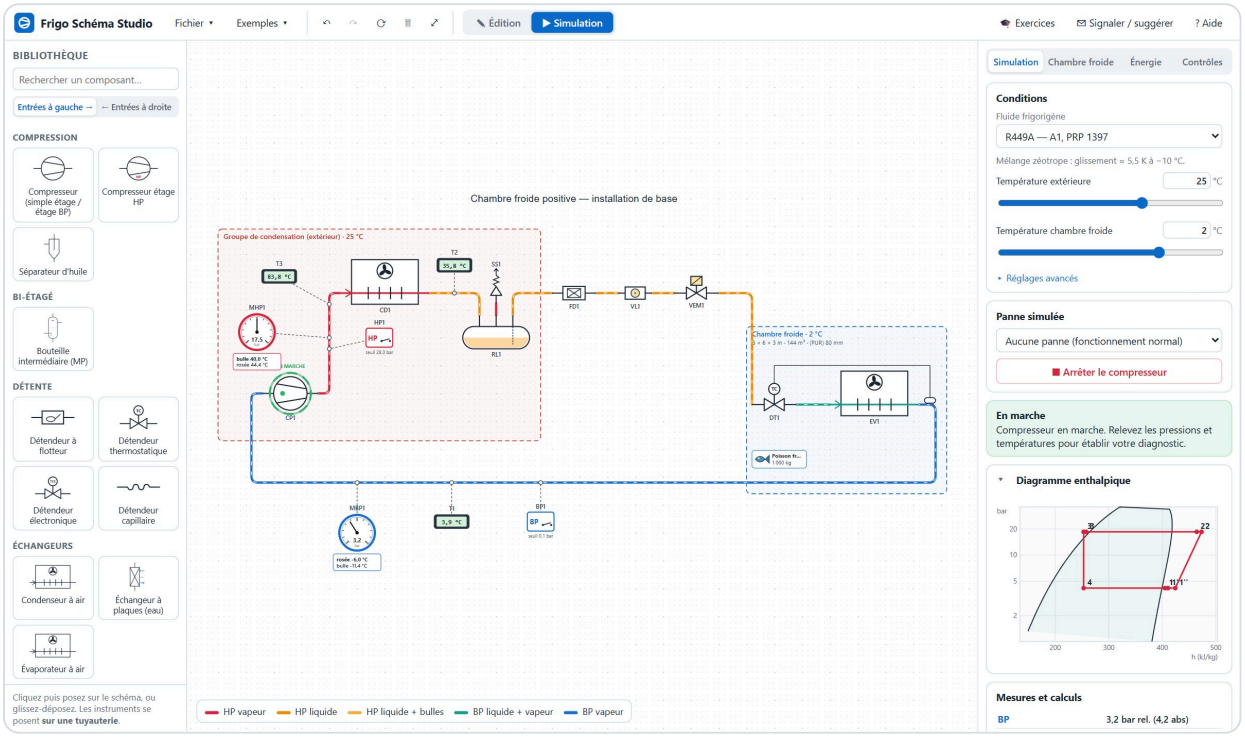
Frigo Schéma Studio

Mode d’emploi — dessiner, simuler et dimensionner
des installations frigorifiques



Version 0.1.0 · octobre 2026
Logiciel Christian Lucas — technique-froid.fr

Sommaire

1. Présentation

L'écran · les deux modes · conventions · sauvegarde

2. Prise en main en dix minutes

3. Dessiner un schéma

Poser · entrées et sorties · tuyauteries · insertion automatique · instruments · sélection · repères · zones · vue · inspecteur

4. La bibliothèque des composants

5. La simulation

Conditions · réglages avancés · lecture · mesures · diagramme enthalpique · pannes · sécurités et pump-down · régulateurs · plusieurs chambres · vanne 4 voies · bi-étagé (bouteilles, économiseur, EVI) · vanne de service et manifold

6. L'onglet Chambre froide

Description · charge thermique · dimensionnement · simulation dans le temps

7. L'onglet Énergie

8. L'onglet Mesures

Relevés · résultats · cycle mesuré · préparer un exercice

9. L'onglet Contrôles

10. Les exercices guidés

11. Fichiers, exports et signalements

12. Mes symboles (import SVG et DXF)

13. Raccourcis clavier et souris

14. Limites du modèle et conseils

Annexe — les exemples fournis

1. Présentation

Frigo Schéma Studio est un logiciel en ligne, utilisable dans un navigateur, pour **dessiner des schémas frigorifiques** avec des symboles inspirés de la norme NF EN 1861, puis les **simuler** : le logiciel suit le fluide dans le circuit, calcule les pressions et les températures, colore chaque tuyauterie selon l'état du fluide et affiche ce que liraient les manomètres et les thermomètres.

Il sert aussi à **décrire une chambre froide** (dimensions, isolation, produits), à **calculer sa charge thermique**, à **dimensionner le groupe**, à **simuler son fonctionnement dans le temps**, à **estimer la consommation annuelle**, à **vérifier les organes de sécurité** et à **s'entraîner au diagnostic** grâce aux pannes simulées et aux exercices guidés.

1.1 L'écran

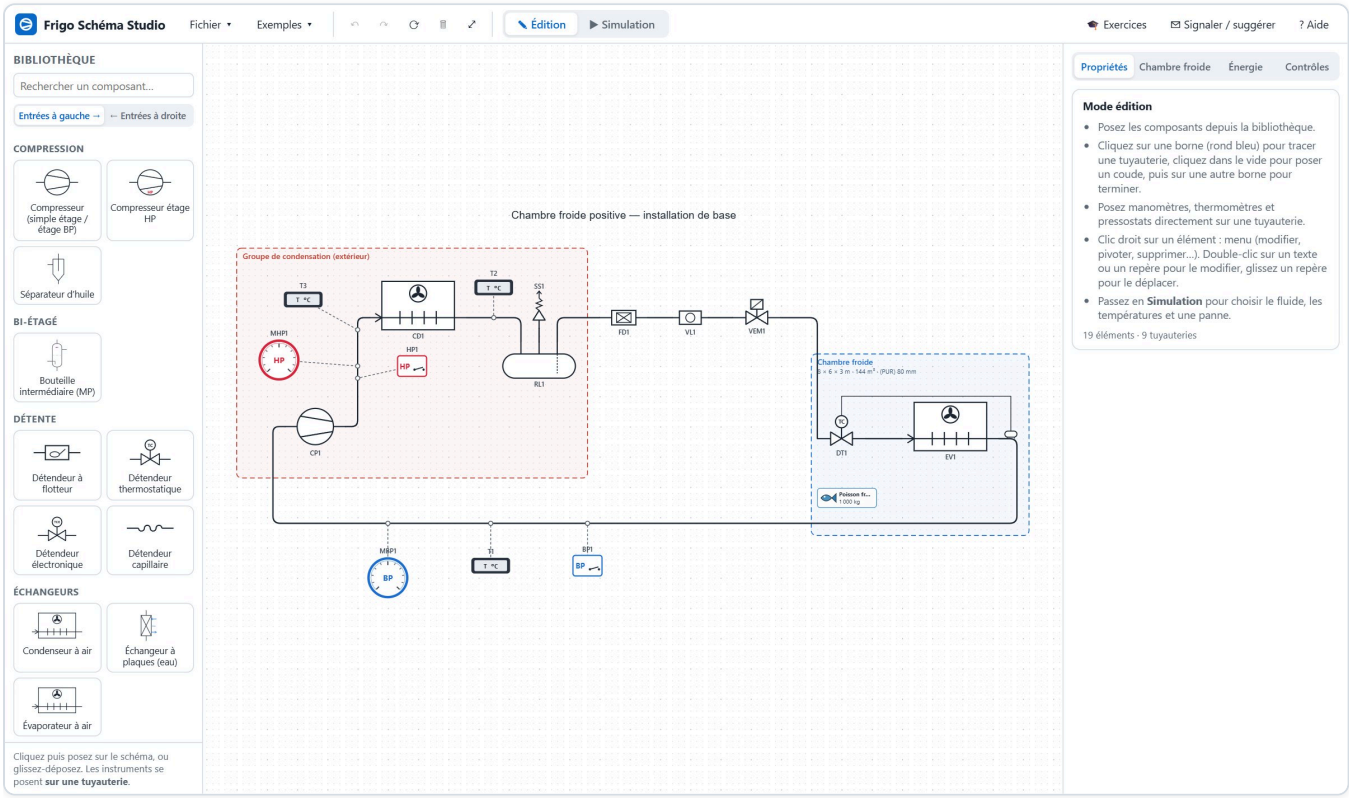


Figure 1 — L'écran en mode Édition, avec l'exemple « Chambre froide positive (installation de base) ».

Zone	Rôle
Barre d'outils (en haut)	Menus **Fichier** et **Exemples**, boutons annuler ↶ / rétablir ↷, pivoter ⟳, supprimer 🗑, ajuster la vue ⤢, choix du mode ✎ **Édition** / ▶ **Simulation**, puis 🎓 **Exercices**, ✉ **Signaler / suggérer** et **? Aide**.
Bibliothèque (à gauche)	Tous les symboles, rangés par rubriques, avec un champ de recherche et le choix du sens de dessin (entrées à gauche ou à droite). En bas : **Mes symboles**, vos symboles importés.
Schéma (au centre)	La zone de dessin, avec une grille de 10 unités. En simulation, une légende des couleurs apparaît en bas ; le panneau d'évolution de la simulation dans le temps s'ouvre aussi en bas.

Zone	Rôle
Panneau latéral (à droite)	Cinq onglets : **Propriétés** (qui devient **Simulation** en mode simulation), **Chambre froide**, **Énergie**, **Mesures**, **Contrôles**. Sa largeur se règle en faisant glisser son bord gauche.

1.2 Les deux modes

- **Édition** : on pose les symboles, on trace les tuyauteries, on règle les composants. Les bornes libres sont visibles (pastilles bleues) avec leurs repères « e » (entrée) et « s » (sortie).
- **Simulation** : le circuit est calculé à chaque modification. On peut continuer à modifier le schéma : la simulation suit. Certains composants réagissent au clic (compresseur, vannes, thermostat, vanne 4 voies).

1.3 Conventions

- **Pressions en bar relatif** (lecture d'un manomètre), la pression absolue étant rappelée entre parenthèses dans les résultats.
- **Mélanges zéotropes** (R407C, R449A, R448A, R452A, R454B, R454C, R455A…) : la **température d'évaporation est la température de rosée à la BP**, la **température de condensation est la température de bulle à la HP**. La surchauffe se calcule donc depuis la rosée et le sous-refroidissement depuis la bulle. Les manomètres affichent les deux températures, celle de référence en premier.
- **Unités** : températures en °C, écarts en K, puissances en kW (avec l'équivalent en kJ/24 h dans le bilan thermique), volumes balayés en m^3/h.

> **Sauvegarde automatique.** Le schéma, les réglages de simulation et la description de la chambre sont conservés dans le navigateur : en rouvrant la page, on retrouve son travail. Pour garder ou transmettre un schéma, enregistrez-le dans un fichier (chapitre 11).

2. Prise en main en dix minutes

Le plus simple pour découvrir le logiciel est de partir d'un exemple, puis de dessiner son propre circuit.

Observer un exemple

1. Menu **Exemples** → **Chambre froide positive (installation de base)**. Le schéma complet s'affiche : compresseur, condenseur, réservoir, ligne liquide, détendeur thermostatique, évaporateur, instruments et sécurités.
2. Cliquez sur ▶ **Simulation**. Les tuyauteries se colorent (rouge : vapeur HP, orange : liquide HP, vert : mélange BP, bleu : vapeur BP) et des tirets blancs défilent dans le sens d'écoulement.
3. Lisez les manomètres BP et HP : pression relative sous l'aiguille et températures de saturation dans l'encadré. Lisez les thermomètres.
4. Dans le panneau de droite, regardez le **diagramme enthalpique** et les **mesures et calculs**. Cliquez sur une ligne de résultat : l'endroit correspondant s'illumine sur le schéma.
5. Choisissez une panne dans **Panne simulée** (par exemple « Manque de fluide ») et observez ce qui change : BP, surchauffe, voyant…

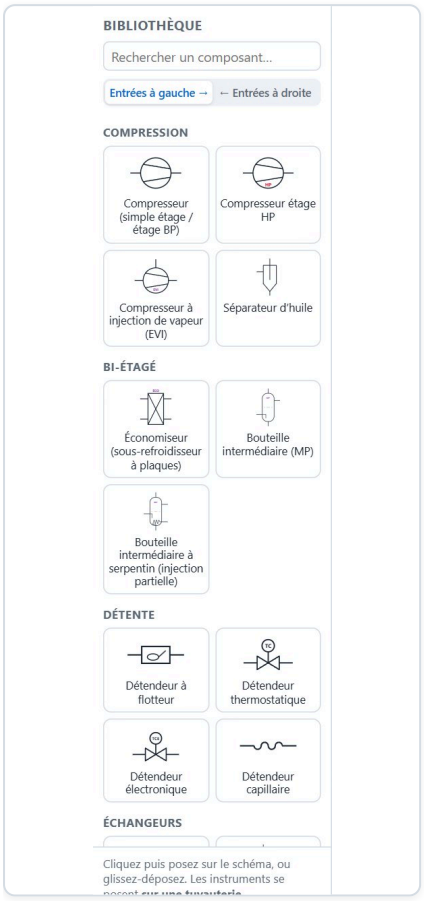
Dessiner son premier circuit

1. **Fichier** → **Nouveau schéma**.
2. Posez un **compresseur**, un **condenseur à air**, un **détendeur thermostatique** et un **évaporateur à air** : cliquez sur un symbole de la bibliothèque, puis à l'endroit voulu.
3. Reliez-les dans l'ordre du fluide : cliquez sur la borne **s** du compresseur (refoulement), puis sur la borne **e** du condenseur ; sortie du condenseur → entrée du détendeur ; sortie du détendeur → entrée de l'évaporateur ; sortie de l'évaporateur → entrée du compresseur (aspiration). Cliquez dans le vide pendant le tracé pour poser des coudes.
4. Sélectionnez le détendeur et faites glisser sa **pastille bleue** sur la tuyauterie de sortie de l'évaporateur : le bulbe s'y pose.
5. Posez un **manomètre BP** sur l'aspiration et un **manomètre HP** sur le refoulement (clic sur la tuyauterie), puis passez en ▶ **Simulation**.

> **Astuce.** L'exercice guidé « Dessiner et lire un premier circuit frigorifique » (bouton 🎓 **Exercices**) reprend exactement ce parcours, étape par étape, avec des indices.

3. Dessiner un schéma

3.1 Poser un symbole



- **Clic sur le symbole, puis clic sur le schéma** : le symbole est posé à cet endroit, calé sur la grille. Un aperçu transparent suit le pointeur.
- **Glisser-déposer** depuis la bibliothèque fonctionne aussi.
- **Maj + clic** : pose plusieurs exemplaires à la suite sans revenir à la bibliothèque.
- **Échap** : annule la pose en cours.
- Le **champ de recherche** filtre les symboles par nom ou par rubrique.
- **Sens de dessin** : Entrées à gauche → (par défaut) ou ← Entrées à droite. En mode « entrées à droite », les nouveaux symboles sont posés en miroir (entrée à droite, sortie à gauche) : pratique quand on dessine le condenseur à droite et l'évaporateur à gauche. Les symboles déjà posés ne changent pas.

Figure 2 — La bibliothèque : recherche, sens de dessin et rubriques.

Chaque symbole reçoit automatiquement un **repère** (CP1, CD1, DT1, FD1…), incrémenté à chaque pose.

3.2 Entrées et sorties : les repères « e » et « s »

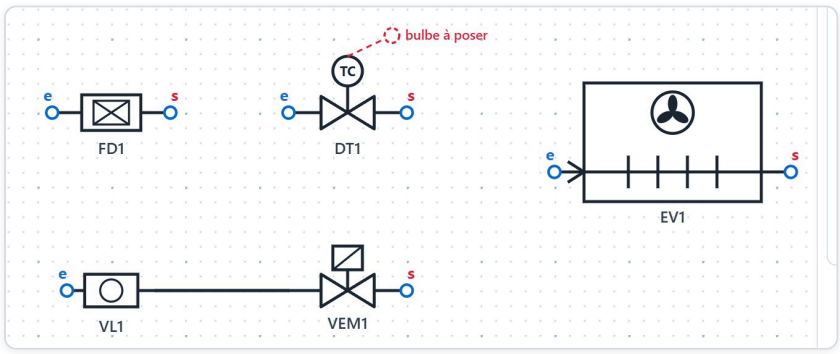


Figure 3 — En Édition, chaque borne libre d'entrée porte un « e » bleu et chaque borne libre de sortie un « s » rouge. VL1 et VEM1, déjà reliés, ne gardent que leurs repères libres.

Les lettres disparaissent dès que la borne est raccordée. Elles évitent l'erreur classique du composant monté à l'envers (détendeur, filtre, clapet…). Les vannes d'isolement et de service, qui se traversent dans les deux sens, n'en ont pas.

3.3 Tracer une tuyauterie

1. Cliquez sur une **borne** (pastille bleue) : le tracé commence, en pointillés.
2. Cliquez dans le vide pour poser des **coudes** ; le tracé reste horizontal ou vertical. `Retour arrière` retire le dernier coude.
3. Cliquez sur la **borne d'arrivée** pour terminer. `Échap` abandonne le tracé.

- Les changements de direction sont dessinés en **coudes arrondis**, à l'écran comme dans les exports.
- **Double-clic sur une tuyauterie** : ajoute un coude ; **double-clic sur un coude** : le supprime. Un coude sélectionné se déplace à la souris.
- Une liaison tracée directement d'une borne à l'autre, sans coude posé, **sort de chaque borne vers l'extérieur** du symbole puis le contourne : la sortie du fond d'un réservoir vertical part vers le bas au lieu de traverser le réservoir.
- Plusieurs tuyauteries peuvent partir d'une même borne de **piquage** (voir 3.4).
- Une tuyauterie sélectionnée affiche dans l'inspecteur ses deux extrémités et, en simulation, l'état du fluide (phase, pression, température).

3.4 Insérer un composant dans une tuyauterie existante

Cliquez (ou déposez) un composant de la bibliothèque **directement sur une tuyauterie** : il s'insère dans le circuit.

- Il est **centré sur le tronçon**, calé sur la grille, et **pivoté** selon le tronçon (horizontal ou vertical).
- Il est **orienté dans le sens d'écoulement** : entrée côté amont, sortie côté aval. Le sens est déduit du circuit (depuis le refoulement du compresseur) ; si le circuit n'est pas encore fermé, c'est le sens dans lequel la tuyauterie a été tracée.
- La tuyauterie est coupée et raccordée à ses deux bornes. Les instruments déjà posés restent en place ; un instrument recouvert est décalé juste à côté.
- Un seul `Ctrl` + `Z` annule toute l'insertion.
- Si le tronçon est trop court, le composant est posé à côté et un message l'indique en bas du schéma.
- `Alt` + clic : pose le composant sans l'insérer.

Composants concernés : filtre, voyant, vanne électromagnétique, vanne d'isolement, clapet, détendeurs (thermostatique, électronique, à flotteur, capillaire), régulateurs de pression, vanne de service et symboles personnels « traversés sans effet ». Les compresseurs, échangeurs, réservoirs, vanne 4 voies, bouteille intermédiaire et manifold se posent normalement.

Piquage (té) : posé sur une tuyauterie, il la coupe en deux exactement sur son tracé ; il ne reste qu'à tirer la nouvelle branche depuis le piquage.

3.5 Instruments, pressostats et bulbe

- Les **manomètres** (BP, HP, MP), les **thermomètres**, les **pressostats** se posent **sur une tuyauterie** : clic sur la tuyauterie. L'instrument est dessiné à côté, relié à son point de mesure par un trait pointillé.
- Pour changer le point de mesure : sélectionnez l'instrument et faites glisser sa **pastille bleue** sur une autre tuyauterie.
- **Pressostat sur une vanne de service** : chaque pressostat a un **raccord** au bord gauche de son cartouche. Cliquez dessus et tirez son **capillaire** (trait fin) jusqu'à la **prise permanente P** de la vanne de service. Cette prise n'est jamais obturée par la tige, même en contre-siège arrière : le pressostat lit la pression dans toutes

les positions. Raccordé par capillaire, il n'a plus de point de mesure sur une tuyauterie. Le pressostat combiné **PZLLHH** a deux capillaires : BP à gauche (vanne d'aspiration), HP à droite (vanne de refoulement).

- Le **détendeur thermostatique** a une pastille bleue pour son **bulbe** : posez-la sur la tuyauterie de sortie de l'évaporateur qu'il alimente. Le bulbe se plaque contre le tube et le capillaire est tracé automatiquement depuis le sommet du détendeur en contournant les symboles. Tant qu'il n'est pas posé, l'indication « bulbe à poser » s'affiche.

> **Attention.** Un manomètre BP posé côté haute pression part en butée, un bulbe posé ailleurs qu'à la sortie de « son » évaporateur fait suralimenter le détendeur : la simulation le signale.

3.6 Sélectionner, déplacer, transformer

Sélectionner	Clic sur un symbole ; Maj + clic pour en ajouter ; tracé d'un rectangle dans le vide pour en prendre plusieurs ; `Ctrl` + `A` pour tout.
Déplacer	Glisser la sélection (les tuyauteries suivent) ; flèches du clavier (avec `Maj` : pas de 50).
Pivoter	`R` ou bouton ⟳ : quart de tour.
Miroir	`M` : retourne le composant **sur place**. Le dessin se retourne **et l'entrée et la sortie s'échangent**, les tuyauteries restant raccordées au même endroit : le composant est traversé dans l'autre sens. C'est la façon de corriger un composant monté à l'envers.
Dupliquer	`Ctrl` + `D` (copie décalée, avec les tuyauteries internes à la sélection).
Supprimer	`Suppr` ou bouton 🗑 (les tuyauteries raccordées sont supprimées avec le composant).
Annuler / rétablir	`Ctrl` + `Z` / `Ctrl` + `Y`.

3.7 Repères et textes

- **Double-clic sur un repère** (CP1…) pour le renommer directement ; on peut aussi le changer dans l'inspecteur.
- **Glisser un repère** pour le déplacer ; « Replacer le repère » (menu du clic droit ou inspecteur) le remet à sa place d'origine.
- Le symbole **Texte** (rubrique Annotations) est un **bloc de texte libre** : double-clic pour écrire, `Entrée` pour une nouvelle ligne, `Ctrl` + `Entrée` ou clic à côté pour valider. Ses **poignées gauche et droite** règlent la largeur du bloc : le texte revient à la ligne tout seul. Police, taille, gras, italique, couleur et alignement (à gauche ou centré) dans l'inspecteur ou au clic droit.
- Le **cadre pointillé** (rubrique Annotations) entoure une partie du schéma (groupe, armoire, local…) : huit poignées pour le redimensionner ; type de trait (pointillé, tirets, mixte), épaisseur et couleur dans l'inspecteur ou au clic droit. Il est dessiné derrière les composants et n'a aucun effet sur la simulation.

3.8 Zones « chambre froide » et « extérieur / groupe »

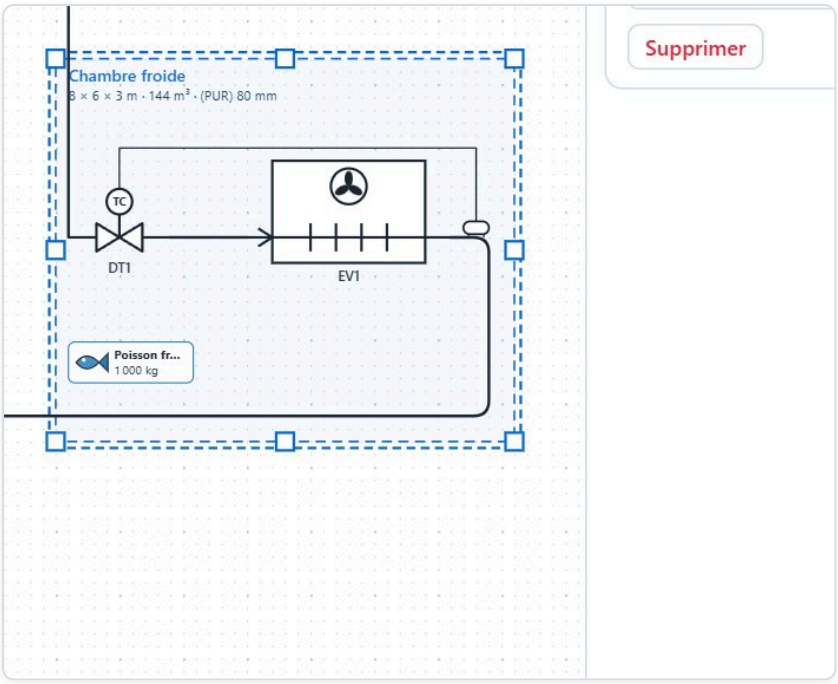
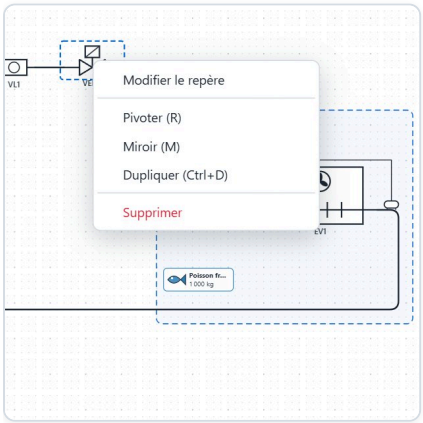


Figure 4 — Une zone sélectionnée affiche huit poignées de redimensionnement.

- Les zones délimitent la chambre froide et le groupe de condensation ; en simulation, leur titre affiche la température (chambre ou extérieur).
- **Sélection** : clic sur le bandeau du titre (l'intérieur reste cliquable pour les composants qu'il contient). Double-clic sur le titre pour le modifier.
- **Redimensionner** : tirer l'une des huit poignées (coins et milieux des bords) ; le bord opposé reste fixe, les bords se calent sur la grille. Largeur et hauteur se règlent aussi dans l'inspecteur.
- **Température propre** d'une zone « chambre froide » (inspecteur) : laissée vide, la zone prend la température de la simulation ; renseignée, les évaporateurs posés dans la zone échangent avec cette température (voir 5.10).

3.9 Menu du clic droit et vue



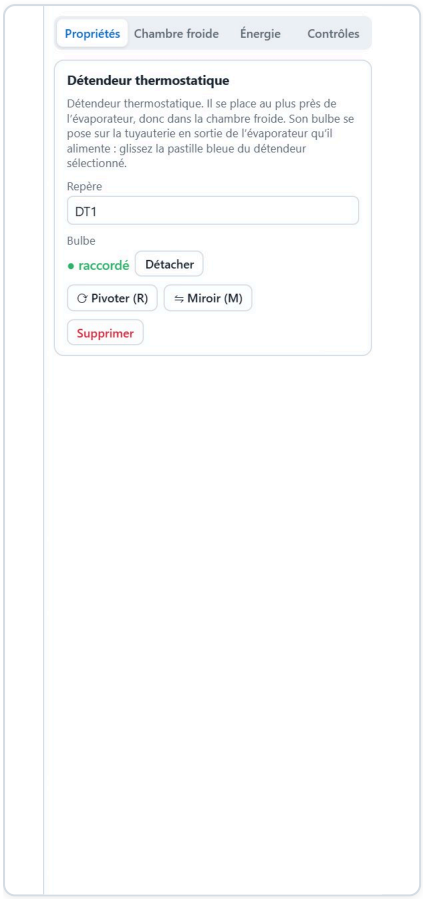
Clic droit sur un élément : modifier le repère, pivoter, miroir, dupliquer, détacher un instrument de son point de mesure, choisir la position d'une vanne de service, ouvrir / fermer une vanne ou mettre en marche / arrêter le compresseur (en simulation), supprimer.

Vue :

- molette : zoom autour du pointeur ;
- clic droit glissé dans le vide, ou `Espace` + glisser : déplacer la vue ;
- `F` ou bouton ⤢ : ajuster la vue à tout le schéma.

Figure 5 — Menu du clic droit sur la vanne électromagnétique.

3.10 L’inspecteur (onglet Propriétés)



En Édition, l’onglet commence par le choix du **fluide frigorigène** (en Simulation, il se trouve dans la rubrique « Conditions ») : changer de fluide convertit les réglages des pressostats et des régulateurs à températures de saturation égales.

Il présente l’élément sélectionné : nom, description, repère, et ses réglages propres : position d’une vanne, consigne d’un pressostat ou d’un régulateur, commande du thermostat, taille relative d’un évaporateur, dimensions et température d’une zone, texte…

Il propose aussi ⟳ **Pivoter (R)**, ⇋ **Miroir (M)**, l’état du point de mesure (« raccordé ») et, en simulation, l’état du fluide à l’entrée et à la sortie du composant.

Sans sélection, en Édition, il rappelle les gestes principaux et le nombre d’éléments et de tuyauteries.

> **Saisie des nombres.** Les champs numériques acceptent la virgule (« 2,5 »), peuvent être vidés pour retaper une valeur, se règlent aux flèches ↑ ↓ et reprennent leur valeur si on les quitte vides.

Figure 6 — Inspecteur du détendeur thermostatique.

4. La bibliothèque des composants

Le tableau indique, pour chaque symbole, son repère par défaut et son rôle dans la simulation.

Symbole (repère)	Rôle et comportement en simulation
Compression	
Compresseur (CP)	Aspiration à gauche, refoulement à droite dans l'axe. Volume balayé, rendement et type (ouvert, semi-hermétique, hermétique) dans les réglages avancés. En simulation, un clic le met en marche ou à l'arrêt ; un anneau vert animé indique la marche, un anneau orange une sécurité déclenchée.
Compresseur étage HP (CH)	2e étage d'une installation bi-étagée : aspire la vapeur de la bouteille intermédiaire (ou le mélange venant de l'économiseur).
Compresseur à injection de vapeur — EVI (CP)	Compresseur scroll ou à vis à port d'injection, sur le dessus du symbole : la vapeur de l'économiseur y entre en cours de compression. Il assure seul les deux étages ; ne lui ajoutez pas de compresseur HP.
Séparateur d'huile (SH)	Sur le refoulement ; recommandé pour les gros groupes et l'ammoniac.
Bi-étagé	
Bouteille intermédiaire MP (BI)	Bouteille ouverte (injection totale) : reçoit le refoulement BP par barbotage et le liquide détendu HP → MP ; alimente l'aspiration HP en vapeur saturée et le détendeur BP en liquide saturé.
Bouteille intermédiaire à serpentin (BI)	Bouteille fermée (injection partielle, désurchauffe complète) : cinq raccordements — refoulement BP en barbotage, injection détendue, entrée et sortie du serpentin, vapeur vers l'aspiration HP. Le liquide HP traverse le serpentin et en sort sous-refroidi vers le détendeur BP.
Économiseur — sous-refroidisseur à plaques (ECO)	Échangeur à plaques à deux circuits : liquide HP (entrée en haut à droite, sortie sous-refroidie en haut à gauche) et injection (entrée détendue en bas à gauche, sortie vapeur en bas à droite). La vapeur rejoint le refoulement BP par un piquage, ou le port d'injection d'un compresseur EVI.
Détente	
Détendeur thermostatique (DT)	Règle la surchauffe utile ; son bulbe se pose sur la sortie de son évaporateur.
Détendeur électronique (DE)	Piloté par un régulateur de surchauffe ; pas de bulbe à poser.
Détendeur à flotteur (DF)	Maintient un niveau (bouteille intermédiaire, séparateur).
Détendeur capillaire (CA)	Détente fixe des petites installations.
Échangeurs	
Condenseur à air (CD)	Entrée vapeur HP à gauche, sortie liquide à droite ; son ventilateur tourne en marche.
Échangeur à plaques — eau (CD)	Condenseur à eau, fluide de haut en bas.
Évaporateur à air (EV)	Dans la chambre froide ; réglage **Taille relative** quand il y a plusieurs évaporateurs.
Ligne liquide	

Symbole (repère)	Rôle et comportement en simulation
Vanne électromagnétique (VEM)	Ferme le liquide ; un clic l'ouvre ou la ferme en simulation (tirage au vide). Quand un thermostat la pilote, le clic agit sur le thermostat : fermer la vanne revient à le satisfaire. Avec plusieurs évaporateurs, fermer la vanne d'une branche n'arrête que cet évaporateur : les autres continuent et la BP commune baisse.
Filtre déshydrateur (FD)	Sur la ligne liquide ; la panne « filtre colmaté » s'y applique.
Voyant liquide (VL)	Montre des bulles si le liquide n'est pas sous-refroidi.
Réservoir de liquide (RL), horizontal ou vertical	À la sortie du condenseur ; son niveau varie avec la charge ; un piquage facultatif reçoit la soupape de sécurité.
Ligne aspiration	
Bouteille anti-coup de liquide (BA)	Protège le compresseur des retours de liquide.
Accessoires	
Vanne d'isolement (V)	Un clic l'ouvre ou la ferme en simulation.
Clapet anti-retour (CL)	Ne laisse passer que dans le sens de la flèche.
Vanne de service (VS)	À contre-siège ; prise de service pour le manifold, prise permanente P pour le capillaire d'un pressostat ; trois positions (voir 5.13).
Piquage / dérivation (N)	Point de raccordement de plusieurs tuyauteries (té).
Régulateurs de pression (voir 5.9)	
Vanne à pression constante (VPC)	Régulateur de pression d'évaporation, à la sortie de l'évaporateur.
Vanne de démarrage (VDM)	Régulateur de pression de carter, juste avant le compresseur.
Vanne de capacité (VCA)	By-pass des gaz chauds du refoulement vers la BP.
Vanne d'inversion de cycle (V4V)	Vanne 4 voies D, C, S, E ; un clic bascule mode froid / cycle inversé.
Instruments	
Manomètres BP, HP, MP (MBP, MHP, MMP)	Pression relative et températures de saturation au point de mesure.
Thermomètre (T)	Température du fluide au point de mesure, y compris l'échauffement ou le refroidissement le long des lignes.
Manifold (MAN)	Manomètres BP et HP avec leurs flexibles, à raccorder sur des prises de service.
Régulation / sécurité (voir 5.8)	
Soupape de sécurité (SS)	Sur la partie HP (réservoir ou ligne HP, par un piquage).
Pressostat BP de régulation, PZL (BPR)	Consigne et différentiel ; arrête et relance le compresseur en pump-down.
Pressostat BP de sécurité, PZLL (BP)	Coupe sous son seuil ; réarmement automatique ou manuel.
Pressostat HP de régulation, PZH (HPR)	Commande des ventilateurs du condenseur : dessin et lecture de la HP, commande non simulée.
Pressostat HP de sécurité, PZHH (HP)	Coupe le compresseur au-dessus de son seuil.

Symbole (repère)	Rôle et comportement en simulation
Pressostat combiné HP-BP, PZLLHH (HBP)	Deux capillaires (BP à gauche, HP à droite) ; coupe sous le seuil BP ou au-dessus du seuil HP.
Pressostat différentiel d'huile, PZDL (PH)	Dessin seulement : la pression d'huile n'est pas simulée.
Thermostat de régulation, TSHL (TH)	Commande le compresseur ou la vanne électromagnétique (pump-down).
Thermostat à bulbe, TSHL (TH)	Même rôle, dessiné avec son bulbe et son capillaire.
Annotations	
Zones chambre froide / extérieur (Z)	Cadres titrés, redimensionnables ; température affichée en simulation.
Cadre pointillé (C)	Cadre libre redimensionnable ; type de trait, épaisseur et couleur. Sans effet sur la simulation.
Texte (TX)	Bloc de texte libre sur plusieurs lignes, largeur réglable, retour à la ligne automatique.

5. La simulation

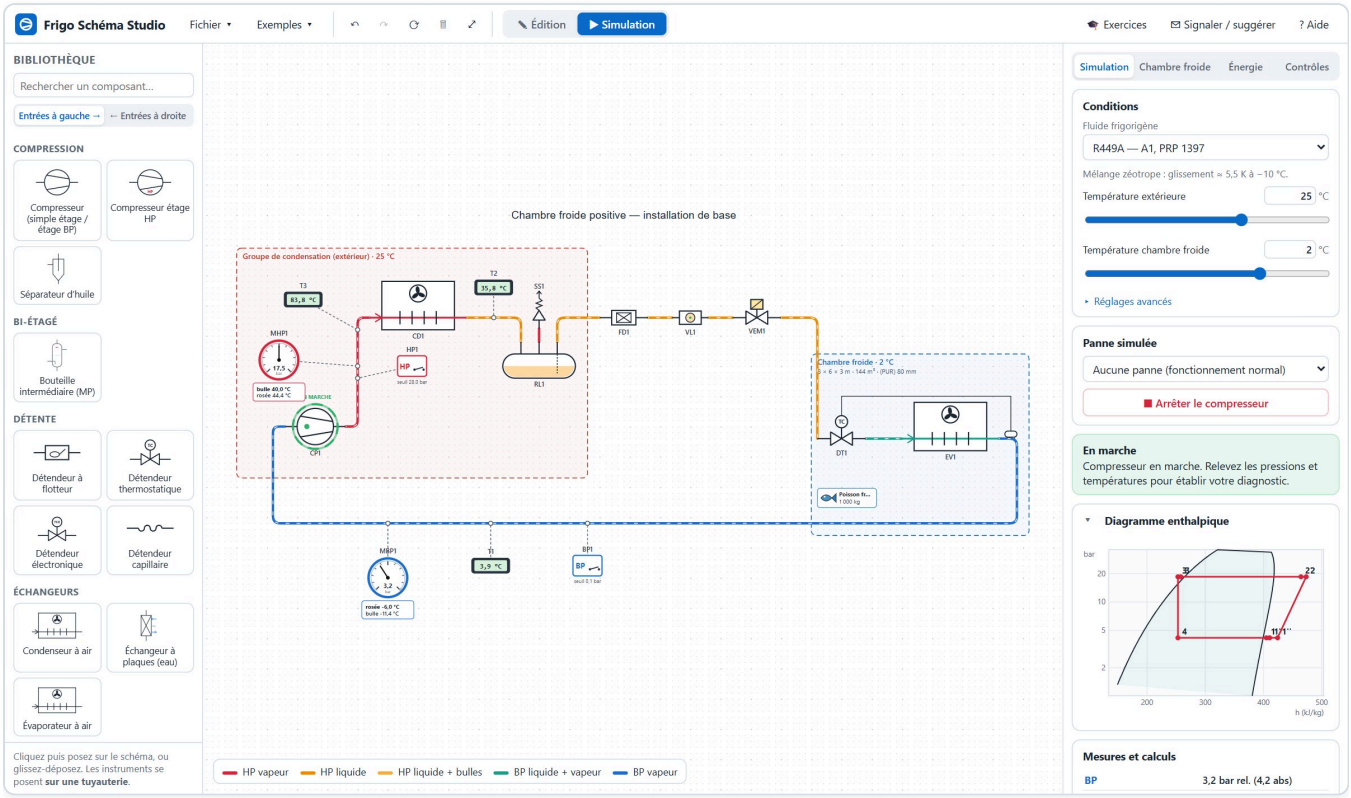
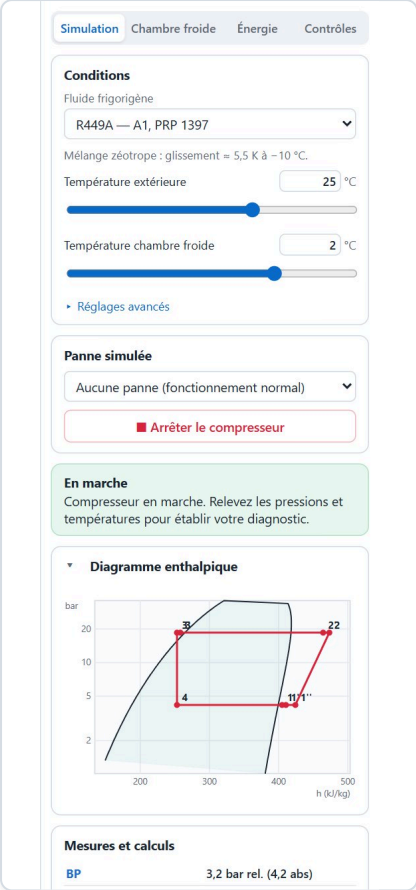


Figure 7 — Mode Simulation : tuyauteries colorées, instruments renseignés, panneau Simulation à droite.

Le logiciel calcule le circuit **en régime établi** : il part du refoulement du compresseur, suit le fluide de composant en composant et attribue à chaque tuyauterie un état (pression, température, phase). Le calcul est refait à chaque modification du schéma ou des réglages.

> Dans le panneau de droite, toutes les rubriques (Conditions, Panne simulée, Diagramme enthalpique, Mesures et calculs… et celles des onglets Chambre froide, Énergie et Mesures) sont **repliées au départ** : cliquez sur un titre pour l'ouvrir ou la refermer. L'en-tête résume l'essentiel même replié (fluide et températures, panne, COP, puissance à installer…). Le logiciel se souvient des rubriques que vous avez ouvertes d'une séance à l'autre. Le bandeau d'état et le bouton de marche / arrêt du compresseur restent toujours visibles.

5.1 L’état de l’installation et les messages



Le bandeau sous les réglages résume l’état : **En marche** (vert), **Attention** (orange), **Arrêt** (gris) ou **Schéma incomplet** (rouge), avec une explication.

Le logiciel vérifie notamment :

- que le circuit se referme sur l’aspiration du compresseur, et où le fluide s’arrête sinon ;
- qu’il y a un condenseur, un organe de détente et un évaporateur ;
- qu’aucun composant n’est monté à l’envers (détendeur, clapet, filtre, échangeur…) ;
- qu’aucun évaporateur n’est alimenté directement en liquide HP (détente manquante) et qu’aucun piquage ne relie la HP et la BP ;
- la position des bulbes, des manomètres et des pressostats ;
- les températures de refoulement excessives, la surchauffe insuffisante, les taux de compression élevés.

Les remarques secondaires (bornes libres, instruments non posés) sont listées plus bas dans le panneau.

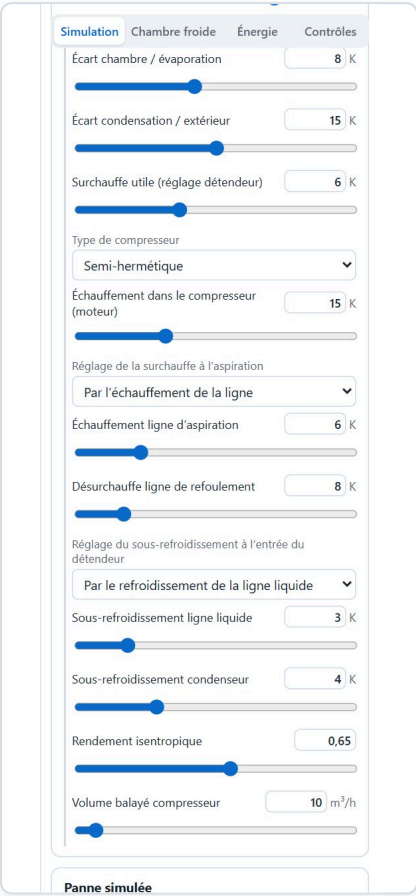
Figure 8 — Panneau Simulation : conditions, panne, état, diagramme enthalpique.

5.2 Les conditions

- **Fluide frigorigène** : R134a, R404A, R507A, R407C, R410A, R22, R32, R449A, R448A, R452A, R454B, R454C, R455A, R513A, R1234yf, R1234ze(E), R290 (propane), R600a (isobutane), R717 (ammoniac). Le glissement des mélanges et le point critique sont rappelés sous la liste. Les propriétés viennent de tables calculées avec CoolProp.
- **Température extérieure** et **température chambre froide** : curseurs ou saisie directe.
- **Arrêter / mettre en marche le compresseur** : bouton sous la panne simulée (équivaut au clic sur le compresseur).
- **Évaporateur** : *adapté au compresseur* (par défaut) : l’écart chambre / évaporation est imposé, l’évaporateur est supposé à la mesure du compresseur. *Sélectionné selon le bilan de la chambre* ou de *puissance nominale saisie* : l’évaporateur a sa propre taille, donnée pour l’écart de sélection (réglages avancés). L’évaporation s’établit là où ce que l’évaporateur vaporise égale ce que le compresseur aspire : un compresseur surdimensionné fait baisser la BP (écart réel plus grand, cycles courts, coupure possible par le pressostat BP), un compresseur trop petit la fait monter. Le panneau donne l’écart réel et une appréciation du couple compresseur / évaporateur. Avec plusieurs évaporateurs, la puissance est leur total.
- **Condenseur** : mêmes trois choix. Sélectionné selon le bilan, il est prévu pour évacuer la chaleur correspondant à la puissance requise par la chambre. De taille propre, la condensation s’établit là où ce que le condenseur évacue égale ce que le compresseur lui envoie : un condenseur trop petit (ou un compresseur trop gros) fait monter la HP, jusqu’à la coupure du pressostat HP ; la HP suit aussi la température extérieure. Quand l’évaporateur et le condenseur ont tous deux leur taille, les deux équilibres sont calculés ensemble.

Changement de fluide. Quand vous changez le fluide, les réglages en pression des pressostats et des régulateurs sont convertis pour garder les mêmes températures de saturation (rosée pour la BP, bulle pour la HP), comme le ferait un frigoriste. Une ligne indique les organes convertis.

5.3 Les réglages avancés



Écart chambre / évaporation	T évaporation (rosée) = T chambre − écart. Avec un évaporateur de taille propre, c'est son écart de sélection ; l'écart réel résulte de l'équilibre avec le compresseur.
Écart condensation / extérieur	T condensation (bulle) = T extérieure + écart. Avec un condenseur de taille propre, c'est son écart de sélection ; l'écart réel résulte de l'équilibre avec le compresseur.
Surchauffe utile	Réglage du détendeur, en sortie d'évaporateur.
Type de compresseur et échauffement moteur	Ouvert (0 K), semi-hermétique (15 K), hermétique (25 K) : le gaz se réchauffe en refroidissant le moteur.
Réglage de la surchauffe à l'aspiration	Par l'échauffement de la ligne d'aspiration, ou par la surchauffe totale visée.
Désurchauffe ligne de refoulement	Refroidissement des gaz entre compresseur et condenseur.
Sous-refroidissement	Au condenseur, puis dans la ligne liquide (ou sous-refroidissement total visé à l'entrée du détendeur).
Rendement isentropique	Qualité de la compression.
Volume balayé	Du compresseur (et de l'étage HP en bi-étagé), en m^3/h.
Écart serpentin / pincement économiseur	Bouteille à serpentin ou économiseur : le liquide en sort à ti + cet écart (5 K par défaut), ti étant la température de saturation à la pression intermédiaire.
Surchauffe de la vapeur d'injection	Économiseur : surchauffe réglée par le détendeur d'injection à la sortie vapeur de l'échangeur (5 K par défaut).

Figure 9 — Réglages avancés.

5.4 Lire le schéma simulé

- **Couleurs des tuyauteries** (légende en bas du schéma) : HP vapeur, HP liquide, HP liquide + bulles, BP liquide + vapeur, BP vapeur, et en bi-étagé les états MP (violet). Les tirets blancs animés montrent le sens d'écoulement.
- **Survol d'une tuyauterie** : phase, pression et température.
- **Manomètres** : aiguille et valeur en bar relatif ; dans l'encadré, la température de saturation (rosée et bulle pour les mélanges, la valeur de référence en premier et en gras).

- **Thermomètres** : température au point de mesure ; elle tient compte de l'échauffement de la ligne d'aspiration, de la désurchauffe du refoulement et du sous-refroidissement de la ligne liquide.
- **Compresseur** : anneau vert « EN MARCHE », gris « ARRÊT », orange « SÉCURITÉ BP / HP ».
- Les ventilateurs tournent, le réservoir montre son niveau, le voyant ses bulles, l'évaporateur pris en glace ses cristaux…



Figure 10 — Manomètre BP (pression relative, rosée et bulle), thermomètre et pressostat BP sur l'aspiration.

5.5 Mesures et calculs

Sous le diagramme, le tableau **Mesures et calculs** donne : BP et HP (relatives et absolues), températures d'évaporation (rosée) et de condensation (bulle, et rosée à la HP pour les mélanges), température de refoulement et d'entrée condenseur, surchauffe utile, température et surchauffe à la bride d'aspiration, température d'entrée de la chambre de compression et surchauffe totale, gain de chaleur des lignes, sous-refroidissements (condenseur et total), taux de compression, **débit massique** (en kg/h et kg/s ; débits BP et HP en bi-étagé) et **volume réellement aspiré** (volume balayé × rendement volumétrique η_v, qui baisse quand le taux de compression monte), puissances frigorifique (débit × effet frigorifique), absorbée et au condenseur, COP. Puis le tableau **Instruments** reprend la lecture de chaque instrument.

> **Repérer sur le schéma.** Cliquez sur une ligne de résultat : la partie concernée du schéma (ligne d'aspiration, condenseur, zone BP…) s'illumine. Un nouveau clic éteint la mise en évidence.

5.6 Le diagramme enthalpique

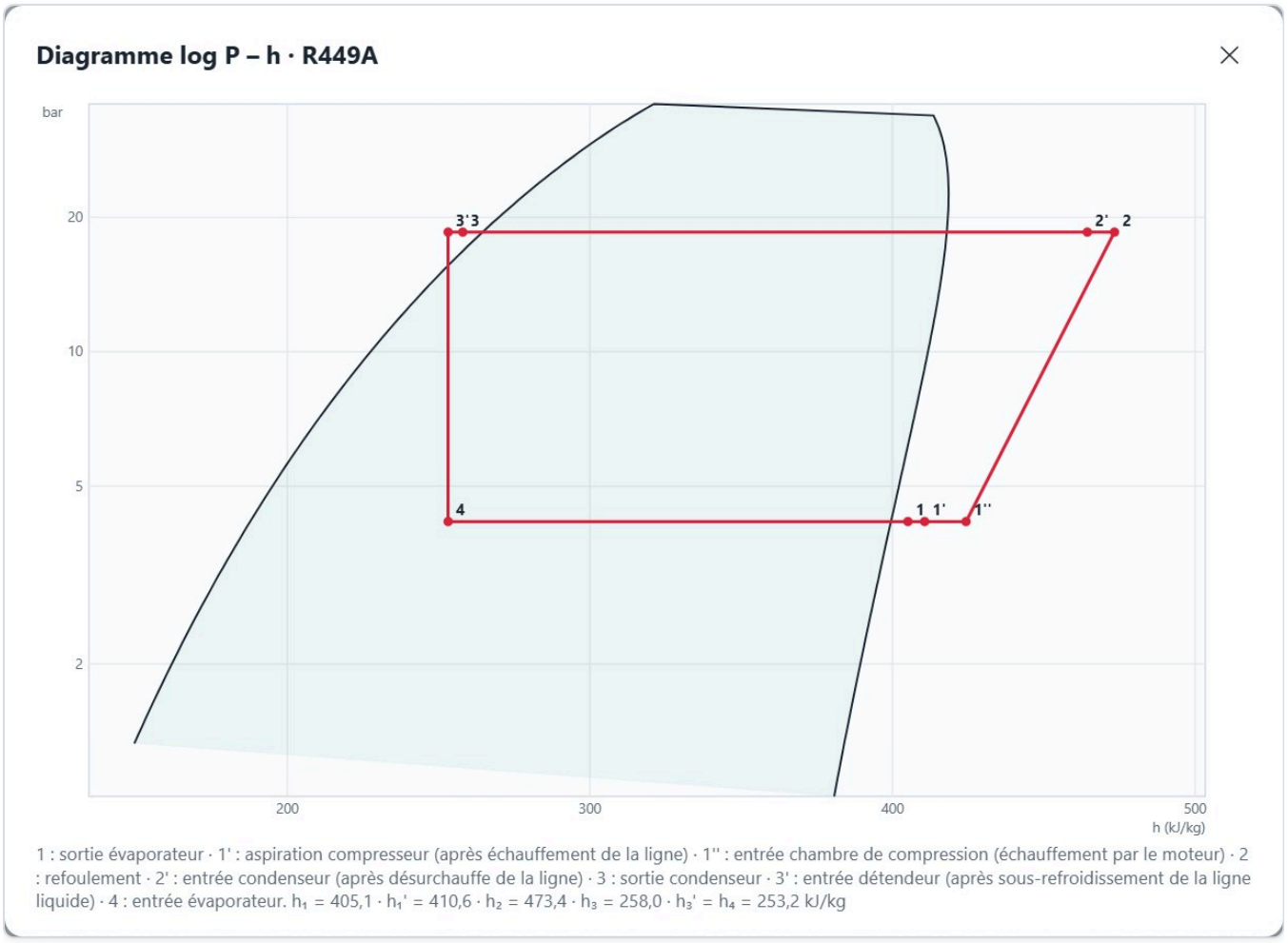


Figure 11 — Diagramme log P – h agrandi (clic sur le diagramme du panneau), avec la légende des points.

Le diagramme trace la cloche de saturation du fluide et le cycle calculé. Les points numérotés suivent le fluide : **1** sortie évaporateur, **1'** aspiration du compresseur (après la ligne), **1"** entrée de la chambre de compression (après le moteur), **2** refoulement, **2'** entrée condenseur, **3** sortie condenseur, **3'** entrée détendeur, **4** sortie détendeur ; **1r** après un régulateur. En bi-étagé, la légende détaille les points des deux étages. La rubrique s'ouvre et se replie d'un clic sur son titre.

Quand une partie du fluide suit un autre chemin, il est tracé **en bleu** : l'évaporateur retenu par une vanne à pression constante (points 4a, 1a, puis détente dans la vanne jusqu'à la BP commune), ou l'injection d'une bouteille à serpentin et d'un économiseur (points 6 et 6', voir 5.12). Le nom de chaque isobare d'évaporation est écrit à sa gauche.

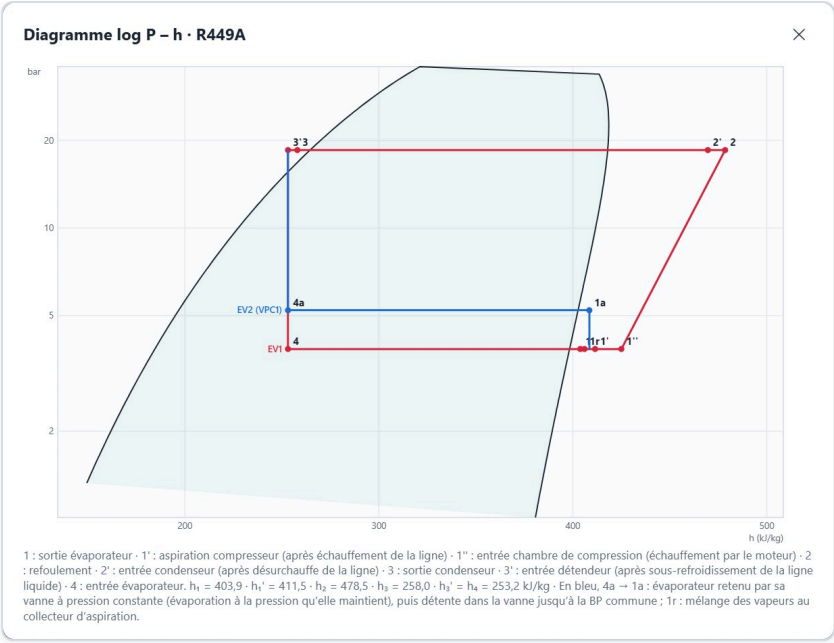


Figure 12 — Exemple « Deux chambres à températures différentes » : trois isobares, la HP, l'évaporateur EV2 retenu par sa VPC (en bleu) et la BP commune de EV1.

5.7 Les pannes simulées

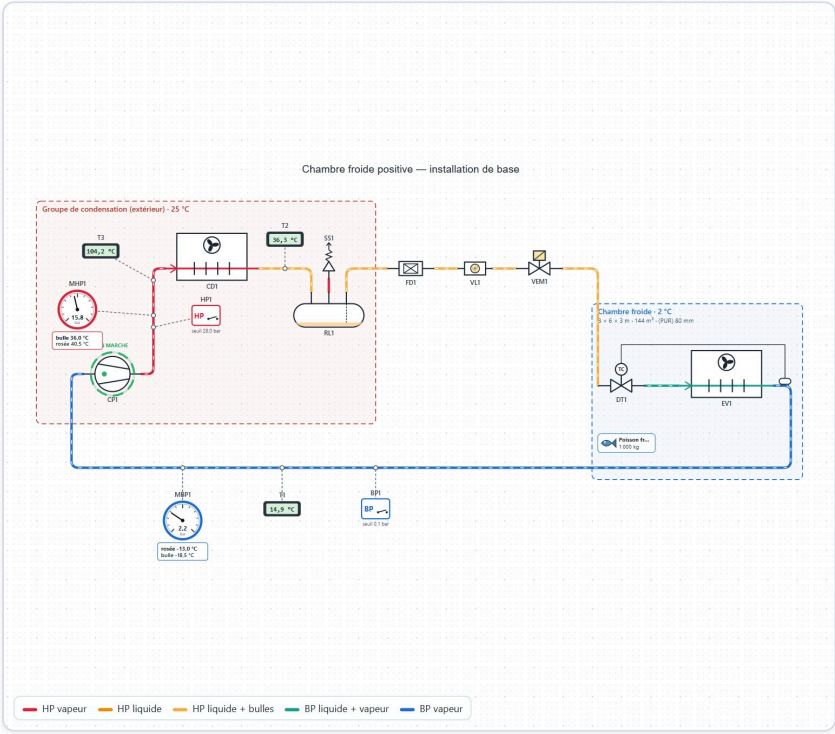


Figure 13 — Panne « Manque de fluide » : mélange au voyant, BP basse, forte surchauffe.

Panne	Ce que l'on constate
Manque de fluide	BP basse, surchauffe élevée, sous-refroidissement quasi nul, bulles au voyant.
Excès de fluide (surcharge)	HP élevée, sous-refroidissement important, surchauffe normale à faible.
Condenseur encrassé / ventilateur HS	HP très élevée, température de refoulement élevée, COP en baisse.

Panne	Ce que l'on constate
Évaporateur pris en glace / ventilateur HS	BP basse, surchauffe très faible : risque de retour de liquide.
Détendeur sous-alimentant	BP basse, surchauffe très élevée, sous-refroidissement en hausse.
Détendeur suralimentant	BP élevée, surchauffe nulle : retour de liquide au compresseur.
Filtre déshydrateur colmaté	Écart de température entre entrée et sortie du filtre, bulles au voyant après le filtre, BP basse.
Présence d'incondensables	HP anormalement élevée par rapport à la température de condensation ; à l'arrêt, la HP reste au-dessus de la pression de saturation à la température extérieure.
Compresseur défaillant	BP haute, HP basse, faible taux de compression, puissance en chute.
Vanne électromagnétique non étanche	En pump-down permanent : redémarrages sans demande du thermostat, cycles courts (simulation dans le temps).
Étage BP / HP défaillant	Bi-étagé seulement : la pression intermédiaire chute ou monte.

5.8 Sécurités et régulation

Pressostats de sécurité

- **Pressostat HP** : si la HP dépasse son seuil, le compresseur est arrêté et le message l'explique (réarmement après dépannage).
- **Pressostat BP de sécurité** : si la BP de marche descend sous son seuil, le compresseur s'arrête ; le message donne la BP de marche, la BP à l'arrêt et le seuil de réenclenchement. L'inspecteur affiche la **BP de fonctionnement normal** et alerte si le seuil est trop haut (bouton « Régler à 0,1 bar »). Avec **Réarmement manuel**, le compresseur reste arrêté.
- **Vanne fermée sur le refoulement**, compresseur en marche : la HP monte instantanément ; le pressostat HP placé entre le compresseur et la vanne coupe, sinon le message signale le danger d'éclatement.

Thermostat et pump-down

Le **thermostat de régulation** coupe à la consigne et réenclenche à consigne + différentiel. Sa consigne est la température de chambre de la simulation. Dans l'inspecteur, on choisit ce qu'il commande :

- **le compresseur** (marche / arrêt direct) ;
- **une vanne électromagnétique** : régulation par **pump-down**. Une liaison de commande en pointillés relie le thermostat à la bobine de la vanne.

En pump-down, le **pressostat BP de régulation** (consigne = coupure, différentiel ; réenclenchement = consigne + différentiel) arrête et relance le compresseur. En mode **permanent**, il relance dès que la BP remonte ; en mode **unique**, seulement à la demande du thermostat. L'inspecteur traduit ses seuils en températures de rosée.

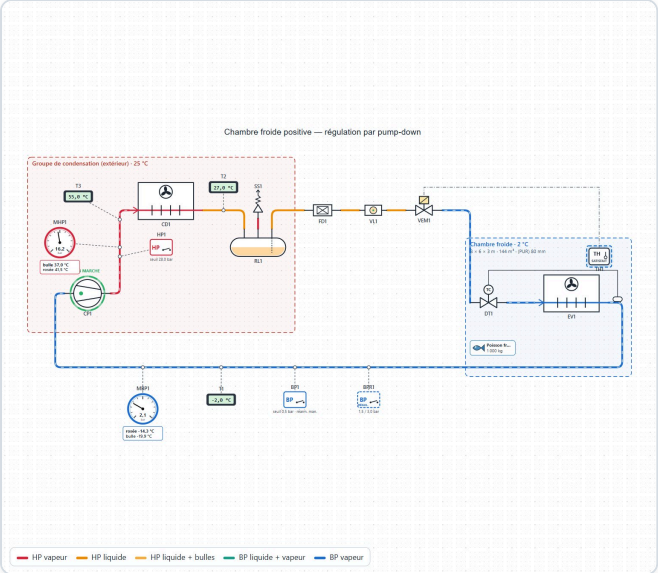


Figure 14 — Clic sur le thermostat : VEM1 se ferme, le compresseur tire au vide, la BP descend (animation de quelques secondes).



Figure 15 — Fin du tirage au vide : BPR1 a arrêté le compresseur ; le message indique les conditions de redémarrage.

Fermer une vanne à la main, compresseur en marche, provoque aussi un tirage au vide jusqu'au pressostat BP. L'onglet Contrôles vérifie la cohérence des réglages du pump-down (voir chapitre 9).

5.9 Les régulateurs de pression

Avec un régulateur, la pression de l'évaporateur et celle de l'aspiration du compresseur peuvent différer : un manomètre avant la vanne et un autre après lisent deux pressions. Le dôme du régulateur se colore quand il régule et un message explique son action.

Organe	Montage	Effet simulé
Vanne à pression constante (VPC)	Aspiration, à la sortie de l'évaporateur.	L'évaporateur ne descend pas sous la pression de réglage ; le compresseur aspire plus bas derrière la vanne.
Vanne de démarrage (VDM)	Aspiration, juste avant le compresseur.	La pression d'aspiration est plafonnée : moteur protégé au démarrage et après dégivrage (visible surtout dans la simulation dans le temps).
Vanne de capacité (VCA)	Entrée sur le refoulement (piquage) ; sortie sur l'aspiration ou à l'entrée de l'évaporateur (détecté automatiquement).	Sous le réglage, des gaz chauds repassent côté BP pour la maintenir ; le pourcentage by-passé est affiché. Injectés à l'aspiration, ils font monter fortement la température de refoulement.

Les régulateurs ne sont pas simulés en bi-étagé.

5.10 Plusieurs évaporateurs, plusieurs chambres

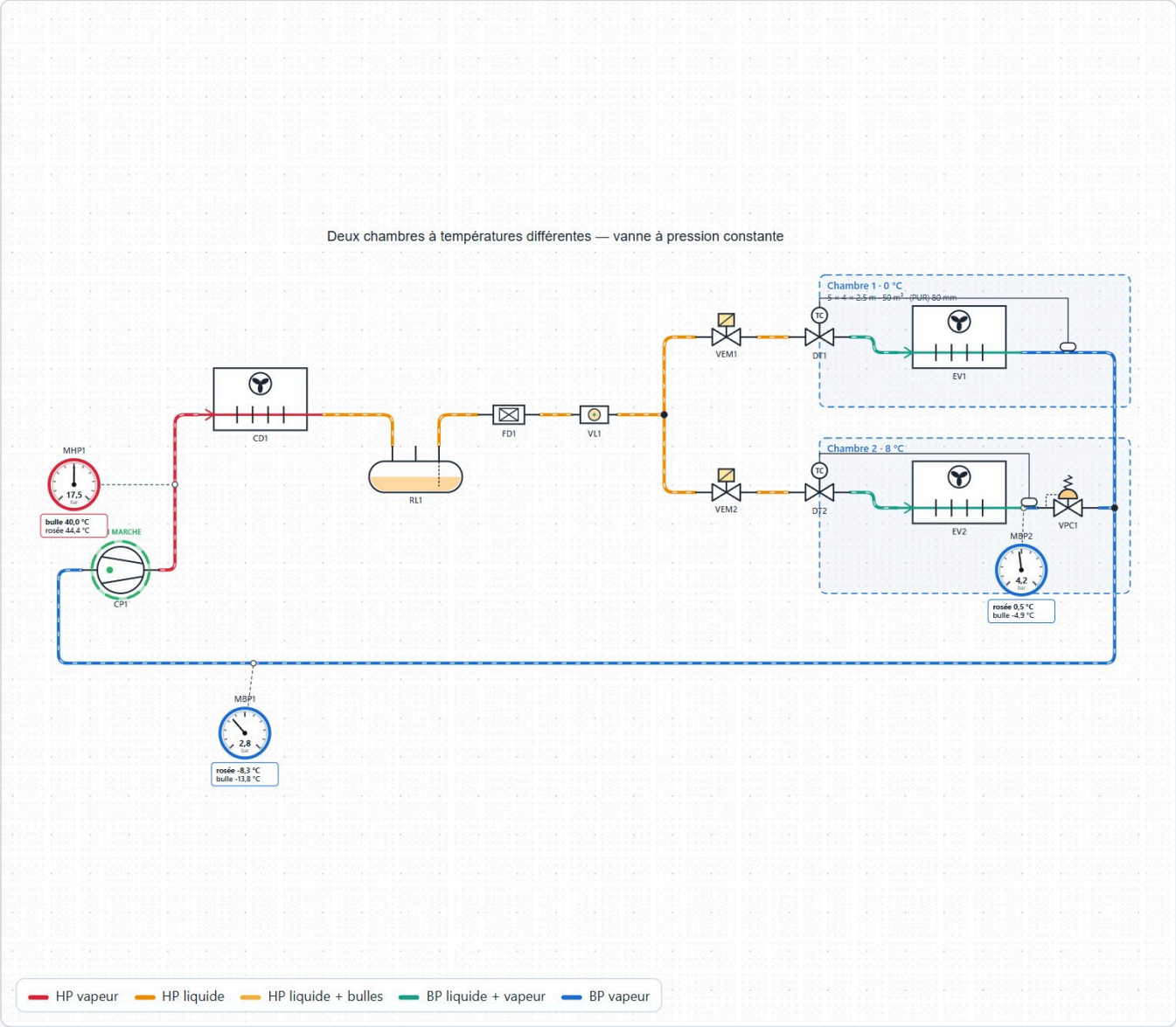


Figure 16 — Exemple « Deux chambres à températures différentes » : la VPC retient l'évaporateur de la chambre la plus chaude.

- Les branches se créent avec des **piquages** ; chaque évaporateur a son détendeur (et sa vanne électromagnétique si besoin).
- Chaque évaporateur échange avec la chambre dans laquelle il est posé : donnez une **température propre** à la zone « chambre froide » correspondante. Sa **taille relative** (inspecteur) répartit la puissance d'échange.
- Le logiciel calcule la **BP commune** ; une **vanne à pression constante** sur une branche y tient l'évaporateur à son réglage. Le panneau affiche une ligne par évaporateur : chambre, température d'évaporation, pression, puissance, « retenu par la VPC ».
- Le bilan thermique, l'énergie et la simulation dans le temps ne portent que sur la chambre principale (température de la simulation).

5.11 Vanne 4 voies et circuit réversible

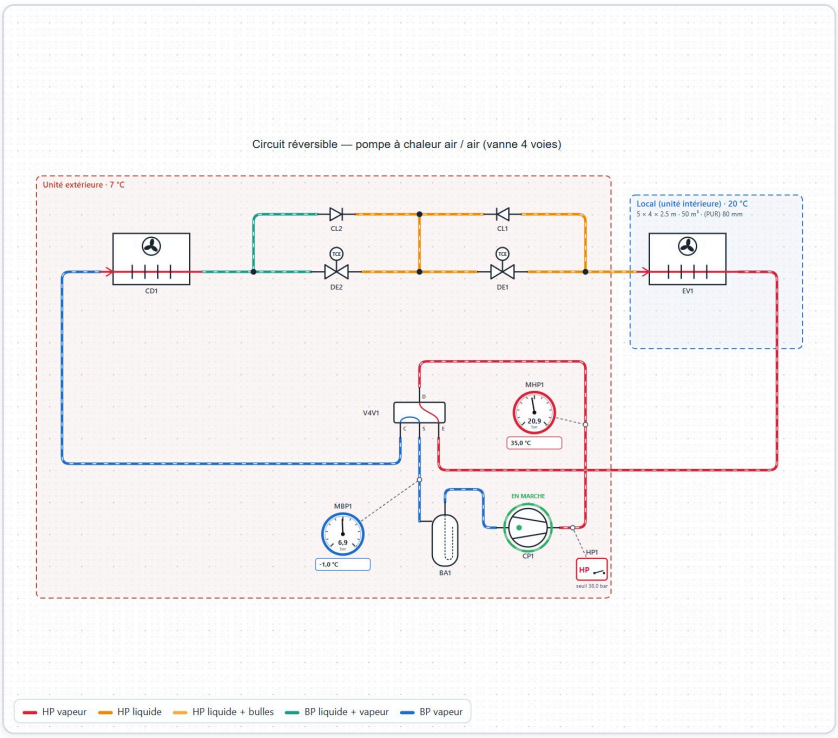


Figure 17 — Exemple « Circuit réversible » en mode chauffage : les gaz chauds vont vers l'unité intérieure.

D reçoit le refoulement, S renvoie à l'aspiration. En mode froid, D communique avec C (condenseur) et E avec S ; en **cycle inversé**, D communique avec E et C avec S. Un clic sur la vanne en simulation bascule le mode. Chaque échangeur condense s'il reçoit des gaz chauds et évapore sinon ; prévoyez un clapet anti-retour en parallèle de chaque détendeur pour le passage du liquide dans l'autre sens, et une bouteille anti-coup de liquide à l'aspiration. En cycle inversé, les onglets Chambre froide et Énergie et la simulation dans le temps ne s'appliquent pas.

5.12 Installations bi-étagées

Le logiciel reconnaît quatre montages d'après le symbole posé entre les deux étages. Dans les trois premiers, il faut un compresseur (étage BP) et un compresseur HP ; la **pression intermédiaire** s'établit là où le débit que peut aspirer l'étage HP égale celui qu'exige le bilan de la bouteille ou de l'économiseur : changez les volumes balayés ou simulez la panne d'un étage pour la voir bouger. Un manomètre MP se pose sur la ligne intermédiaire.

Montage	Symbole	Ce qui se passe
Injection totale	Bouteille intermédiaire (MP)	Tout le liquide est détendu dans la bouteille ; le détendeur BP reçoit du liquide saturé à la pression intermédiaire. Désurchauffe complète du refoulement BP par barbotage.
Injection partielle, désurchauffe complète	Bouteille à serpentin	Une partie seulement du liquide est injectée dans la bouteille ; le reste traverse le serpentin sous HP et va au détendeur BP sous-refroidi à ti + écart.
Injection partielle, désurchauffe incomplète	Économiseur + piquage sur la ligne MP	L'injection s'évapore dans l'échangeur à plaques et sort surchauffée ; elle se mélange au refoulement BP au piquage, sans le refroidir jusqu'à saturation.

Montage	Symbole	Ce qui se passe
Compresseur à injection de vapeur	Économiseur + compresseur EVI	Un seul compresseur : la vapeur de l'économiseur entre par le port d'injection, en cours de compression.

Injection totale : bouteille ouverte

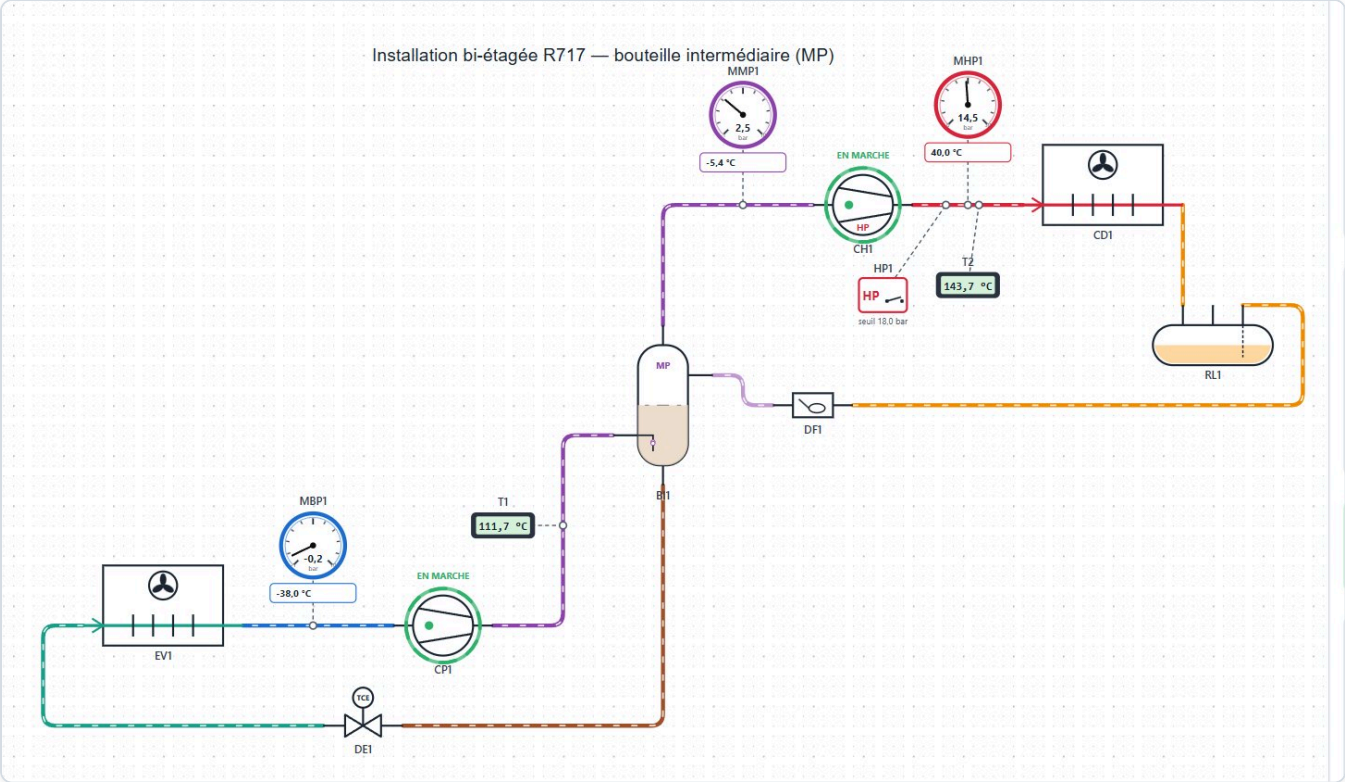


Figure 18 — Exemple « Bi-étagé R717 à injection totale (bouteille ouverte) ».

Le détendeur à flotteur détend tout le liquide de la HP vers la pression intermédiaire. La bouteille alimente l'aspiration HP en vapeur saturée (3) et le détendeur BP en liquide saturé (7).

Injection partielle : bouteille à serpentin

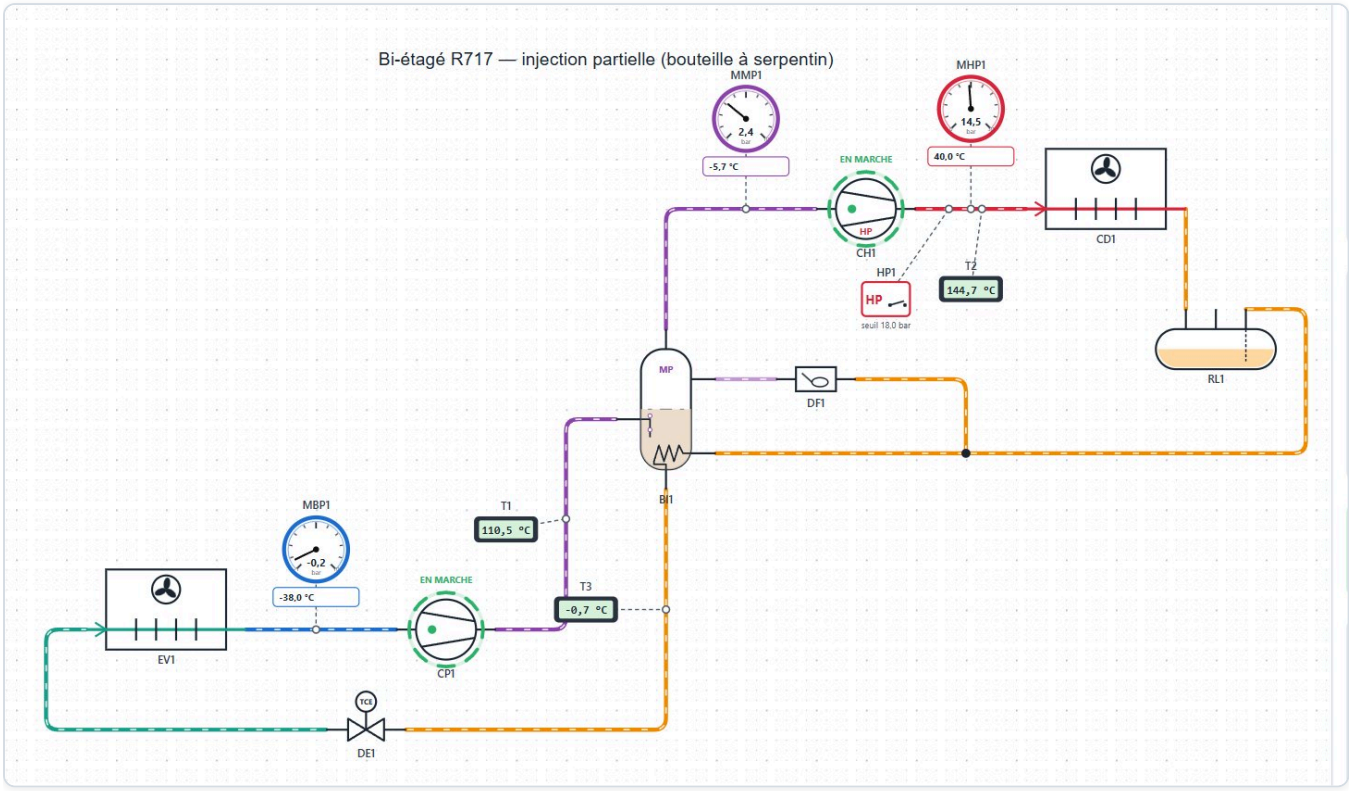


Figure 19 — Exemple « Bi-étagé R717 à injection partielle (bouteille à serpentin) » : le liquide se partage au piquage, le flotteur n'injecte que ce qu'il faut à la bouteille.

- Raccordez le refoulement BP au barbotage, la sortie du détendeur d'injection à l'entrée « injection », le liquide HP à l'entrée du serpentin et la sortie du serpentin au détendeur BP.
- Le détendeur BP est alimenté **sous HP** : le panneau affiche la température du liquide à la sortie du serpentin (ti + écart serpentin) et le débit injecté dans la bouteille.
- Sur le diagramme, 5′ → 7 est le sous-refroidissement dans le serpentin sous HP, 7 → 8 la détente directe HP → BP ; la branche bleue 5′ → 6 → 3 est l'injection, vaporisée dans la bouteille.
- Le COP est un peu plus faible qu'en injection totale (le liquide arrive plus chaud au détendeur BP), mais le liquide reste sous HP jusqu'au détendeur : pas de vaporisation dans une longue ligne liquide.

Économiseur à plaques entre deux compresseurs

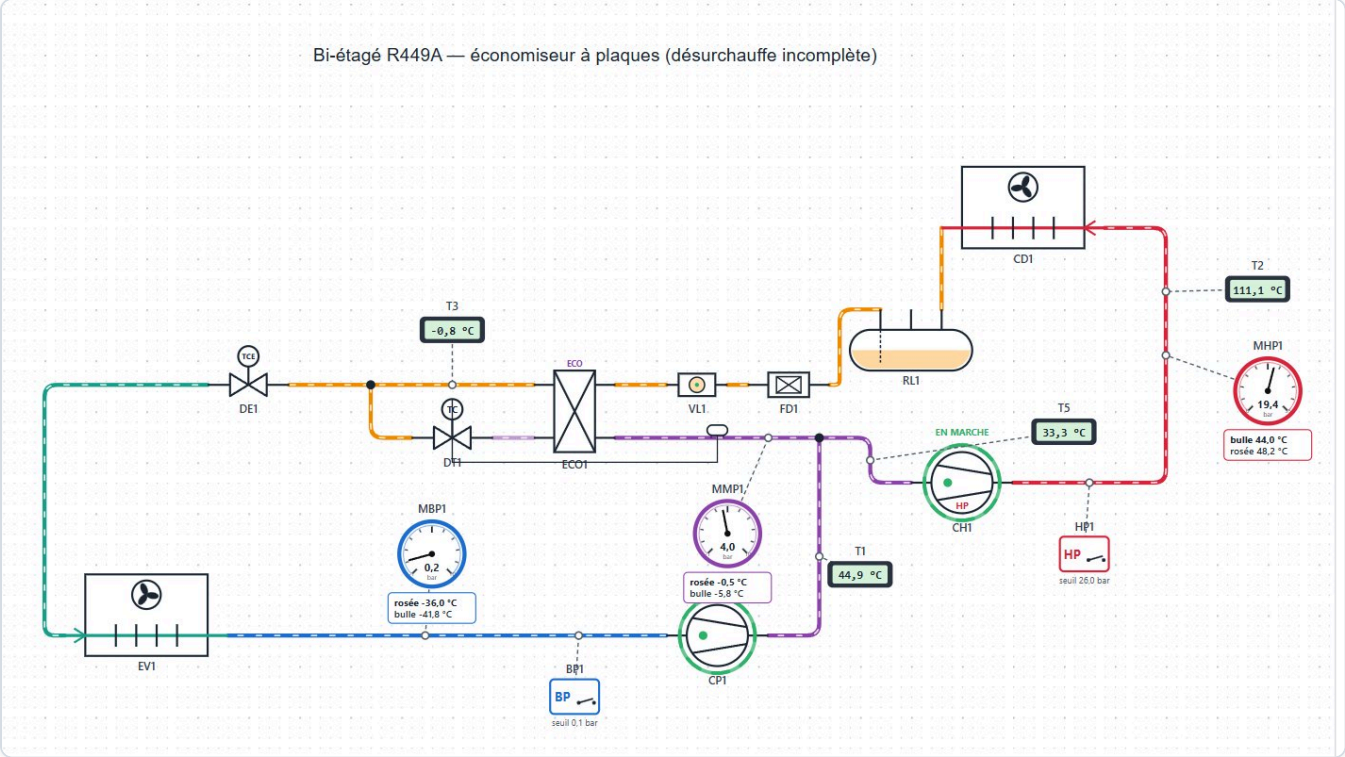


Figure 20 — Exemple « Bi-étagé R449A à économiseur (désurchauffe incomplète) » : la vapeur d'injection (DT1, bulbe sur sa sortie) rejoint le refoulement de CP1 au piquage avant CH1.

- Le liquide d'injection peut être piqué **avant** ou **après** l'économiseur : le logiciel reconnaît le montage d'après le schéma. Les débits et le COP sont les mêmes ; seul le point 6 change (détente depuis 5' ou depuis 7).
- Le détendeur d'injection est le plus souvent thermostatique : posez son **bulbe sur la sortie vapeur de l'économiseur**. Il y règle la surchauffe d'injection (réglages avancés).
- Reliez la sortie vapeur au refoulement BP par un **piquage** : le mélange (3) est calculé à ce piquage et colore la tuyauterie vers l'aspiration HP. Le panneau affiche la température d'aspiration HP du mélange.
- Sans bouteille, la désurchauffe est **incomplète** : l'aspiration et le refoulement HP sont plus chauds qu'avec une bouteille. En R717, l'exemple monterait à près de 280 °C au refoulement HP : ce montage est réservé aux HFC.

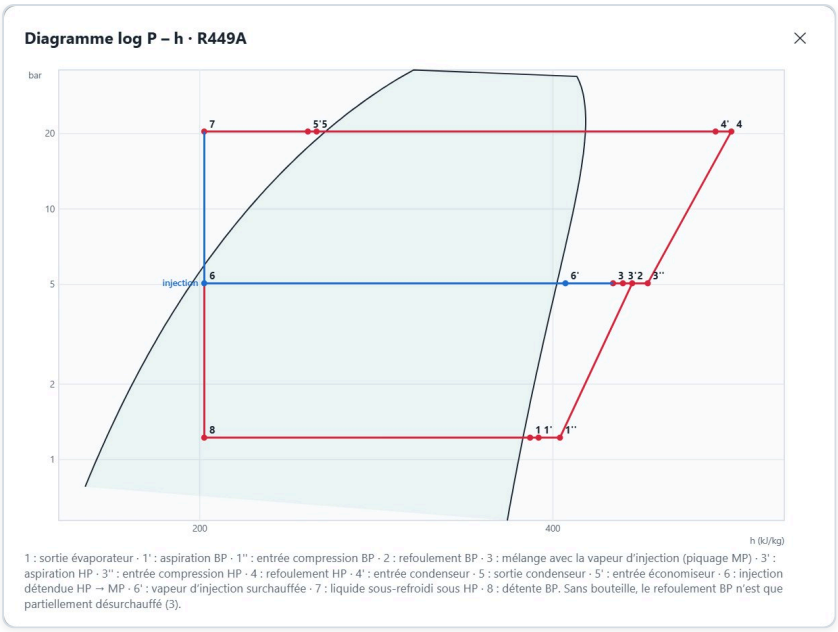


Figure 21 — Diagramme de l'économiseur : branche bleue d'injection 7 → 6 → 6', mélange 3 entre 6' et le refoulement BP 2.

Compresseur à injection de vapeur (EVI)

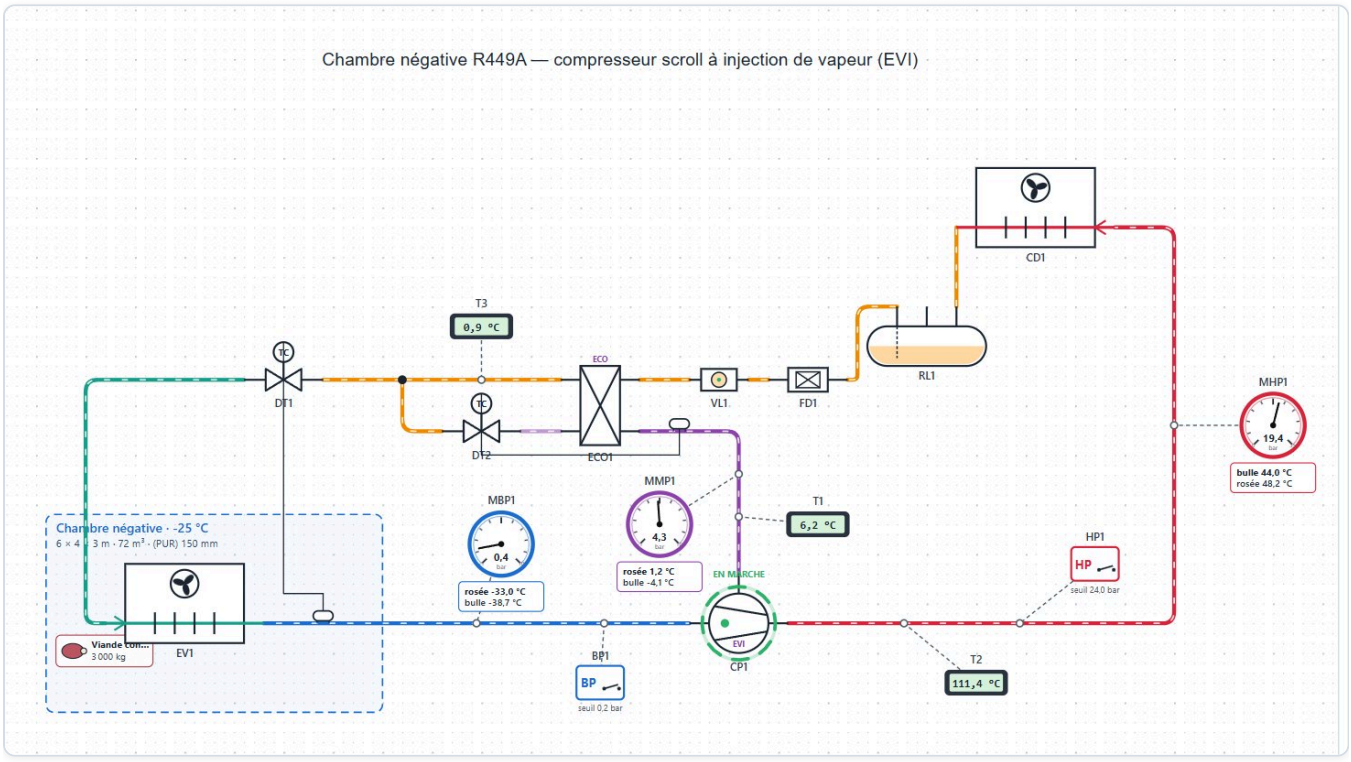


Figure 22 — Exemple « Chambre négative à compresseur EVI (injection de vapeur) » : un seul compresseur, l'économiseur alimente son port d'injection.

- Posez le compresseur EVI et un économiseur ; reliez la sortie vapeur de l'économiseur au **port d'injection** (sur le dessus du compresseur). Pas de compresseur HP.
- La pression d'injection est prise égale à √(BP × HP). Le panneau donne la température en fin de première compression, après injection et au refoulement : l'injection abaisse nettement la température de refoulement par rapport à un compresseur simple étage au même taux.
- Les pannes « étage BP / HP défaillant » ne s'appliquent pas à l'EVI.

5.13 Vanne de service et manifold

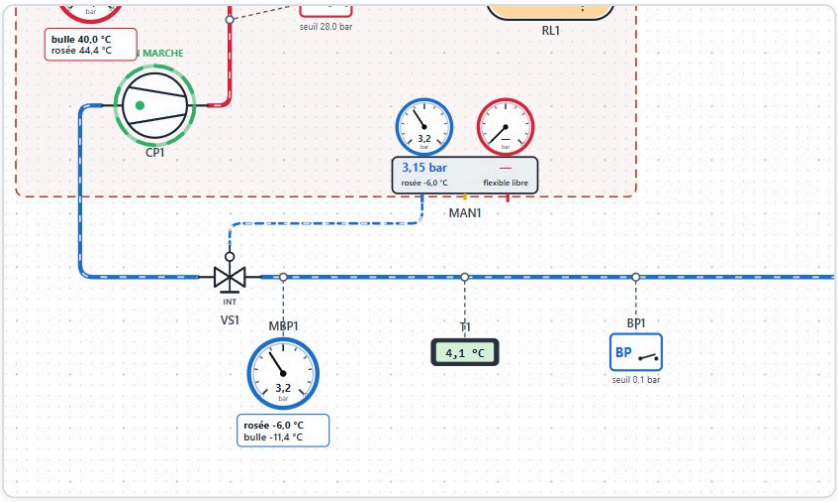


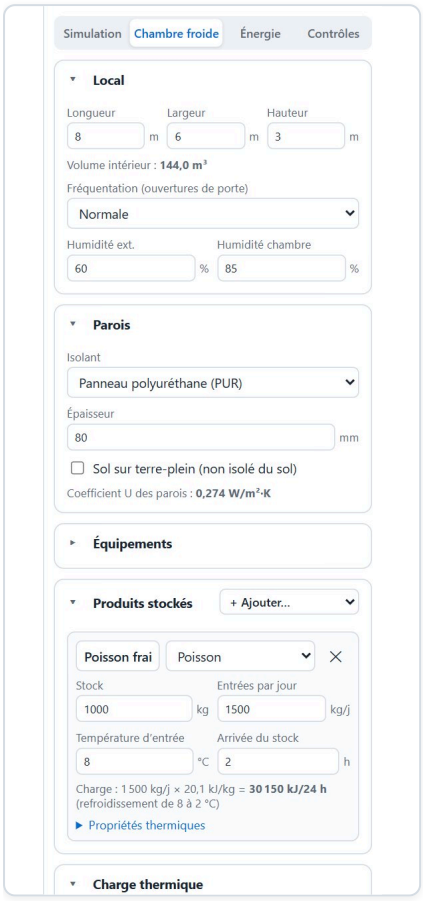
Figure 23 — Manifold raccordé par son flexible bleu à la prise de service d'une vanne de service sur l'aspiration.

Position de la vanne de service	Effet
Contre-siège arrière (AR)	Ligne ouverte, prise de service fermée : marche normale ; le manifold affiche « VS1 fermée (AR) ».
Intermédiaire (INT)	Ligne et prise ouvertes : le manifold lit la pression (position par défaut d'une vanne posée).
Contre-siège avant (AV)	Ligne fermée : à l'aspiration, tirage au vide ; au refoulement, montée brutale de la HP.

La position se choisit dans l'inspecteur ou par clic droit. Le **manifold** se raccorde en traçant ses flexibles (en tirets) depuis ses bornes basses : bleu côté BP, rouge côté HP. Il affiche la pression en clair et la température de saturation (rosée en BP, bulle en HP), ou la raison de l'absence de lecture (« flexible libre », « vanne fermée »). Un flexible BP branché côté HP met l'aiguille en butée.

6. L’onglet Chambre froide

6.1 Décrire la chambre

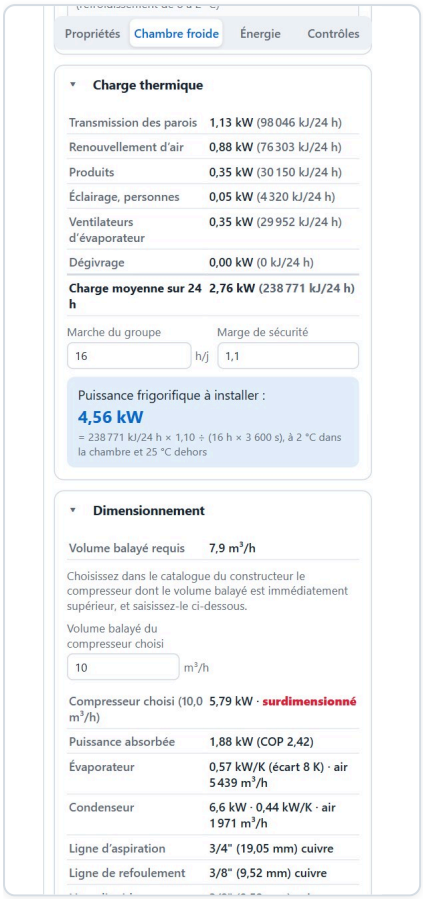


- **Local** : longueur, largeur, hauteur (volume calculé), fréquentation (ouvertures de porte : faible, normale, intensive), humidités extérieure et intérieure.
- **Parois** : isolant (polyuréthane PUR, PIR, polystyrène EPS, laine minérale), épaisseur, sol sur terre-plein ou isolé ; le coefficient U est affiché.
- **Équipements** : éclairage (puissance, durée), personnes (nombre, présence), ventilateurs d’évaporateur (puissance ; fonctionnement « avec le compresseur » ou « en continu »), dégivrage (aucun, par l’air, résistances électriques, gaz chauds ; puissance, durée, nombre par jour).
- **Produits stockés** : bouton **+ Ajouter…** (poisson, viande, produits laitiers, fruits et légumes, eau / glace / boissons, autre). Pour chaque produit : **stock** (masse présente, pour la simulation dans le temps et la respiration), **entrées par jour**, **température d’entrée**, **arrivée du stock** (heure dans la simulation), et ses propriétés thermiques (Cp avant et après congélation, début de congélation, chaleur latente, respiration).

Sous chaque produit, le calcul de sa charge est détaillé, par exemple : « 1 500 kg/j × 20,1 kJ/kg = 30 150 kJ/24 h (refroidissement de 8 à 2 °C) ».

Figure 24 — Onglet Chambre froide : local, parois, équipements.

6.2 Charge thermique et puissance à installer



Le bilan donne, en kW et en **kJ/24 h**, la transmission des parois, le renouvellement d'air, les produits (et leur respiration), l'éclairage et les personnes, les ventilateurs, le dégivrage, et la **charge moyenne sur 24 h**.

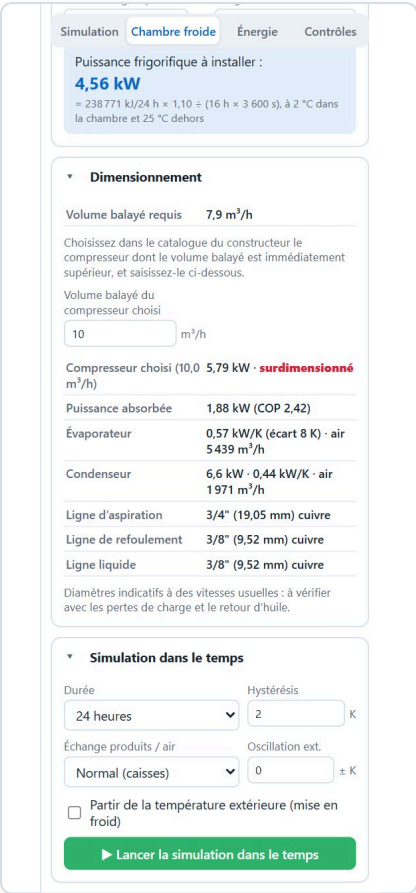
La **puissance frigorifique à installer** ramène la charge journalière aux heures de marche du groupe, avec la marge de sécurité :

P = charge (kJ/24 h) × marge ÷ (heures de marche × 3 600 s)

Si la chambre est plus chaude que l'extérieur, ou si les pertes dépassent les apports, l'application indique qu'il n'y a pas de besoin de froid au lieu d'une valeur négative.

Figure 25 — Bilan thermique et puissance à installer.

6.3 Dimensionnement



- **Volume balayé requis** (par étage en bi-étagé).
- **Volume balayé du compresseur choisi** : saisissez celui du modèle retenu dans le catalogue du constructeur (immédiatement supérieur au volume requis). C'est le compresseur simulé.
- Puissance de ce compresseur et verdict : **adapté**, juste, sous-dimensionné ou surdimensionné ; puissance absorbée et COP.
- Évaporateur (UA, écart, débit d'air) et condenseur (puissance, UA, débit d'air).
- **Diamètres des lignes** en pouces avec la correspondance en mm : cuivre série frigorifique de 1/4" à 4 1/8" (ex. « 3/4" (19,05 mm) cuivre »), acier pour l'ammoniac (ex. « 1 1/2" (DN 40, Ø ext. 48,3 mm) acier »). Le survol donne le diamètre intérieur calculé et la vitesse retenue.

Figure 26 — Dimensionnement.

6.4 La simulation dans le temps

Dans la rubrique **Simulation dans le temps** : durée (12 à 72 h), hystérésis du thermostat (ou différentiel du thermostat posé sur le schéma), échange produits / air (lent, normal, rapide), oscillation jour / nuit de la température extérieure, option « partir de la température extérieure (mise en froid) », puis **▶ Lancer la simulation dans le temps**. Le logiciel fait évoluer, toutes les 20 secondes de temps simulé, la température de l'air et des produits (avec congélation), le thermostat, les dégivrages, les pressostats, le pump-down et les régulateurs. Un résumé (taux de marche, cycles, temps de mise en température, températures finales, énergie, coupures BP…) et des avertissements s'affichent.

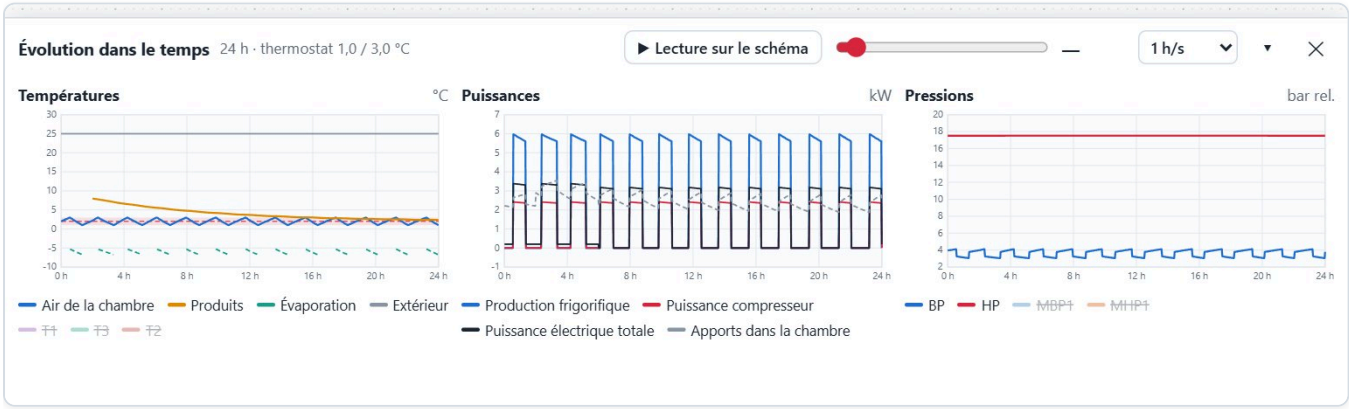


Figure 27 — Panneau d'évolution : températures, puissances et pressions dans le temps.

- Le **panneau d'évolution** s'ouvre sous le schéma ; il se réduit ou se ferme avec ses boutons. Les séries se masquent en cliquant sur la légende ; les relevés des instruments du schéma sont disponibles.

- **Clic sur un graphique** : le schéma et le panneau Simulation montrent l'installation **à cet instant** (compresseur, vanne pilotée, pressions, températures). Le bouton de lecture fait défiler le temps à la vitesse choisie ; « Lecture sur le schéma » se quitte avec son bouton.

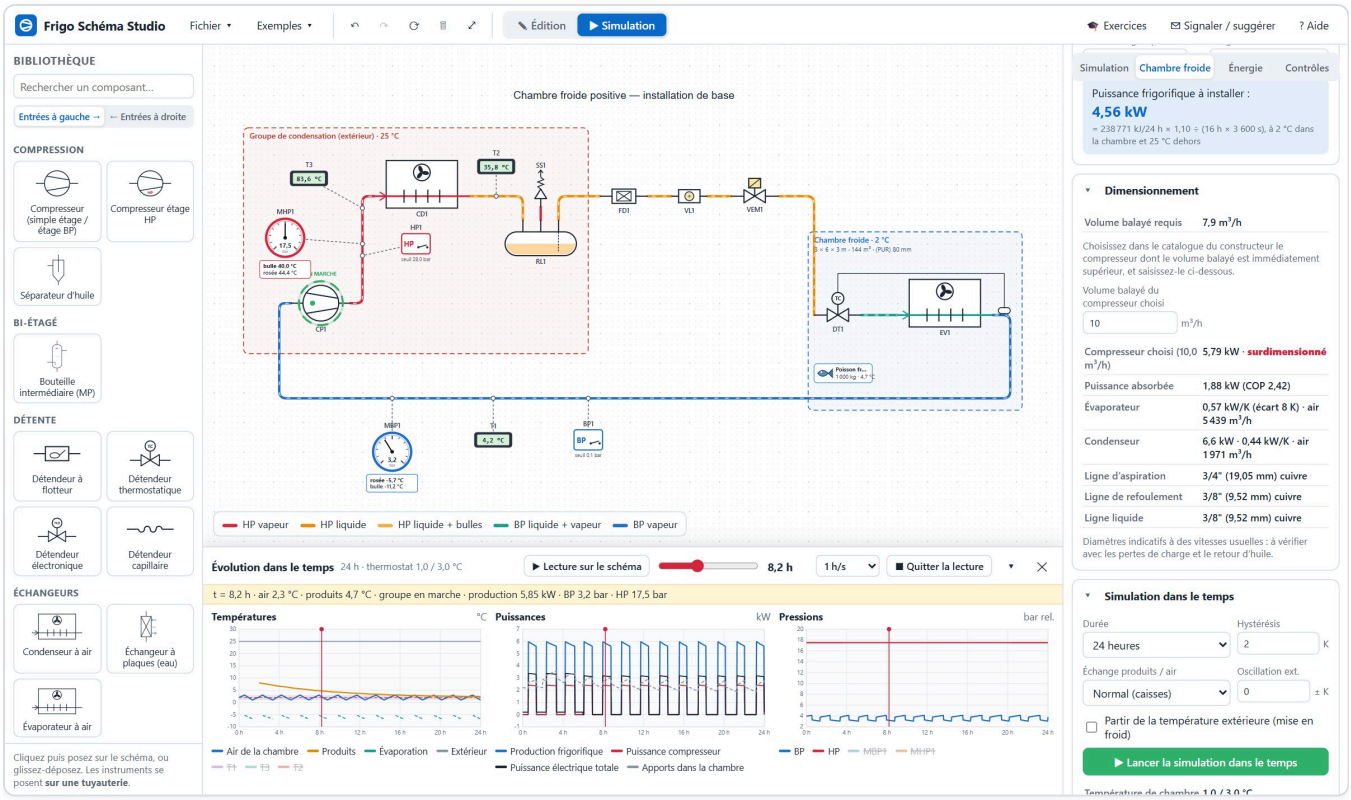


Figure 28 — Lecture à un instant : le schéma reflète l'état à l'heure choisie sur les courbes.

> **Cas particuliers.** En cycle inversé (vanne 4 voies), le bilan, l'énergie et la simulation dans le temps sont désactivés avec une explication. Avec plusieurs chambres, ils ne portent que sur la chambre principale.

7. L’onglet Énergie



- **Hypothèses** : climat (Nord – Lille, Nord-Ouest – Rennes, Caen, Brest, Centre – Paris, Sud – Marseille, climat chaud – outre-mer, Maghreb) et prix de l’électricité (€/kWh).
- Calcul sur les 8 760 heures de l’année, réparties par paliers de température extérieure : pour chaque palier, la charge de la chambre est confrontée à la puissance du groupe.
- **Répartition de la consommation** : compresseur, ventilateurs d’évaporateur et de condenseur, dégivrage, éclairage ; total annuel, coût, froid produit et COP saisonnier ; graphique par palier.
- **Pistes d’économie** : chaque piste (réduire l’écart de condensation, l’échauffement de la ligne d’aspiration, isoler davantage…) est chiffrée en kWh et en euros, avec une explication.
- **Choix du fluide** : comparaison des fluides compatibles, à froid produit égal.

Figure 29 — Onglet Énergie.

8. L’onglet Mesures

L’onglet **Mesures** sert sur le terrain ou au plateau technique : on y saisit les **relevés faits sur une installation réelle** (manifold, thermomètres), et le logiciel en tire les grandeurs caractéristiques et le cycle réel sur le diagramme enthalpique. Il ne propose pas de diagnostic : c’est à l’élève de conclure, en comparant aux valeurs normales.

8.1 Saisir les relevés



Fluide	Celui de l’installation (plaque signalétique).
Pressions	BP et HP lues au manifold, en **bar relatifs**. Sous les champs s’affichent aussitôt la température de **rosée** à la BP et la température de **bulle** à la HP.
Températures du fluide	Sortie évaporateur (au bulbe du détendeur), aspiration compresseur, refoulement, liquide en sortie de condenseur, avant et après le filtre déshydrateur.
Températures d’air	Entrée et sortie de l’évaporateur (reprise et soufflage), entrée et sortie du condenseur.

Tous les champs sont facultatifs : le logiciel calcule ce que permettent les relevés saisis. Un champ vidé redevient « non mesuré ». Les relevés sont conservés dans le navigateur et enregistrés avec le schéma (fichier *.frigo.json*).

Figure 30 — Relevés repris d’une simulation avec manque de fluide.

8.2 Les résultats



Chaque grandeur est calculée avec la convention du cours : évaporation à la **rosée** lue à la BP, condensation à la **bulle** lue à la HP.

- températures d'évaporation et de condensation ;
- surchauffe utile (sortie évaporateur − rosée), surchauffe totale (aspiration − rosée) et échauffement de la ligne d'aspiration ;
- sous-refroidissement en sortie de condenseur (bulle − liquide) et à l'entrée du détendeur, chute de température au filtre ;
- taux de compression, température et surchauffe de refoulement ;
- débit massique **estimé** : volume balayé réglé dans l'onglet Simulation × rendement volumétrique au taux relevé × masse volumique de la vapeur à l'aspiration (réchauffée par le moteur pour un compresseur hermétique). L'estimation n'a de sens que si le volume balayé est celui du compresseur réel (voir sa fiche technique) ;
- écarts d'air à l'évaporateur et au condenseur, écart air entrée / évaporation et écart condensation / air entrée.

La colonne **Normal** donne la même grandeur pour le fonctionnement **simulé sans panne**, avec le même fluide et, quand elles sont relevées, les mêmes températures d'air (sinon celles de la simulation) : c'est un repère pour comparer, pas un verdict.

Des remarques signalent les relevés à regarder de près : aspiration sous la rosée (il reste du liquide), liquide plus chaud que la bulle (il contient des bulles), refoulement sous la rosée à la HP (mesure incohérente), HP inférieure à la BP. Pour un mélange zéotrope, le glissement à la BP est rappelé en gris.

Figure 31 — Résultats : valeurs mesurées et valeurs normales.

8.3 Le cycle mesuré

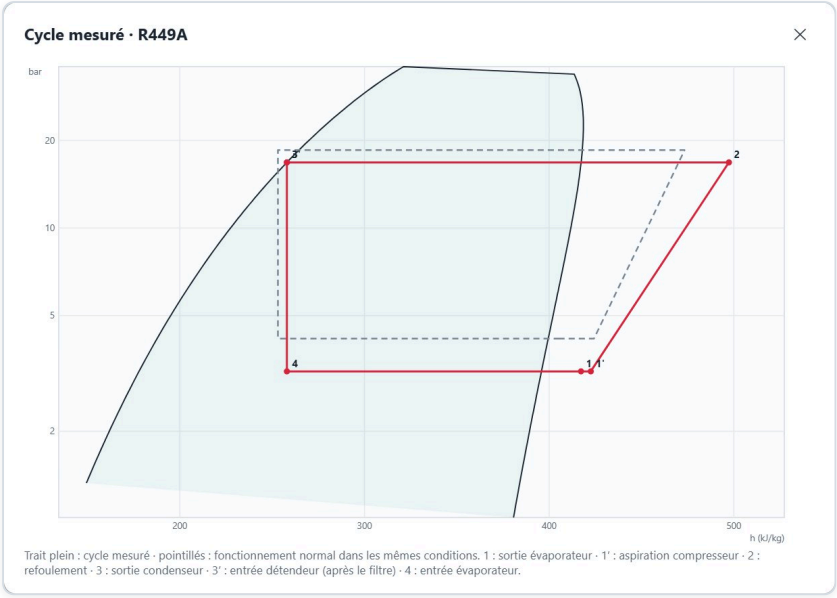


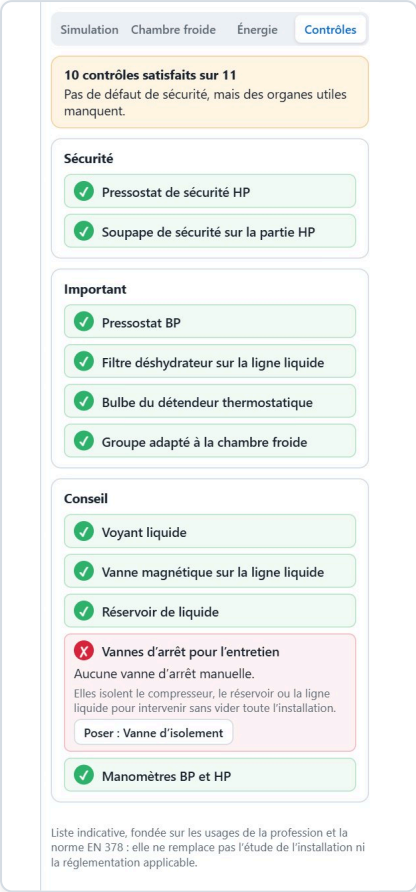
Figure 32 — Cycle mesuré (trait plein) et fonctionnement normal (pointillés) : BP plus basse, surchauffe et refoulement plus élevés, liquide sans sous-refroidissement.

Dès que la BP, la HP, la température d'aspiration (ou de sortie évaporateur), de refoulement et du liquide sont saisies, le cycle réel est tracé sur le diagramme enthalpique : **1** sortie évaporateur, **1'** aspiration, **2** refoulement, **3** sortie condenseur, **3'** entrée détendeur (après le filtre), **4** entrée évaporateur. Le cycle normal est dessiné en pointillés. Un clic agrandit le diagramme. S'il manque un relevé pour tracer le cycle, l'onglet indique lequel.

8.4 Préparer un exercice

Le bouton **Reprendre les valeurs de la simulation** remplit les relevés à partir de la simulation en cours, **panne simulée comprise**, arrondis comme sur un appareil de mesure. Pour fabriquer une fiche de diagnostic : choisissez une panne (onglet Simulation), passez en mode Simulation, cliquez sur le bouton, complétez éventuellement les températures d'air de sortie, puis enregistrez le fichier et donnez-le aux élèves, qui retrouveront la panne à partir des relevés. **Effacer** vide tous les relevés.

9. L’onglet Contrôles



Il vérifie les organes attendus, classés en **Sécurité**, **Important** et **Conseil**, avec pour chacun le constat sur le schéma, l’explication de son utilité et un bouton pour **poser** l’organe manquant ou **repérer** l’organe sur le schéma :

- pressostat de sécurité HP, soupape de sécurité sur la partie HP, pressostat BP ;
- régulation par pump-down (cohérence thermostat, vanne, pressostats de régulation et de sécurité) ;
- filtre déshydrateur, voyant, vanne électromagnétique et réservoir sur la ligne liquide (un organe mal placé est signalé avec la raison). Avec un détendeur thermostatique ou électronique, le réservoir devient **important** et son absence est aussi signalée en simulation : il absorbe les variations de charge de l’évaporateur (sauf pompe à chaleur réversible, où la bouteille anti-coup de liquide sert de réserve) ;
- vannes d’arrêt pour l’entretien, manomètres BP et HP (du bon côté), bulbe du détendeur ;
- séparateur d’huile (gros groupes, ammoniac), protection contre les retours de liquide ;
- groupe adapté à la chambre froide.

Figure 33 — Onglet Contrôles.

10. Les exercices guidés

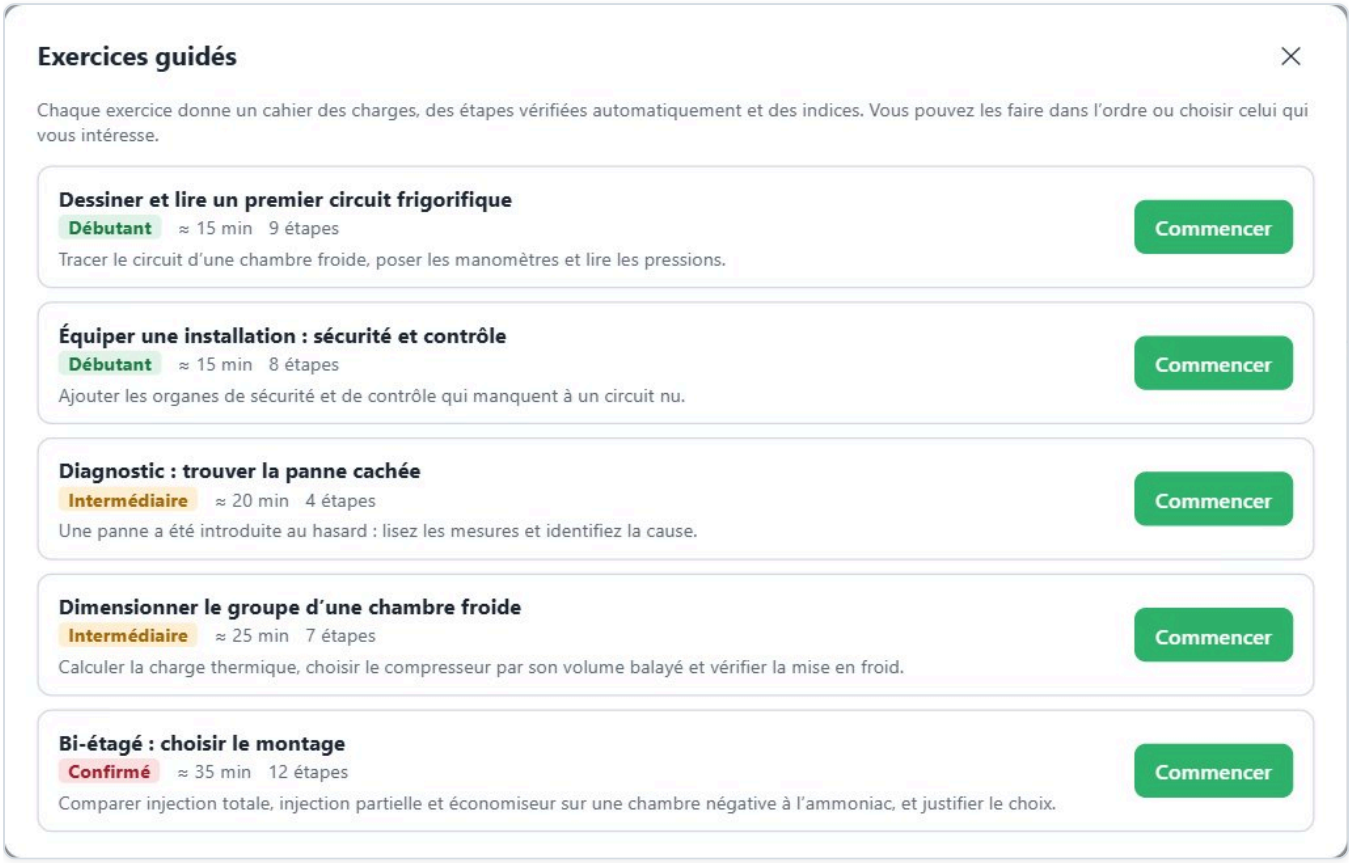
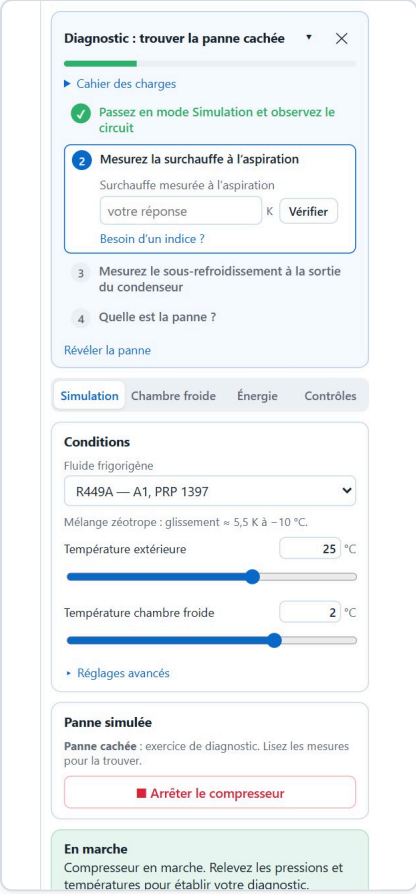


Figure 34 — Choix d'un exercice (bouton 🎓 Exercices).

Exercice	Contenu
Dessiner et lire un premier circuit frigorifique (débutant)	Poser et raccorder les quatre organes, poser le bulbe et les manomètres, lire la température d'évaporation et la HP, observer l'effet d'une température extérieure de 35 °C.
Équiper une installation : sécurité et contrôle (débutant)	Compléter un circuit nu : pressostats HP et BP, soupape, filtre, voyant, vanne magnétique, réservoir, manomètres. Les organes se valident dans n'importe quel ordre.
Diagnostic : trouver la panne cachée (intermédiaire)	Une panne est tirée au hasard et cachée ; mesurer la surchauffe à l'aspiration et le sous-refroidissement, puis identifier la panne. « Révéler la panne » la montre.
Dimensionner le groupe d'une chambre froide (intermédiaire)	Décrire la chambre, ajouter les produits, relever la charge, la puissance à installer et le volume balayé requis, choisir un compresseur, vérifier la mise en froid par la simulation dans le temps.
Bi-étagé : choisir le montage (confirmé)	Chambre négative à −30 °C au R717 : relever la pression intermédiaire, le COP et le refoulement HP en injection totale, passer en injection partielle (bouteille à serpentin) et comparer, essayer l'économiseur à l'ammoniac (refoulement HP de près de 300 °C), puis choisir et justifier le montage. « Voir une solution » charge l'exemple à injection partielle.



- Le panneau d'exercice s'affiche au-dessus des onglets : cahier des charges, barre de progression, étapes numérotées.
- Les étapes de construction se valident automatiquement ; les questions demandent une valeur (avec la tolérance indiquée) ou un choix, puis **Vérifier**.
- **Besoin d'un indice ?** affiche une aide ; quand le composant est présent mais mal placé, la raison est donnée.
- Une étape réussie reste validée, avec son explication du moment.
- **Voir une solution** charge un schéma corrigé ; la croix quitte l'exercice (le schéma reste affiché).

Figure 35 — Panneau d'un exercice en cours.

11. Fichiers, exports et signalements

11.1 Enregistrer et ouvrir

- **Fichier → Enregistrer** (`Ctrl` + `S`) : télécharge un fichier **.frigo.json** contenant le schéma, les réglages de simulation, la description de la chambre et les symboles personnels utilisés.
- **Fichier → Ouvrir…** : recharge un fichier enregistré, avec ses réglages et ses symboles.
- **Fichier → Nouveau schéma** : efface le schéma (après confirmation).
- **Exemples** : chaque exemple repart de ses propres conditions (fluide, températures, chambre), sans rien hériter du schéma précédent.

11.2 Exporter

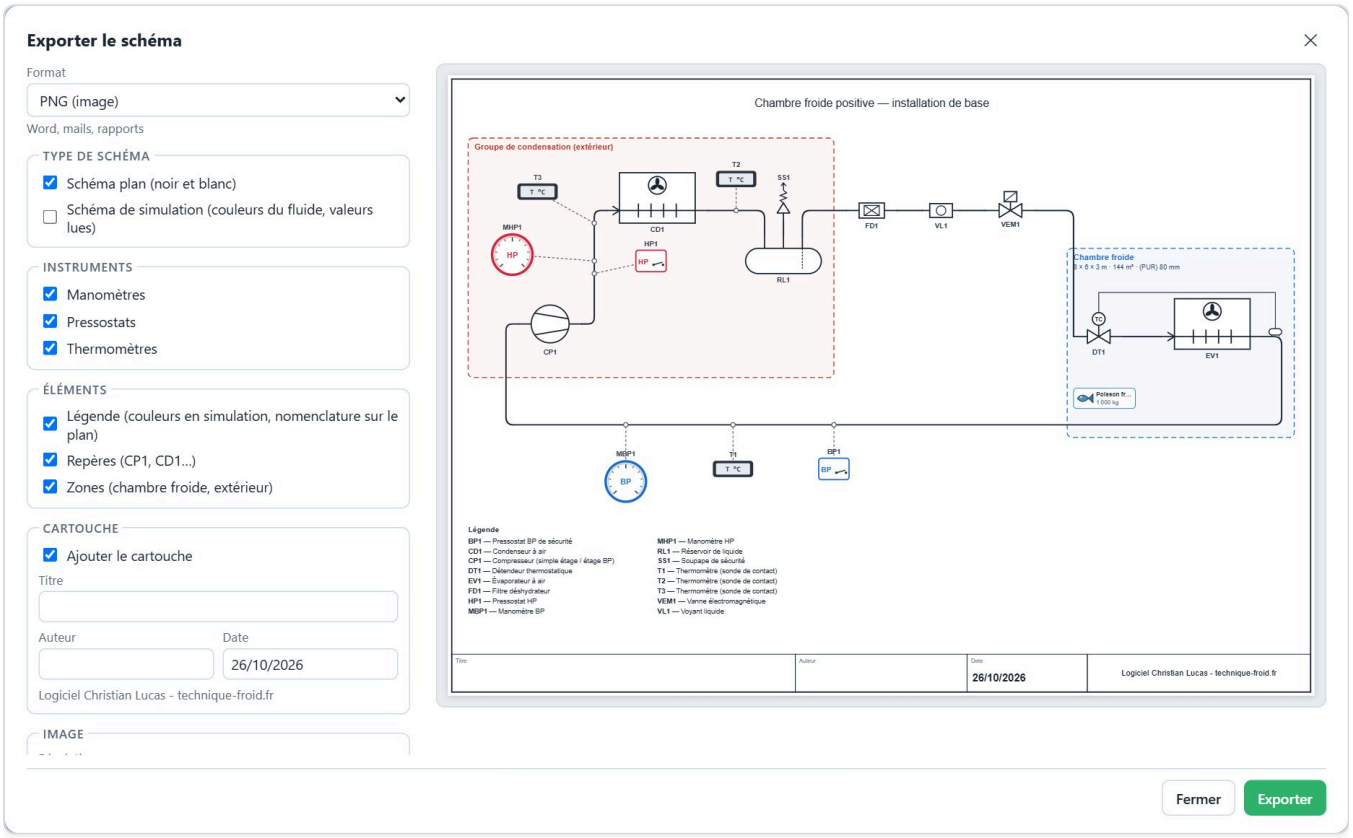


Figure 36 — Fenêtre d'export (Fichier → Exporter…), avec l'aperçu.

Format	Usage
PNG (image)	Image, résolution normale, haute (×2) ou très haute (×4), fond transparent possible.
SVG (vectoriel)	Dessin vectoriel retouchable.
PDF	Impression ou dossier, A4 ou A3 paysage ; plan et simulation peuvent former deux pages.
DXF (AutoCAD)	Reprise en DAO (une unité du schéma = 0,25 mm).

Format	Usage
Dossier complet (PDF)	Document A4 de toute l'installation : page de garde avec les chiffres clés, schéma(s) cochés en paysage, conditions de fonctionnement, chambre froide (dimensions, isolation, équipements, produits stockés), bilan thermique détaillé (chaque apport en kW et en kJ/24 h, puissance à installer), dimensionnement (volume balayé, évaporateur, condenseur, lignes), puis le cycle : points du circuit, diagramme enthalpique et sa légende, résultats, évaporateurs et relevés des instruments.
Dossier complet (CSV)	Les mêmes tableaux pour Excel ou LibreOffice (séparateur « ; », décimale « , »).
Copier l'image / Imprimer	Copie dans le presse-papiers ou impression directe.

Options (cases à cocher) : schéma plan (noir et blanc) et / ou schéma de simulation (couleurs du fluide, valeurs lues) ; manomètres, pressostats, thermomètres ; légende (couleurs en simulation, nomenclature sur le plan) ; repères ; zones ; **cartouche** avec titre, auteur et date, portant la mention « Logiciel Christian Lucas — technique-froid.fr » ; sans cartouche, cette mention figure en petit en bas à droite du document.

11.3 Nomenclature

Fichier → Nomenclature liste les composants du schéma, groupés par désignation, avec leurs repères et leur quantité.

11.4 Signaler un problème ou proposer une amélioration

Le bouton **✉ Signaler / suggérer** ouvre un formulaire : décrivez le problème ou l'idée et envoyez-le ; le schéma en cours peut être joint, ce qui permet de reproduire le cas. Le message est transmis à l'auteur sans afficher son adresse.

12. Mes symboles (import SVG et DXF)

On peut ajouter ses propres symboles à partir d'un dessin vectoriel : **SVG** (Inkscape, Illustrator…) ou **DXF** texte (AutoCAD, DraftSight, LibreCAD, QCAD). Ils n'agissent pas sur le cycle.

> **Pas de logiciel de dessin ?** **Symbole Studio**, sur le portail apps.technique-froid.fr, sert à dessiner le symbole sur la grille du schéma, à poser ses raccords et à choisir s'il est traversé par le fluide : il exporte une bibliothèque qui s'ouvre directement par **Importer une bibliothèque**.

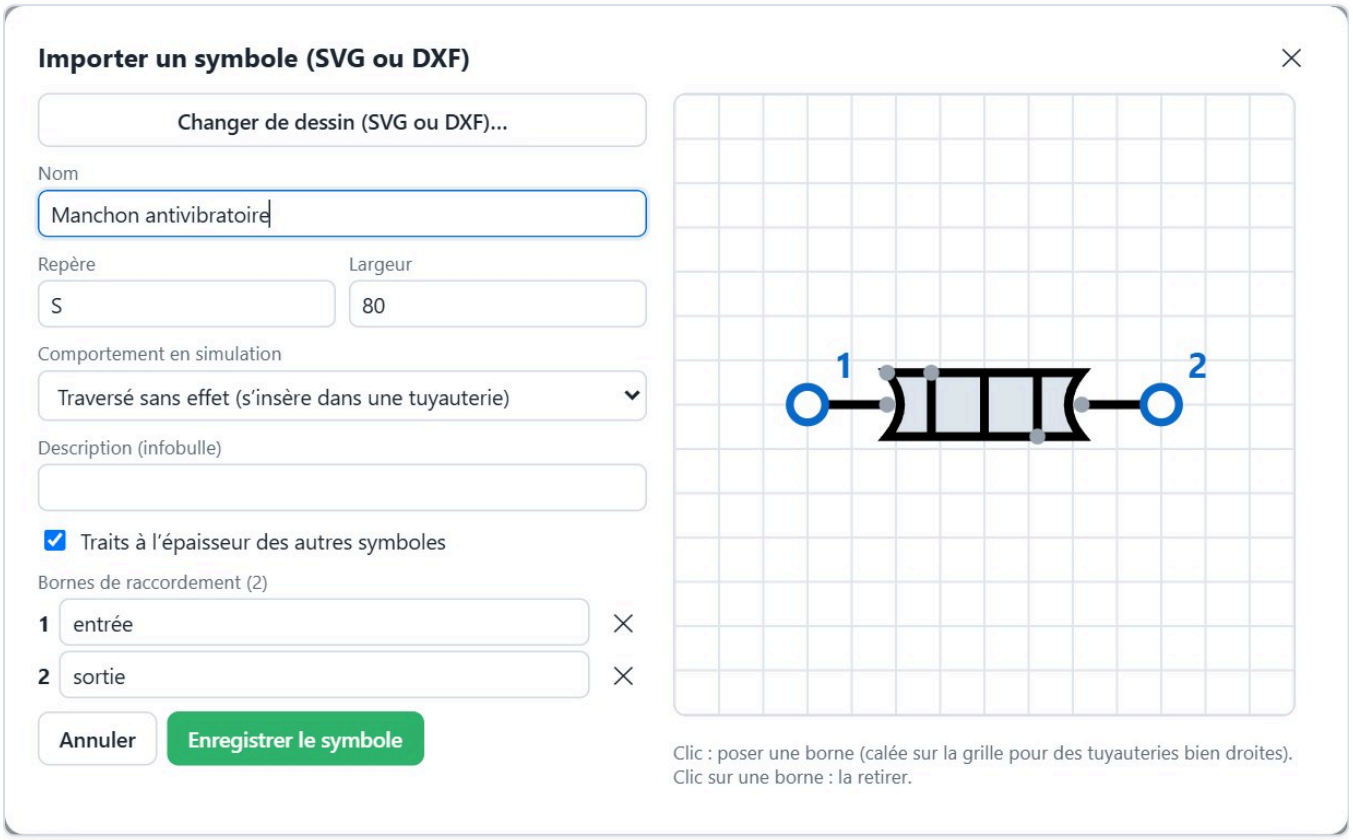


Figure 37 — Import d'un symbole : réglages à gauche, aperçu avec la grille et les bornes à droite.

1. En bas de la bibliothèque, **Mes symboles → + Importer un dessin SVG ou DXF…**, puis choisissez le fichier.
2. Réglez le **nom**, le **repère** (ex. « MA » donne MA1, MA2…), la **largeur** sur le schéma et la description (infobulle). Pour un DXF, ou un SVG enregistré en millimètres (Symbole Studio, Inkscape…), la largeur est proposée d'après le fichier : le dessin garde sa taille réelle.
3. Choisissez le **comportement** : **traversé sans effet** (il s'insère dans une tuyauterie, le fluide passe sans changer d'état ; au moins deux bornes) ou **dessin seul**.
4. Posez les **bornes** d'un clic sur l'aperçu : les extrémités des traits (points gris) les attirent et elles se calent sur la grille pour des tuyauteries bien droites. Un clic sur une borne la retire ; renommez-les dans la liste.
5. Gardez cochée **Traits à l'épaisseur des autres symboles** pour un rendu homogène, puis **Enregistrer le symbole** : il est prêt à poser.

- ✎ **Modifier** et ✕ **Supprimer** apparaissent sur chaque symbole de « Mes symboles ». Un symbole supprimé mais encore utilisé s'affiche comme un cadre « ? ».
- **Exporter mes symboles** / **Importer une bibliothèque** : fichier .frigo-symboles.json à partager avec les élèves ou les collègues.

- Les symboles restent dans le navigateur et voyagent dans les fichiers de schéma qui les utilisent.

Ce qui n’est pas repris. SVG : scripts, images intégrées, liens externes, clones et dégradés (remplacés par un gris neutre). DXF : hachures, cotations, images et entités 3D ; les fichiers DWG et le DXF binaire ne sont pas lisibles (réenregistrer en DXF texte). Les calques éteints ou gelés sont ignorés ; les blocs sont éclatés.

13. Raccourcis clavier et souris

Geste	Action
Clic sur un symbole, puis clic	Poser un symbole (`Maj` : en poser plusieurs)
Glisser depuis la bibliothèque	Poser à l'endroit voulu
Clic sur une tuyauterie avec un composant	L'insérer dans le circuit (`Alt` : poser sans insérer)
Clic sur une borne	Tracer une tuyauterie ; clics dans le vide : coudes
`Retour arrière` **pendant un tracé**	Retirer le dernier coude
Double-clic sur une tuyauterie / un coude	Ajouter / supprimer un coude
Double-clic sur un texte, un repère, un titre de zone	Modifier le texte sur place
Glisser un repère	Le déplacer
Glisser la pastille bleue	Changer le point de mesure d'un instrument / poser le bulbe
Glisser une poignée de zone	Redimensionner la zone
Clic droit sur un élément	Menu contextuel
Clic sur un résultat de simulation	Repérer l'endroit sur le schéma
Clic sur un compresseur, une vanne, le thermostat, la vanne 4 voies (simulation)	Marche / arrêt, ouvrir / fermer, satisfaire / demander, inverser le cycle
`R` / `M`	Pivoter / miroir (entrée et sortie échangées)
`Suppr`	Supprimer la sélection
`Ctrl` + `Z` / `Ctrl` + `Y`	Annuler / rétablir
`Ctrl` + `A` / `Ctrl` + `D`	Tout sélectionner / dupliquer
`Ctrl` + `S`	Enregistrer le schéma
Flèches (+ `Maj` **)**	Déplacer la sélection (pas × 5)
Molette	Zoomer
Clic droit glissé, ou `Espace` **+ glisser**	Déplacer la vue
`F`	Ajuster la vue au schéma
`Échap`	Annuler l'action en cours / désélectionner

14. Limites du modèle et conseils

14.1 Ce que le modèle suppose

- **Régime établi** pour la simulation du schéma : T évaporation = T chambre − écart, T condensation = T extérieure + écart, rendement isentropique et rendement volumétrique simplifiés, pas de pertes de charge dans les lignes (sauf filtre colmaté).
- Les pannes déplacent le point de fonctionnement de façon typique, pour s'entraîner au diagnostic ; ce ne sont pas des calculs de défaillance détaillés.
- **Simulation dans le temps** : charge moyenne, échange air / produits par une conductance moyenne, évaporateur de conductance constante, pas de givrage progressif.
- Compresseur EVI : pression d'injection √(BP × HP) et rendement volumétrique du taux global ; économiseur et serpentin : sortie du liquide à ti + écart, sans calcul d'échangeur détaillé.
- Les régulateurs ne sont pas simulés en bi-étagé ; avec plusieurs chambres, bilan, énergie et simulation dans le temps ne concernent que la chambre principale ; le cycle inversé d'une chambre froide (dégivrage) est un régime transitoire, approché.
- Les diamètres de lignes et les sélections sont indicatifs ; la sélection réelle se fait sur catalogue ou logiciel constructeur.

14.2 Conseils pédagogiques

- Commencer par un exemple, puis faire varier une seule grandeur à la fois (température extérieure, écart de condensation, volume balayé) en observant les manomètres et le diagramme.
- Pour le diagnostic, faire mesurer la surchauffe à l'aspiration (thermomètre − rosée lue au manomètre BP) et le sous-refroidissement (bulle lue au manomètre HP − thermomètre en sortie de condenseur), puis comparer aux valeurs normales.
- Utiliser la lecture à un instant de la simulation dans le temps pour expliquer un cycle de pump-down ou un dégivrage.
- Au plateau technique, faire saisir les relevés de l'installation dans l'onglet Mesures, puis comparer le cycle réel au cycle normal ; en classe, préparer des fiches de relevés à partir d'une panne simulée (8.4).
- Distribuer des schémas incomplets (fichiers .frigo.json) à faire compléter, l'onglet Contrôles servant d'auto-correction.

Annexe — les exemples fournis

Exemple	Ce qu'il montre
Chambre froide positive (installation de base)	Installation complète au R449A : compresseur, condenseur à air, réservoir avec soupape, filtre, voyant, vanne magnétique, détendeur thermostatique, évaporateur, manomètres, thermomètres, pressostats ; chambre de 8 × 6 × 3 m avec une tonne de poisson.
Chambre froide positive en pump-down	La même installation régulée par pump-down : thermostat sur la vanne, pressostat BP de régulation, pressostat BP de sécurité à réarmement manuel.
Petit groupe à tube capillaire	Circuit minimal à détente fixe.
Deux évaporateurs en dérivation	Deux branches alimentées par piquages, chacune avec vanne magnétique et détendeur, dans une même chambre.
Deux chambres à températures différentes (vanne à pression constante)	Chambre à 0 °C et chambre à +8 °C sur le même groupe ; la VPC retient l'évaporateur de la chambre la plus chaude.
Circuit réversible (pompe à chaleur, vanne 4 voies)	Pompe à chaleur air / air au R32 : vanne 4 voies, deux détendeurs électroniques avec clapets en parallèle, bouteille anti-coup de liquide.
Bi-étagé R717 à injection totale (bouteille ouverte)	Chambre négative à −30 °C à l'ammoniac : compresseurs ouverts BP et HP, bouteille intermédiaire, détendeur à flotteur, manomètre MP.
Bi-étagé R717 à injection partielle (bouteille à serpentin)	La même installation avec une bouteille fermée à serpentin : le liquide HP sous-refroidi va directement au détendeur BP. À comparer avec l'injection totale.
Bi-étagé R449A à économiseur (désurchauffe incomplète)	Économiseur à plaques entre les deux compresseurs ; injection piquée après l'échangeur, détendeur thermostatique d'injection, mélange au piquage MP.
Chambre négative à compresseur EVI (injection de vapeur)	Chambre à −25 °C au R449A, un seul compresseur scroll à injection de vapeur alimenté par un économiseur.

Frigo Schéma Studio — logiciel pédagogique. Symboles inspirés de la norme NF EN 1861. Propriétés des fluides calculées avec CoolProp. Logiciel Christian Lucas — technique-froid.fr.