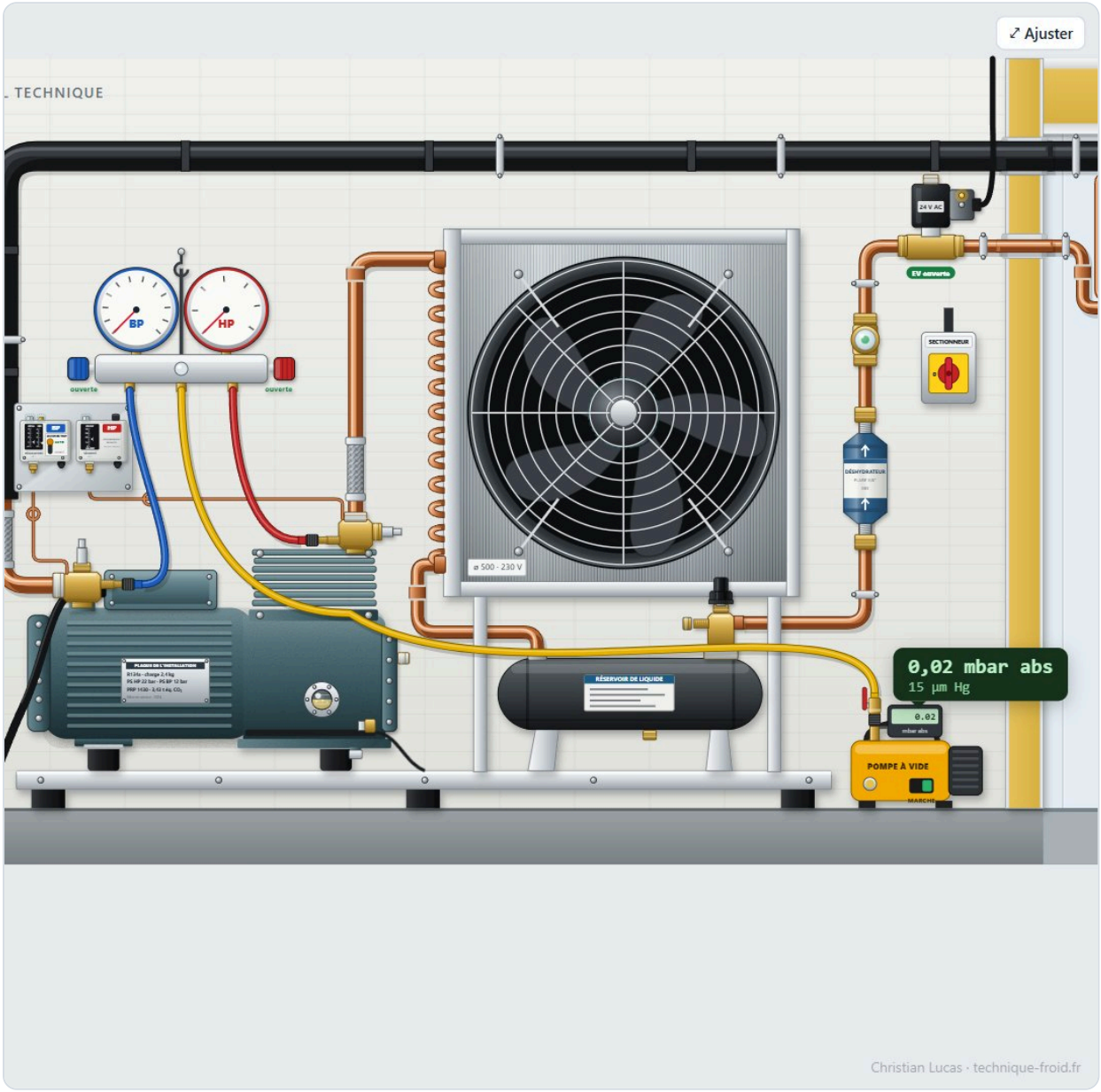
Frigo Manip Studio

Interventions sur une installation frigorifique : manomètres, mesures, dépose propre, recherche de fuites, épreuve à l'azote, tirage au vide, charge et récupération, réglage des pressostats, vidange d'huile



Mode d'emploi · version 9 · Christian LUCAS · technique-froid.fr

Sommaire

1. Présentation
2. L’écran et les gestes
3. L’installation
4. Régulation et sécurités
5. Les outils
6. Les vannes de service
7. Poser le manifold
8. Relever le fonctionnement
9. Déposer proprement
10. Fautes et rejets
11. Recherche de fuites sur le circuit
12. Manque de fluide
13. Épreuve à l’azote
14. Tirage au vide
15. Charge et récupération
16. Réglage des pressostats
17. Vidange d’huile du compresseur
18. Installation à deux températures
19. Climatiseur split au R32
20. Démonstrations et mode « À vous »
21. Les exercices
22. Récapitulatif des gestes

1. Présentation

Frigo Manip Studio fait pratiquer les gestes d'intervention sur une installation frigorifique réaliste, sans risque pour l'installation ni pour l'environnement : raccorder un manifold, relever le fonctionnement, déposer le manifold sans perte de fluide. Il s'adresse aux élèves de bac pro et de BTS, avec un seul niveau : un technicien doit être autonome.

L'installation est une **chambre positive à +2 °C au R134a**, régulée par **pump-down** : groupe de condensation à compresseur semi-hermétique, condenseur à air, réservoir de liquide, détendeur thermostatique, évaporateur plafonnier.

> **Règles de la profession appliquées.** On ne purge jamais un flexible au fluide : le manifold et ses flexibles sont **tirés au vide** avant d'être ouverts sur l'installation. À la dépose, leur contenu est **renvoyé dans l'installation**. Tout rejet de R134a à l'atmosphère est signalé (réglementation F-gaz).

La **version 2** ajoute la **recherche de fuites** : détecteur électronique et bombe moussante sur tout le circuit, réparation des raccords qui se resserrent, symptômes du manque de fluide, épreuve d'étanchéité à l'azote après une réparation.

La **version 3** ajoute le **tirage au vide** : minimum de la pompe comme référence, vacuomètre électronique sur le circuit, humidité et double tirage, remontée de pression.

La **version 4** ajoute la **charge** à la balance (bouteille à tube plongeur, liquide ou gaz) et la **récupération** du fluide (station et bouteille de récupération), avec leurs fiches, et le liquide qui reste dans les flexibles.

La **version 5** ajoute le **réglage des pressostats** : vis du pressostat BP de régulation (pump-down) et du pressostat HP de sécurité, échelles indicatives à contrôler au manifold, essai du HP ventilateur du condenseur arrêté, fiche de réglage.

La **version 6** ajoute la **vidange d'huile** du compresseur : auto-vidage du carter, consignation, vidange dans un bac gradué, contrôle de l'huile, remplissage par le carter, tirage au vide du carter et remise en service.

La **version 7** ajoute les **démonstrations** : l'application fait elle-même les gestes d'une intervention, étape par étape, en expliquant ce qu'on fait, pourquoi et ce qu'on lit ; puis le **mode « À vous »**, où l'élève refait la démonstration, guidé étape par étape.

La **version 8** ajoute une **seconde installation**, à **deux températures** : chambre des légumes à +7 °C tenue par une vanne à pression constante (KVP), chambre des viandes à +1 °C avec un clapet anti-retour, vanne de démarrage (KVL) avant le compresseur, pince ampèremétrique et relais thermique ; quatre exercices et trois démonstrations.

La **version 9** ajoute une **troisième installation** : un **climatiseur split mural au R32**, avec sa mise en service (flare au couple, épreuve à l'azote, tirage au vide, complément selon la longueur des liaisons, ouverture des vannes), son fonctionnement en froid et en chaud (une seule prise de pression, dégivrage), la récupération dans l'unité extérieure et quatre pannes ; quatre exercices et trois démonstrations. Les vannes de service des installations n° 1 et 2 sont redessinées en laiton.

Prévu ensuite : la chambre négative avec bouteille anti-coups de liquide.

2. L’écran et les gestes

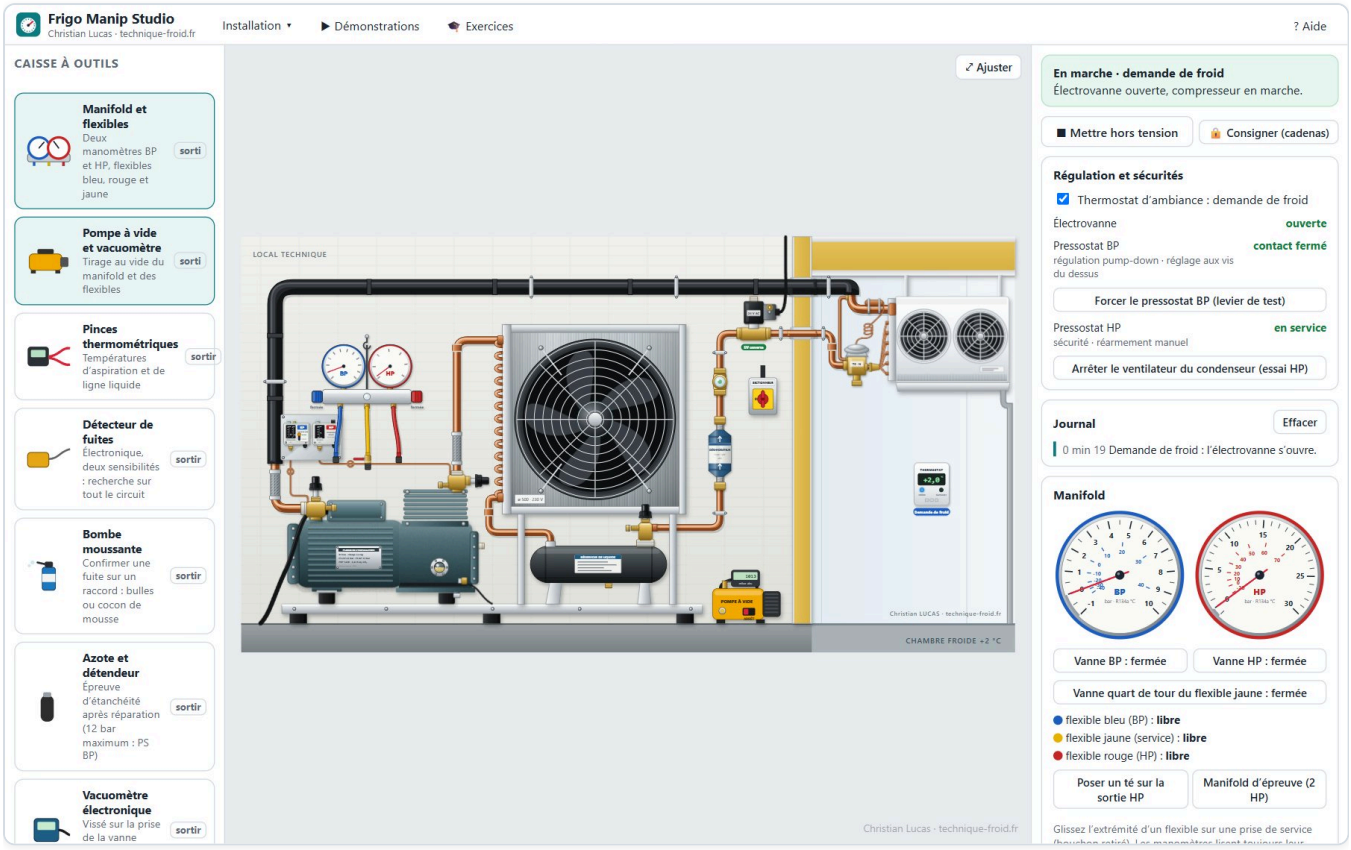


Figure 1 — À gauche la caisse à outils, au centre l’installation, à droite les commandes, les appareils de mesure et le journal.

- **Caisse à outils** (à gauche) : un clic sort l’outil ou le range. Le manifold s’accroche au mur au-dessus du compresseur, la pompe à vide et la bouteille d’azote se posent au sol, les pinces, le détecteur et la bombe moussante se rangent contre le mur.
- **Volets repliables** : les onglets ◀ et ▶ au milieu des bords du dessin replient ou rouvrent la caisse à outils (à gauche) et le panneau de droite, pour voir l’installation en plus grand ; le choix est retenu.
- **Installation** (au centre) : **molette** pour zoomer, **glisser le fond** pour déplacer la vue, F ou **Ajuster** pour tout revoir. Les éléments manipulables changent le pointeur de la souris.
- **Panneau de droite** : mise sous tension et consignation (cadenas), régulation, pompe en gros plan, pinces, fiche de relevé, fin d’intervention, conditions (température de la chambre et de l’air), horloge (pause, ×1, ×10, ×60, ×600, ×3600), affichage (repères des appareils, circulation du fluide, valeurs réelles pour l’enseignant).
- **Journal** : chaque manœuvre importante et chaque faute y sont écrites avec l’heure simulée ; le total de R134a rejeté s’affiche en tête.

> Pour suivre une évolution de pression au manomètre, passez l’horloge en ×1. Pour attendre un régime établi, ×10 ou ×60. Pour la tenue en pression de 3 h de l’épreuve à l’azote, ×600 (18 s) ou ×3600 (3 s).

3. L’installation

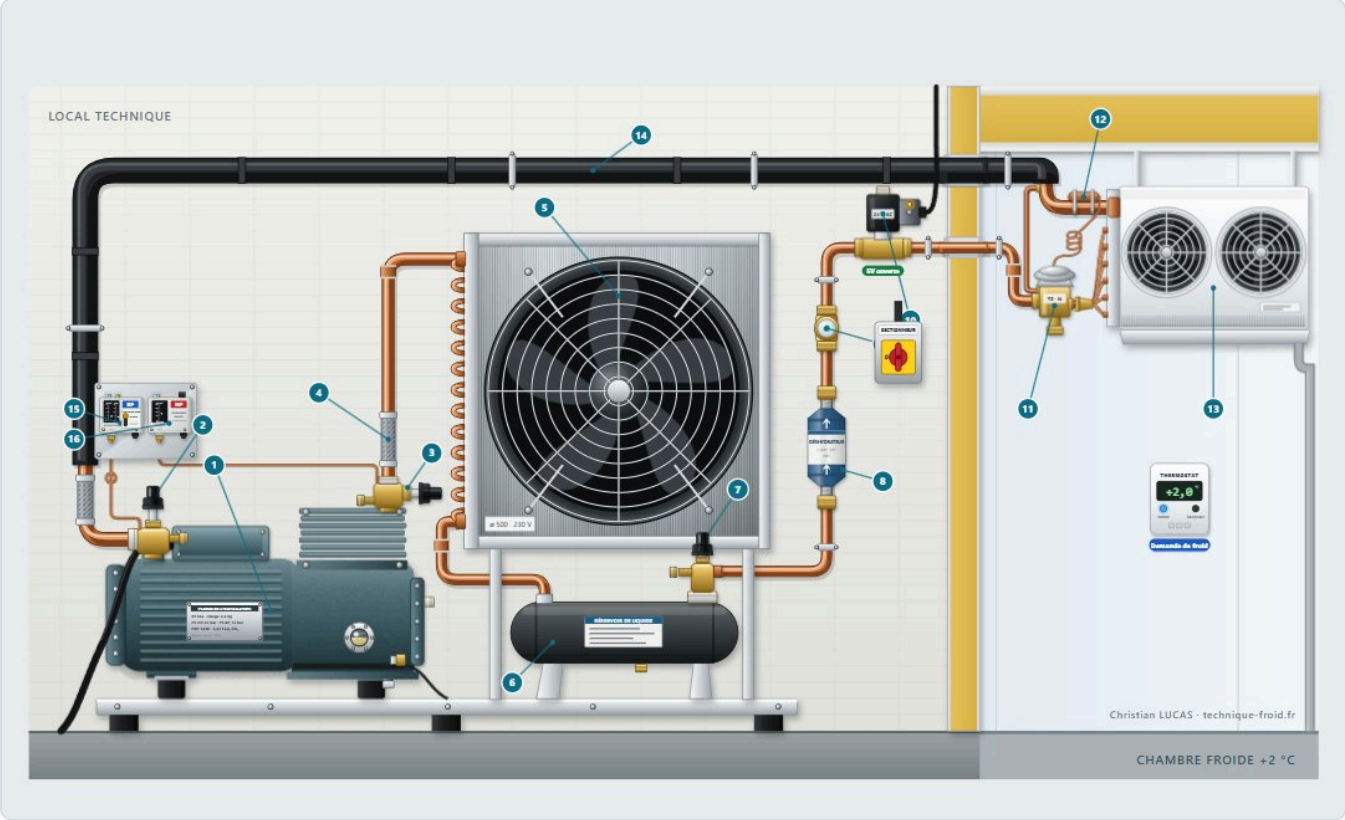


Figure 2 — L’installation avec ses repères et le cartouche de nomenclature (case « Repères des appareils »).

La case Repères des appareils affiche sur le dessin les **codes de repérage** des appareils (les mêmes préfixes que dans Frigo Schéma Studio) et un **cartouche de nomenclature** : repère et désignation, caractéristiques au survol d’une ligne. Le cartouche se **déplace** en glissant sa barre de titre (sa place est retenue ; double-clic : retour en haut à gauche) et se replie par ▲.

Repère	Appareil
CP1, VS1, VS2, AV1	Compresseur semi-hermétique (voyant d’huile agité en marche), vannes de service d’aspiration et de refoulement, anti-vibratiles
CD1, RL1, VS3	Condenseur à air, réservoir de liquide, vanne Rotalock de sortie du réservoir
FD1, VL1, VEM1	Déshydrateur à visser, voyant liquide, électrovanne (voyant du connecteur allumé quand elle est alimentée)
DT1, BU1, EV1	Détendeur thermostatique à égalisation externe et son bulbe, évaporateur plafonnier
LA1	Ligne d’aspiration isolée
BPR1, HP1	Pressostats BP (régulation) et HP (sécurité)

Installation n° 2 : VEM1 et VEM2, DT1 et DT2, EV1 et EV2 (légumes, viandes), VPC1 vanne à pression constante (KVP), CL1 clapet anti-retour, VDM1 vanne de démarrage (KVL), PS1 prise Schrader de l’aspiration des viandes. Split : V4V1 vanne 4 voies, DE1 détendeur électronique, UI1 unité intérieure, LF1 liaisons frigorifiques…

Le fonctionnement est simplifié mais cohérent : évaporation 10 K sous la chambre, condensation 15 K au-dessus de l’air, surchauffe 6 K, sous-refroidissement 4 K. À +2 °C de chambre et 25 °C d’air : **BP ≈ 1,2 bar** (−8 °C) et **HP**

≈ 9,2 bar (40 °C), en pressions relatives comme sur un manomètre.

4. Régulation et sécurités

Mettre sous tension alimente l'installation. La régulation se fait par **pump-down** :

- le **thermostat d'ambiance** commande l'**électrovanne** ;
- le **pressostat BP** met en marche et arrête le compresseur. Réglage de base : **enclenchement à 1,0 bar**, légèrement sous la BP normale en fonctionnement (1,15 bar), **coupure à 0,2 bar**, juste au-dessus de la pression atmosphérique. Il se règle aux vis du dessus (chapitre 16).

Thermostat satisfait : l'électrovanne se ferme, le compresseur continue de tourner et vide l'évaporateur (une quarantaine de secondes), puis le pressostat BP l'arrête. L'évaporateur étant vide, la BP reste sous l'enclenchement : pas de courts cycles. À la demande de froid suivante, l'électrovanne s'ouvre, la BP remonte jusqu'à l'enclenchement et le compresseur redémarre.



Thermostat d'ambiance (dans la chambre) : il affiche la température de la chambre et deux voyants, **FROID** (demande) et **SATISFAIT**. Un clic sur le thermostat le **force** satisfait ou en demande, comme la case du panneau de droite.

Électrovanne : le voyant de son connecteur s'allume quand elle est alimentée ; l'étiquette dessous indique **EV ouverte** ou **EV fermée**.

Figure 3 — Thermostat d'ambiance.


fermée
CUT IN
DIFF
7
5
3
1
−1
4
3
2
1
0
RÉGULATION
KP 1
BP
LEVIER DE TEST
AUTO
FORCÉ
CUT OUT
32
26
20
14
8
MAN. RESET
SÉCURITÉ
KP 5
HP
RÉARMEMENT MANUEL
(bouton dessus)
Christian L

Figure 4 — Pressostats type KP sur leur platine : BP de régulation (KP 1, échelles d'enclenchement et de différentiel, levier de test en façade sur AUTO) et HP de sécurité (KP 5, échelle de déclenchement, bouton de réarmement sur le dessus), capillaires vers les vannes de service.

- **Forcer le pressostat BP** : clic sur son levier de test orange, en façade, qui passe de AUTO à FORCÉ (ou bouton du panneau) ; un panneau « BP FORCÉ » le signale au-dessus. Le compresseur tourne quelle que soit la BP ; c'est le geste de la dépose propre (chapitre 9). Laissé forcé électrovanne fermée, le compresseur tire l'évaporateur au vide : le journal le signale.
- **Pressostat HP** : il déclenche vers **18 bar**, sous la PS de l'installation (22 bar, plaque), et arrête le compresseur. Réarmement **manuel** par son bouton sur le dessus (qui sort en rouge « RESET »), possible seulement une fois la HP redescendue d'environ 4 bar.

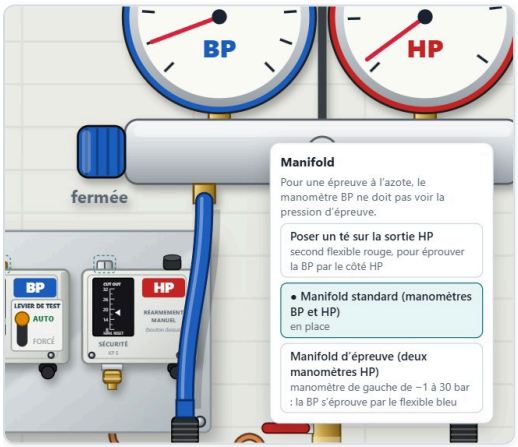


Figure 5 — Carte « Régulation et sécurités » du panneau de droite.

Consigner : un clic sur l'**interrupteur-sectionneur** (coffret gris à poignée rouge, sur le mur du local à droite du voyant liquide) ouvre son menu : position I (sous tension), position 0 (hors tension), **consigner** (poignée sur 0 et cadenas, étiquette « CONSIGNÉ »). Le bouton **Consigner (cadenas)** du panneau de droite fait la même chose. Consignée, l'installation ne peut pas être remise sous tension tant que le cadenas n'est pas retiré. C'est obligatoire pendant une épreuve à l'azote (chapitre 13).

5. Les outils

- **Manifold** : manomètre BP (bleu, manovacuomètre de −1 à 10 bar) et HP (rouge, −1 à 30 bar), avec l'échelle de température R134a ; deux vannes BP et HP (clic sur les volants) ; trois flexibles bleu, rouge et jaune. Les manomètres lisent toujours leur flexible ; les vannes relient les flexibles bleu et rouge au jaune.
- **Vanne quart de tour** au bout du flexible jaune : levier dans l'axe = ouverte, en travers = fermée. Elle est fermée à la sortie de la caisse ; fermée, le jaune est clos même débranché.
- **Pompe à vide** avec **vacuomètre** électronique sur son entrée. Quand elle tourne, sa lecture s'affiche au-dessus d'elle (mbar et µm Hg).
- **Pinces thermométriques sans fil** T1 et T2 : à glisser sur un tube cuivre nu ; elles prennent la température du tube en quelques secondes.
- **Pince ampèremétrique** (installations n° 1 et 2) : couvercle de la boîte à bornes du compresseur déposé, elle se referme sur **un seul conducteur de phase** (L1, marron), jamais sur le câble entier : les courants des trois phases s'y annulent. Commutateur sur A~, elle affiche l'intensité absorbée. À comparer à la plaque du compresseur : **I nom 6,8 A**, **I max 10 A**. Pointe brève au démarrage ; plus haute quand la HP monte (ventilateur du condenseur arrêté, surcharge, incondensables), plus basse quand le compresseur aspire peu (manque de fluide).
- **Détecteur électronique de fuites** : sa sonde se glisse le long des raccords ; deux sensibilités, rampe de voyants (niveau 1 à 5), ondes sur le dessin et ordre de grandeur du débit quand il détecte du fluide (chapitre 11).
- **Bombe moussante** : à glisser sur un raccord pour confirmer une fuite (chapitre 11).
- **Vacuomètre électronique** : vissé sur la prise de la vanne Rotalock, il lit le vide du circuit (chapitre 14).
- **Aimant d'électrovanne** : posé sur la bobine, il ouvre l'électrovanne hors tension (chapitre 14).
- **Azote et détendeur** : bouteille de 5 L à 200 bar, robinet, détendeur à deux manomètres ; pour l'épreuve d'étanchéité (chapitre 13). Le manifold peut recevoir un **té sur sa sortie HP** (second flexible rouge) ou être remplacé par un **manifold d'épreuve à deux manomètres HP**.



Le manifold se manœuvre **sur le dessin** : clic sur une vanne BP ou HP pour l'ouvrir ou la fermer, clic sur la vanne quart de tour d'un flexible. Un **clic sur le corps du manifold** ouvre son menu : poser un **té sur la sortie HP** (second flexible rouge) ou prendre le **manifold d'épreuve** à deux manomètres HP.

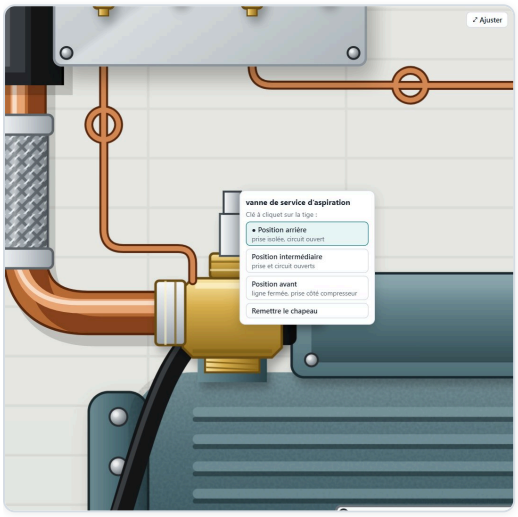
Au survol d'un manomètre du manifold, sur le dessin, une bulle affiche sa lecture : pression relative, température de saturation R134a et, en dépression, la pression absolue en mbar.

Figure 6 — Clic sur le corps du manifold : son menu.

6. Les vannes de service

Les vannes de service d'aspiration, de refoulement et du réservoir (Rotalock) se manœuvrent comme en vrai :

1. **chapeau de tige** : un clic le retire (ou le remet) ;
2. **tige** : chapeau retiré, un clic engage la **clé à cliquet** sur la vis carrée (elle se dessine sur la tige) et ouvre son menu : positions arrière, intermédiaire, avant (et, pour la Rotalock, avant entrouverte). À chaque manœuvre, la clé tourne autour de l'axe de la tige, en trois coups de cliquet (le manche part, puis revient à vide), et la vis carrée s'enfonce ou ressort à chaque coup ; une flèche indique le sens, horaire vers l'avant, antihoraire vers l'arrière ; dans les démonstrations aussi ;
3. **bouchon de la prise** 1/4" SAE : un clic le retire (ou le remet) ; la prise accepte alors un flexible.



Position	Effet
Arrière	Prise isolée, circuit ouvert : position de fonctionnement normal
Intermédiaire	Prise et circuit ouverts : le manomètre lit l'installation
Avant	Ligne fermée, prise côté compresseur (ou côté réservoir). Aspiration fermée : le compresseur tire au vide. Refoulement fermé : la HP s'envole jusqu'à la sécurité. Rotalock fermée : le détendeur n'est plus alimenté, la BP baisse jusqu'à la coupure du pressostat BP, le fluide se range dans le condenseur et le réservoir (pump-down manuel)
Avant, entrouverte (Rotalock)	Un quart de tour depuis la position avant : le liquide passe au détendeur au compte-gouttes. À l'arrêt, électrovanne ouverte, la BP remonte doucement ; en marche, elle descend doucement. Sert au réglage du pressostat BP au manomètre (chapitre 16)

Figure 7 — Clé à cliquet sur la tige de la vanne d'aspiration.

> Une prise ouverte à l'air (ni bouchon ni flexible) avec la tige hors position arrière laisse fuir le fluide en continu.

7. Poser le manifold

1. Sortir le manifold et la pompe à vide.
2. Vannes d'aspiration et de refoulement : retirer chapeaux et bouchons, vérifier que les tiges sont en position **arrière**.
3. Glisser l'extrémité du flexible bleu sur la prise d'aspiration, le rouge sur la prise de refoulement, le jaune sur l'entrée de la pompe.
4. Ouvrir la vanne quart de tour du jaune et les deux vannes du manifold, démarrer la pompe : **tirer au vide le manifold et les flexibles** sous 1 mbar.
5. Fermer les vannes du manifold et la vanne quart de tour, arrêter la pompe, débrancher le jaune.
6. Tiges en position **intermédiaire** : les manomètres affichent la BP et la HP.

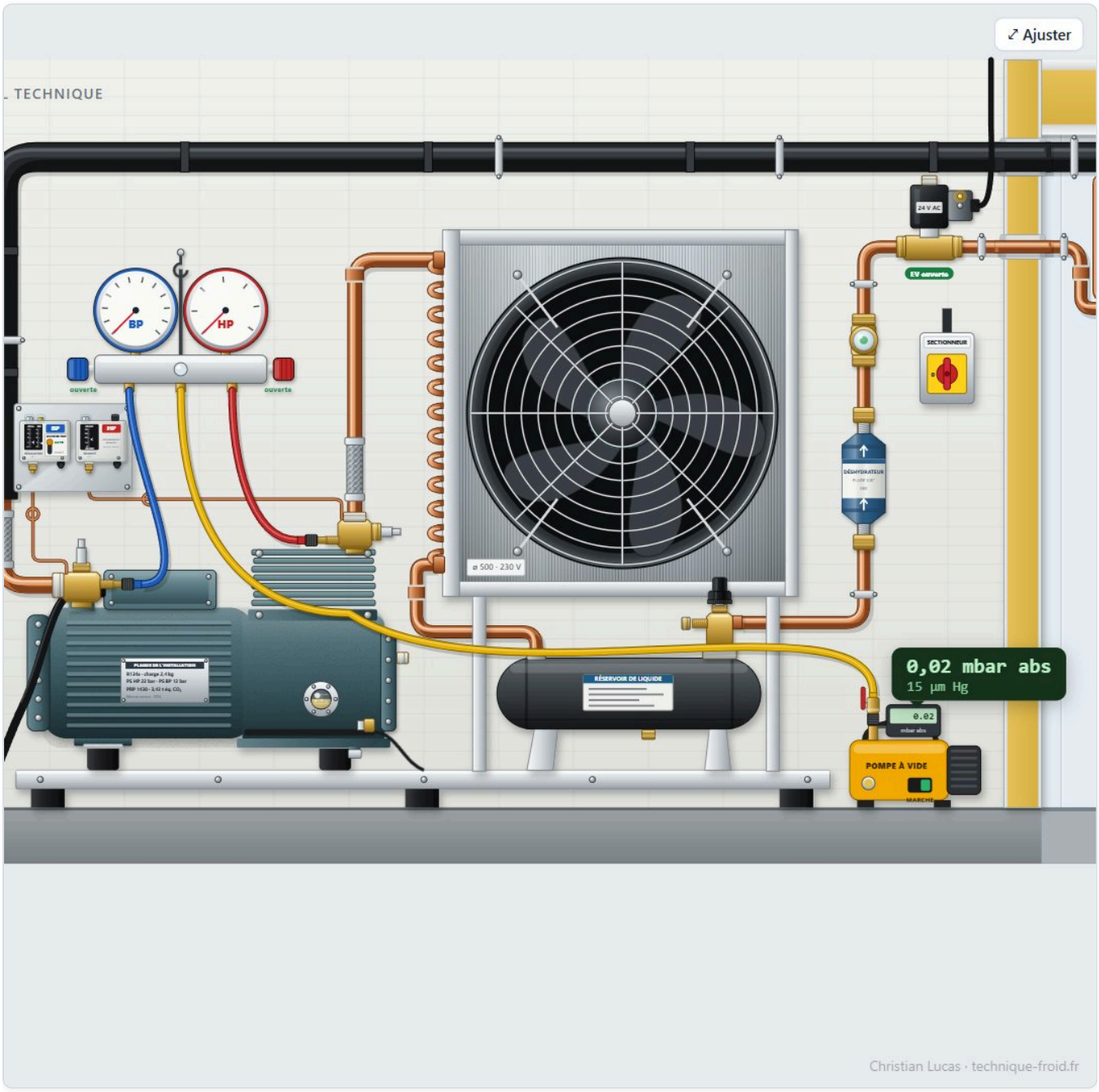


Figure 8 — Tirage au vide du manifold et des flexibles raccordés sur les prises : la lecture du vacuomètre s'affiche au-dessus de la pompe.

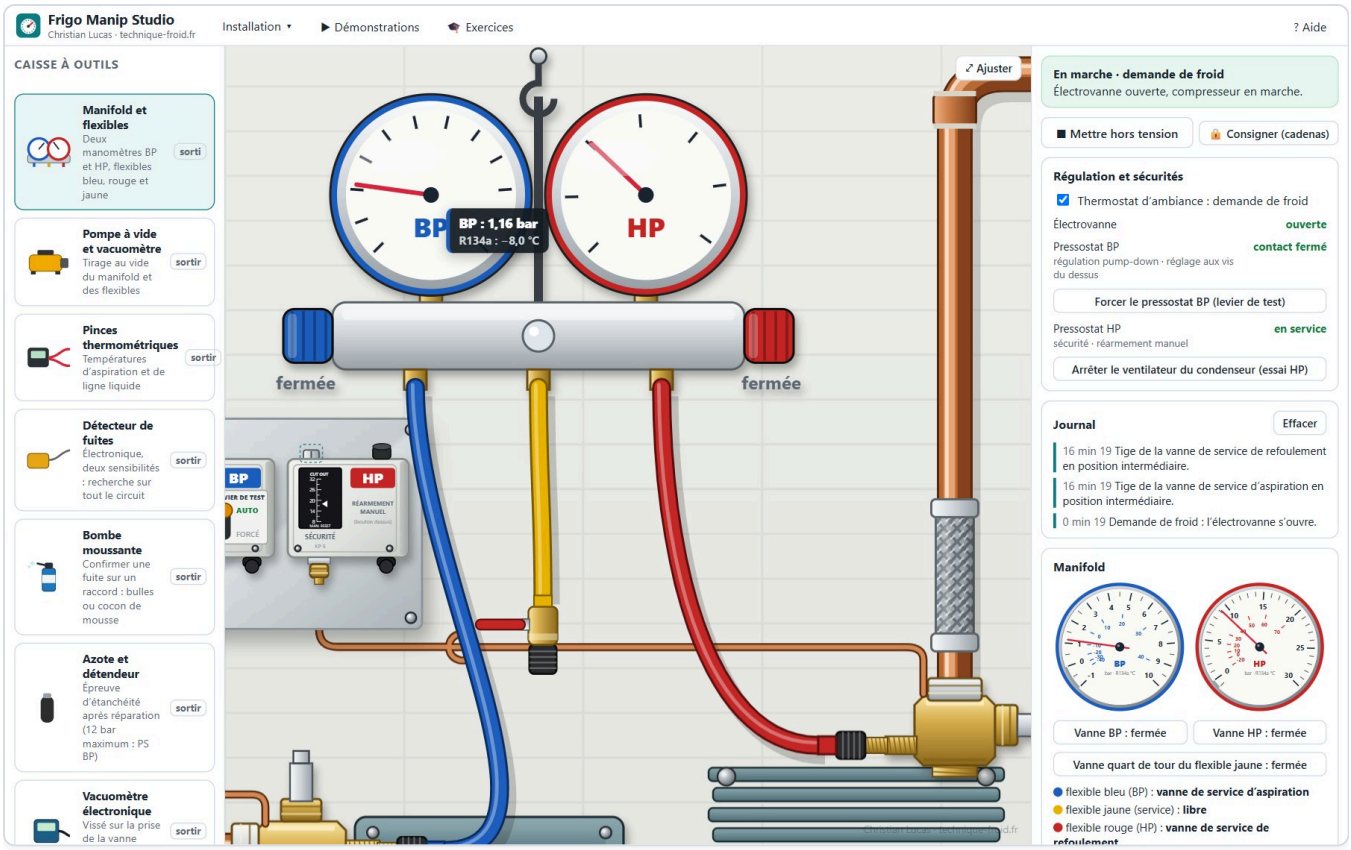


Figure 9 — Manomètres ouverts sur l'installation ; au survol, la lecture du manomètre BP.

> Flexibles bleu et rouge pendants à l'air libre, la pompe aspire de l'air en continu : le vide ne descend pas. Les flexibles doivent être raccordés (ou bouchés) pendant le tirage au vide.

8. Relever le fonctionnement

1. Attendre le **régime établi** (horloge ×10 ou ×60).
2. Sortir les pinces et les glisser sur les tubes : **sortie de l'évaporateur, au bulbe du détendeur** et **ligne liquide en sortie de condenseur**. Pendant le glisser, les points de mesure s'entourent. La température lue s'affiche sur le dessin, à côté de l'étiquette T1 ou T2, et dans la carte des pinces.
3. Lire la BP et la HP au manomètre, et leur température de saturation sur l'échelle R134a.
4. Poser la **pince ampèremétrique** sur un seul conducteur de phase du compresseur (boîte à bornes ouverte) et lire l'intensité absorbée ; la comparer à la plaque (I nom 6,8 A, I max 10 A).
5. Remplir la **fiche de relevé** et cliquer Vérifier.

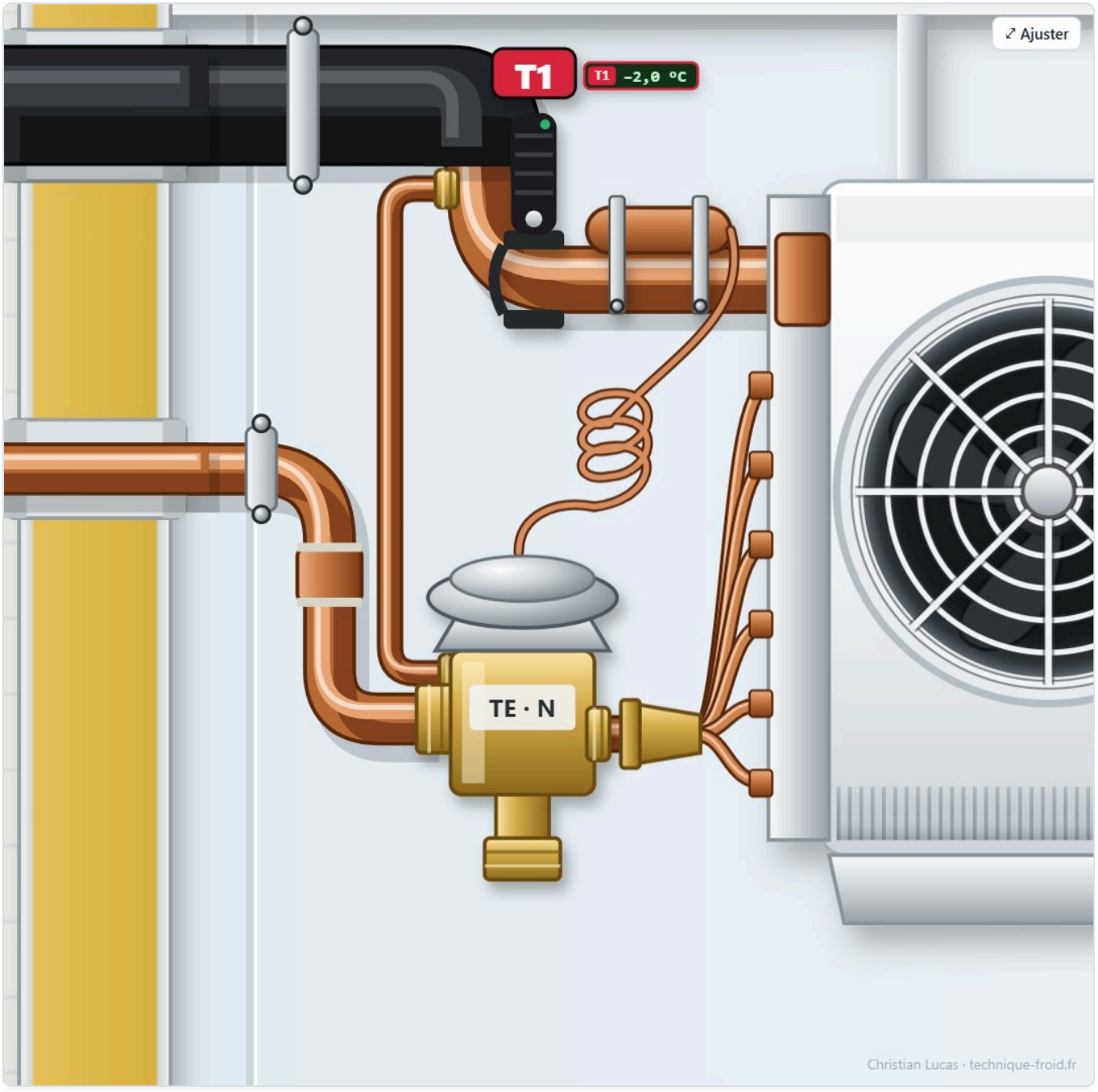


Figure 10 — Pince T1 au bulbe du détendeur (sortie de l'évaporateur), avec sa lecture.

Surchauffe du détendeur ou surchauffe totale ? La surchauffe réglée par le détendeur se mesure **au bulbe**, à la sortie de l'évaporateur : c'est elle que demandent la fiche et les exercices. Mesurée à l'**entrée du compresseur**, on obtient la surchauffe totale, plus élevée d'environ 4 K : l'aspiration se réchauffe en traversant le local technique.



Surchauffe = T au bulbe (sortie évaporateur) − T évaporation. La température d'aspiration, à l'entrée du compresseur, donne la surchauffe totale.
Sous-refroidissement = T condensation − T liquide.

Chaque case est marquée ✓ ou ✗. Tolérances : 0,25 bar en BP, 0,4 bar en HP (lecture d'un cadran), 1,5 °C sur les températures de saturation, 1 °C sur les températures de tube, 2 K sur surchauffe et sous-refroidissement, 0,3 A sur l'intensité. La fiche vérifie aussi que vos calculs sont cohérents avec vos propres lectures.

Des remarques signalent un relevé mal fait : installation à l'arrêt, régime non établi, manomètre qui ne lit pas l'installation, pince absente du bon endroit.

Figure 11 — Fiche de relevé vérifiée.

9. Déposer proprement

Objectif : retirer le manifold sans rejeter de fluide, en renvoyant le contenu des flexibles dans l'installation.

1. Compresseur en marche, remettre la vanne de **refoulement** en position **arrière** : le flexible rouge est isolé, encore à la HP.
2. Vanne quart de tour du jaune fermée, **ouvrir les vannes BP et HP du manifold** : le contenu du rouge passe dans le bleu, puis à l'aspiration.
3. Forcer le thermostat **satisfait** et **forcer le pressostat BP** : le compresseur tire l'évaporateur et les flexibles vers 0 bar.
4. Remettre la vanne d'**aspiration** en position **arrière**, **fermer les vannes du manifold**, débrancher les flexibles.
5. Remettre bouchons et chapeaux, relâcher le forçage, remettre le thermostat en demande, ranger les outils.
6. **Recherche de fuites** au détecteur électronique sur chaque vanne manœuvrée : bouchon de prise et chapeau de tige, une fois remis.

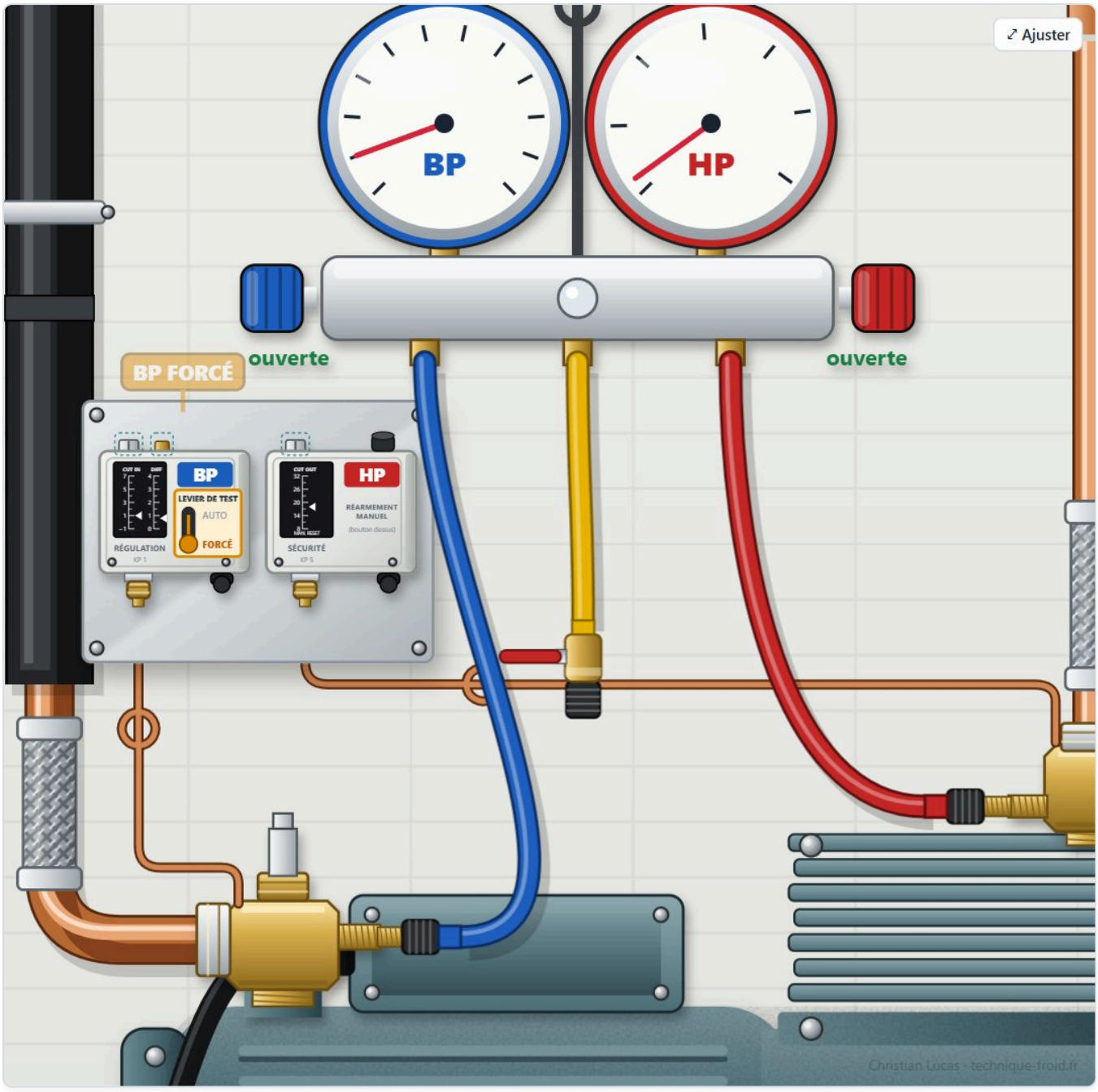


Figure 12 — Refoulement en arrière, manifold ouvert, pressostat BP forcé : les flexibles sont tirés vers 0 bar.

À chaque débranchement, le journal fait le bilan du fluide resté dans le flexible :

Fluide restant	Bilan
Moins de 0,12 g	Perte négligeable (information)
De 0,12 à 0,3 g	Perte évitable : tirer la BP plus bas avant de débrancher (avertissement)
Plus de 0,3 g	Rejet : faute, avec souffle et panneau sur le dessin

Recherche de fuites

Une dépose se termine toujours par une recherche de fuites sur les vannes manœuvrées. Passez lentement la sonde, à moins d'un centimètre, sur le **bouchon de prise** et le **chapeau de tige** de chaque vanne, **après** les avoir remis. Fuites possibles :

Cause	Fuite	Remède
Chapeau de tige non remis	Presse-étoupe de la tige, ≈ 3 g/an	Remettre le chapeau
Bouchon de prise non remis	Siège arrière de la vanne, ≈ 1,5 g/an	Remettre le bouchon
Joint de bouchon défectueux (une fois sur cinq)	Bouchon, ≈ 5 g/an	Retirer le bouchon et le remettre (joint changé), puis recontrôler

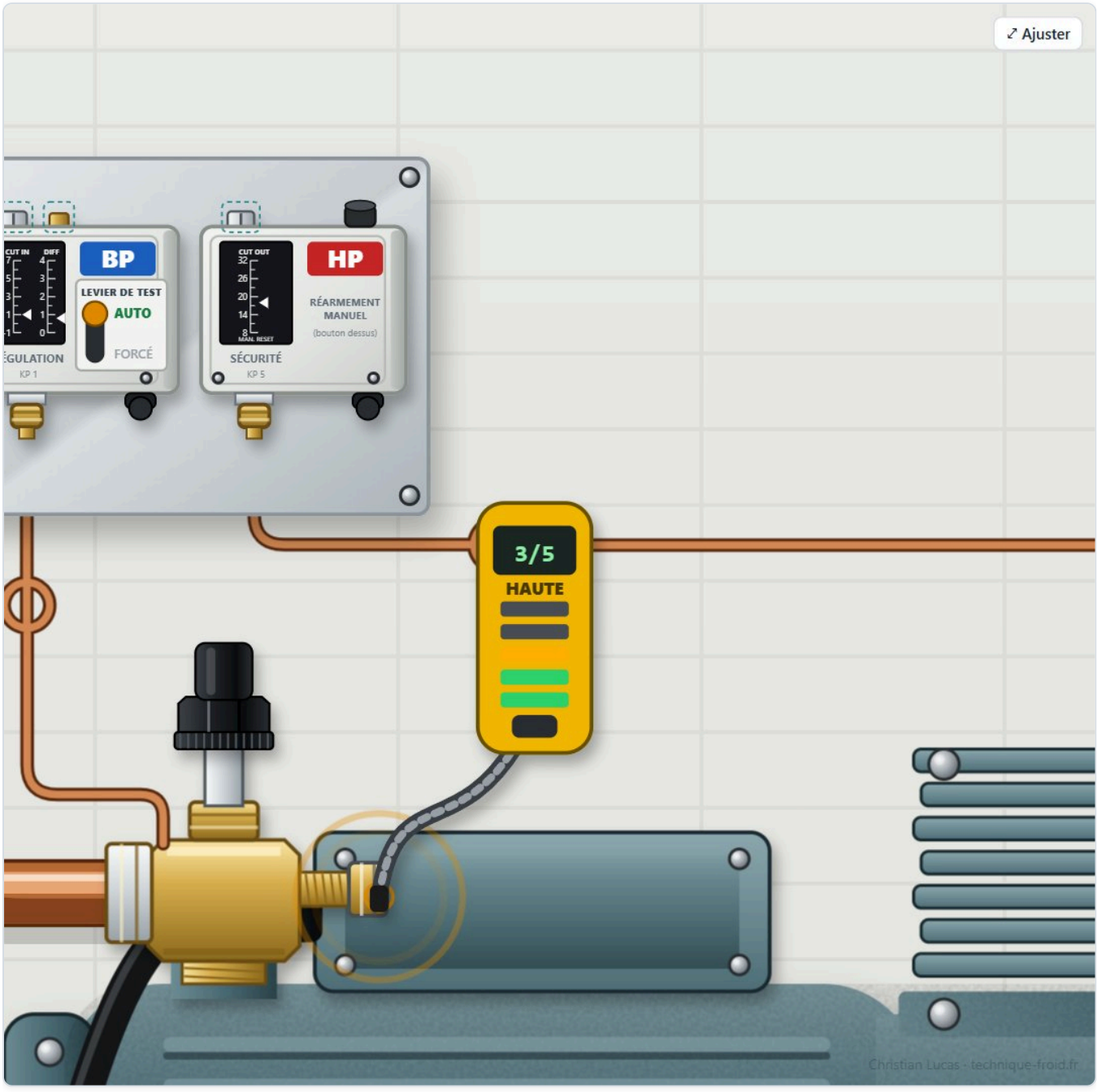
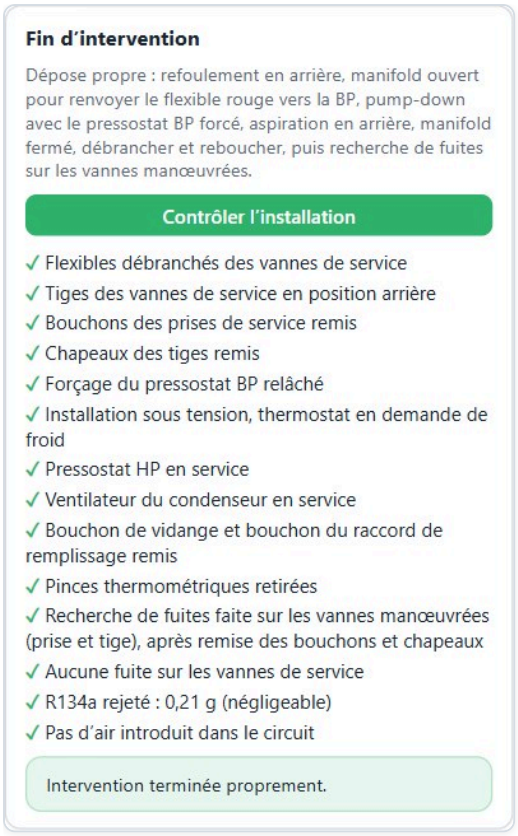


Figure 13 — Le détecteur trouve une fuite au bouchon de la prise d'aspiration : joint défectueux.



Contrôler l'installation (carte « Fin d'intervention ») vérifie que l'installation est rendue proprement : flexibles débranchés, tiges en arrière, bouchons et chapeaux remis, forçage relâché, thermostat en demande, sécurité HP en service, pinces retirées, **recherche de fuites faite après la remise des bouchons et chapeaux, aucune fuite**, rejet total sous 0,5 g, pas d'air introduit.

Figure 14 — Contrôle de fin d'intervention.

10. Fautes et rejets

Les fautes ne sont pas bloquées : comme sur le terrain, elles ont des conséquences, et le journal les explique.

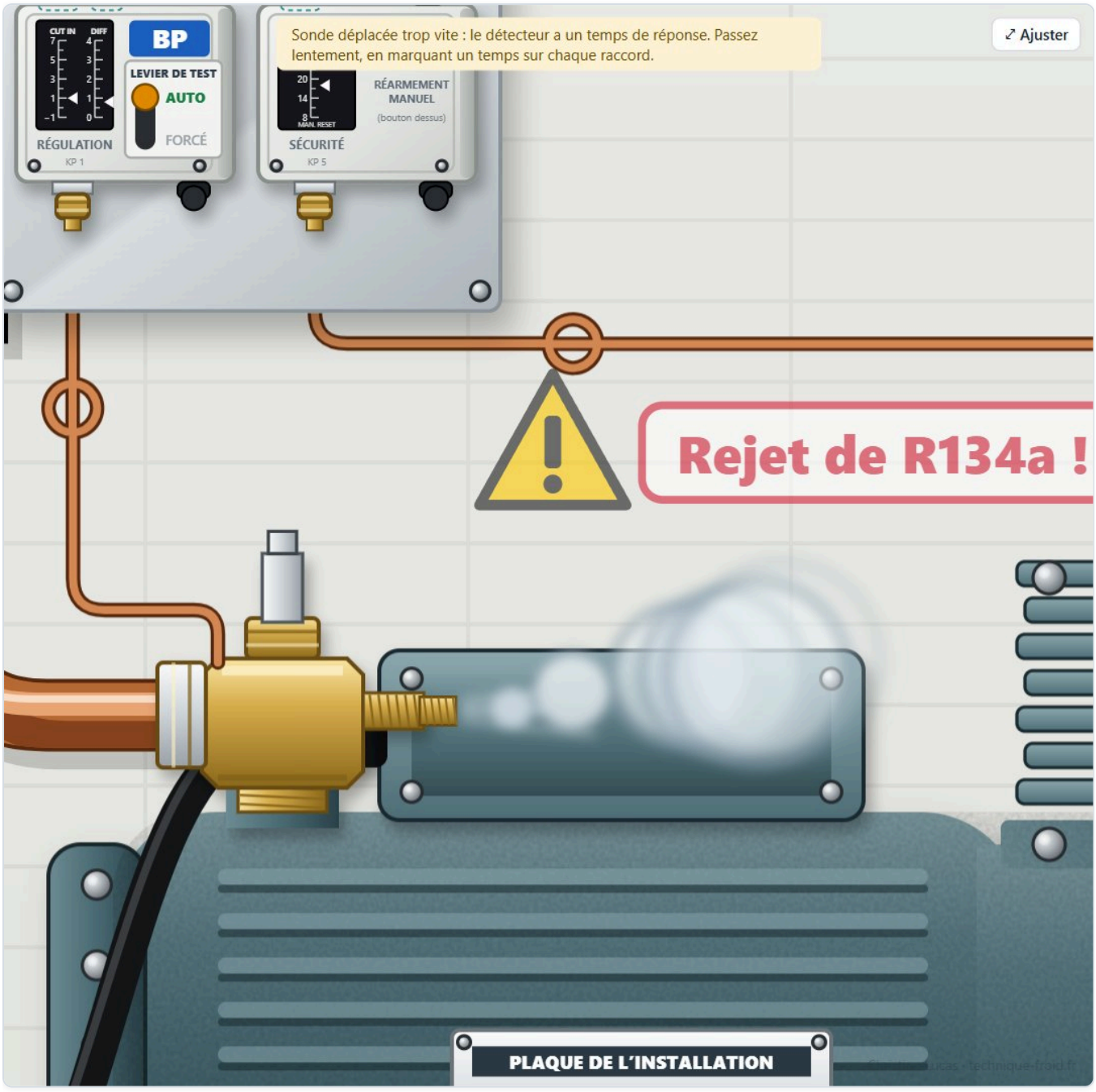


Figure 15 — Prise de service ouverte à l'air, tige hors position arrière : panache de R134a et panneau d'avertissement à l'endroit du rejet.

Faute	Conséquence
Flexibles ouverts sur l'installation sans tirage au vide	Air introduit : incondensables, la HP monte
Flexible chargé ouvert à l'air, prise ouverte sous pression	Rejet de R134a, panache et panneau, compteur de grammes

Faute	Conséquence
Pompe à vide en marche sur une vanne de service ouverte	Le fluide est aspiré et rejeté par l'échappement de la pompe
Flexible branché sur une prise sous pression	Souffle de fluide au raccordement
Manifold grand ouvert avec HP et BP en service	Le refoulement passe directement à l'aspiration (avertissement)
Refoulement fermé, compresseur en marche	La HP s'envole : déclenchement du pressostat HP, réarmement manuel
Aspiration fermée en marche, ou pressostat BP laissé forcé électrovanne fermée	Le compresseur tire au vide
Raccord flare resserré une seconde fois	Avertissement : un serrage excessif écrase le collet
Épreuve à l'azote sans consignation, compresseur remis sous tension	Avertissement, puis faute : le compresseur démarre sur l'azote
Pression d'épreuve au-delà de 12 bar	Faute : 12 bar au maximum, la PS BP de la plaque
Manomètre BP soumis à la pression d'épreuve	Faute : il se détériore au-delà de son échelle
Pompe à vide arrêtée vanne ouverte	Faute : l'huile remonte dans le flexible, l'air rentre
Prise ouverte sur le circuit sous vide	Faute : l'air humide rentre
Tirage par la BP seule, électrovanne fermée	Avertissement : la HP ne se vide pas
Tirage au vide sans consignation	Avertissement
Circuit humide tiré lest d'air fermé	L'huile de la pompe se charge d'humidité : vide limite à 2,5 mbar, vidange

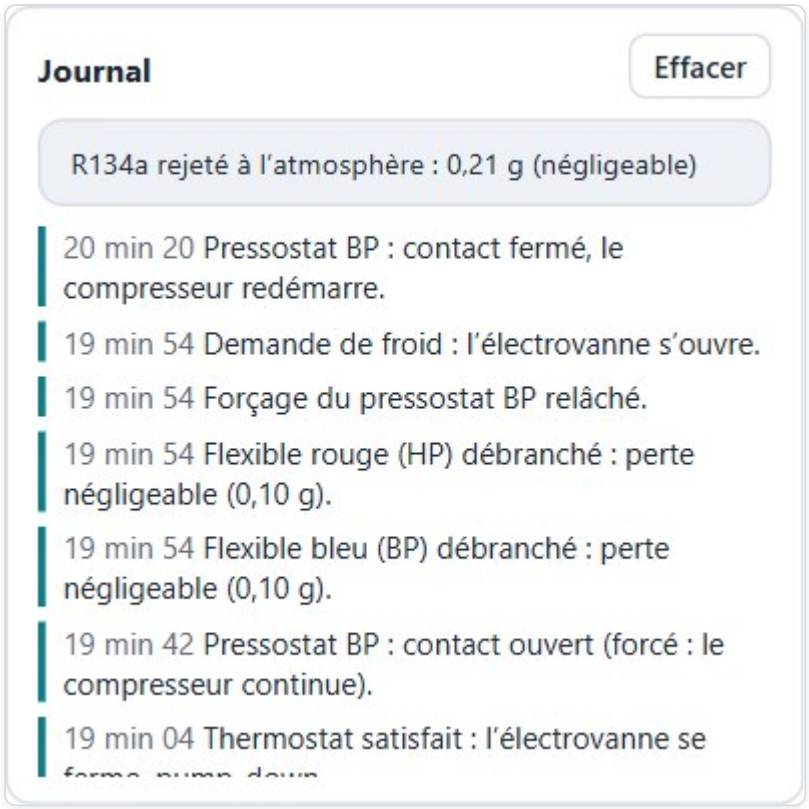


Figure 16 — Le journal, avec le total de R134a rejeté.

11. Recherche de fuites sur le circuit

Une fuite peut apparaître sur une trentaine de points du circuit : raccords flare (déshydrateur, voyant, électrovanne, détendeur, pressostats), brasures (refoulement, condenseur, réservoir, ligne liquide, distributeur, évaporateur), joints (culasse, couvercle d'aspiration, voyant d'huile, Rotalock, tube-culasse de l'électrovanne), capillaire du pressostat HP qui frotte. Au survol, un cercle pointillé montre chaque point.

Taille	Débit en fonctionnement	Ce qu'on voit
Micro-fuite	≈ 3 g/an	Détecteur en haute sensibilité seulement ; rien à la mousse
Petite fuite	≈ 25 g/an	Détecteur ; cocon de mousse au bout d'une à deux minutes
Grosse fuite	≈ 300 g/an	Trace d'huile sur le raccord ; détecteur saturé en haute sensibilité ; grosses bulles aussitôt
Fuite franche	brasure manquée	Visible à l'épreuve à l'azote : la pression chute

Le débit suit la pression à l'endroit de la fuite : côté BP, une fuite débite bien moins une fois l'évaporateur vidé par le pump-down.

Le détecteur électronique

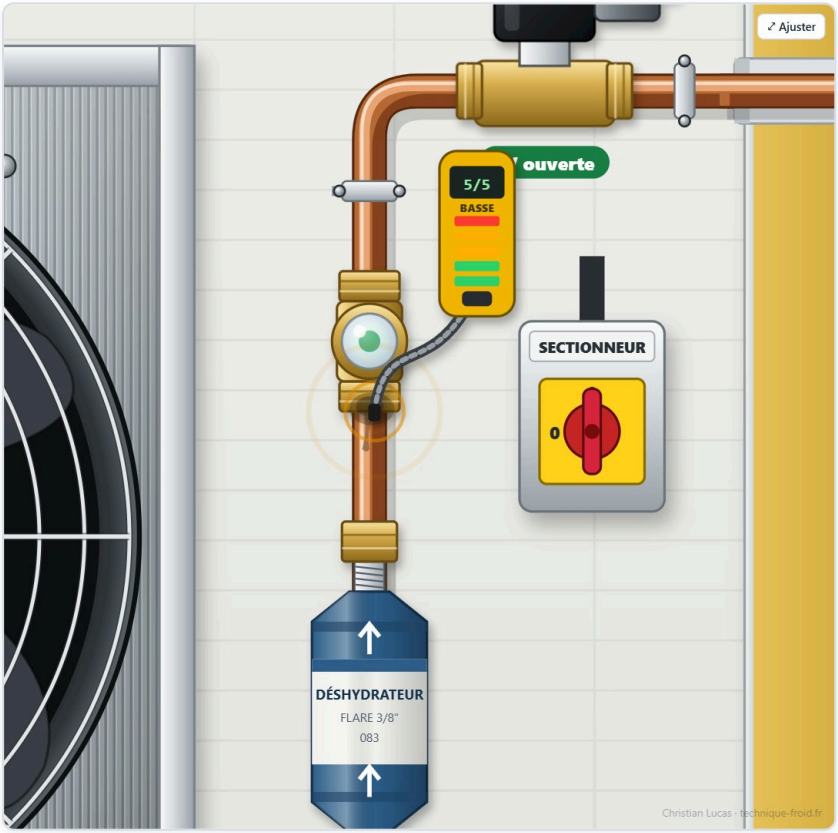


Figure 17 — Grosse fuite au raccord d'entrée du voyant : en basse sensibilité, le détecteur ne sature plus et désigne le bon raccord.



- **Haute sensibilité** pour chercher : elle voit les micro-fuites, mais près d'une grosse fuite elle **sature** et fait sonner aussi les raccords voisins ; saturée, la cellule met quelques secondes à revenir à l'air frais.
- **Basse sensibilité** pour localiser une grosse fuite.
- Le détecteur a un **temps de réponse** : passez lentement, en marquant un temps sur chaque raccord ; un point ne compte comme contrôlé qu'après un instant de sonde dessus. Trop vite, un conseil s'affiche.
- Le R134a est plus lourd que l'air : on le détecte mieux **sous** le raccord.
- Les **ventilateurs** en marche (condenseur avec le compresseur, évaporateur sous tension) dispersent le fluide : la carte le signale.

Figure 18 — Carte du détecteur.

La bombe moussante et les étiquettes

Glissez la bombe sur un raccord : la mousse forme un film, puis de **grosses bulles** aussitôt (grosse fuite) ou un **cocon de mousse** au bout d'une à deux minutes (petite fuite). Rien : pas de fuite, ou une micro-fuite que seul le détecteur voit. La mousse sèche en dix minutes ; essuyez-la après le contrôle.

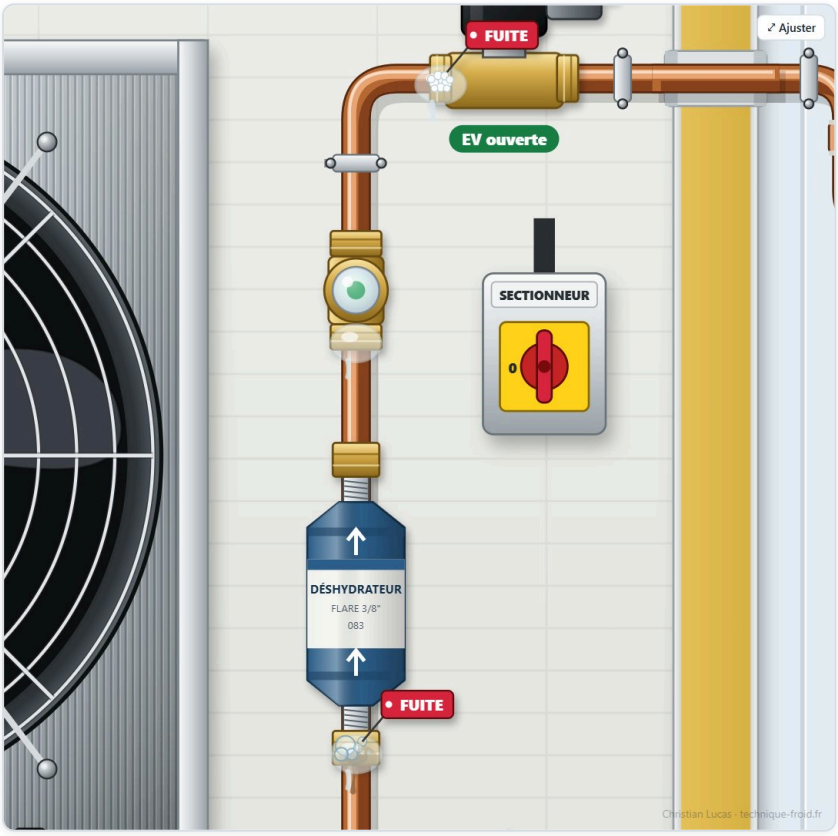
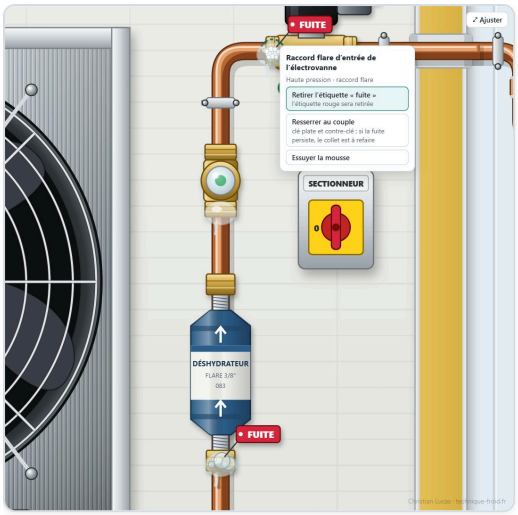


Figure 19 — Mousse sur trois raccords : grosses bulles à l'entrée du déshydrateur, cocon à l'entrée de l'électrovanne, rien au voyant. Étiquettes « FUITE » sur les deux raccords qui fuient.



Clic sur un raccord, une brasure ou un joint : son nom, son côté (BP ou HP) et :

- **Étiqueter : fuite trouvée ici** : étiquette rouge accrochée au raccord ;
- **Resserrer au couple**, pour les raccords flare et filetés, l'écrou Rotalock et le tube-culasse de l'électrovanne : une micro ou petite fuite est réparée ; une grosse persiste (collet fendu, joint détruit : à refaire). Un second serrage est signalé : il écrase le collet ;
- pour une brasure, un joint du compresseur ou le capillaire : la réparation est **impossible en charge** (récupération du fluide, réparation, épreuve à l'azote, tirage au vide, charge) ;
- **Essuyer la mousse**.

Après une réparation, recontrôlez au détecteur ou à la mousse, puis retirez l'étiquette.

Figure 20 — Menu d'un raccord.

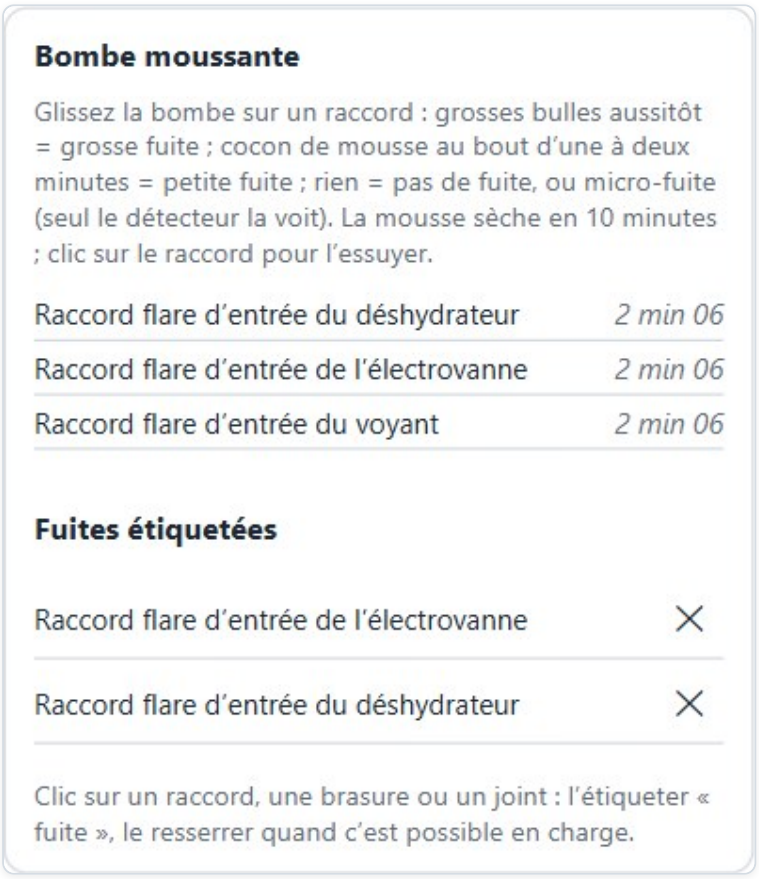


Figure 21 — Carte de la bombe moussante : mousses en place avec le temps écoulé, fuites étiquetées.

12. Manque de fluide

La charge nominale est de **2,4 kg**. Le réservoir garde une réserve : tant qu'il reste du liquide à sa sortie (jusqu'à 75 % de la charge), rien ne se voit. Au-delà, le détendeur est mal alimenté :

Charge	Voyant liquide	Symptômes
75 à 100 %	Plein, clair	Fonctionnement normal (surchauffe 6 K, sous-refroidissement 4 K)
60 à 75 %	Bulles par intermittence	Sous-refroidissement qui tombe à 0, surchauffe 10 à 15 K, BP un peu plus basse
30 à 60 %	Mousse continue	Surchauffe 20 à 30 K, BP nettement plus basse, refoulement plus chaud, la chambre ne descend plus
Sous 30 %	Presque que de la vapeur	BP vers 0,2 bar : courts cycles sur le pressostat BP, électrovanne ouverte

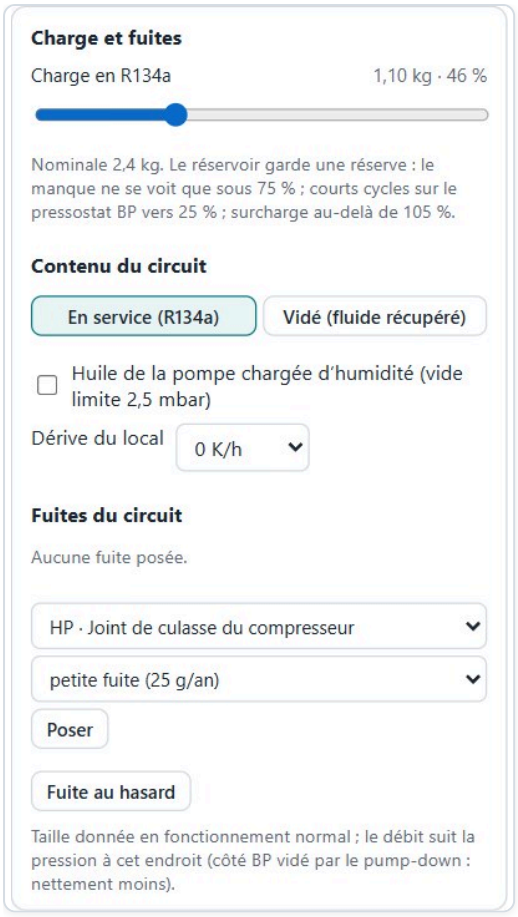


Le voyant ne bulle que si le liquide circule : compresseur en marche, électrovanne ouverte. L'indicateur d'humidité reste vert.

Le diagnostic se fait avec les outils de la V1 : manomètres, pinces et fiche de relevé. **Surchauffe haute, sous-refroidissement nul, voyant qui bulle** : manque de fluide, donc une fuite à chercher. La recharge viendra avec la V4.

En surcharge (au-delà de 105 %), le liquide noie le bas du condenseur : sous-refroidissement et HP montent.

Figure 22 — Voyant liquide en manque de fluide : mousse continue.



Carte enseignant « Charge et fuites » (case Valeurs réelles (enseignant)) : charge en R134a, contenu du circuit (en service ou vidé de son fluide), dérive de la température du local pour l'épreuve à l'azote, fuites à poser sur un point choisi ou au hasard, avec leur débit du moment.

Figure 23 — Carte enseignant.

13. Épreuve à l’azote

Après une réparation qui a demandé d’ouvrir le circuit (brasure, joint), le fluide ayant été récupéré, on éprouve l’étanchéité à l’**azote sec** avant le tirage au vide. La pression d’épreuve ne dépasse pas la **PS de la partie la plus faible** mise sous pression : les deux côtés étant éprouvés ensemble, c’est la **PS BP** de la plaque, **12 bar**. L’épreuve se fait entre 10 et 12 bar, détendeur réglé vers **11 bar** : 1 bar de marge sous la PS, car le détendeur n’est pas précis au dixième et la pression monte d’environ 0,04 bar par degré si le local se réchauffe pendant la tenue ; c’est assez haut pour révéler une fuite, au-dessus de ce que la BP voit à l’arrêt (6,7 bar pour du R134a à 30 °C).

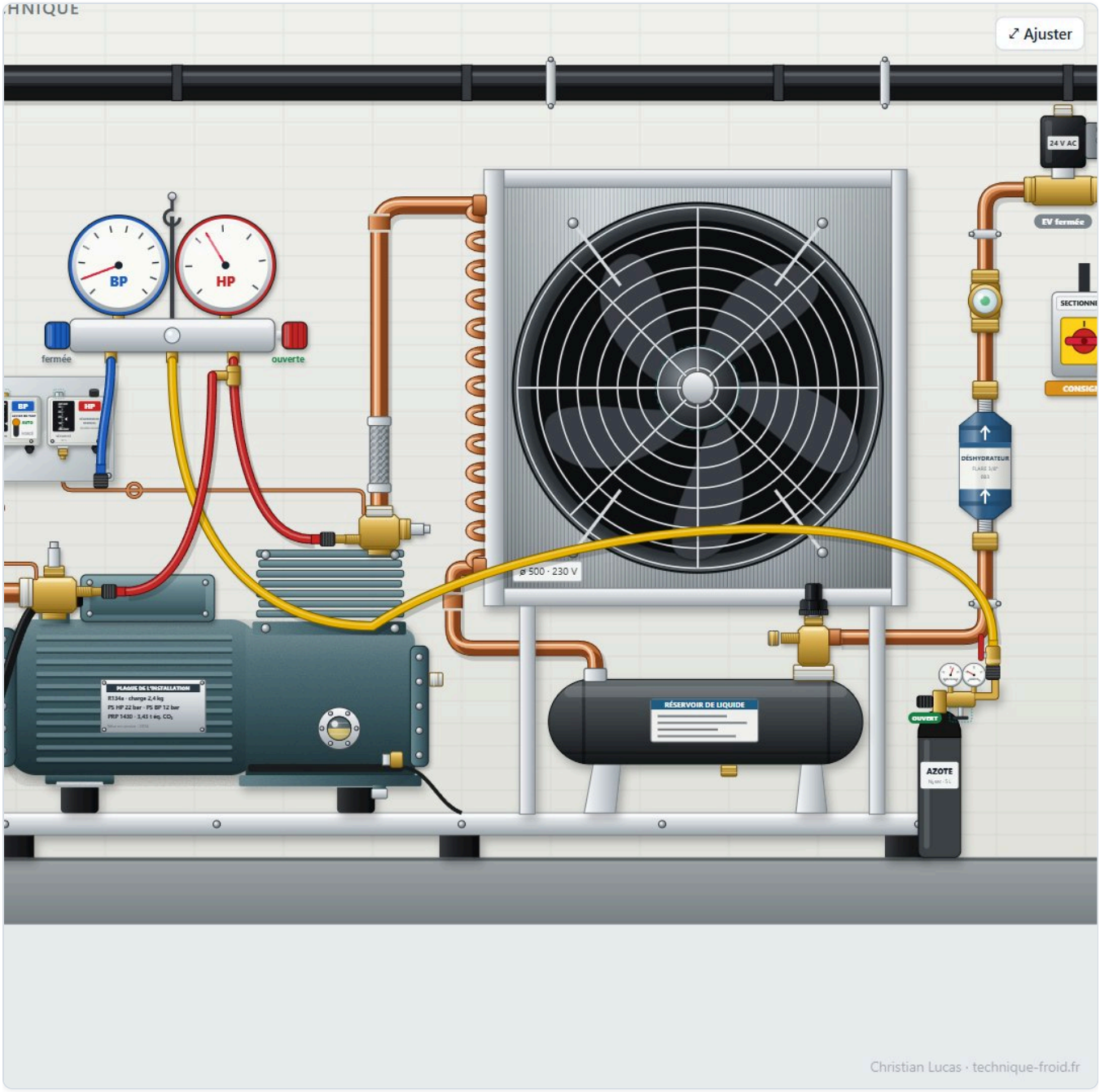
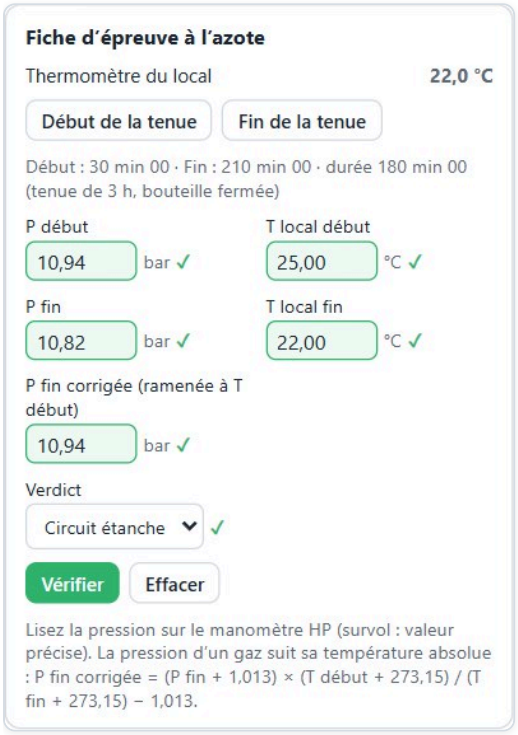


Figure 24 — Épreuve par le côté HP du manifold : té sur la sortie HP, flexible rouge sur le refoulement, second flexible rouge sur l’aspiration, jaune sur le détendeur d’azote ; vanne BP du manifold fermée.

1. **Consigner** l’installation. Pressuriser sans consignation est signalé ; remise sous tension, le compresseur démarrerait sur l’azote.

2. Hors tension, l'**électrovanne est fermée** : la BP et la HP ne communiquent que par les clapets du compresseur. Il faut pressuriser les deux côtés, **par le côté HP du manifold** : le manomètre BP ne doit pas voir la pression d'épreuve. Deux méthodes : **té sur la sortie HP** et second flexible rouge sur la prise BP, ou **manifold d'épreuve à deux manomètres HP** : un **clic sur le manifold** (manomètres ou corps) ouvre son menu, comme pour les vannes de service. Le manomètre lit toujours son flexible, même vanne fermée : avec le té, le flexible bleu reste débranché.
3. Brancher le flexible jaune sur la **sortie du détendeur**, régler la sortie (clic sur la **vis à poignée en T** sous le détendeur, ou carte de l'azote), ouvrir le robinet de la bouteille (clic sur le volant). À 11 bar, le pressostat HP (réglé vers 18 bar) ne déclenche pas ; s'il déclenchait (pression trop haute), il serait à réarmer après la détente.
4. À la pression d'épreuve, **fermer le robinet** de la bouteille, noter le **début de la tenue**, attendre **3 heures** au moins (horloge ×600 ou ×3600), noter la **fin**. Sur chantier, la tenue dure idéalement **24 heures** : une petite fuite ne fait baisser la pression que lentement, elle se voit mieux sur la durée.
5. Rechercher les fuites à la **mousse** : le détecteur électronique ne voit pas l'azote.
6. Relâcher l'azote par un flexible libre : panache gris « Azote », sans conséquence.



Fiche d'épreuve : pression (manomètre HP, valeur précise au survol) et température du local au début et à la fin, puis la pression de fin **corrigée de la température** — la pression d'un gaz suit sa température absolue :

> P fin corrigée = (P fin + 1,013) × (T début + 273,15) / (T fin + 273,15) − 1,013

Exemple : 19,69 bar à 25 °C, 19,48 bar à 22 °C ; corrigée, 19,69 bar : le circuit est étanche, la baisse venait du local qui s'est refroidi. Une fuite franche fait perdre plusieurs dixièmes de bar, même corrigés.

Vérifier contrôle les lectures, le calcul et le verdict, et signale : tenue trop courte, pression hors de 10 à 12 bar, côté BP non éprouvé, bouteille ouverte pendant la tenue, installation non consignée, 12 bar dépassés, manomètre BP en surpression.

Figure 25 — Fiche d'épreuve vérifiée.



Figure 26 — Carte « Azote et détendeur » : pression de la bouteille, réglage de la sortie, robinet.

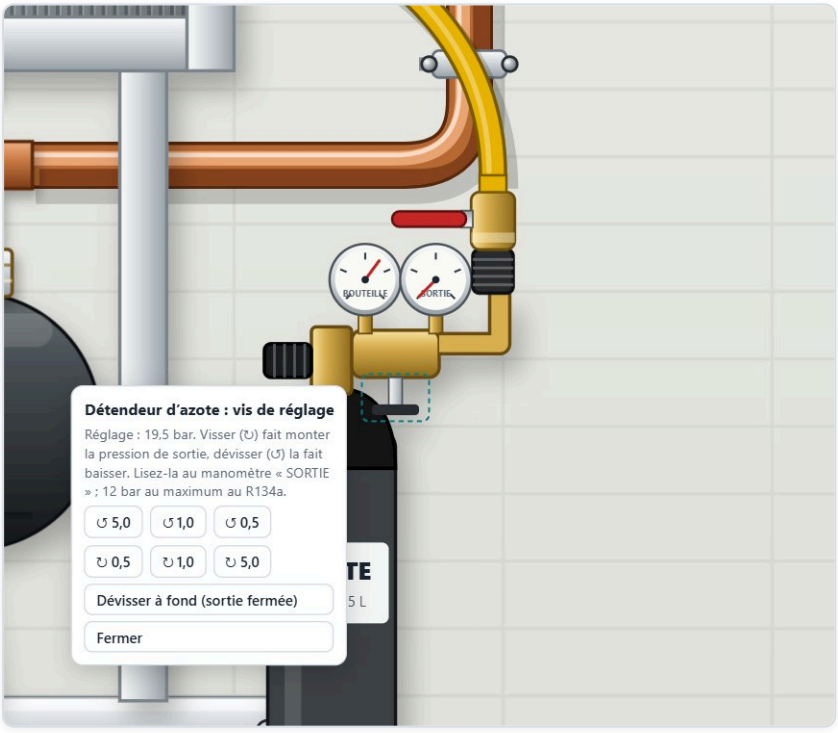


Figure 27 — Réglage du détendeur sur le dessin : clic sur sa vis à poignée en T ; la pression de sortie se lit au manomètre « SORTIE ».

14. Tirage au vide

Après l'épreuve à l'azote, l'azote relâché, le circuit est à la pression atmosphérique : on le tire au vide pour retirer l'air et l'humidité avant la charge. L'installation reste **consignée**.

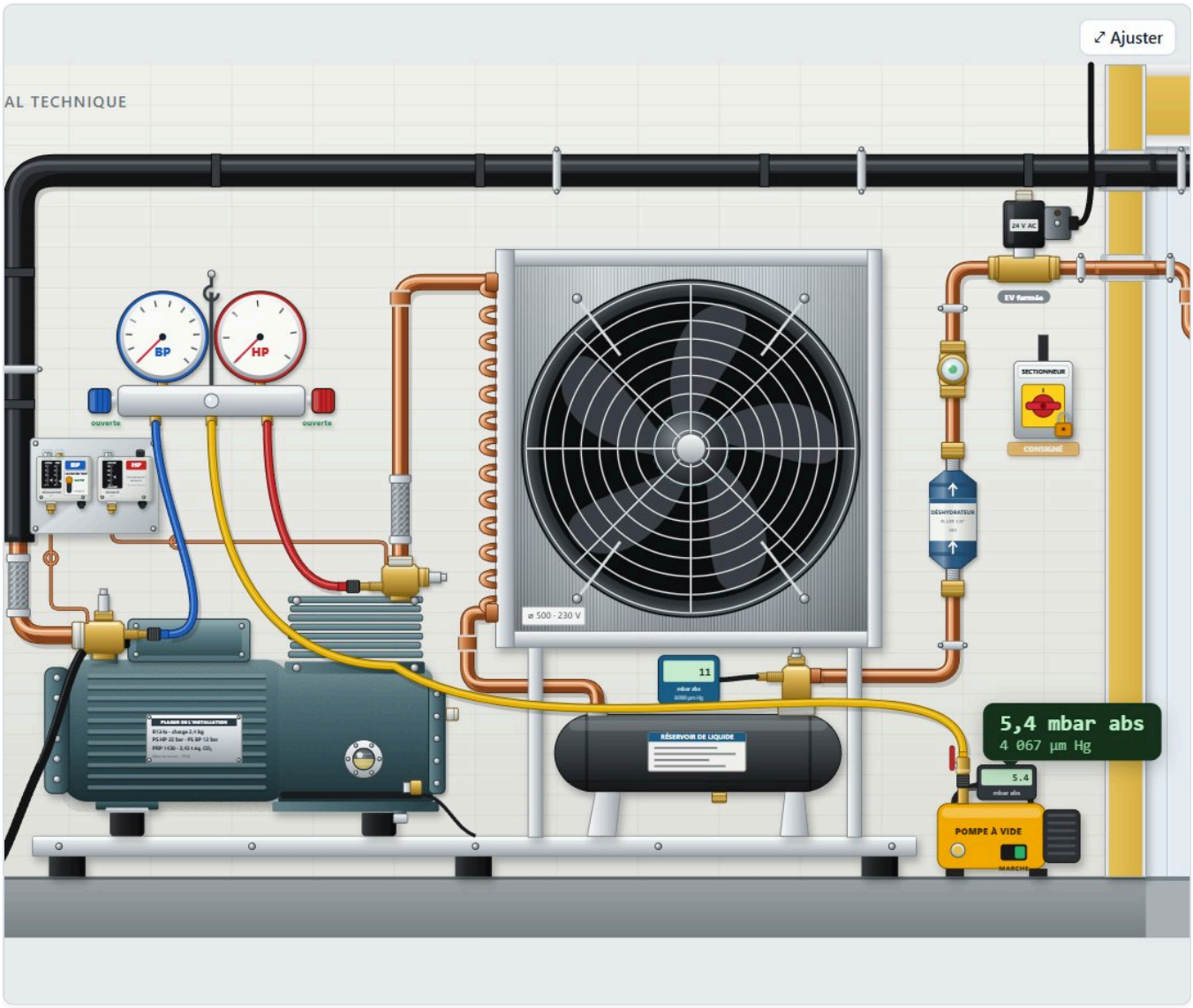


Figure 28 — Tirage au vide : manifold sur l'aspiration et le refoulement, vannes ouvertes, pompe sur le flexible jaune, vacuomètre électronique sur la prise de la vanne Rotalock. Le circuit (11 mbar) est moins vidé que l'entrée de la pompe (5,4 mbar) : pertes de charge des flexibles.

1. **Minimum de la pompe** : pompe en marche, flexible jaune débranché ou vanne quart de tour fermée, le vacuomètre de la pompe descend à son vide limite. La carte de la pompe le retient comme **référence**.
2. **Vacuomètre électronique** (caisse à outils) : bouchon de la prise de la vanne Rotalock retiré, tige en position arrière, puis tige en position intermédiaire : il lit le vide du circuit, côté HP, sans les pertes de charge des flexibles.
3. Tirer **les deux côtés** : hors tension, l'électrovanne est fermée. Par la BP seule, la HP ne se vide pas (le journal le signale) ; par la HP seule, la BP suit lentement par les clapets du compresseur. Bleu sur l'aspiration et rouge sur le refoulement, vannes du manifold ouvertes ; ou l'**aimant** posé sur la bobine, qui ouvre l'électrovanne.

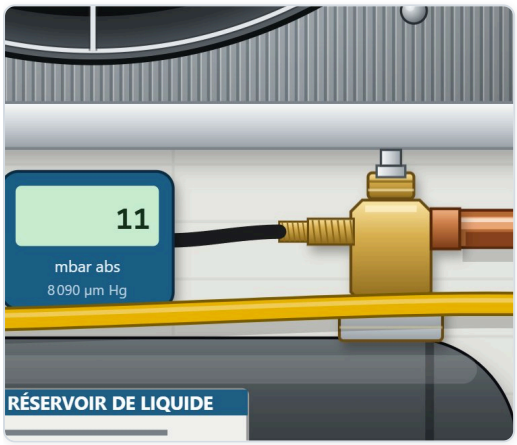
4. **Objectif : moins de 1 mbar** (750 µm Hg) au vacuomètre du circuit. Un circuit sec de 9 L y arrive en une vingtaine de minutes (horloge ×60).
5. **Remontée de pression** : fermer les vannes du manifold (la pompe est isolée), noter le début, attendre **10 minutes**, noter la fin : **moins de 2 mbar** de remontée.
6. Fin : circuit laissé sous vide pour la charge ; **fermer la vanne quart de tour avant d'arrêter la pompe**, sinon l'huile remonte dans le flexible.



Pompe à vide : lecture de son vacuomètre, minimum retenu comme référence, état de l'huile.

- Huile propre : 0,02 mbar ; **lest d'air** ouvert : 0,1 mbar, mais l'eau aspirée ne se condense pas dans l'huile.
- Lest d'air fermé sur un circuit humide, l'huile se charge d'humidité : vide limite à 2,5 mbar. **Vidanger l'huile**, pompe arrêtée.

Figure 29 — Carte de la pompe à vide.



Le vacuomètre affiche en **mbar absolus** et en **µm Hg** (1 mbar = 750 µm Hg) ; « HI » au-dessus de la pression atmosphérique. Sa carte rappelle l'objectif et le minimum de la pompe.

Figure 30 — Vacuomètre électronique sur la prise de la vanne Rotalock.

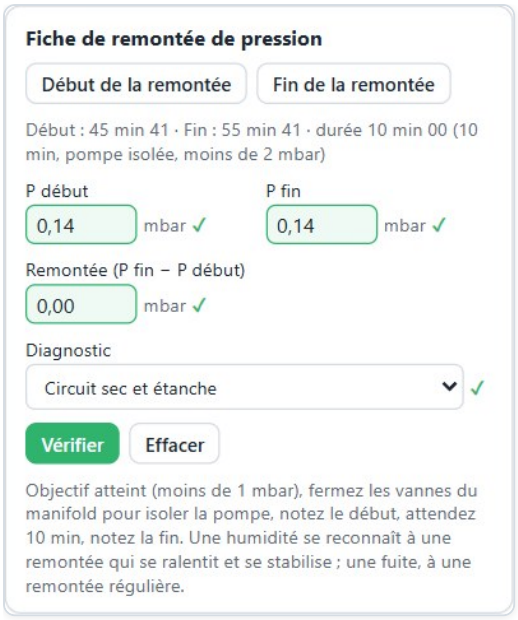
Humidité et double tirage

L'eau entrée dans le circuit bout sous vide : la pression reste sur un **palier**, vers 20 à 30 mbar, tant qu'il reste de l'eau. En s'évaporant, l'eau se refroidit et le palier baisse, mais elle s'évapore de plus en plus lentement. Une partie de l'humidité est retenue dans l'huile du compresseur et le déshydrateur : elle ne part que lentement.

Double tirage : casser le vide à l'**azote sec** (légère surpression, une dizaine de minutes), puis tirer de nouveau. L'azote réchauffe l'eau, qui repart vite au tirage suivant. Ouvrir le **lest d'air** de la pompe pendant le tirage d'un circuit humide.

Remontée de pression

Remontée sur 10 min	Diagnostic	Suite
Moins de 2 mbar	Circuit sec et étanche	Prêt pour la charge
Forte, puis de plus en plus lente : la pression se stabilise	Humidité (pression de vapeur de l'eau)	Reprendre le tirage : double tirage, lest d'air
Régulière, sans palier	Fuite : l'air entre	Rechercher la fuite (épreuve à l'azote)



Fiche de remontée : début et fin notés (heure, lecture, pompe isolée ou non), pressions lues, remontée calculée, diagnostic. Vérifier signale aussi : remontée de moins de 10 min, pompe non isolée, vacuomètre qui ne lit pas le circuit, objectif de 1 mbar non atteint.

Pour distinguer l'humidité d'une fuite, observez une seconde période de 10 minutes : la remontée ralentit (humidité) ou reste régulière (fuite).

Figure 31 — Fiche de remontée vérifiée : circuit sec et étanche.

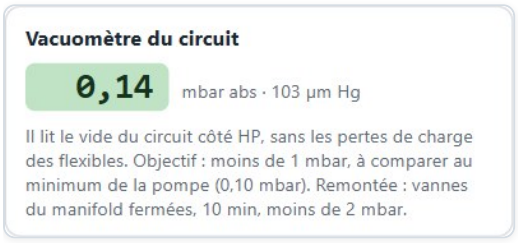


Figure 32 — Carte du vacuomètre du circuit : objectif atteint.

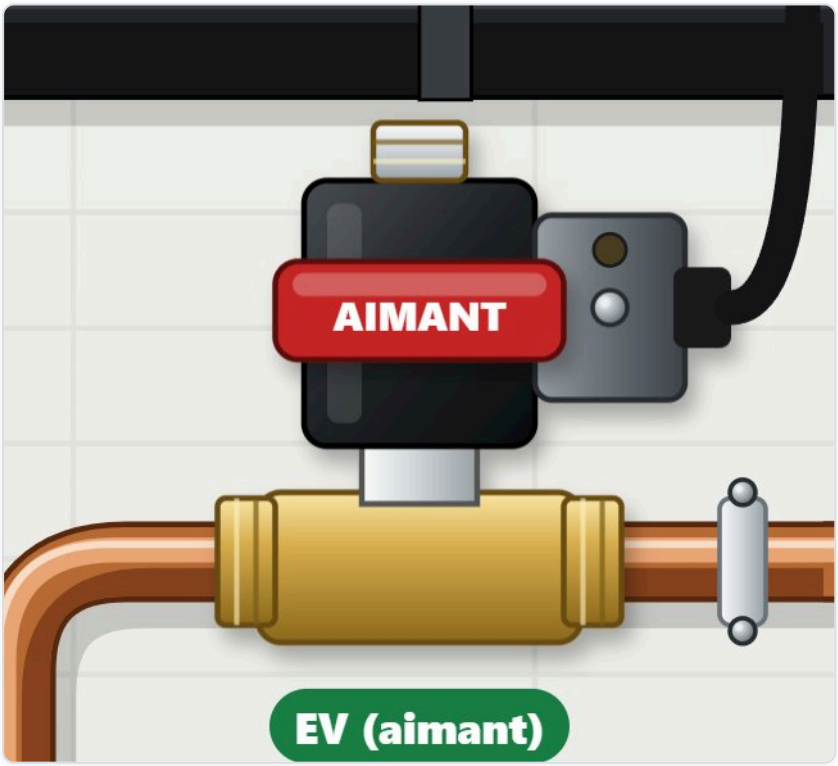


Figure 33 — Aimant posé sur la bobine : l'électrovanne est ouverte hors tension (« EV (aimant) »), BP et HP communiquent.

15. Charge et récupération

La charge se fait **à la balance** : la quantité est celle de la **plaque signalétique**, 2,4 kg de R134a. Sur une installation à réservoir, la surchauffe et le sous-refroidissement ne bougent presque pas tant que le réservoir garde de la réserve (entre 1,65 et 2,45 kg environ) : ils confirment la charge, ils ne la mesurent pas.

La bouteille de charge



Bouteille de R134a de 10 kg (6,5 kg à vide) à **robinet sur tube plongeur**, posée sur une balance électronique :

- **debout** : le tube plongeur prend le **liquide** (environ 25 g/s) ;
- **retournée** sur son support : elle donne du **gaz** (environ 3 g/s) et se refroidit, sa pression baisse.

Tare remet la balance à zéro : elle affiche ensuite la masse sortie, en négatif. Clic sur le robinet pour l'ouvrir ou le fermer. Pour retourner la bouteille, débranchez d'abord le flexible jaune.

Gaz ou liquide ? La charge en gaz (bouteille retournée) n'est permise que pour un **corps pur**, comme le R134a, ou un **azéotrope** : un mélange **zéotrope** (R407C, R404A…) changerait de composition et se charge toujours en **liquide**. La démonstration et l'exercice chargent en liquide, le geste qui vaut pour tous les fluides.

Figure 34 — Carte de la bouteille et de la balance.

Charger un circuit tiré au vide

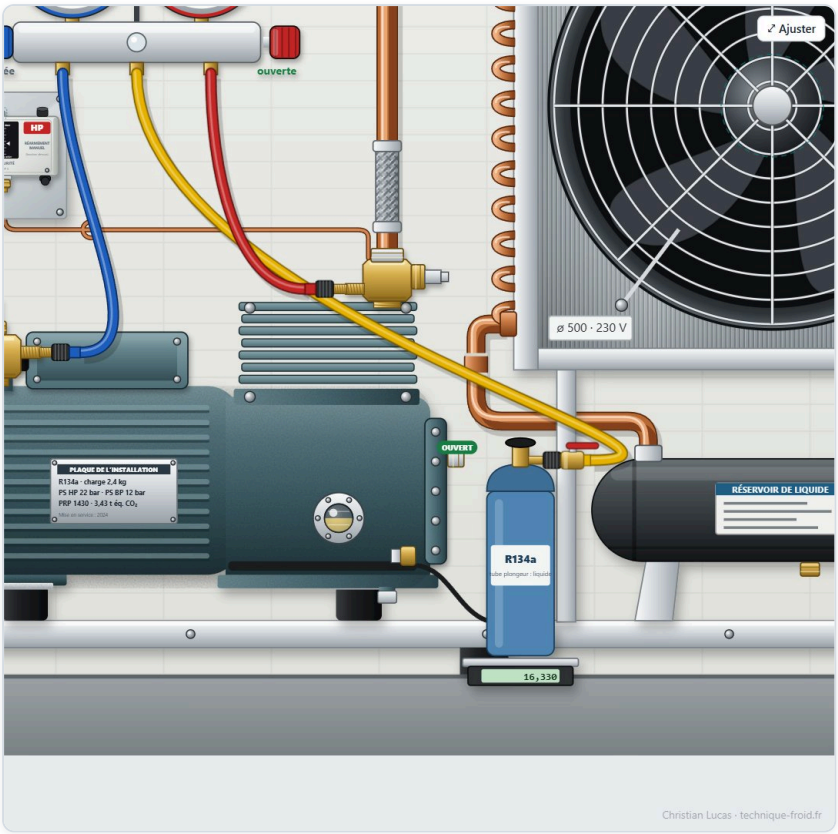


Figure 35 — Liquide côté HP, installation consignée : bouteille debout sur la balance, flexible jaune sur le robinet, vanne HP du manifold ouverte.

1. Le manifold reste posé après le tirage au vide, flexibles sous vide. Fermez la vanne quart de tour du jaune, débranchez-le de la pompe : la vanne garde le flexible sous vide.
2. **Pesez la bouteille seule**, non raccordée (Début de la charge dans la fiche) : c'est la pesée de début, m0.
3. Branchez le jaune sur le robinet de la bouteille debout, ouvrez la vanne quart de tour, puis le robinet.
4. **Liquide côté HP**, installation à l'arrêt et consignée : vanne HP du manifold ouverte. Le liquide remplit le circuit jusqu'à l'équilibre avec la bouteille.
5. **Un peu de liquide côté BP**, toujours à l'arrêt : la BP doit dépasser l'enclenchement du pressostat BP (1,0 bar), sinon le compresseur ne démarre pas.
6. Retirez le cadenas, mettez sous tension. **Complément en liquide côté BP, par petits à-coups** : vanne BP du manifold ouverte 2 à 3 secondes, puis refermée ; laissez la BP se stabiliser avant l'à-coup suivant, jusqu'à la charge de la plaque à la balance. Plus de 20 s de liquide en continu côté BP, compresseur en marche : coups de liquide (faute).
7. Robinet fermé, laissez la BP aspirer le contenu du flexible jaune (vanne BP ouverte), puis fermez le manifold et la vanne quart de tour.
8. Débranchez le jaune et **pesez la bouteille seule** (Fin de la charge) : pesée de fin, m1. La **charge introduite m0 − m1** se reporte sur la fiche d'intervention (**CERFA n° 15497**). La fiche de l'application refuse une pesée flexible raccordé.

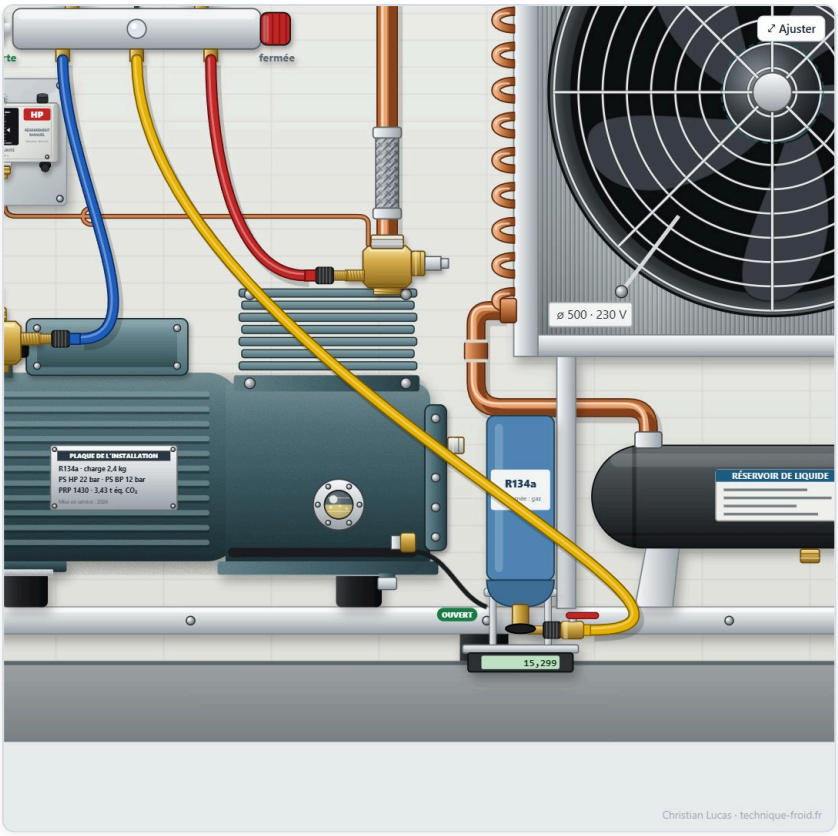


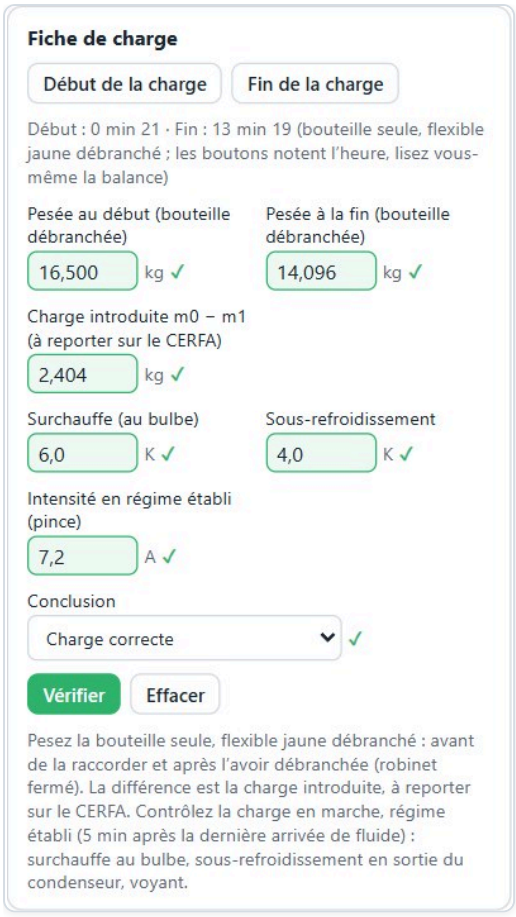
Figure 36 — Bouteille retournée sur son support : charge en gaz, réservée aux corps purs (R134a) et aux azéotropes.

Fautes relevées. Charge d'un circuit mal tiré au vide : l'air restant devient incondensable. Circuit encore humide : l'indicateur d'humidité du voyant vire au jaune. Liquide côté BP compresseur en marche plus de 20 s d'affilée (sans à-coups) : risque de coups de liquide. Surcharge au-delà de 105 %.

Le liquide dans les flexibles

Un flexible qui a vu passer du liquide en reste **plein** : environ **30 g** de R134a liquide pour 1,5 m de flexible 1/4". Le flexible rouge branché sur le refoulement d'une installation en marche se remplit aussi, lentement, par condensation. Ce liquide ne se voit pas ; il s'évapore dès que le flexible est relié à une pression plus basse que la saturation à la température du local : la BP en marche.

- La balance compte comme chargé le liquide resté dans le flexible rouge : la charge du circuit n'est complète qu'après la **dépose propre**, qui renvoie ce liquide vers la BP.
- **Fautes** : flexible débranché plein de liquide ; flexible jaune retiré de la bouteille **robinet ouvert** (la bouteille se vide à l'air jusqu'à ce qu'on referme), ou vanne quart de tour ouverte et flexible plein ; manifold rangé avec le flexible jaune plein de liquide.



Fiche de charge : les boutons notent l'heure des pesées, bouteille débranchée ; l'élève lit lui-même la balance. Charge introduite = pesée au début − pesée à la fin (à reporter sur le CERFA). Surchauffe au bulbe, sous-refroidissement et **intensité absorbée** (pince ampèremétrique) en marche, **régime établi** (5 min après la dernière arrivée de fluide). Conclusion d'après le voyant, la surchauffe et le sous-refroidissement : charge correcte, manque de fluide ou surcharge.

Vérifier signale aussi : robinet encore ouvert à la fin, régime pas établi, coups de liquide, incondensables.

Figure 37 — Fiche de charge vérifiée.

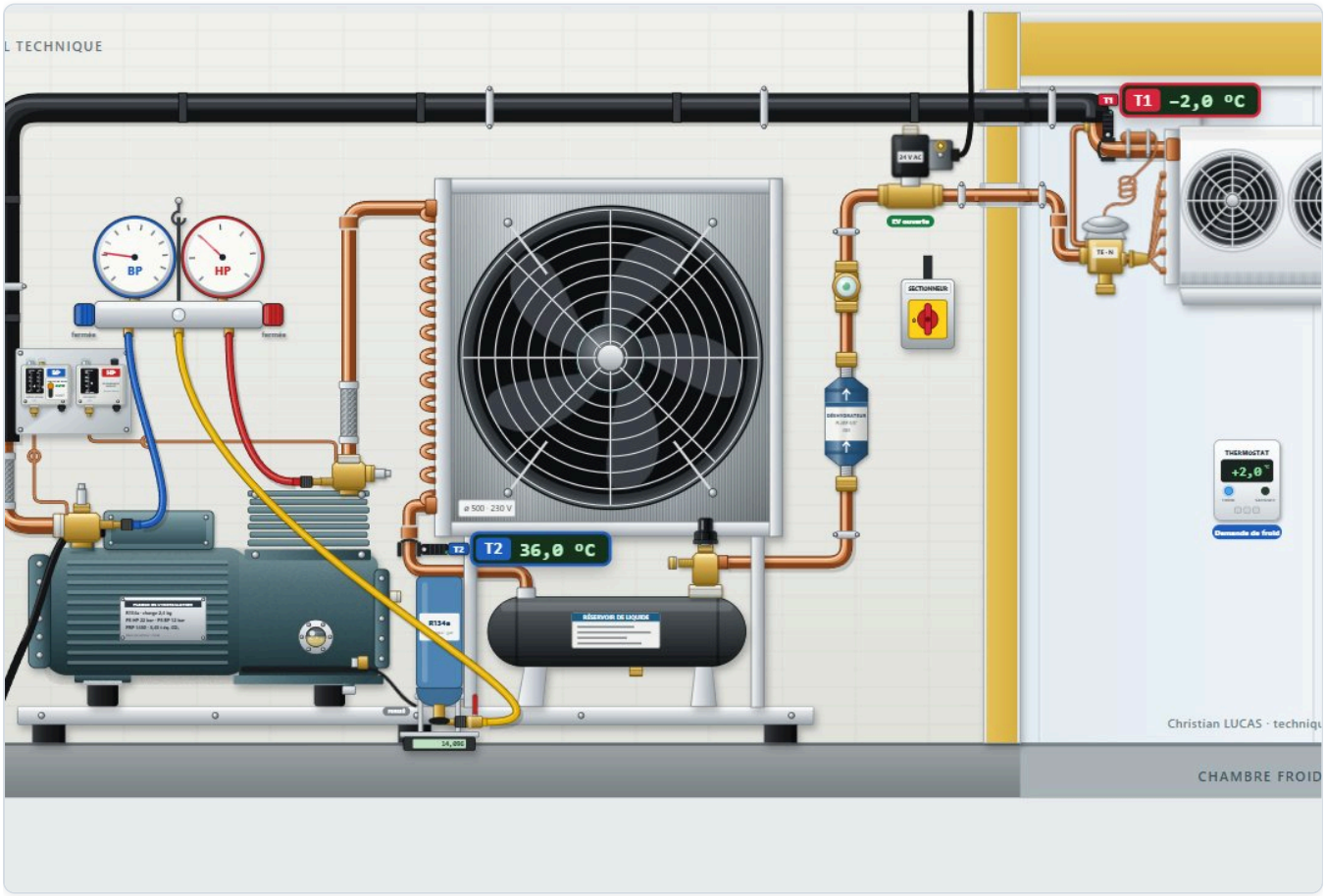


Figure 38 — Contrôle en marche : pinces T1 au bulbe et T2 en sortie du condenseur, lectures sur le dessin.

Récupérer le fluide

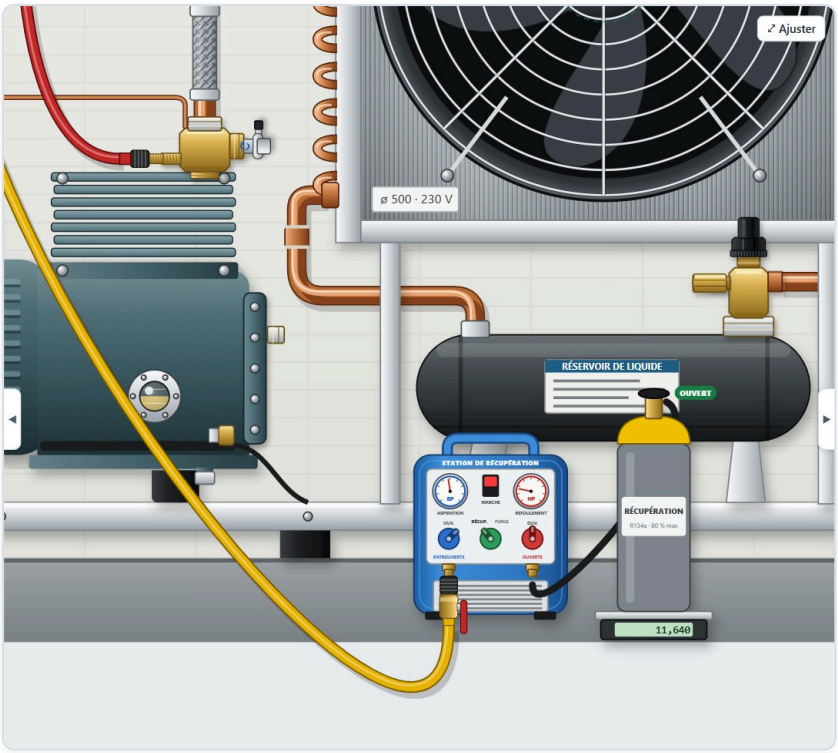


Figure 39 — Récupération : station sur le flexible jaune (raccords en façade), vanne d'aspiration en position intermédiaire, refoulement vers la bouteille de récupération sur sa balance, robinet ouvert.

1. Installation **hors tension et consignée** (un pump-down au préalable range le fluide dans le réservoir).
2. Posez l'**aimant permanent** sur la bobine de l'électrovanne : consignée, la bobine n'est plus alimentée et l'électrovanne, fermée, isolerait la ligne liquide et l'évaporateur. L'aimant la force ouverte (« EV (aimant) ») ; retirez-le à la fin de la récupération.
3. Manifold sur l'aspiration et le refoulement, flexibles tirés au vide ; flexible jaune sur l'**aspiration de la station** (raccord en façade, sous la vanne bleue).
4. **Lisez la station**, vannes fermées. À **0 bar**, elle est à l'air (neuve ou ouverte) : **tirez-la au vide par son refoulement** — flexible de refoulement sur la pompe à vide (clic sur le flexible, ou carte), sélecteur sur « purge » pour relier tout son circuit, vannes d'aspiration et de refoulement ouvertes : la pompe tire la station et le flexible jaune en même temps, jusqu'au même objectif que les flexibles. Puis vannes de la station fermées, pompe arrêtée, flexible de refoulement remis sur la bouteille. Au-dessus de 0 bar, elle contient le fluide d'une récupération précédente : pas de tirage au vide.
5. Pesez la bouteille de récupération (Début de la récupération) : 7,5 kg à vide, **11,5 kg de fluide au maximum** (80 % de son volume). Ouvrez son robinet, ouvrez la **vanne de refoulement** de la station (rouge) et mettez son **sélecteur** (vert) sur « récupération », **avant** de la démarrer.
6. **Vanne d'aspiration** de la station (bleue) en **position intermédiaire** : il reste du liquide, la station le dose à son compresseur. Vannes BP et HP du manifold ouvertes, station en marche. Récupérez **par les deux côtés** à la fois : c'est plus rapide, et le liquide du réservoir part par la HP.
7. Tant qu'il y a du liquide, la pression reste à la saturation de la température du local. Quand elle **chute** en dessous, il ne reste que des vapeurs : vanne d'aspiration **grande ouverte**, la station les aspire à plein débit. Grande ouverte avec du liquide : coups de liquide au compresseur de la station (faute) ; en position intermédiaire avec des vapeurs : passage étranglé, la récupération traîne.
8. À **−0,2 bar** sur les deux manomètres : fermez les vannes du manifold.

9. **Purge de la station** : son compresseur et son condenseur gardent du fluide (une soixantaine de grammes). Vanne d'aspiration **fermée**, sélecteur sur **« purge »**, station toujours en marche, refoulement ouvert : elle le refoule dans la bouteille. La purge est finie quand le **manomètre BP de la station passe sous 0 bar**.
10. Fermez la vanne de refoulement, arrêtez la station, remettez le sélecteur sur « récupération », fermez le robinet de la bouteille et pesez-la (**Fin de la récupération**) : la purge est comptée. Attendez quelques minutes : si la pression du circuit remonte, il restait du liquide, reprenez la récupération.

Le circuit passe alors à « vidé de son fluide » : il ne reste que des vapeurs résiduelles. On peut refaire la pièce qui fuit (clic sur le point, **Refaire ce point**), circuit consigné et à peu près à la pression atmosphérique, puis enchaîner épreuve à l'azote, tirage au vide et charge.

> **Fautes relevées.** Refoulement de la station ou robinet de la bouteille fermé, station en marche : sécurité haute pression. Bouteille remplie au-delà de 80 % : risque d'éclatement à la dilatation du liquide. Récupération sur une installation en marche. Liquide aspiré plus de 10 s vanne d'aspiration grande ouverte : coups de liquide à la station. Station arrêtée sans purge : son fluide serait rejeté ou mélangé à la récupération suivante. Sélecteur sur « purge » vanne d'aspiration ouverte : la station aspire toujours le circuit, elle ne se vide pas. Récupération dans une station restée à l'air : l'air part dans la bouteille (incondensables). Tirage au vide d'une station qui contenait du fluide : la pompe le rejette.



Station de récupération : manomètres BP (aspiration) et HP (refoulement), interrupteur de marche, **vanne d'aspiration** bleue (un clic : fermée → intermédiaire → ouverte), **sélecteur** vert récupération / purge, **vanne de refoulement** rouge. La **carte** reprend le manomètre BP, la marche, les trois vannes, la balance et le robinet de la bouteille.

Figure 40 — Carte « Récupération du fluide ».



Fiche de récupération : récupération totale (circuit vidé) ou partielle (excédent d'une surcharge), bouteille pesée au début et à la fin, quantité récupérée, pression finale, fluide contenu (masse − tare), remplissage sous ou au-delà de 80 %.

Pour une récupération totale, **Vérifier** signale aussi une fin au-dessus de −0,2 bar et une pression remontée depuis la fin.

Figure 41 — Fiche de récupération vérifiée.

16. Réglage des pressostats

Les deux pressostats type KP se règlent par les **vis du dessus** (repérées en pointillé) : un clic ouvre un menu pour tourner la vis d'un quart ou d'un demi-tour, dans un sens ou dans l'autre. Sens horaire, le réglage monte. L'index de l'échelle bouge dans la fenêtre noire.

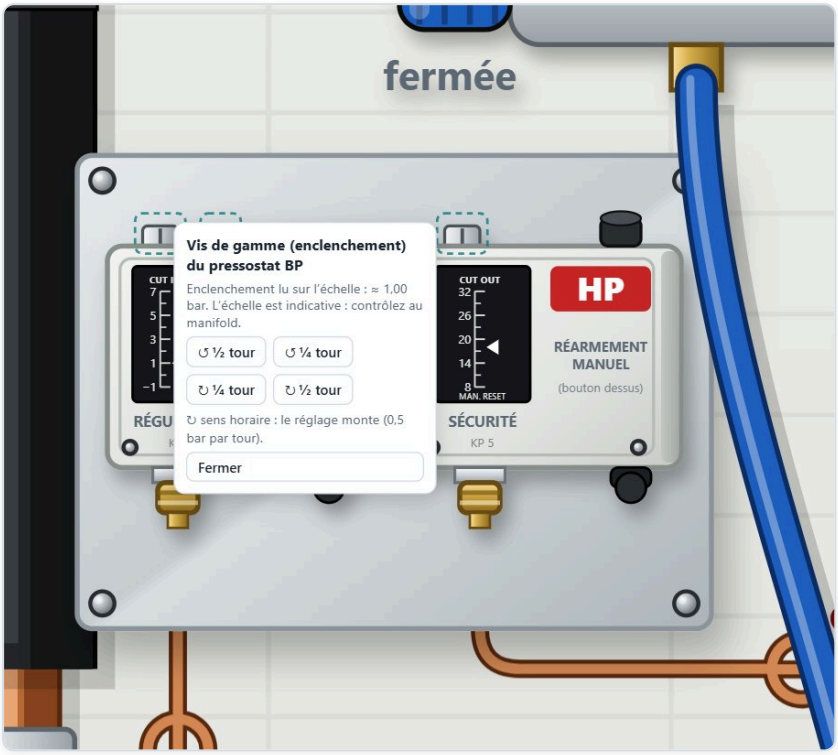


Figure 42 — Vis de gamme du pressostat BP : le menu donne la lecture de l'échelle et tourne la vis (0,5 bar par tour).

> **L'échelle est indicative.** Comme sur un vrai KP, le point de commutation réel peut s'écarter de l'échelle. Un réglage se **contrôle toujours au manifold**, après la dernière retouche des vis. Le journal et la carte « Régulation » ne donnent pas les valeurs de commutation.

Pressostat BP de régulation (pump-down)

Réglage	Règle	Vis (KP 1)
Enclenchement	Légèrement en dessous de la BP normale en fonctionnement : 1,0 bar pour une BP normale de 1,15 bar	Vis de gamme : 0,5 bar par tour
Coupure	Juste au-dessus de la pression atmosphérique : 0,1 à 0,2 bar, pour ne jamais tirer l'évaporateur au vide	Vis de différentiel : coupure = enclenchement − différentiel (0,4 bar par tour)

On règle **au manomètre**, en faisant passer la BP lentement par les valeurs voulues :

1. Manifold posé, installation en marche, régime établi : lire la **BP normale** et en déduire les valeurs voulues (enclenchement 1,0 bar, coupure 0,2 bar).
2. **Prérégler plus haut** : consigne au-dessus de l'enclenchement voulu (vers 2,0 bar), différentiel plus grand (vers 1,5 bar).

3. **Fermer la vanne de départ liquide** (Rotalock en position avant) : le compresseur vide l'évaporateur et s'arrête à la coupure provisoire.
4. **Entrouvrir la Rotalock depuis l'avant** (clé à cliquet : « avant, entrouverte d'un quart de tour ») : thermostat en demande, électrovanne ouverte, le liquide passe au compte-gouttes et la BP remonte doucement.
5. Quand le manomètre arrive à l'**enclenchement voulu**, descendre la **consigne** (vis de gamme, sens antihoraire) jusqu'au démarrage du compresseur.
6. Le compresseur tourne, la Rotalock toujours entrouverte : la BP redescend doucement. À la **coupure voulue**, diminuer le **différentiel** (sens antihoraire) jusqu'à l'arrêt du compresseur.
7. Rouvrir la Rotalock (position arrière), puis contrôler un cycle : thermostat satisfait (coupure lue au manomètre), puis demande de froid (enclenchement lu). Laisser l'arrêt quelques minutes : pas de redémarrage thermostat satisfait.

Mauvais réglage	Ce qu'on voit
Coupure sous 0 bar	Pump-down sous 0 bar (évaporateur tiré au vide : de l'air entrerait par la moindre fuite) ; plus bas que ce que peut atteindre le compresseur, pump-down sans fin
Coupure trop haute	Pump-down arrêté trop tôt : l'évaporateur garde du liquide qui migre vers le carter
Coupure au-dessus de la BP normale	Le compresseur s'arrête en fonctionnement, électrovanne ouverte, alors que la chambre demande du froid
Enclenchement trop haut	Le compresseur ne redémarre pas à la demande de froid
Enclenchement trop bas	Courts cycles thermostat satisfait : après le pump-down, la BP remonte (fluide dissous dans l'huile du carter) jusqu'à l'enclenchement

Pressostat HP de sécurité



Figure 43 — Plaque de l'installation, sur le groupe : fluide, charge, PS côté HP et côté BP, équivalent CO_2.

Règle : déclenchement sous la **PS** de l'installation (22 bar côté HP, sur la plaque), au-dessus de la HP maximale en fonctionnement l'été : vers **18 bar**. Vis de réglage du KP 5 : 2 bar par tour. Réarmement manuel environ 4 bar sous le déclenchement.

1. Lire l'échelle **avant** le premier essai : un pressostat réglé au-dessus de la PS laisserait la HP la dépasser (faute grave).
2. Installation en marche, manifold posé : **arrêter le ventilateur du condenseur** (clic sur son moyeu, ou bouton de la carte « Régulation »). La HP monte en une minute environ.

3. Lire la HP au manomètre à l'instant où le compresseur s'arrête : c'est le déclenchement réel.
4. **Remettre le ventilateur en service**, attendre que la HP redescende, **réarmer** le pressostat HP. Retoucher la vis et refaire l'essai si besoin.

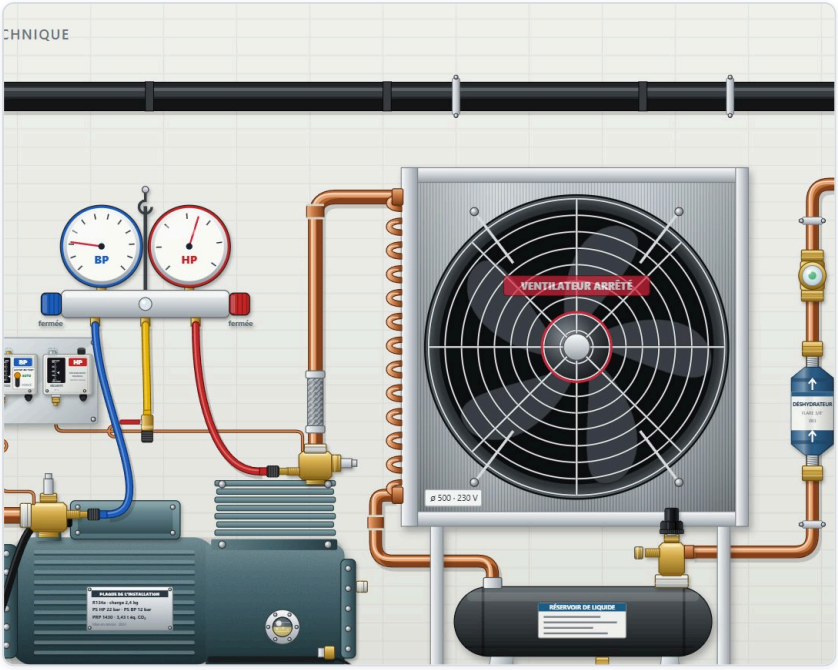


Figure 44 — Essai du pressostat HP : ventilateur du condenseur arrêté (panneau rouge, hélice immobile), la HP monte au manomètre.

Fiche de réglage des pressostats

Pressostat BP (pump-down) : enclenchement légèrement sous la BP normale, coupure juste au-dessus de la pression atmosphérique (0,1 à 0,2 bar). Réglez aux vis du dessus, puis contrôlez au manifold : pump-down (thermostat satisfait) pour la coupure, demande de froid pour l'enclenchement.

BP normale en fonctionnement : 1,16 bar ✓	Consigne d'enclenchement : 1,0 bar ✓
Consigne de coupure : 0,2 bar ✓	
Coupure lue (arrêt du compresseur) : 0,19 bar ✓	Enclenchement lu (redémarrage) : 1,02 bar ✓

Pressostat HP (sécurité) : déclenchement sous la PS de l'installation, au-dessus de la HP maximale en fonctionnement. Essai : en marche, ventilateur du condenseur arrêté, lisez la HP au déclenchement ; remettez le ventilateur et réarmez.

PS côté HP (plaque) : 22 bar ✓	Consigne de déclenchement : 18 bar ✓
Déclenchement lu à l'essai : 18,0 bar ✓	

Vérifier | Effacer

Fiche de réglage des pressostats : BP normale lue, consignes d'enclenchement et de coupure, coupure et enclenchement lus au manifold ; PS lue sur la plaque, consigne de déclenchement HP, déclenchement lu à l'essai.

Vérifier contrôle les règles et les lectures (0,1 bar près), et signale un réglage réel qui ne correspond pas à la consigne, un essai HP non fait, un ventilateur encore arrêté, un pressostat HP non réarmé, une PS dépassée.

Figure 45 — Fiche de réglage vérifiée.

Le contrôle de fin d'intervention vérifie aussi que le **ventilateur du condenseur est en service**.

17. Vidange d’huile du compresseur

Le compresseur semi-hermétique est lubrifié par **barbotage** : pas de pompe à huile ni de pressostat d’huile. Sa charge, sur la plaque, est de **1,0 L** d’une **huile adaptée au fluide frigorigène**, celle que préconise le fabricant du compresseur (dans l’application, le bidon « POE » ; le bidon « minérale » ne convient pas au R134a). Le fluide reste dans l’installation : seul le carter du compresseur est isolé et ouvert.

Isoler le carter

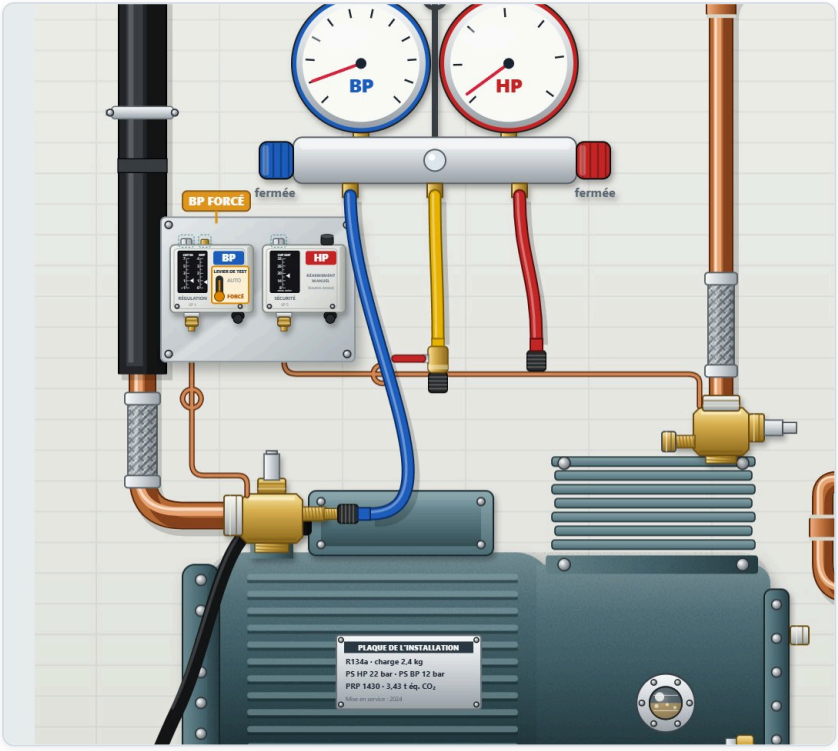


Figure 46 — Auto-vidage : vanne d’aspiration en position avant, pressostat BP forcé ; le manomètre BP, sur la prise de la vanne d’aspiration, lit le carter : 0 bar.

1. Manifold sur la prise de la vanne d’aspiration (flexible tiré au vide). **Pump-down** : thermostat forcé satisfait.
2. Vanne d’aspiration en **position avant** : la ligne BP est fermée, la prise de la vanne lit maintenant le **carter**. Le pressostat BP, raccordé sur cette vanne, lit aussi le carter.
3. **Auto-vidage** : forcer le pressostat BP ; le compresseur tire son carter. L’arrêter à **0 bar** au manomètre BP, jamais sous vide (horloge ×1 conseillée).
4. **Consigner l’installation** aussitôt l’auto-vidage terminé.
5. Vanne de refoulement en **position avant** : sinon le carter remonte en pression par les clapets de refoulement. Isolé, il ne remonte que d’environ 0,1 bar (fluide dissous dans l’huile).

Vidanger et contrôler l’huile

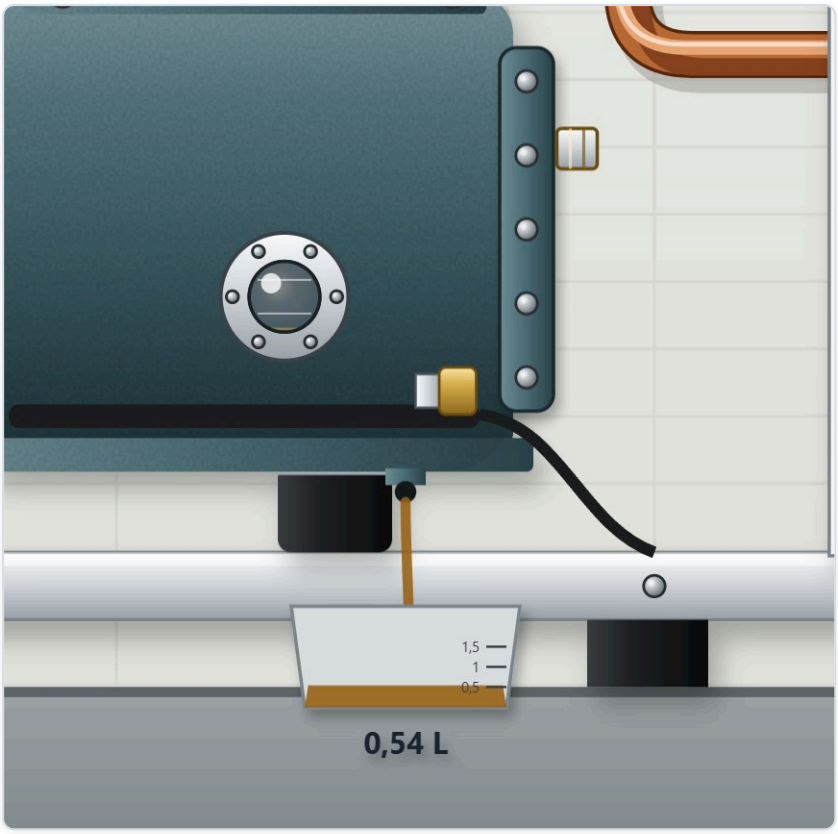


Figure 47 — Vidange : bouchon retiré sous le carter, l’huile coule dans le bac gradué posé au sol.

Sortir le **bac de vidange gradué** (caisse à outils) : il se pose sous le compresseur. Un clic sur le **bouchon de vidange**, sous le carter, le retire : l’huile coule dans le bac, environ 0,95 L ; il en reste un peu au fond du carter. Le **voyant d’huile** montre le niveau et la teinte réels.



Carte « Huile du compresseur » : bouchons, volume dans le bac, aspect de l’huile vidangée, test d’acidité, versement au fût.

- Aspect : **ambrée claire** (saine), **brune** (usagée), **noire, odeur âcre** (acide).
- **Test d’acidité** (kit de la caisse à outils) : le réactif reste violet, ou vire au rose si l’huile est acide. Une huile acide fait rechercher la cause (humidité, échauffement du moteur) et recontrôler l’huile après quelques heures de marche.
- L’huile usagée est un **déchet dangereux** : versée dans le fût de récupération, enlevée par un collecteur agréé.

Figure 48 — Carte de l’huile du compresseur après la vidange.

Remplir par le carter

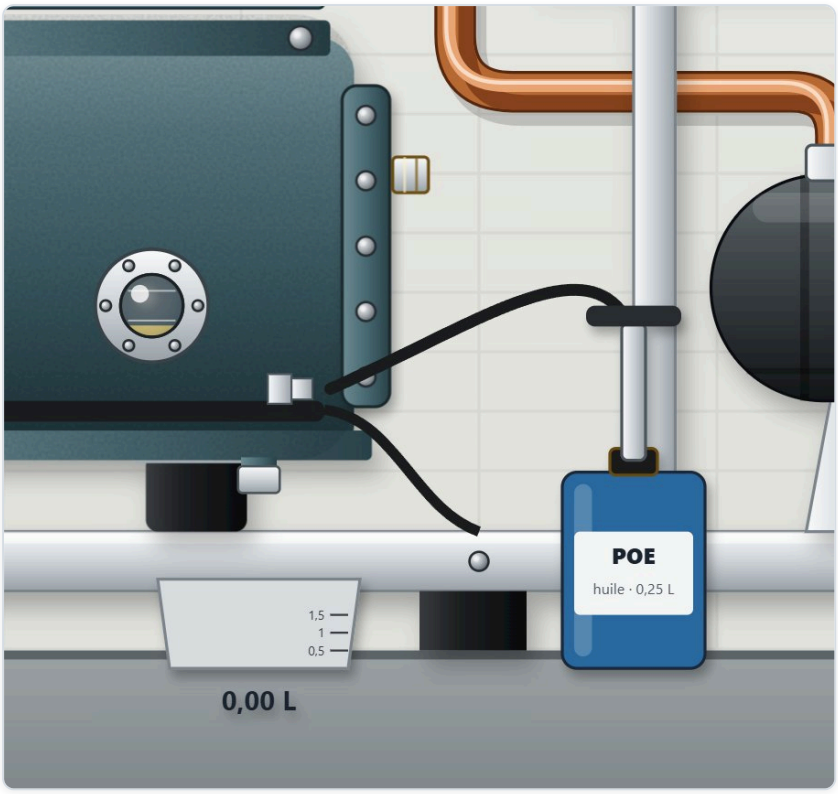


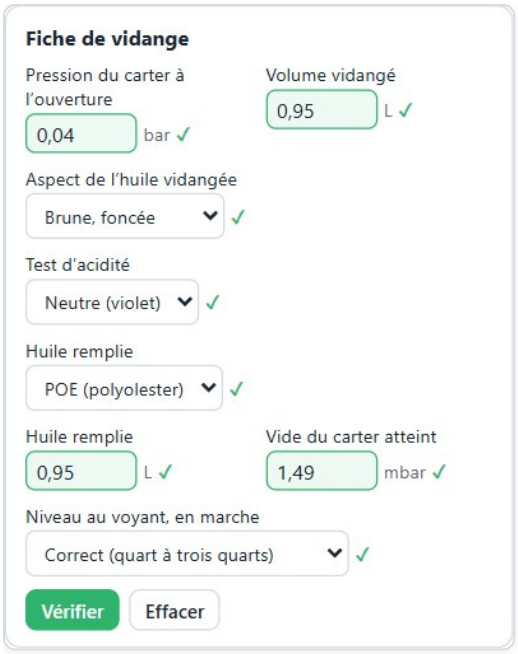
Figure 49 — Remplissage : bidon d'huile adaptée au fluide ouvert, pompe à huile plongée dedans et branchée sur le raccord de remplissage du carter.

1. Bouchon de vidange remis ; bouchon du **raccord de remplissage** du carter retiré (clic).
2. **Pompe à huile et bidons** (caisse à outils) : bidon d'huile **adaptée au fluide frigorigène**, l'ouvrir, y plonger la pompe et la brancher sur le raccord.
3. Pomper (un coup ≈ 25 mL) jusqu'à **mi-voyant** : environ 38 coups après une vidange. Niveau correct entre le quart et les trois quarts du voyant.
4. Débrancher la pompe, **refermer le bidon aussitôt** (l'huile prend l'humidité de l'air), remettre le bouchon.

Tirer le carter au vide, remettre en service

Le carter a été ouvert à l'air : il se tire au vide **avant** d'ouvrir les vannes de service. Pompe sur le flexible jaune, vanne BP du manifold ouverte : le flexible bleu, sur la prise de la vanne d'aspiration en position avant, tire le carter (4 L), en une quinzaine de minutes jusqu'à **2 mbar**. Fermer le manifold et la vanne quart de tour avant d'arrêter la pompe.

Ensuite : vanne de refoulement puis vanne d'aspiration en position arrière (ou intermédiaire pour lire la BP), retirer le cadenas, remettre sous tension et contrôler le **niveau d'huile en marche**.



Fiche de vidange : pression du carter à l'ouverture, volume vidangé, aspect, test d'acidité, huile remplie (type et volume), vide du carter atteint, niveau au voyant en marche.

Vérifier signale aussi : carter ouvert sous pression ou sous vide, vide du carter insuffisant, bidon ouvert, bouchon non remis, huile répandue.

Figure 50 — Fiche de vidange vérifiée.



Figure 51 — Voyant d'huile en marche : niveau à mi-voyant, légère mousse.

Fautes relevées. Carter ouvert sans être isolé, ou sous pression (projection d'huile, rejet de fluide) ; refoulement laissé ouvert ; carter tiré sous 0 bar ; carter ouvert sans consignation ; huile répandue sans bac ; compresseur remis en marche bouchon ouvert, ou laissé longtemps aspiration fermée (moteur mal refroidi) ; huile minérale ; niveau trop bas ou trop haut ; bidon resté ouvert (l'huile humide empêche le carter de descendre sous 2 mbar) ; carter remis en communication avec le circuit sans tirage au vide (incondensables).

18. Installation à deux températures

Le menu **Installation** propose une seconde installation : **un groupe, deux chambres**. Le local technique est le même (compresseur, condenseur, réservoir, vannes de service, pressostats, outils) : tous les gestes des chapitres précédents s'y font de la même façon. Le menu est indisponible pendant un exercice ou une démonstration ; les exercices et démonstrations des versions 1 à 6 se font sur l'installation n° 1, ceux de la version 8 sur la n° 2 (l'application change d'elle-même).

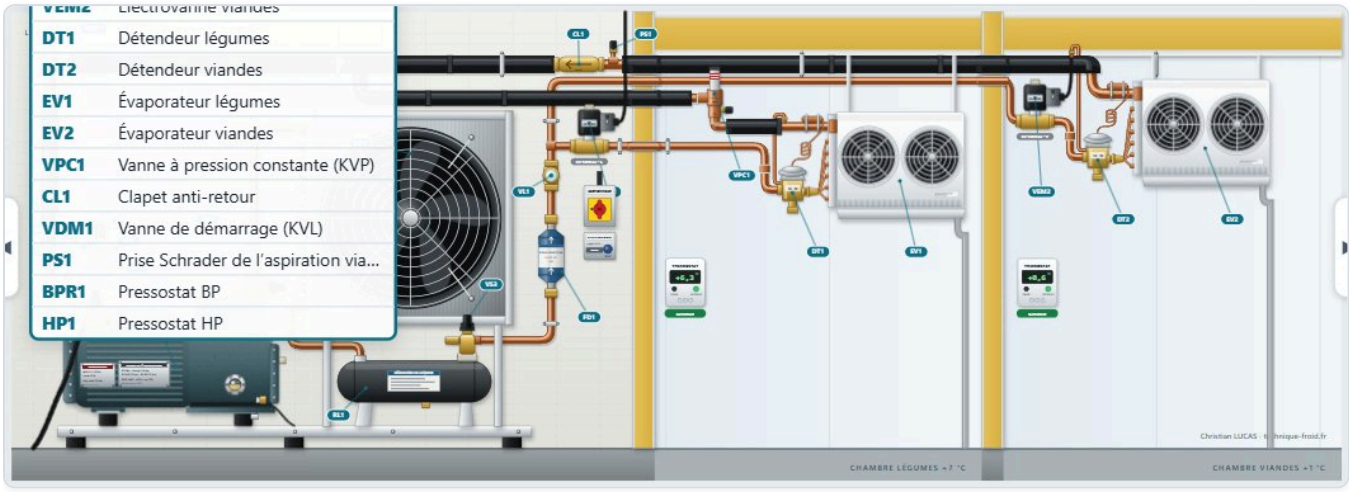


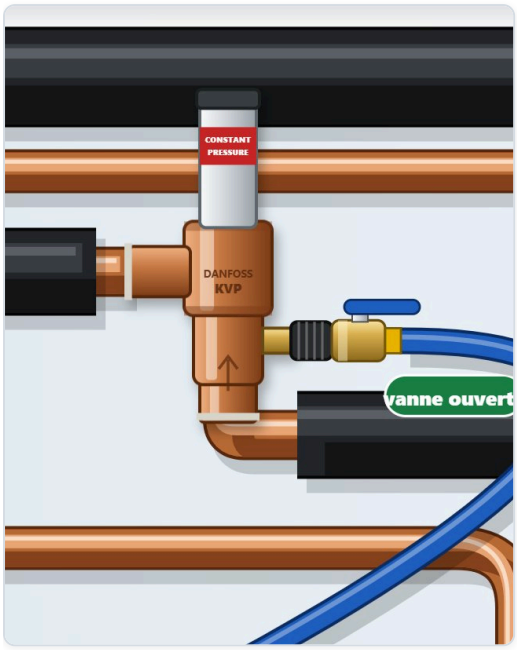
Figure 52 — Installation n° 2 : local technique, chambre des légumes (+7 °C) et chambre des viandes (+1 °C). Charge 3,4 kg (plaque).

Organe	Rôle	Valeurs
Électrovannes et thermostats	Un thermostat par chambre commande l'électrovanne de sa chambre ; le pressostat BP fait le pump-down quand les deux chambres sont satisfaites.	Consignes +7 et +1 °C, différentiel 2 K
KVP (vanne à pression constante)	Sur la sortie de l'évaporateur des légumes : elle ne s'ouvre qu'au-dessus de son réglage et retient l'évaporation des légumes vers −1 °C, alors que l'aspiration est plus basse.	1,8 bar à sa prise (−1 °C)
Clapet anti-retour	Sur l'aspiration des viandes : chambre des viandes à l'arrêt, la vapeur de l'aspiration commune ne revient pas dans son évaporateur.	—
KVL (vanne de démarrage)	Avant le compresseur : elle limite la pression au carter au démarrage à chaud, donc l'intensité du moteur.	2,0 bar au plus (plaque du compresseur)
Compresseur	Plaque : 400 V, intensité maximale 10 A, aspiration maximale 2,0 bar. Relais thermique réglé à 10 A sous le sectionneur.	≈ 7 A en régime

Thermostats et chambres

Les températures des chambres **évoluent** : elles se réchauffent vers l'air extérieur et se refroidissent quand leur évaporateur produit du froid. Les thermostats régulent seuls ; un **clic** sur un thermostat le force à l'opposé (étiquette orange « Forcé »), un second clic le remet en automatique ; le panneau de droite propose les mêmes choix. Les curseurs de la carte **Conditions** donnent la température actuelle de chaque chambre : on les monte pour simuler un chargement de marchandises chaudes.

Prises Schrader et flexible à vanne quart de tour



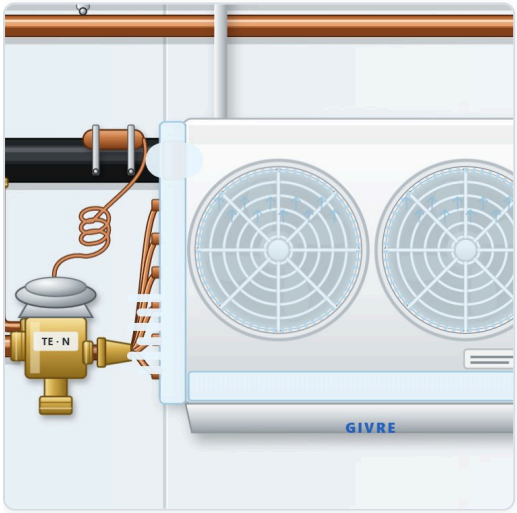
Deux **prises Schrader** (obus) : sur le corps d'entrée de la KVP (pression de l'évaporateur des légumes) et sur l'aspiration des viandes, avant le clapet (pression de l'évaporateur des viandes).

Le flexible bleu a une **vanne quart de tour** au bout, comme le jaune : levier **en travers**, fermée ; levier **dans l'axe**, ouverte. Il se branche vanne fermée : l'écrou moleté enfonce l'obus, mais rien ne passe. On le tire au vide avec le manifold, comme sur une vanne de service, puis un **clic** sur la vanne (ou sur son étiquette « vanne fermée ») l'ouvre : le manomètre lit. Avant de débrancher, on la referme : le flexible garde son fluide, et l'obus se referme en dévissant.

Figure 53 — KVP : flexible bleu sur sa prise, vanne quart de tour ouverte ; vis de réglage sous le capuchon à étiquette rouge.

Régler la KVP

Un **clic** sur le capuchon de la KVP ouvre sa vis de réglage : environ **0,4 bar par tour**, sens horaire le réglage monte. Il n'y a pas d'échelle : on règle en lisant le manomètre sur sa prise, électrovanne des légumes ouverte et compresseur en marche, jusqu'à **1,8 bar** (−1 °C).



- **Réglée trop bas** : elle ne retient plus rien, l'évaporateur des légumes suit l'aspiration (−9 °C) et se couvre de **givre** ; les légumes se dessèchent et gèlent au soufflage (avertissement au journal).
- **Réglée trop haut** : l'évaporation se rapproche de la température de la chambre, qui **ne tient plus** ses +7 °C (avertissement après une vingtaine de minutes).

Figure 54 — KVP réglée trop bas : évaporateur des légumes givré.

Contrôler le clapet anti-retour

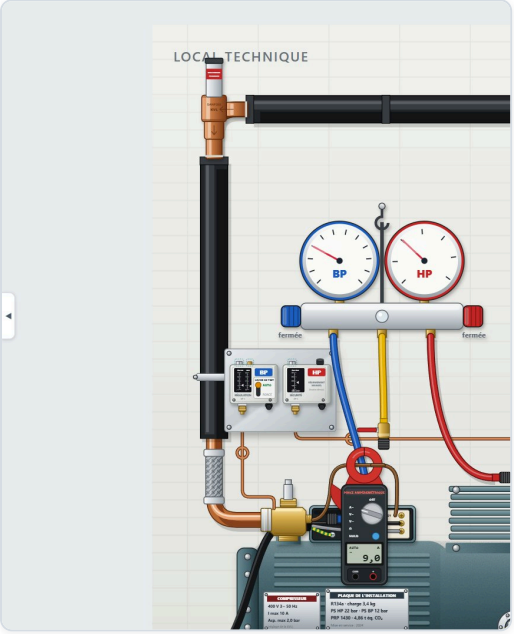
Le clapet se juge **chambre des légumes en fonctionnement** et **chambre des viandes à l'arrêt** (thermostat des viandes forcé satisfait) :

1. Manifold sur la prise Schrader de l'aspiration des viandes, **avant le clapet** (flexible tiré au vide, vanne quart de tour ouverte) : elle lit l'évaporateur des viandes.
2. L'électrovanne des viandes se ferme : le compresseur vide l'évaporateur des viandes à travers le clapet. Avec les légumes seuls, l'aspiration commune remonte : **BP haute**, juste sous le réglage de la KVP (vers 1,6 bar).
3. Lire l'évaporateur des viandes pendant **deux minutes** au moins, et le comparer à la BP d'aspiration. **Clapet étanche** : fermé par la BP plus haute de l'aspiration, il garde l'évaporateur des viandes à sa pression basse

(vers 0,9 bar). **Clapet qui fuit** : la vapeur de l'aspiration revient, la pression des viandes rejoint la BP d'aspiration.

Les deux chambres à l'arrêt, le contrôle ne dirait rien : l'aspiration est vide (pump-down) et l'évaporateur des viandes à la même pression ; une pression qui remonterait viendrait de la KVP, pas du clapet. Un clapet fuyard se remplace : récupération du fluide, remplacement, épreuve, tirage au vide, charge.

La KVL, la pince ampèremétrique et le relais thermique

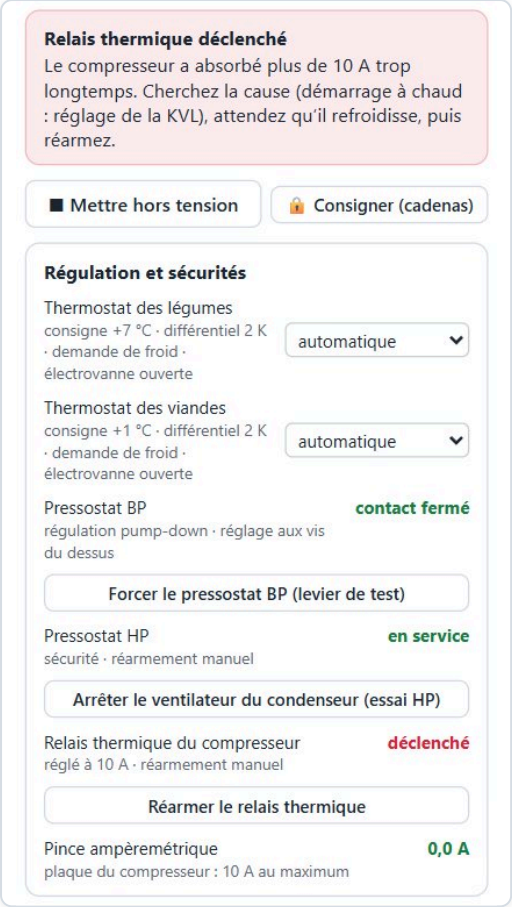


Au **démarrage à chaud** (chambres chargées, après un dégivrage), l'aspiration est haute : le compresseur aspire des vapeurs denses et son intensité monte. La **KVL** limite la pression à son carter à son réglage : **2,0 bar**, la pression d'aspiration maximale de la plaque du compresseur.

Contrôle : manomètre BP sur la vanne d'aspiration du compresseur (elle est après la KVL) et **pince ampèremétrique** (caisse à outils) sur un conducteur de phase : sous **10 A**. Un **clic** sur la cloche de la KVL ouvre sa vis (0,4 bar par tour, sans échelle).

- **Réglée trop haut** : plus de 10 A, le **relais thermique** déclenche en quelques minutes et arrête le compresseur ; il se réarme (bouton RESET) une fois refroidi.
- **Réglée trop bas** : elle étrangle l'aspiration, le compresseur aspire moins, la mise en froid traîne (avertissement).

Figure 55 — Démarrage à chaud : la KVL régule à 2,0 bar, la pince lit 9,0 A.



Le panneau de droite donne, pour l'installation n° 2, le mode de chaque thermostat, l'état des deux électrovannes, du relais thermique (et son réarmement) et la lecture de la pince.

La carte enseignant **Régulateurs** (valeurs réelles) règle les KVP et KVL réelles et pose un clapet qui fuit.

Figure 56 — Régulation et sécurités de l'installation n° 2 : relais thermique déclenché.

Fiches



La **fiche de relevé** passe à deux colonnes : légumes (BP lue sur la prise de la KVP, évaporation, bulbe, surchauffe) et viandes (BP à la vanne d'aspiration ou sur la prise des viandes) ; HP, condensation, liquide et sous-refroidissement sont communs. Relevé en marche, les deux électrovannes ouvertes, une pince sur chaque bulbe et sur la sortie du condenseur.

La **fiche de réglage des régulateurs** : KVP (pression lue à sa prise, évaporation des légumes), KVL (pression au carter pendant qu'elle régule, intensité au démarrage à chaud, intensité maximale de la plaque).

Figure 57 — Fiche de réglage des régulateurs : partie KVL vérifiée au démarrage à chaud.

19. Climatiseur split au R32

Le menu Installation propose un **climatiseur split mural** : unité extérieure posée sur la terrasse, façade technique retirée (compresseur rotatif et sa bouteille anti-coups, vanne 4 voies, détendeur électronique, carte), liaisons isolées dans une goulotte, unité intérieure murale et sa télécommande dans le séjour. Le fluide est le **R32** : l'application passe à sa table, le manifold à des échelles R32 (BP jusqu'à 38 bar) et ses flexibles en 5/16". Les exercices et démonstrations de la V9 se font sur cette installation.

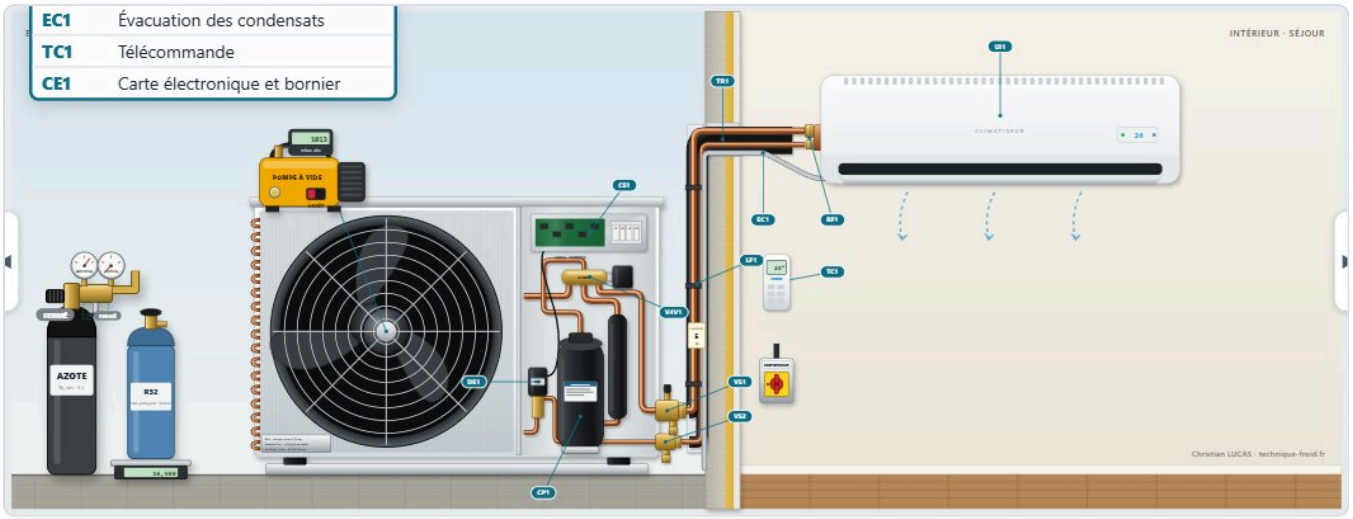


Figure 58 — Climatiseur split : unité extérieure (façade retirée), liaisons en goulotte (étiquette de longueur), unité intérieure, télécommande. Pompe, azote et bouteille de R32 sur la terrasse.

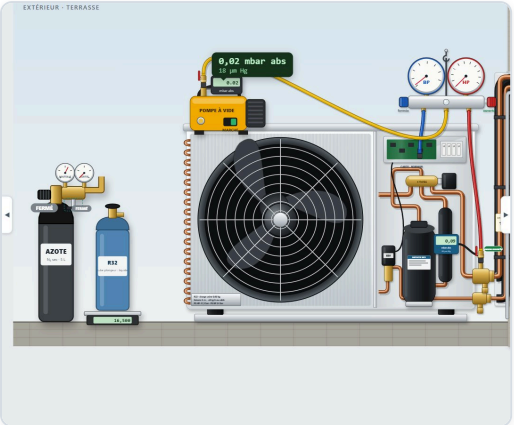
R32. Fluide A2L, légèrement inflammable : aération, aucune flamme, détecteur adapté. Plaque de l'unité extérieure : charge usine 0,90 kg pour 5 m de liaisons, 20 g par mètre au-delà (rien de retiré en dessous), PS 41,5 bar côté HP.

Une seule prise de pression

La seule prise du split est la **prise Schrader 5/16"** sur le dessus de la **vanne de service gaz**, côté liaisons. En froid, la ligne gaz est l'aspiration : la prise lit la **BP** (≈ 9 bar, évaporation vers +7 °C). En chaud, la vanne 4 voies inverse le cycle : la même prise lit la **HP** (≈ 24 bar), au manomètre BP du manifold R32. Le flexible se branche vanne quart de tour fermée, se tire au vide avec le manifold, puis un clic sur la vanne l'ouvre.

Commande	Geste
Télécommande	Clic sur la télécommande (ou carte « Climatiseur ») : marche, froid ou chaud, consigne, **mode essai** (froid forcé, pour la récupération).
Vannes de service	Clic sur la tige : retirer le chapeau, ouvrir ou fermer à la **clé six pans** (vanne liquide 2 voies, vanne gaz 3 voies).
Raccords flare	Clic sur un raccord, clé dynamométrique sortie (posée au sol devant les vannes de service) : serrage au couple (34 à 42 N·m en 3/8", 14 à 18 N·m en 1/4"). La clé se place sur l'écrou, le manche tire jusqu'au déclic, une bulle affiche le couple.
Vacuomètre	Sur un té vissé sur la prise de la vanne gaz (bouchon retiré) : il lit les liaisons.

Mise en service d’un split neuf



L’unité extérieure arrive **préchargée, vannes fermées** ; les liaisons et l’unité intérieure sont à l’air, les flare serrés à la main. Vannes fermées, la prise de la vanne gaz donne sur les liaisons seules.

1. Flare serrés au couple, à la **clé dynamométrique** (un flare serré à la main fuit : bulles à la mousse, pression qui chute).
2. **Épreuve à l’azote à 40 bar**, par le côté HP du manifold (le manomètre BP s’arrête à 38 bar), tenue de 30 min notée sur la fiche ; jamais au-delà de la PS.
3. Azote relâché, **tirage au vide** à 1 mbar au vacuomètre du té, remontée de 10 min (fiche de remontée).
4. **Complément** : 20 g par mètre de liaisons au-delà de 5 m (étiquette dans la goulotte), pesé à la balance, en liquide, **avant** l’ouverture des vannes.
5. Vanne **liquide**, puis vanne **gaz**, chapeaux remis ; mise en marche.

Figure 59 — Mise en service : flexible rouge sur la prise de la vanne gaz, vacuomètre sur le té ; azote, pompe et bouteille de R32 sur la terrasse.

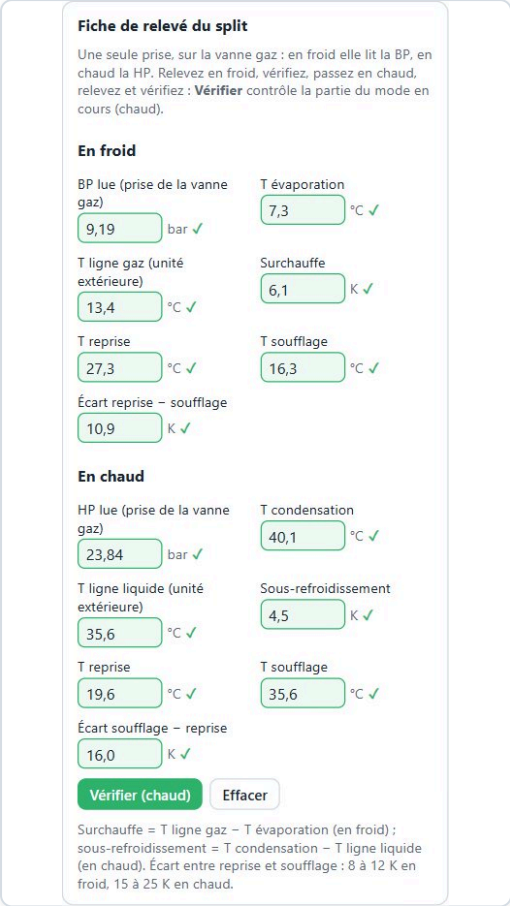


La **fiche de mise en service** reprend la longueur des liaisons, le complément calculé, la pression au début de l’épreuve et la perte en 30 min (boutons **Début** et **Fin de l’épreuve**), le vide atteint et le complément pesé.

Vanne ouverte sur des liaisons restées à l’air ou à l’azote : faute, les incondensables font monter la HP. Climatiseur mis en marche vannes fermées : la carte bloque le compresseur.

Figure 60 — Fiche de mise en service vérifiée.

Froid, chaud, dégivrage, relevé

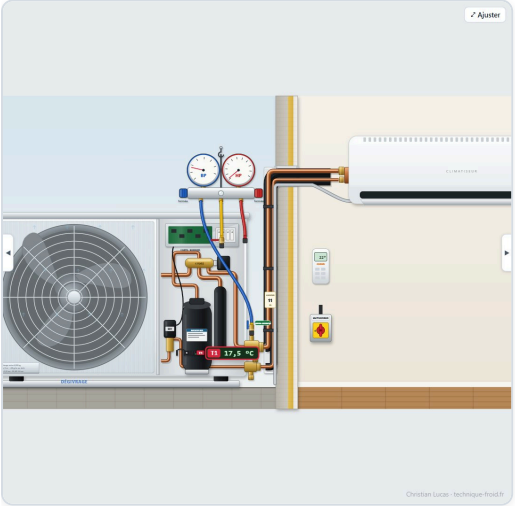


Le détendeur électronique tient la surchauffe vers 6 K. La **fiche de relevé du split** a deux parties :

- **en froid** : BP à la prise, évaporation, ligne gaz dans l'unité extérieure, surchauffe, reprise et soufflage de l'unité intérieure (écart de 8 à 12 K) ;
- **en chaud** : HP à la même prise, condensation, ligne liquide, sous-refroidissement, écart de 15 à 25 K.

Vérifier contrôle la partie du mode en cours ; l'autre garde son résultat.

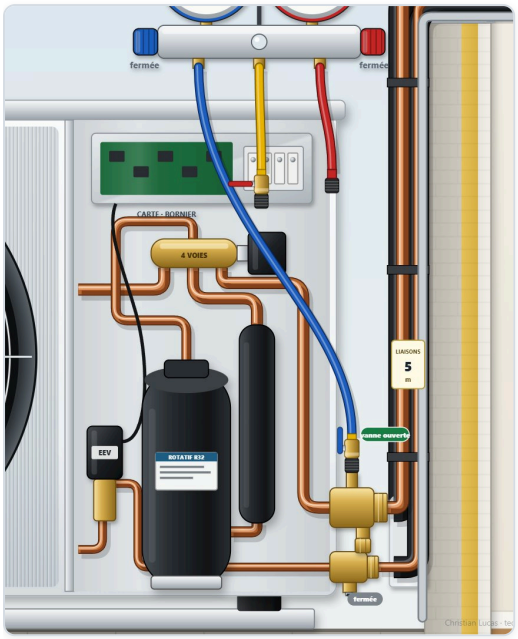
Figure 61 — Fiche de relevé du split vérifiée en froid et en chaud.



En chaud, sous +5 °C dehors, la batterie extérieure (évaporateur) se couvre de givre. Au bout d'une quarantaine de minutes, la carte lance un **dégivrage** : vanne 4 voies en froid pendant 5 min, ventilateurs arrêtés, « dF » sur l'unité intérieure. À la prise de la vanne gaz, la HP laisse place à la BP.

Figure 62 — Dégivrage de l'unité extérieure.

Récupérer le fluide dans l’unité extérieure



Avant de déposer l’unité intérieure, on stocke le fluide dans l’unité extérieure (pump-down) :

1. manomètre sur la prise de la vanne gaz, télécommande en **mode essai** (froid forcé) ;
2. vanne **liquide fermée** : le compresseur aspire le fluide des liaisons et de l’unité intérieure, la BP descend ;
3. vers **0 bar** (jamais sous vide), vanne **gaz fermée**, arrêt aussitôt.

Le journal donne la pression et les grammes restés dans les liaisons. Vanne liquide fermée en mode chaud : avertissement (le fluide irait dans le mauvais sens).

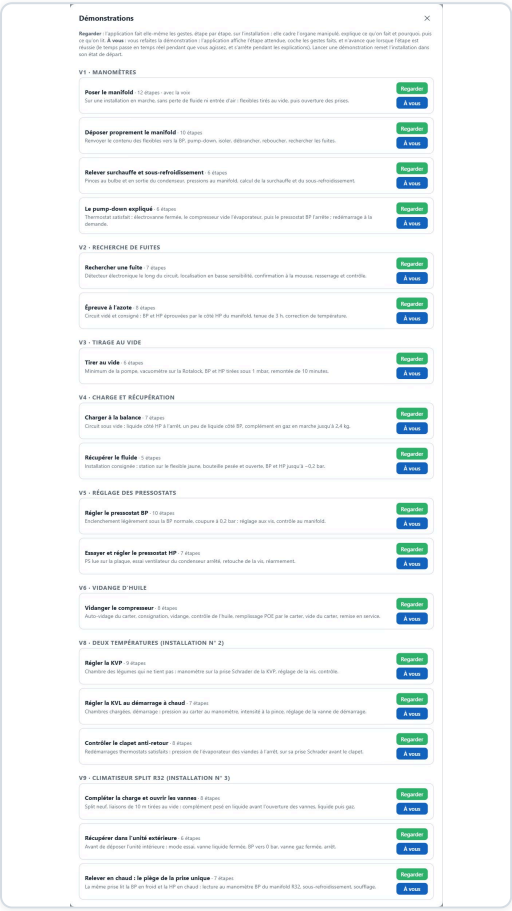
Figure 63 — Récupération : vanne liquide fermée, BP vers 0 bar au manomètre.

Pannes

Panne (carte enseignant « Split »)	Ce qu’on observe
Fuite sur un raccord flare	Charge en manque : BP plus basse, surchauffe plus haute, soufflage moins froid ; bulles à la mousse, détecteur R32.
Complément oublié	Liaisons de 14 m chargées comme pour 5 m : mêmes symptômes de manque, sans fuite ; l’étiquette et la plaque donnent la cause.
Vanne liquide restée fermée	La BP s’effondre jusque sous 0 bar, l’unité intérieure ne refroidit plus.

20. Démonstrations et mode « À vous »

Le bouton ▶ Démonstrations ouvre la liste des **dix-huit démonstrations**, classées comme les exercices. Elles viennent **avant** les exercices : on regarde le geste, on le refait guidé, puis on le fait seul en exercice. Lancer une démonstration remet l'installation dans son état de départ. Démonstrations et exercices ne se mélangent pas : le bouton ▶ Démonstrations est désactivé pendant un exercice, et 🎓 Exercices pendant une démonstration.



Chaque démonstration se lance de deux façons :

- Regarder : l'application fait les gestes ;
- À vous : l'élève refait la démonstration, guidé.

Groupe	Démonstrations
V1	Poser le manifold (avec la voix) · Déposer proprement · Relever surchauffe et sous-refroidissement · Le pump-down expliqué
V2	Rechercher une fuite · Épreuve à l'azote
V3	Tirer au vide
V4	Charger à la balance · Récupérer le fluide
V5	Régler le pressostat BP · Essayer et régler le pressostat HP
V6	Vidanger le compresseur
V9	Compléter la charge et ouvrir les vannes · Récupérer dans l'unité extérieure · Relever en chaud : le piège de la prise unique (split)
V8	Régler la KVP · Régler la KVL au démarrage à chaud · Contrôler le clapet anti-retour (installation n° 2)

Figure 64 — Liste des démonstrations.

Regarder une démonstration

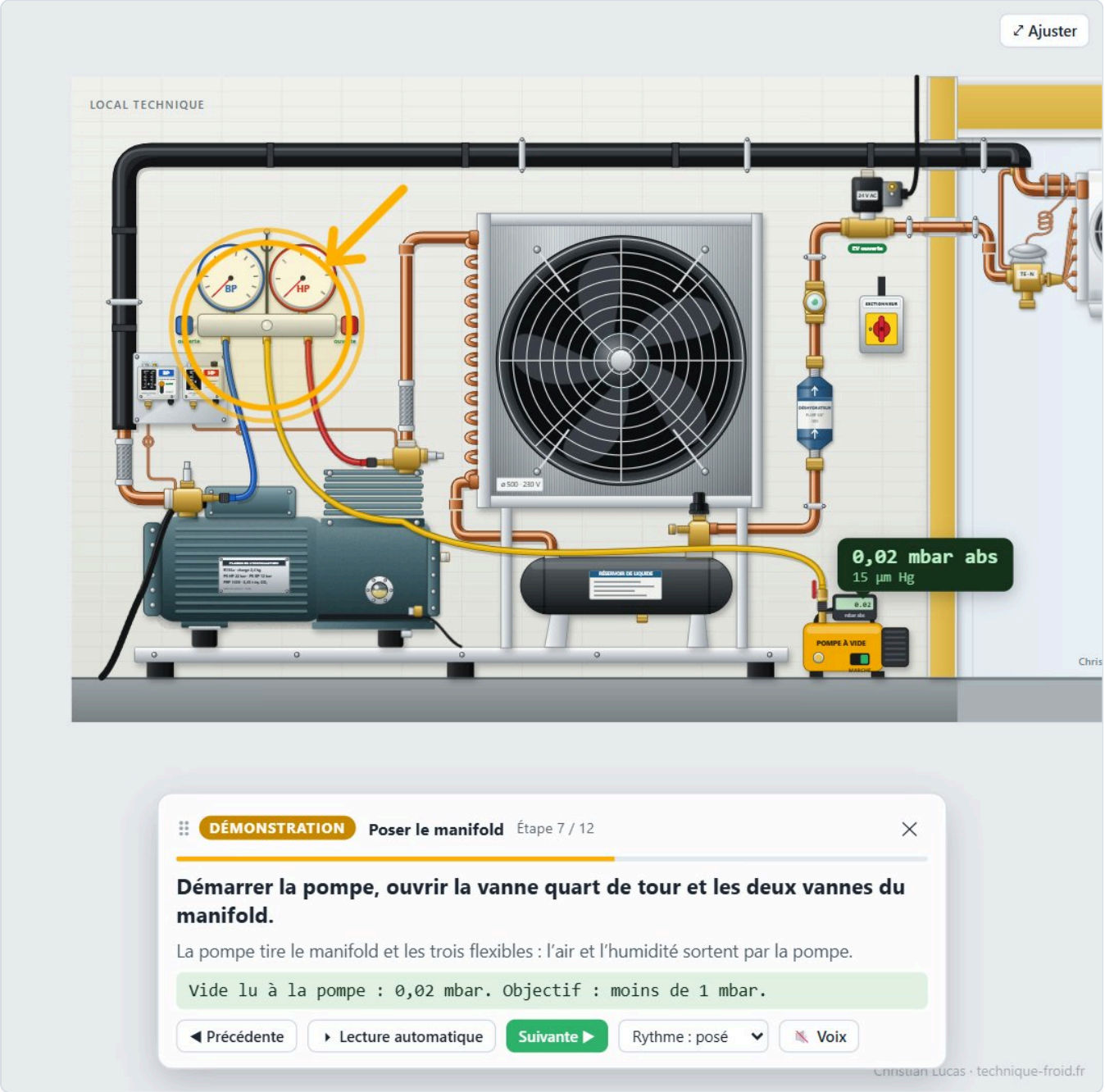


Figure 65 — Démonstration « Poser le manifold », étape 7 : vue zoomée à la molette sur le manifold, un halo et une flèche désignent l'organe manipulé, le lecteur explique et donne la lecture.

La démonstration démarre sur la **vue d'ensemble** de l'installation ; la vue ne bouge plus ensuite (pas de zoom automatique) : zoomez et déplacez-vous à la molette. À chaque étape, un **halo** et une **flèche** le désignent, puis l'application fait le geste avec les mêmes commandes que l'élève. Le lecteur, posé sur le dessin, affiche :

- **ce qu'on fait** (en gras) ;
- **pourquoi** on le fait ;
- **ce qu'on lit** une fois le geste fait, sur fond vert : pression, température, vide, masse à la balance…

Le temps simulé passe tout seul quand il le faut (pump-down, tirage au vide, tenue de 3 h de l'épreuve à l'azote), en quelques secondes. Commandes : ◀ **Précédente** (retour à l'état de l'étape précédente), ▸ **Lecture**

automatique / ⏸ **Pause**, **Suivante** ▶, puis à la fin ↺ **Revoir** et **À vous** ▶. Pendant une démonstration, le dessin, la caisse à outils et le panneau de droite ne se manipulent pas.

La liste **Rythme** règle la lecture automatique : **posé** (par défaut : la vue se déplace lentement, l'organe est désigné un instant avant le geste, puis le temps de lire le texte et une pause après la voix), **lent** ou **rapide**. Le choix est retenu pour les fois suivantes.

> **Déplacer le lecteur.** S'il cache une partie du dessin, on le fait glisser par sa barre de titre (poignée ⠿) n'importe où sur le dessin ; il garde cette place d'une démonstration à l'autre, en mode « À vous » aussi. Un double-clic sur la barre de titre le remet en bas, au centre.

> **Voix.** « Poser le manifold » est commentée à voix haute par la synthèse vocale du navigateur, en français. Une voix masculine est choisie quand le poste en a une : Henri (voix naturelle de Microsoft Edge, la meilleure), sinon Paul (Windows). Le bouton 🔊 **Voix** coupe la narration ; la liste à côté permet de choisir une autre voix, retenue pour les fois suivantes.

Le mode « À vous »

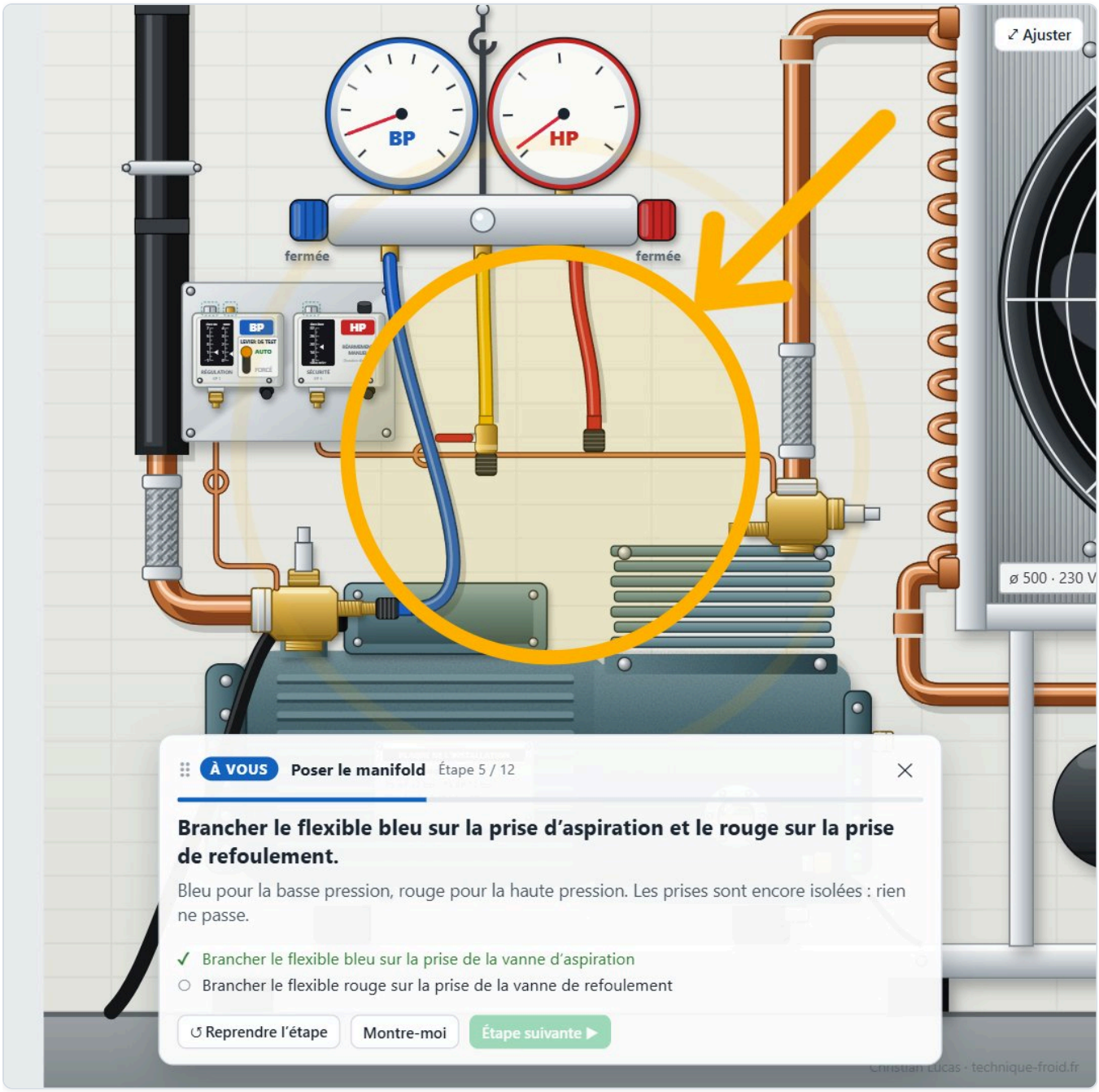


Figure 66 — Mode « À vous », étape 5 de la pose du manifold : le flexible bleu est branché (coché), il reste le rouge.

L'élève refait la démonstration lui-même, avec tous les gestes habituels (caisse à outils, dessin, panneau de droite). Le lecteur affiche l'**étape attendue** et son pourquoi, le halo désigne l'organe, et la **liste des gestes** de l'étape se coche au fur et à mesure : ✓ fait, ○ à faire, ✗ fait mais pas comme il faut (tige en position avant au lieu d'intermédiaire, flexible sur la mauvaise prise…). L'étape est **réussie** quand tous ses gestes sont faits, sans geste de trop ; le temps de l'étape passe alors et la lecture s'affiche. **Étape suivante ▶** passe à la suite.



Un geste qui n'appartient pas à l'étape est signalé dans **À corriger**, avec le geste qui remet les choses en ordre. Le lecteur dit **pourquoi** ce n'est pas le bon geste : soit l'avertissement de l'application (ici, de l'air entre dans le circuit par le flexible bleu qui n'a pas été tiré au vide), soit « Pas maintenant : … ne fait pas partie de cette étape ».

Certaines étapes demandent aussi une **condition**, rappelée en bleu tant qu'elle n'est pas remplie : 2,4 kg à la balance avant de fermer la bouteille, −0,2 bar en fin de récupération, carter à 0 bar à l'auto-vidage, sonde du détecteur sur le bon raccord…

Figure 67 — Geste de trop : tige de la vanne d'aspiration ouverte avant le tirage au vide des flexibles.

- ↺ **Reprendre l'étape** remet l'installation dans l'état du début de l'étape.
- **Montre-moi** fait les gestes de l'étape à la place de l'élève ; l'étape est comptée comme montrée.
- Le **temps** passe en temps réel (×1) pendant que l'élève agit, pour qu'il ait le temps de réagir (fermer la bouteille à 2,4 kg, isoler l'aspiration à la fin du pump-down…) ; il s'arrête pendant les cadrages et la lecture des résultats. L'accélération d'avant est rendue en quittant le mode « À vous ».



À la fin, le lecteur fait le **bilan** : fautes et avertissements de l'application relevés pendant la démonstration refaite (les déclenchements voulus, comme celui du pressostat HP pendant son essai, ne comptent pas), et nombre d'étapes montrées. **Regarder la démonstration** la rejoue ; ↺ **Recommencer** relance le mode « À vous ».

Figure 68 — Mode « À vous » terminé : réglage du pressostat HP refait sans faute et sans aide.

Les démonstrations et le mode « À vous » appellent les mêmes commandes que l'élève : elles restent toujours cohérentes avec la simulation. Chacune est rejouée automatiquement de bout en bout, et refaite en mode « À vous », sans faute au journal.

21. Les exercices

Le bouton 🎓 **Exercices** ouvre la liste. Lancer un exercice remet l'installation et les outils dans leur état de départ. L'élève reçoit l'**objectif** et les **contraintes**, sans liste d'étapes : le choix des gestes et de leur ordre lui revient.

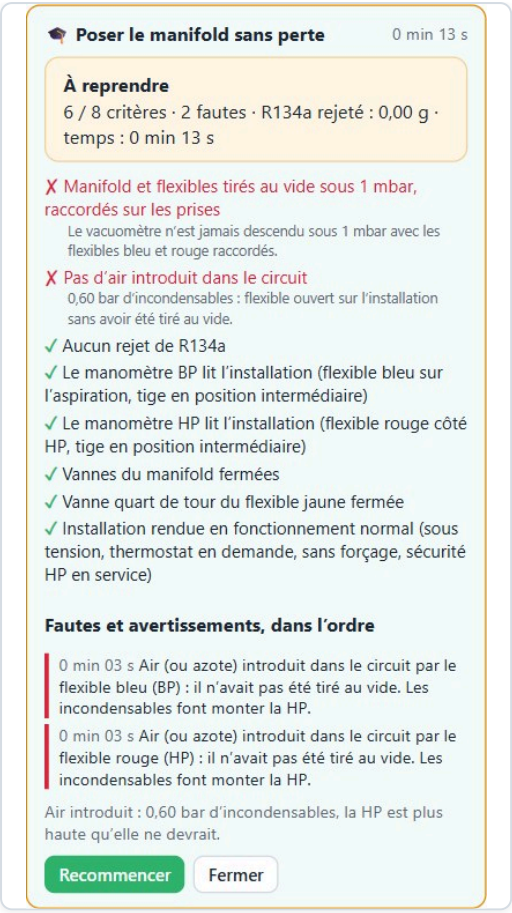


Figure 69 — Liste des exercices, en huit groupes : V1 manomètres, V2 recherche de fuites, V3 tirage au vide, V4 charge et récupération, V5 réglage des pressostats, V6 vidange d'huile, V8 deux températures, V9 climatiseur split.

Exercice	Départ et attendus
Poser le manifold sans perte	Installation en marche, outils rangés. Flexibles tirés sous 1 mbar, pas d'air, pas de rejet, manomètres qui lisent l'installation, manifold et vanne quart de tour fermés.
Relever le fonctionnement	Manifold posé. Fiche de relevé entièrement juste, en régime établi, pinces aux bons endroits, intensité du compresseur mesurée à la pince ampèremétrique.
Déposer proprement le manifold	Manifold posé. Flexibles débranchés quasiment vides, recherche de fuites faite sans fuite restante, contrôle de fin d'intervention entièrement vert, moins de 0,3 g rejeté.
Comprendre le pump-down	Manifold posé. Pump-down et redémarrage observés, quatre questions (pressions de déclenchement et d'enclenchement, organe qui arrête le compresseur, absence de courts cycles).
Intervention complète	Installation en marche, outils rangés. Pose, relevé, dépose et recherche de fuites enchaînés.

Exercice	Départ et attendus
Contrôle d'étanchéité périodique	Installation en service, une fuite (micro ou petite) ou aucune, tirée au hasard. Au moins 90 % des points contrôlés au détecteur, fuite étiquetée ou « aucune fuite », pas d'étiquette à tort, circuit non ouvert.
Plainte du client : la chambre ne descend plus	Chambre à +8 °C, charge à 54 %, une fuite. Surchauffe du détendeur (au bulbe) et sous-refroidissement (sortie du condenseur) mesurés, cause, fuite étiquetée, réparable en charge ou non ; manifold déposé proprement.
Confirmer à la mousse	Petite fuite sur l'un des deux raccords voisins du détendeur. Mousse sur les deux, étiquette sur le seul qui fuit, mousse essuyée.
Réparer un raccord flare	Petite fuite sur l'un des 12 raccords flare. Un seul serrage, recontrôle après le serrage, étiquette retirée, sans rejet.
Épreuve à l'azote après réparation	Circuit vidé, brasure refaite (fuite franche une fois sur deux), local qui dérive. Consignation, BP et HP entre 10 et 12 bar par le côté HP, tenue de 3 h, fiche juste, fuite étiquetée, azote relâché, bouteille fermée, pressostat HP en service.
Tirage au vide après épreuve	Circuit sec à la pression atmosphérique. Consignation, minimum de la pompe lu, BP et HP tirées, moins de 1 mbar au vacuomètre du circuit, remontée de 10 min sous 2 mbar (fiche juste), circuit laissé sous vide, pompe isolée et arrêtée vanne fermée.
Circuit humide : double tirage	1,5 à 2,5 g d'eau. Mêmes attendus, plus : huile de la pompe propre à la fin (lest d'air ou vidange), humidité retirée.
Diagnostic de remontée	Circuit sec, humide ou avec une fuite franche, tiré au hasard. Remontée de 10 min pompe isolée, diagnostic juste dans la fiche.
De la réparation à la charge	Épreuve à l'azote (fiche juste) puis tirage au vide (fiche de remontée juste), consigné de bout en bout, circuit laissé sous vide.
Charger une installation tirée au vide	Circuit sous vide, manifold posé, jaune sur la pompe (vanne fermée). Charge de la plaque à 3 % près, pas de coups de liquide, pas d'air, fiche de charge juste, aucun flexible débranché plein de liquide, robinet fermé, dépose propre et recherche de fuites, moins de 1 g rejeté.
Corriger une surcharge	Installation chargée à 2,9 kg. Diagnostic et quantité à récupérer, excédent récupéré installation consignée (fiche de récupération partielle juste), surchauffe et sous-refroidissement après correction, charge de la plaque, dépose propre.
Récupérer le fluide avant réparation	Installation en service, brasure qui fuit. Consignation, bouteille sous 80 % et ouverte avant la station, BP et HP à −0,2 bar, fiche de récupération juste, station arrêtée et bouteille fermée, installation laissée consignée.
Intervention complète : de la fuite à la remise en service	Récupération, vide cassé à l'azote, brasure refaite, épreuve à l'azote, tirage au vide, charge, dépose et remise en service : les fiches de récupération, d'épreuve, de remontée et de charge justes.
Régler le pressostat BP	Pressostat BP déréglé au hasard (pas de redémarrage, courts cycles, pump-down au vide), échelle décalée. Défaut constaté, enclenchement et coupure conformes et contrôlés au manifold après le dernier réglage, fiche (partie BP) juste, dépose propre.
Contrôler et régler le pressostat HP	Pressostat HP réglé au-dessus de la PS, trop bas ou correct, échelle décalée. Réglage vers 18 bar, essai après le dernier réglage, HP jamais au-dessus de la PS, ventilateur remis et pressostat réarmé, fiche (partie HP) juste.

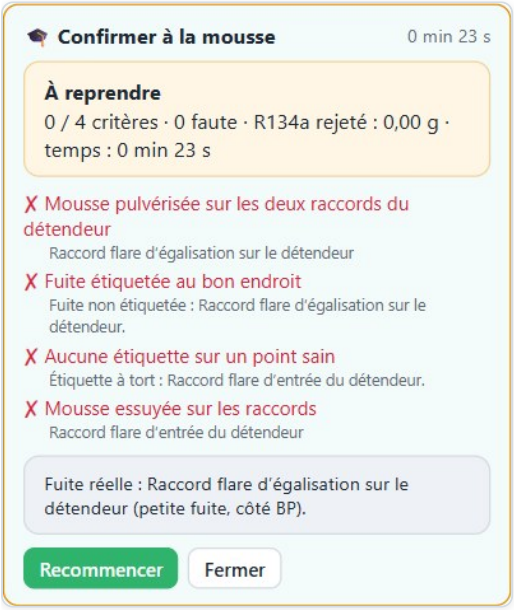
Exercice	Départ et attendus
Mise en service : régler les deux pressostats	Pressostats aux réglages d'usine. Les deux réglés et contrôlés, fiche de réglage entièrement juste, dépose propre.
Isoler le compresseur et vidanger	Installation en marche, huile usagée. Auto-vidage jusqu'à 0 bar, consignation, refoulement fermé, vidange dans le bac, test d'acidité, bac versé au fût, fiche (partie vidange) juste.
Huile suspecte : diagnostic	Huile usagée ou acide, tirée au hasard. Mêmes attendus, résultat du test et suite à donner.
Vidange complète	De l'isolement à la remise en service : vidange, remplissage en huile adaptée au fluide à mi-voyant, carter tiré sous 2 mbar, fiche de vidange entièrement juste, dépose propre.
Régler la KVP (installation n° 2)	KVP réglée trop bas (givre) ou trop haut (chambre des légumes trop chaude), tiré au hasard. Défaut constaté, KVP à 1,8 bar à 0,1 bar près, contrôlée sur sa prise après la dernière retouche, fiche (partie KVP) juste, flexible tiré au vide avant l'ouverture de sa vanne quart de tour.
Régler la KVL (installation n° 2)	Chambres chargées à 16 °C, KVL trop haute (relais thermique) ou trop basse (aspiration étranglée). Défaut constaté, KVL à 2,0 bar, pression au carter et intensité contrôlées pendant qu'elle régule, sous 10 A, fiche (partie KVL) juste, dépose propre.
Contrôler le clapet anti-retour (installation n° 2)	Clapet étanche ou fuyard, tiré au hasard. Évaporateur des viandes lu sur sa prise, chambre des légumes en marche et chambre des viandes à l'arrêt (deux minutes au moins), conclusion juste.
Mettre en service un split neuf (installation n° 3)	Longueur des liaisons tirée au hasard. Flare au couple, épreuve à 40 bar tenue 30 min, vide sous 1 mbar et remontée, complément à 10 g près avant l'ouverture des vannes (liquide d'abord), fiches de mise en service et de remontée justes, climatiseur rendu en marche.
Récupérer le fluide dans l'unité extérieure (installation n° 3)	Mode essai, vanne liquide fermée, vanne gaz fermée vers 0 bar sans passer sous vide, moins de 30 g restés dans les liaisons, climatiseur arrêté, chapeaux et bouchon remis.
Relever en froid, puis en chaud (installation n° 3)	Fiche de relevé du split juste dans ses deux parties, manifold déposé, climatiseur rendu en marche.
Diagnostiquer un split (installation n° 3)	Flare qui fuit, complément oublié, vanne liquide restée fermée ou aucune panne, tiré au hasard. Conclusion juste, relevé en froid, fuite étiquetée sur le bon raccord, pas d'étiquette à tort ; le bilan révèle la situation réelle.
Mise en service des régulateurs (installation n° 2)	KVP et KVL déréglées, chambres chargées. Les deux réglées et contrôlées, fiche des régulateurs et fiche de relevé à deux colonnes entièrement justes, dépose propre.



Terminer et voir le bilan affiche un **bilan détaillé**, sans note : objectif atteint ou à reprendre, chaque critère avec son explication, les fautes et avertissements du journal dans l'ordre, le R134a rejeté, l'air introduit et le temps simulé.

Recommencer relance le même exercice.

Figure 70 — Bilan d'un exercice à reprendre : flexibles ouverts sans tirage au vide.



Dans les exercices de la V2, la fuite est tirée au hasard à chaque lancement ; le bilan **révèle la fuite réelle** (point, taille, côté), ou indique qu'il n'y en avait pas.

Figure 71 — Bilan d'un exercice de la V2 : mauvais raccord étiqueté, fuite réelle révélée.

22. Récapitulatif des gestes

Geste	Effet
Molette / glisser le fond / F	Zoomer / déplacer la vue / montrer toute l'installation
Bouton « ▶ Démonstrations »	Regarder une démonstration, ou la refaire en mode « À vous »
Clic sur un outil de la caisse	Le sortir ou le ranger
Clic sur un chapeau ou un bouchon	Le retirer ou le remettre
Clic sur une tige (chapeau retiré)	Clé à cliquet : positions arrière, intermédiaire, avant
Glisser l'extrémité d'un flexible	Le brancher sur une prise ou l'entrée de la pompe ; lâché ailleurs, il pend
Clic sur un volant du manifold	Ouvrir ou fermer la vanne BP ou HP
Clic sur le manifold (manomètres, corps)	Poser ou retirer le té sur la sortie HP ; manifold standard ou d'épreuve (deux manomètres HP)
Clic sur le levier rouge du flexible jaune	Ouvrir ou fermer la vanne quart de tour
Clic sur l'interrupteur de la pompe	La démarrer ou l'arrêter
Glisser une pince	La poser sur un tube nu ; lâchée ailleurs, elle retourne sur le mur
Clic sur le thermostat	Le forcer satisfait ou en demande
Clic sur le levier de test du pressostat BP (façade)	AUTO ou FORCÉ
Clic sur le bouton du pressostat HP	Le réarmer (HP redescendue d'environ 4 bar)
Clic sur une vis du dessus d'un pressostat	La tourner d'un quart ou d'un demi-tour (sens horaire : le réglage monte)
Clic sur le moyeu du ventilateur du condenseur	L'arrêter (essai du pressostat HP) ou le remettre en service
Clic sur la vis à poignée en T du détendeur d'azote	Régler la pression de sortie
Clic sur le bouchon de vidange / le raccord de remplissage du carter	Le retirer ou le remettre
Carte « Huile du compresseur »	Bidon (POE ou minérale), pompe à huile, coups de pompe, test d'acidité, bac versé au fût
Glisser la sonde du détecteur	Rechercher une fuite le long des raccords (lentement, un temps sur chaque raccord)
Glisser la bombe moussante sur un raccord	Pulvériser de la mousse
Clic sur un raccord, une brasure, un joint	Étiqueter « fuite », resserrer, essuyer la mousse
Clic sur le volant de la bouteille d'azote	Ouvrir ou fermer le robinet

Geste	Effet
Vacuomètre électronique (caisse à outils)	Le visser sur la prise de la vanne Rotalock (bouchon retiré, tige en arrière)
Aimant d'électrovanne (caisse à outils)	Le poser sur la bobine : électrovanne ouverte hors tension
Carte de la pompe	Lest d'air, vidange de l'huile
Clic sur l'interrupteur-sectionneur	Sous tension, hors tension, consigner (cadenas) ou retirer le cadenas
Survol d'un manomètre du manifold	Lecture : pression, saturation R134a, vide en mbar
Clic sur le robinet de la bouteille de R134a	L'ouvrir ou le fermer ; carte : debout (liquide) ou retournée (gaz), tare de la balance
Clic sur l'interrupteur de la station / le robinet de la bouteille de récupération	Démarrer ou arrêter la station ; ouvrir ou fermer la bouteille
Clic sur un point du circuit vidé	Refaire la pièce (brasure, joint, collet)
Menu « Installation »	Installation n° 1 (chambre positive) ou n° 2 (deux températures)
Installation n° 2 : clic sur un thermostat	Le forcer à l'opposé, puis le remettre en automatique
Installation n° 2 : clic sur le capuchon de la KVP ou la cloche de la KVL	Tourner sa vis (0,4 bar par tour, sans échelle)
Installations n° 2 et 3 : clic sur la vanne quart de tour d'un flexible branché sur une prise Schrader (ou sur son étiquette)	Ouvrir ou fermer la vanne
Installation n° 2 : clic sur RESET du relais thermique	Le réarmer (une fois refroidi)
Split : clic sur la télécommande	Marche, froid ou chaud, consigne, mode essai
Split : clic sur la tige d'une vanne de service	Chapeau ; ouvrir ou fermer à la clé six pans
Split : clic sur un raccord flare, clé dynamométrique sortie	Serrer au couple