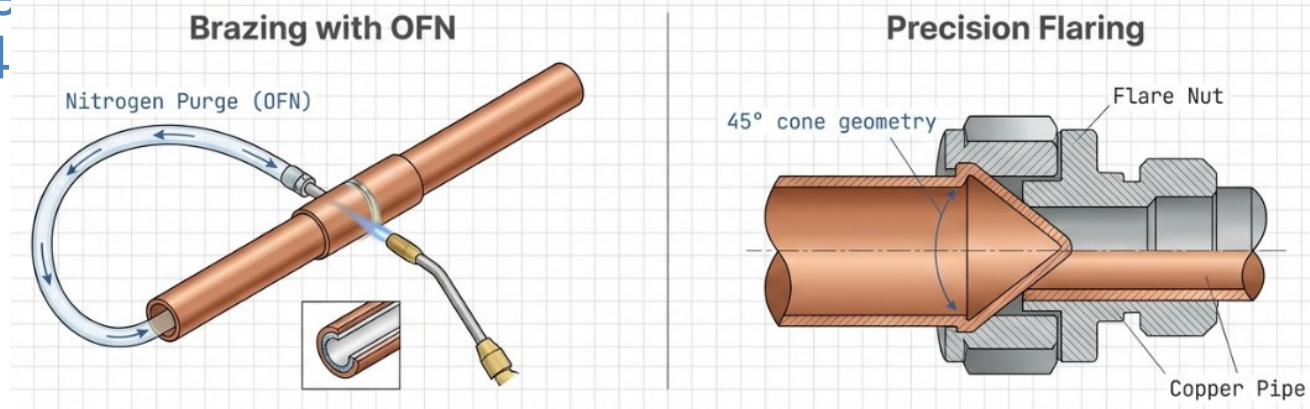
25.3 Installation et gestion de l'huile

- Tracé : les conduites d'aspiration doivent présenter une pente de 1 à 2 % vers le compresseur afin de faciliter le retour d'huile.
- Pièges à huile : obligatoires dans les conduites d'aspiration tous les 4 à 6 mètres de dénivelé.
- Dilatation : les supports doivent comporter des inserts en caoutchouc pour permettre la dilatation/contraction thermique sur les longues longueurs.



25.4 Brasage, évasement et contrôle d'étanchéité

- Brasage : chauffer à plus de 450 °C avec des baguettes à base d'argent ; un purge à l'azote sec est obligatoire pour éviter l'oxydation interne.
- Évasement : utiliser des outils excentriques de haute qualité pour former un cône à 45° pour les joints mécaniques.
- Essai de pression à l'azote : mettre sous pression à 1,1-1,3 fois la pression de service maximale (par exemple 40-55 bars pour le R410A) pendant 24



LEÇON 26

Raccords hydrauliques



Co-funded by
the European Union

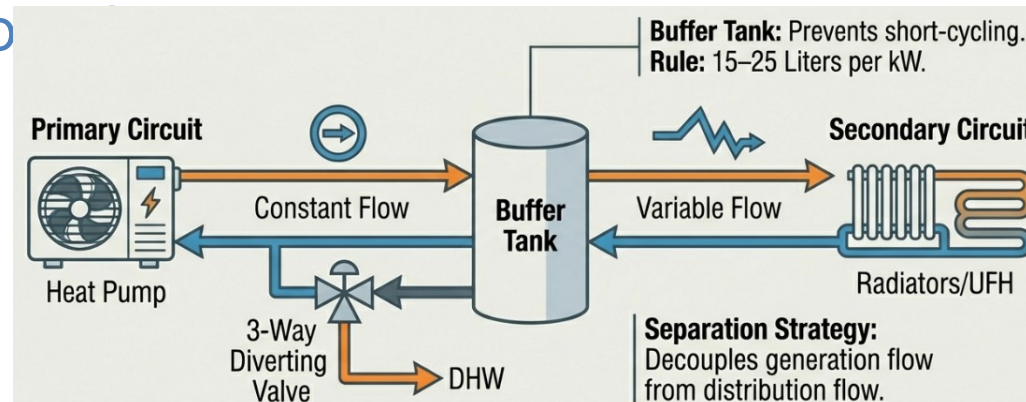


26.1 Intégration des circuits de chauffage et d'eau chaude sanitaire

- Types d'émetteurs : les radiateurs (généralement 45-55 °C) nécessitent un équilibrage minutieux ; le chauffage par le sol (CPS) est très compatible en raison de ses basses températures (30-45 °C).
- Séparation hydraulique : utilisez un réservoir tampon ou un collecteur à faibles pertes pour découpler les circuits primaire (source) et secondaire (distribution).
- Dimensionnement du ballon tampon : 15 à 25 litres par kW sont recommandés pour éviter les cycles courts du compresseur.

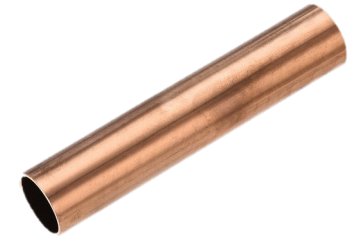
26.1 Intégration des circuits de chauffage et d'eau chaude sanitaire

- Types d'émetteurs : les radiateurs (généralement 45-55 °C) nécessitent un équilibrage minutieux ; le chauffage par le sol (CPS) est très compatible en raison de ses basses températures (30-45 °C).
- Séparation hydraulique : utilisez un réservoir tampon ou un collecteur à faibles pertes pour découpler les circuits primaire (source) et secondaire (distribution).
- Dimensionnement du ballon tampon : 15 à 25 litres par kW sont recommandés pour le générateur.



26.2 Matériaux et méthodes d'assemblage

- Cuivre : idéal pour sa conductivité thermique élevée et sa robustesse mécanique dans les sections à haute température.
- Multicouche (PEX-AL-PEX) : souple et résistant à la corrosion ; idéal pour la distribution interne et le chauffage par le sol.
- PPR : Léger, hygiénique et assemblé par thermofusion (aucun risque de fuite), mais présente une dilatation thermique plus élevée.



Co-funded by
the European Union

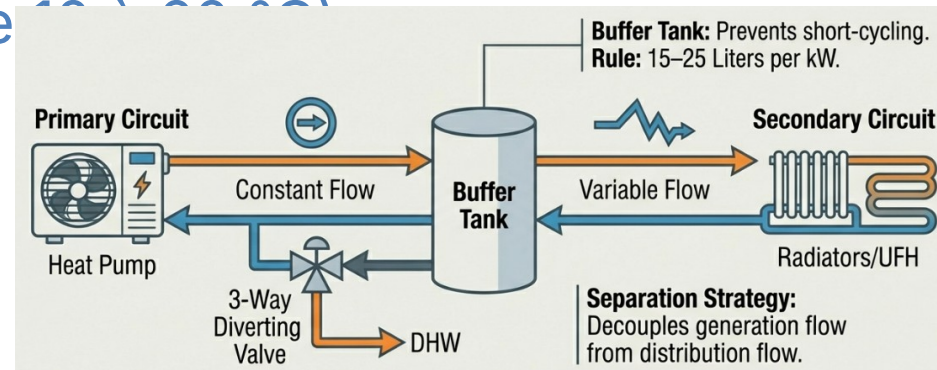


26.3 Pompes, vannes et vases d'expansion

- Pompes à vitesse variable (ECM) : privilégiées pour s'adapter aux changements de zonage et réduire la consommation électrique.
- Vannes critiques :
 - Vannes de dérivation : vannes motorisées à 3 voies permettant de basculer entre le chauffage des locaux et la priorité à l'eau chaude sanitaire.
 - Clapets anti-retour : empêchent la circulation inverse et les effets de thermosiphon.
- Vases d'expansion : Dimensionnés en fonction du volume total du système et du coefficient de dilatation de l'eau (par exemple, 1,8 % pour une plage de 10 à 60 °C).

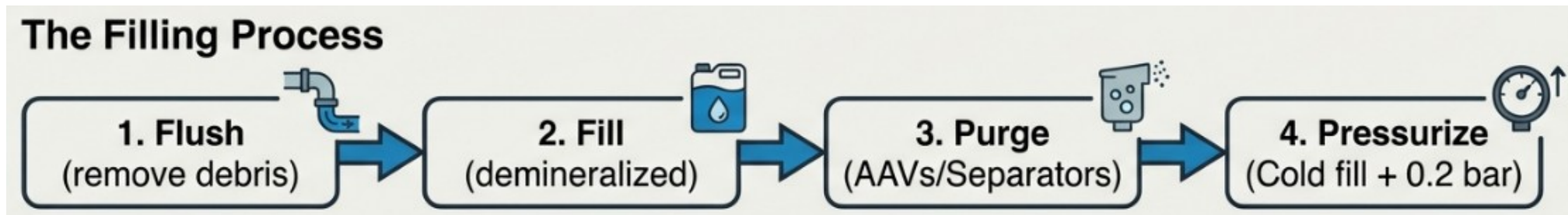
26.3 Pompes, vannes et vases d'expansion

- Pompes à vitesse variable (ECM) : privilégiées pour s'adapter aux changements de zonage et réduire la consommation électrique.
- Vannes critiques :
 - Vannes de dérivation : vannes motorisées à 3 voies permettant de basculer entre le chauffage des locaux et la priorité à l'eau chaude sanitaire.
 - Clapets anti-retour : empêchent la circulation inverse et les effets de thermosiphon.
- Vases d'expansion : Dimensionnés en fonction du volume total du système et du coefficient de dilatation de l'eau (par exemple, 1,8 % pour une plage de 10 à 20 °C).



26.4 Remplissage, purge et vérification

- Procédure : Remplir lentement à partir du point le plus bas ; ouvrir les vannes de dérivation/de zone une par une.
- Purge de l'air : utiliser des purgeurs automatiques (AAV) aux points hauts et des séparateurs d'air à microbulles sur la partie la plus chaude du circuit.
- Vérification du débit : Mesurer le ΔT (objectif de 5 à 8 °C pour les radiateurs) ou utiliser des débitmètres rotatifs/ultrasoniques en ligne.



Co-funded by
the European Union



LEÇON 27

Connexions électriques et commande

27.1 Alimentation électrique et dimensionnement des conducteurs

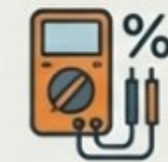
- Courant nominal (I_b) : basé sur le courant de fonctionnement maximal ; il convient d'appliquer des facteurs de correction pour la température ambiante (C_a) et le regroupement (C_g).
- Chute de tension : ne doit pas dépasser 5 % entre la source et les bornes de l'appareil afin de protéger les composants électroniques sensibles.
- Normes : la conformité aux codes électriques locaux (par exemple, BS 7671) est obligatoire.


$$I_b = \frac{C \cdot P}{A}$$

Design Current (I_b):
Based on input power
& COP.



Cable Sizing:
Ambient Temp (C_a) &
Grouping (C_g) factors.



Verify Voltage Drop < 5%.

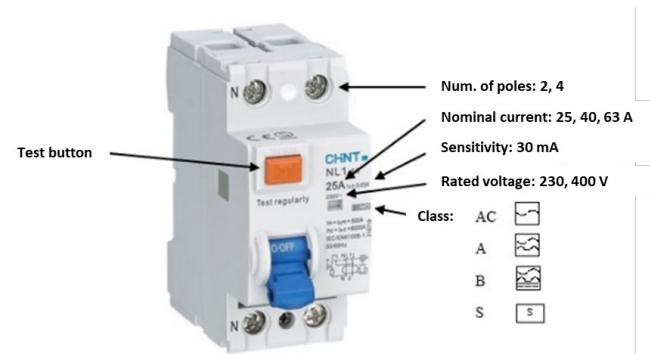


Co-funded by
the European Union



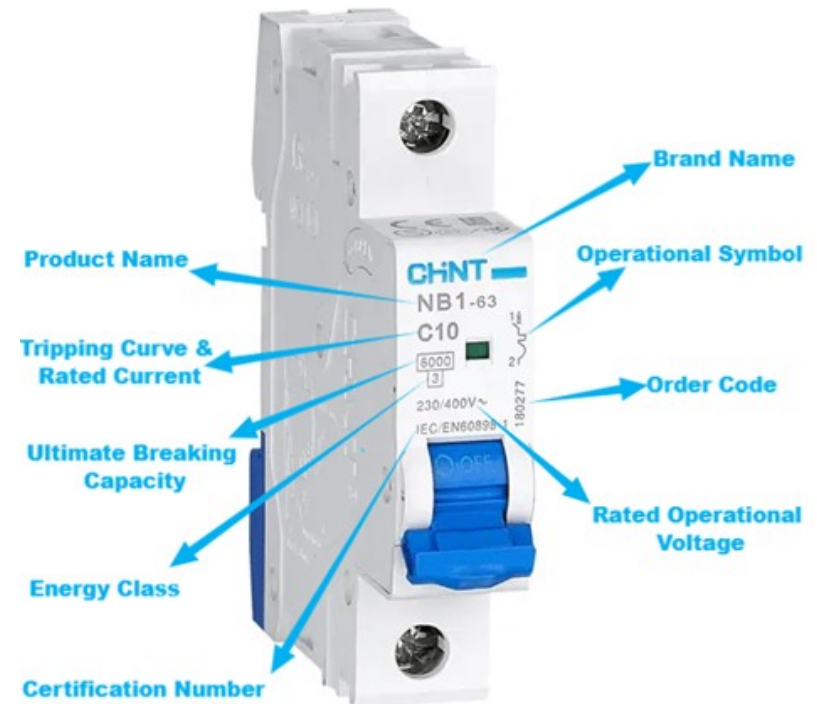
27.2 Dispositifs de protection et mise hors tension

- Surintensité (disjoncteur différentiel): le type C est la norme pour les charges motrices afin de gérer les courants d'appel.
- Types de disjoncteurs différentiels (RCD): les unités à onduleur nécessitent des disjoncteurs différentiels de type F ou B pour détecter les fuites complexes en courant continu et à haute fréquence.
- Isolation : un sectionneur local verrouillable (LOTO) résistant aux intempéries est requis à proximité de l'unité extérieure.



27.2 Dispositifs de protection et mise hors tension

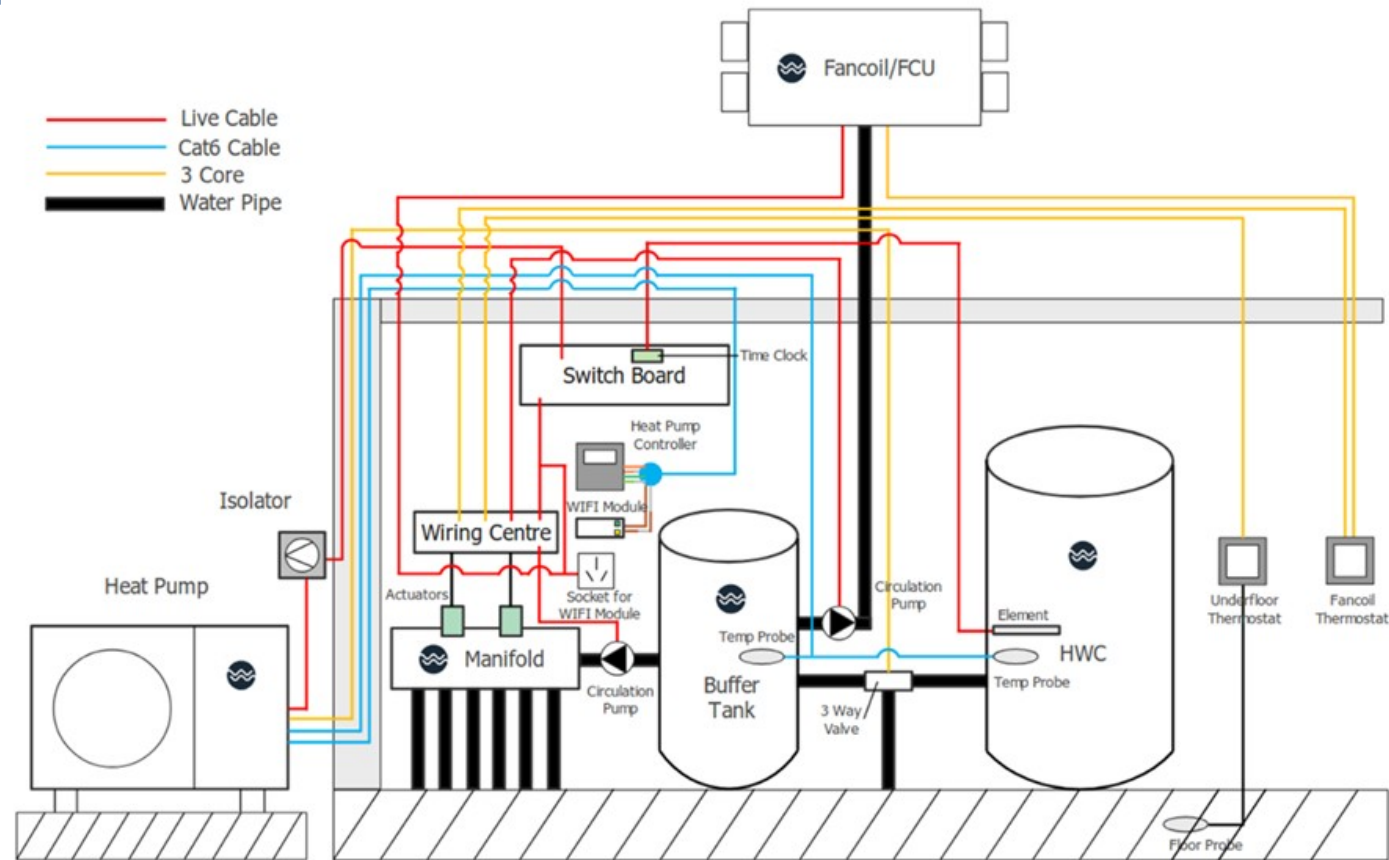
- Surintensité (disjoncteur différentiel) : le type C est la norme pour les charges motrices afin de gérer les courants d'appel.
- Types de disjoncteurs différentiels (RCD) : les unités à onduleur nécessitent des disjoncteurs différentiels de type F ou B pour détecter les fuites complexes en courant continu et à haute fréquence.
- Isolation : un sectionneur local verrouillable (LOTO) résistant aux intempéries est requis à proximité de l'unité extérieure.



27.3 Câblage de commande et signaux

- Types de signaux : commutation 230 V pour les thermostats simples ; 0-10 V ou PWM pour les pompes modulantes ; Modbus/BACnet pour les bus numériques.
- Infrastructure : les signaux sensibles doivent utiliser des câbles blindés à paires torsadées pour éviter les interférences électromagnétiques (EMI).
- Séparation : Séparez les câbles d'alimentation (230/400 V) des câbles SELV pour éviter les bruits induits.

27.3 Câblage de commande et signal



27.4 Essais avant mise sous tension et essais sous tension

- Essais hors tension: continuité de la terre de protection (PE) ($<0,05 \Omega$) et résistance d'isolement (IR) à 500 V CC.
- Sécurité critique: déconnecter toutes les cartes électroniques avant les essais IR afin d'éviter tout dommage irréversible.
- Essais sous tension: Mesurer la tension en charge ; vérifier la validité des capteurs et le fonctionnement de la vanne à trois voies.

LEÇON 28

Outils et instruments de mesure



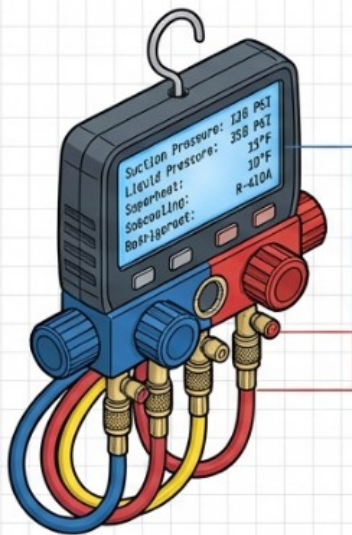
Co-funded by
the European Union



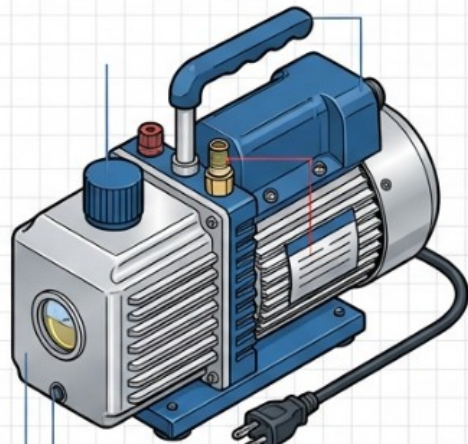
28.1 Outils d'entretien des systèmes de réfrigération

- Manomètres numériques: fournissent une corrélation instantanée température-pression pour les fluides R410A/R32/R290.
- Tuyaux: utilisez des modèles à faible perméabilité équipés de robinets à bille pour empêcher toute infiltration d'humidité.
- Retrait du noyau de la vanne: essentiel pour augmenter la conductance pendant l'évacuation et la recharge.

28.1 Outils pour la maintenance des systèmes de réfrigération



Digital Manifold: Instant Superheat/Subcooling calculation.



2-Stage Vacuum Pump.



Micron Gauge: Verify deep vacuum (<500 microns) for moisture removal.



Charging Scale: Mandatory for F-Gas compliance (Weigh-in Charge).



Co-funded by
the European Union

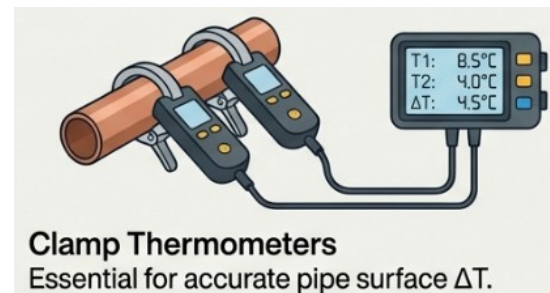
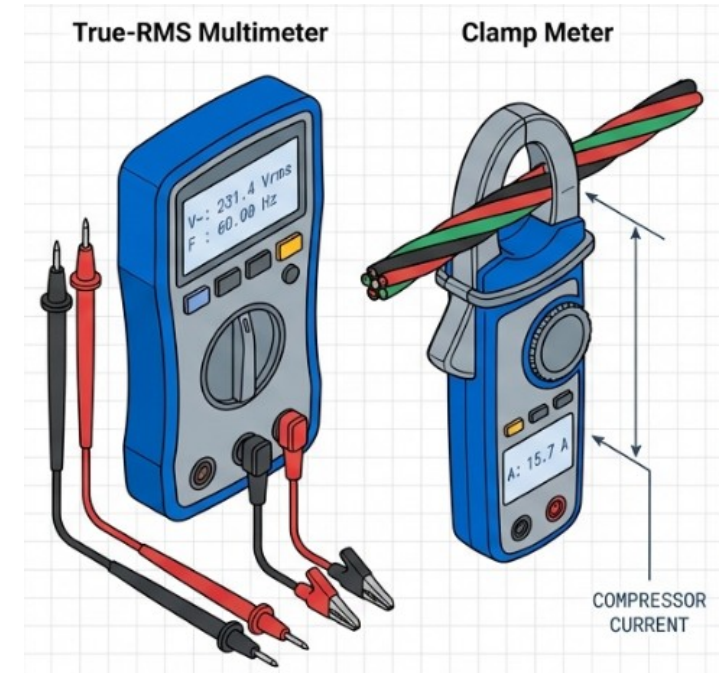


28.2 Pompe à vide et déshydratation

- Pompe à deux étages : nécessaire pour évaporer l'humidité piégée sous vide poussé.
- Micromètre électronique: seul outil capable de vérifier une valeur cible inférieure ou égale à 500 microns.
- Test de décomposition : isoler la pompe pour distinguer le dégazage (humidité) des fuites atmosphériques.

28.3 Mesures électriques et thermiques

- Appareils de mesure à valeur efficace vraie : indispensables pour obtenir des mesures précises sur les formes d'onde déformées des onduleurs.
- Pincas ampèremétriques : utilisées pour des contrôles de courant non intrusifs sur les compresseurs et les ventilateurs.
- Thermomètres à contact : les pincas pour tuyaux sont idéales pour mesurer le ΔT , la surchauffe et le sous-refroidissement (utiliser de la pâte + isolation).



28.4 Étalonnage et entretien

- Étalonnage officiel : étalonnage traçable annuel des collecteurs, des balances et des détecteurs de fuites.
- Contrôles sur site : Effectuer des contrôles au point de congélation (0 °C) pour les thermomètres et utiliser des poids de référence pour les balances.
- Entretien de l'équipement : Remplacer l'huile de la pompe à vide après chaque évacuation poussée afin de maintenir les performances.

LEÇON 29

Mise en service des pompes à chaleur



Co-funded by
the European Union

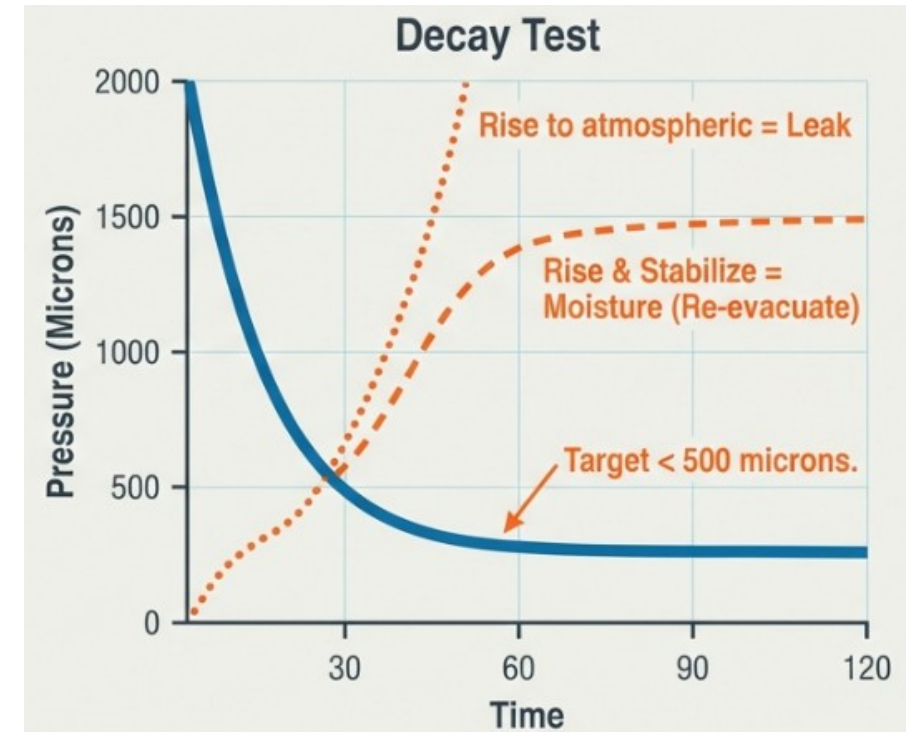


29.1 Liste de contrôle finale avant mise sous tension

- Intégrité du système : inspecter le système pour vérifier que les supports sont bien fixés et que l'isolation est continue.
- Préparation hydraulique : Vérifiez la pression de remplissage (généralement 1,5 bar) et assurez-vous que tout l'air a été purgé.
- Sécurité électrique : Vérifiez que tous les raccordements sont bien serrés et que tous les couvercles sont solidement fixés.

29.2 Mise en service du circuit frigorifique

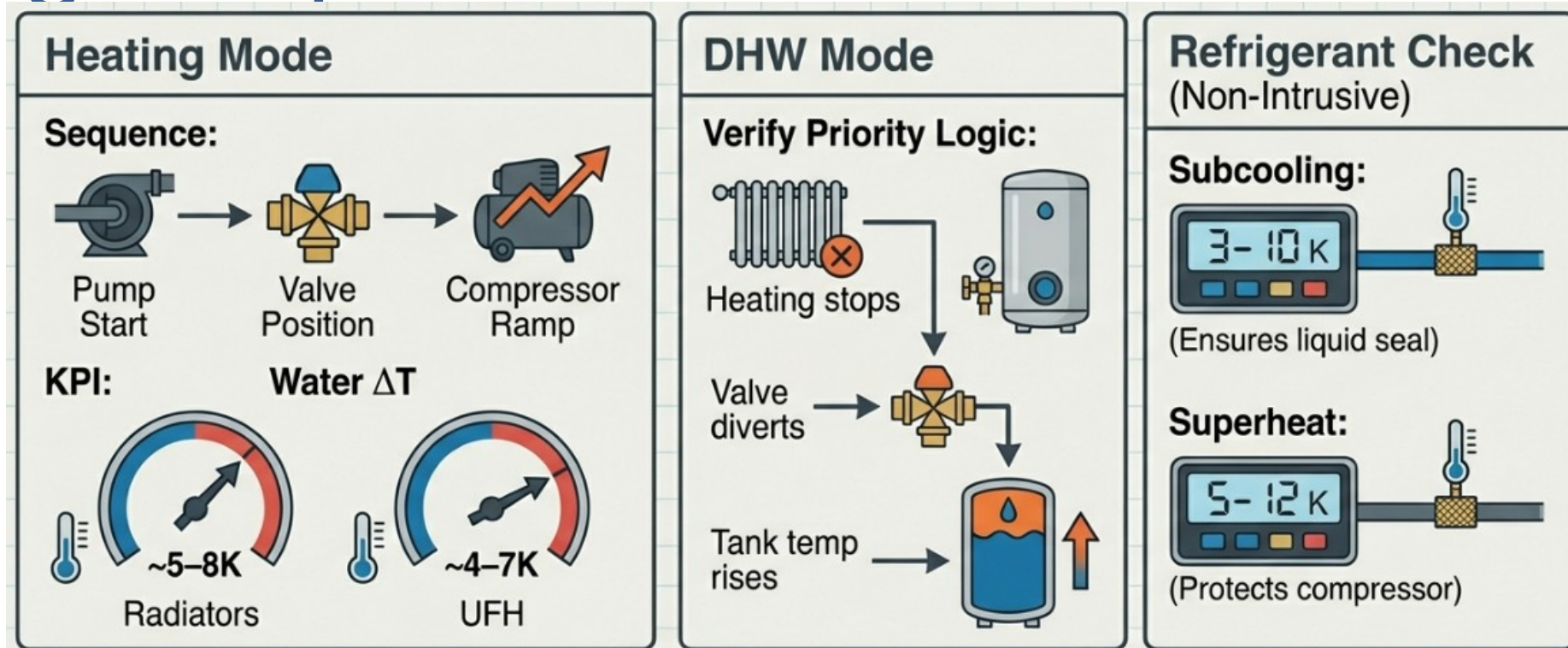
- Objectif d'évacuation : vide stabilisé ≤ 500 microns avec un test de montée (baisse) se stabilisant à $< 1\,000$ microns.
- Chargement en fonction du poids : utiliser une balance étalonnée pour ajouter la charge de base ainsi que les ajustements liés à la longueur des conduites.
- Indicateurs clés de performance (KPI) d'acceptation : surveiller le sous-refroidissement ($\sim 3\text{--}10\text{ K}$) et la surchauffe ($\sim 5\text{--}12\text{ K}$) sous une charge stable.



Co-funded by
the European Union



29.2 Mise en service du circuit frigorifique



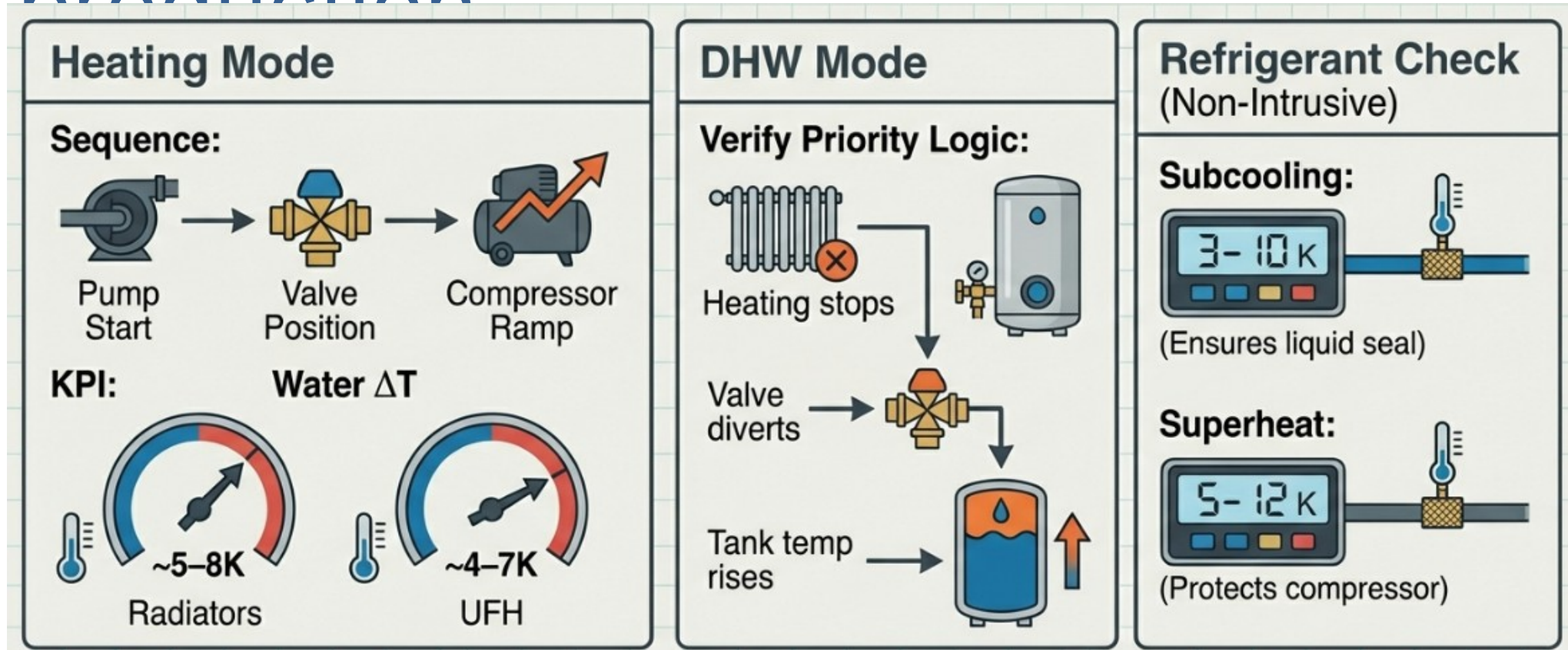
29.3 Configuration du régulateur

- Configuration de base : sélectionnez la langue, la date, l'heure et le schéma hydraulique (chauffage seul ou chauffage + eau chaude sanitaire).
- Courbe de fonctionnement : adapter la courbe de compensation climatique aux émetteurs et à l'isolation du bâtiment.
- Réglages ECS : Configurer les points de consigne (50-55 °C) et le cycle périodique anti-légionellose.

29.4 Essais fonctionnels en conditions réelles

- Modes : Test du chauffage (vérifier ΔT 5-8 °C), priorité ECS (confirmer la course de la vanne) et dégivrage (vérifier le dégagement du serpentin).
- Contrôle de sécurité : simuler des défauts de faible débit pour vérifier que le régulateur s'arrête et enregistre l'alarme.
- Remise au client : Fournir une initiation pratique aux réglages de confort et aux responsabilités de l'utilisateur.

29.4 Tests fonctionnels en production



LEÇON 30

Maintenance préventive et corrective des pompes à chaleur



Co-funded by
the European Union



30.1 Évolution des indicateurs clés de performance et comparaison avec les valeurs de référence

- Stratégie de régime : comparer les performances actuelles avec la référence initiale de mise en service afin d'identifier les écarts.
- Suivi des indicateurs clés de performance (KPI) : surveiller la variation de température (ΔT) entre les émetteurs, la perte de charge hydraulique (ΔP) et le courant à des fréquences spécifiques.
- Fréquence : contrôles trimestriels de l'état de fonctionnement ; contrôles annuels de la fiabilité des capteurs et des paramètres de protection.

30.2 Procédures de nettoyage

- Serpentins extérieurs : Utilisez de l'eau à basse pression (jamais de nettoyeurs à haute pression) en procédant de l'intérieur vers l'extérieur ; utilisez des produits chimiques au pH neutre.
- État du circuit hydraulique : isolez et nettoyez les filtres en Y et les séparateurs magnétiques pour éliminer les boues et la magnétite.
- Filtres à air : Remplacez les filtres G4 jetables ou lavez les filtres à mailles ; nettoyez les pales du ventilateur pour éviter tout déséquilibre.

30.3 Intégrité mécanique et acoustique

- Inspection physique : Vérifier l'état de l'isolation externe pour détecter d'éventuels dommages dus aux UV et contrôler la compression des supports antivibratoires.
- Diagnostic du bruit : Distinguer le bruit aérien (ventilateur/capot) des vibrations transmises par la structure (fixation rigide des tuyaux).
- Solutions : Remettre les unités à niveau, remplacer les patins en élastomère ou régler la pression différentielle (Δp) de la pompe pour éviter la résonance.

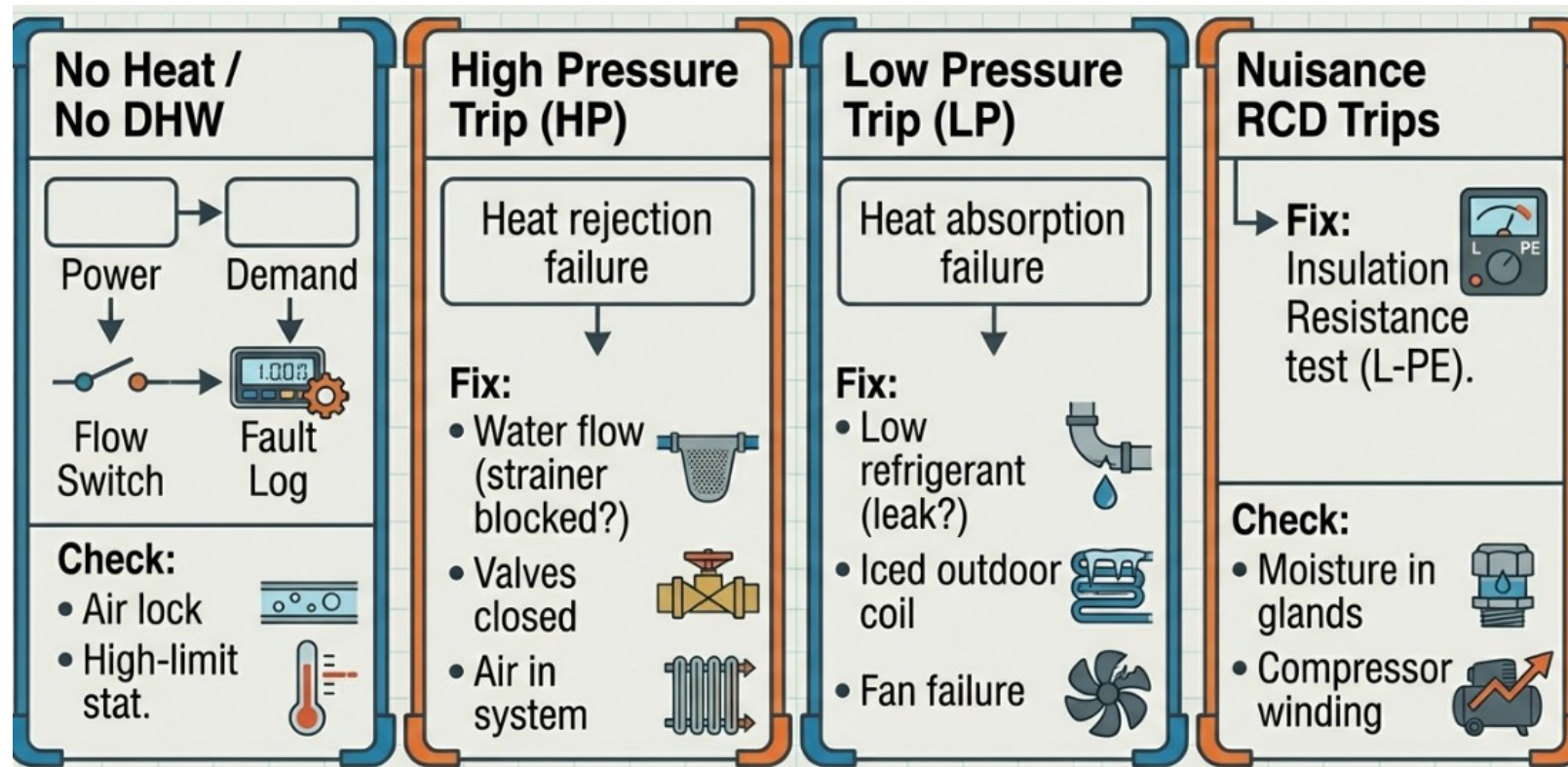
30.4 Diagnostic des pannes et remplacement

- Procédure : Vérifier l'alimentation → Vérifier la demande → Vérifier les dispositifs de sécurité → Consulter les journaux du contrôleur.
- Pannes courantes : déclenchements HP (débit hydraulique insuffisant), déclenchements LP (fuite de réfrigérant) et erreurs de communication.
- Remise en service : après le remplacement d'un composant (par exemple, une pompe ou un capteur), effectuez un test ciblé de cette fonction spécifique.

30.4 Diagnostic des pannes et remplacement

Traffic Light System		
 Pass	 Action	 Critical
ΔT within range. Strainer $\Delta P < 5\text{kPa}$. COP stable. 	ΔT widening (fouling?). Defrosts every < 45 min. Action: Clean coils/filters. 	Compressor current $> 15\%$ baseline. HP/LP trips. Action: Immediate diagnostics. 
Cleaning Regimen		
Air Side: Chemical clean coils, balance fans.  Water Side: Flush sludge from Strainers & Magnetic Filters. 		

30.4 Diagnostic des pannes et remplacement



LEÇON 31

Sécurité lors de l'installation et de la maintenance

31.1 Risques liés à l'électricité et à la pression

- Charge résiduelle : les condensateurs des onduleurs peuvent stocker des charges continues mortelles ($> 600\text{ V}$) même après la mise hors tension.
- Risques liés à la pression : les pressions statiques peuvent dépasser 15 bars ; les pressions de service atteignent plus de 40 bars ; les fuites de liquide provoquent des gelures.
- Toxicité/inflammabilité du réfrigérant : risque d'asphyxie dans les espaces confinés ; inflammabilité pour les fluides A2L (R32) et A3 (R290).

31.2 Mise hors tension sécurisée et manipulation manuelle

- Procédure LOTO : verrouillage, étiquetage, vérification (preuve d'absence de tension) à l'aide d'un appareil de mesure de tension bipolaire.
- Manipulation manuelle : les unités extérieures pèsent souvent plus de 100 kg ; utilisez des techniques cinétiques ou des aides mécaniques (chariots, élingues).

• Sécurité
deux éta



1. Lockout



2. Tagout



3. Tryout (Proof of Dead)

ssion à

31.3 Équipements de protection individuelle et protocoles relatifs aux travaux à chaud

- Équipement de protection : gants cryogéniques pour les réfrigérants ; gants résistants à 1 000 V pour les contrôles sous tension ; gants en nitrile pour l'huile POE.
- Travaux à chaud (brasage) : Éliminer toutes les sources d'inflammation ; utiliser des couvertures anti-feu ; période de surveillance incendie obligatoire (30 à 60 min) après les travaux.

31.4 Protocoles d'intervention d'urgence

- Choc électrique : Coupez le contact en toute sécurité (à l'aide d'un objet non conducteur) ; suivez la procédure DRSABC ; appelez les services d'urgence.
- Fuite de réfrigérant : Évacuer et aérer immédiatement la zone ; éliminer toutes les sources d'inflammation.
- Projection de produit chimique : Rincer les yeux ou la peau à l'eau claire pendant au moins 15 minutes et consulter la fiche de données de sécurité (FDS).

Emergency Protocol	
	Electric Shock: Break contact (do not touch casualty). CPR.
	Leak: Evacuate and Ventilate.
	Fire: Use CO2/Dry Powder (Class E/C). Never use water.