



DOSSIER TECHNIQUE





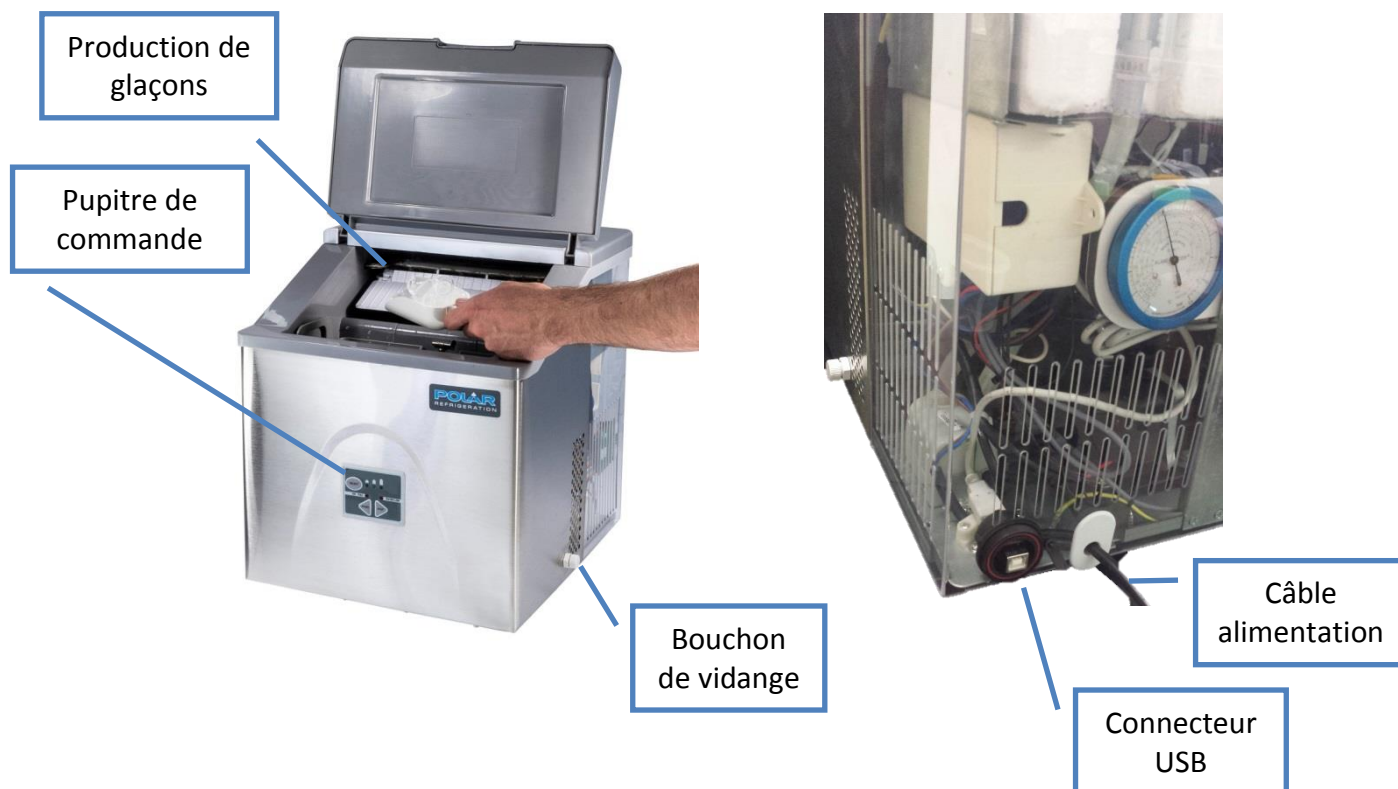
Sommaire

Descriptif rapide du produit :	3
Utilisation normale de la machine à glaçons.....	4
La fabrication du froid	4
Les capteurs.....	5
Pressions.....	6
Tension et courant	7
Températures	7
LM335.....	7
CTN	8
PT100.....	9
Câblage des capteurs de température	11
Pressions.....	12
Interface de mesure	13
Face avant.....	13
Accueil	13
Tracés puissance.....	14
Tracés températures/pressions.....	15
Diagramme	16
Simulation.....	17
Simulation du moteur asynchrone.....	17
Simulation de la pompe à chaleur.....	19
Simulation du changement d'état liquide/solide.....	20
Vue éclatée de la machine	21
Détail interne de la machine	22
Identification des éléments fluidiques	22
Schéma de principe de la machine à glaçons.....	24



Descriptif rapide du produit :

La **G620** est une machine à glaçons de la marque **POLAR REFRIGERATION** une machine de comptoir à remplissage manuel. Elle peut contenir environ 120 glaçons.



Note :

Le capot supérieur est amovible pour visualiser les capteurs sur l'évaporateur ainsi que les doigts qui forme les glaçons.

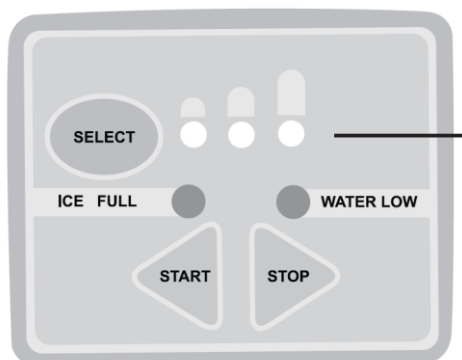
Il suffit de déverrouiller le capot supérieur en le faisant translater vers l'avant de la machine. Pour remettre le capot, présenter les encoches en face des trous et le verrouiller en le poussant vers l'arrière de la machine.





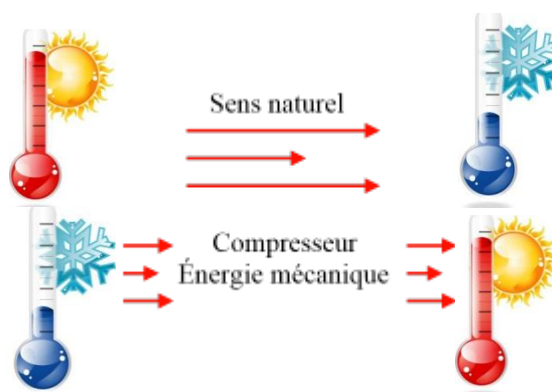
Utilisation normale de la machine à glaçons

1. À l'aide du bouton **Select**, sélectionner la grosseur des glaçons (petits, moyens, grands).
2. Lancer le cycle de fabrication de glaçons avec la touche **START**.
3. La touche **STOP** permet d'arrêter la fabrication des glaçons.
4. Un voyant **ICE FULL** indique que le bac à glaçons est plein.
5. Un voyant **WATER LOW** indique que le réservoir d'eau est vide. Le remplir à nouveau manuellement pour démarrer un nouveau cycle de fabrication de glaçons.



La fabrication du froid

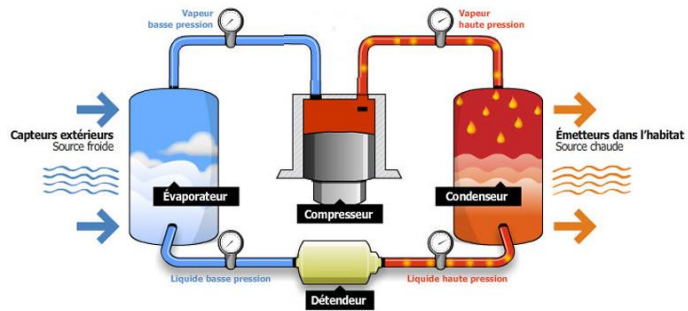
Pour fabriquer des glaçons, il faut abaisser la température de l'eau en dessous de 0°C (passage de l'état liquide à l'état solide). Il faut donc absorber l'énergie de l'eau présente dans le bac. L'écoulement naturel de la chaleur s'effectue toujours d'un corps chaud vers un corps froid. Pour permettre de réaliser l'écoulement inverse du sens naturel, on utilise une **pompe à chaleur**.





Une pompe à chaleur est constituée de 4 éléments principaux :

- Un évaporateur
- Un compresseur
- Un condenseur
- Un détendeur



À l'intérieur de ces 4 éléments, circule un fluide frigorigène qui a pour particularité d'être sous forme de gaz à basse température.

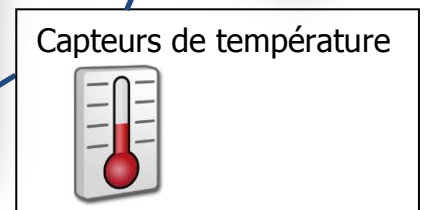
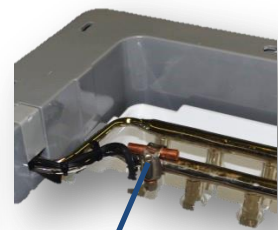
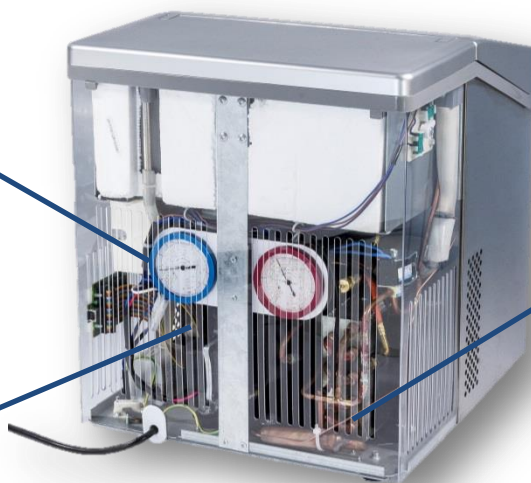
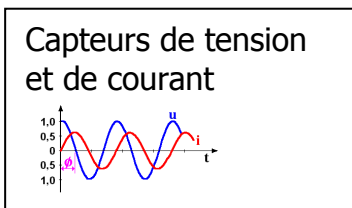
Le circuit "froid" capte les calories de l'eau et les transmet à l'**évaporateur**. À l'intérieur de celui-ci, le fluide passe de l'état "liquide" à l'état "gazeux" sous l'effet de la "chaleur" captée.

Le gaz est ensuite comprimé par le **compresseur** avant d'être transféré au **condenseur** qui va retransmettre les calories à l'air ambiant par l'intermédiaire d'un ventilateur. Le fait de perdre les calories refait passer le fluide à l'état liquide.

Le **détendeur** termine de réduire la pression du fluide et l'amène à un état "semi- gazeux" à l'entrée de l'évaporateur pour un nouveau cycle.

Les capteurs

Afin de pouvoir réaliser différentes mesures, plusieurs capteurs ont été installés sur la machine à glaçons.





Pressions

Le manomètre BP (Basse Pression) est bleu, il sert à mesurer la pression d'évaporation.



Le HP est rouge HP (Haute Pression), il sert à mesurer la pression de condensation.



Chaque manomètre possède une échelle de pression en bar.

On distingue aussi des échelles de température qui correspondent à des températures saturées de fluide frigorigène.

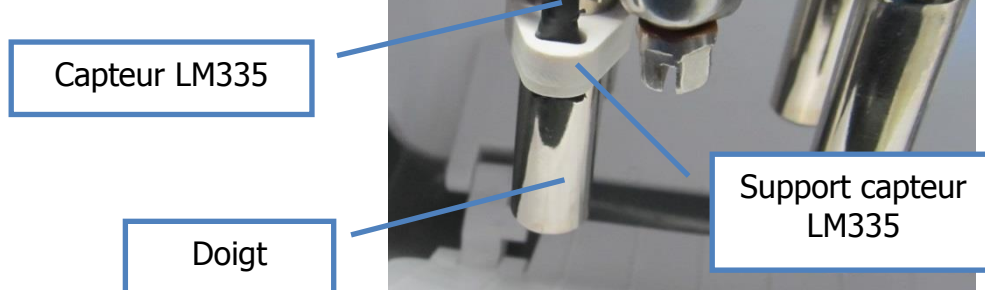
Ces deux manomètres sont compatibles avec le R600a et R290. Ces couleurs sont conventionnelles, ce sont aussi celles des emballages de ces fluides frigorigènes.

Grâce à ces échelles de température on peut appliquer la relation pression température.



Le capteur LM335 est fixé sur un doigt via une pièce support.

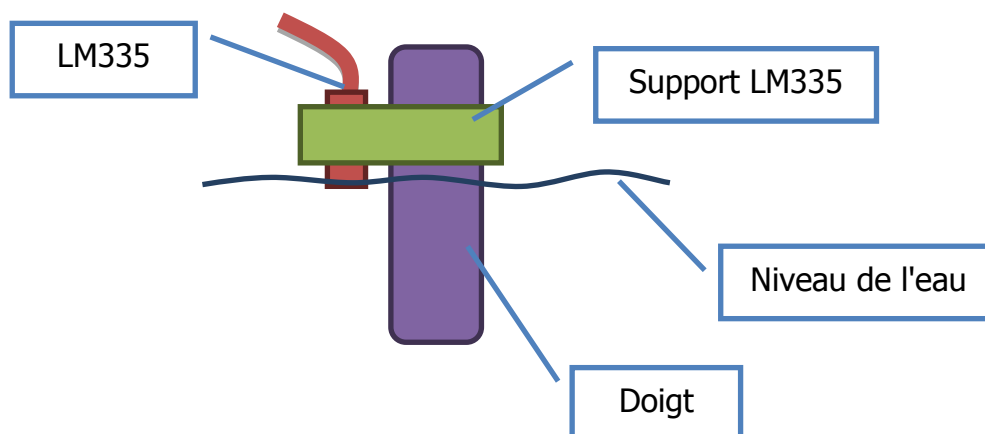
Cette pièce peut bouger afin de permettre le réglage de positionnement du capteur.



Le positionnement correct du capteur est le suivant :

Le capteur doit affleurer au niveau de l'eau.

De ce fait, la température sera celle de l'eau et celle du glaçon formé autour du doigt lors d'un cycle.



CTN

- Trois CTN permettant de mesurer la température sur différents points de la PAC.

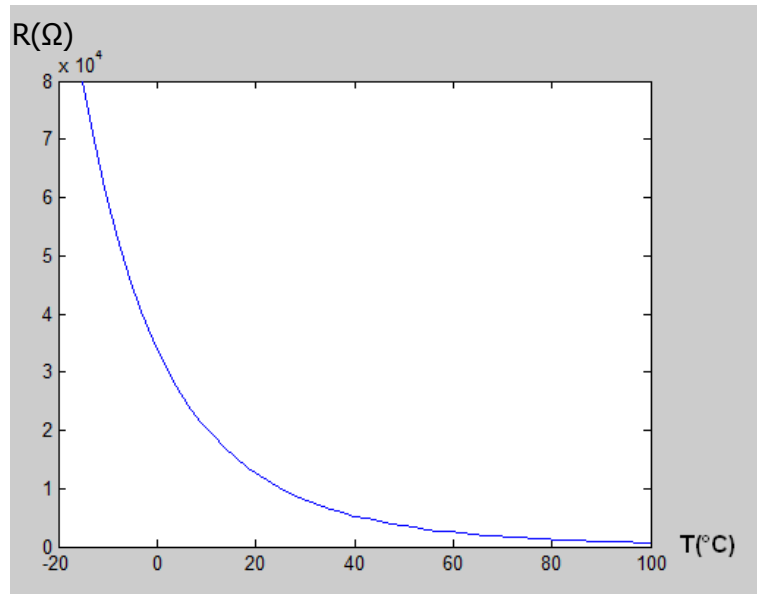
Une CTN (coefficient de température négatif) est une thermistance, c'est-à-dire un capteur de température passif. Sa résistance varie en fonction de la température : elle diminue de façon uniforme lorsque la température augmente, et inversement.





On caractérise les CTN avec les coefficients suivants : $R_{25}=10k\Omega$; $B_{20/100}=3988$, ce qui donne la courbe de $R=f(T)$ ci-dessous :

$$R(T) = 10000 \cdot e^{3988 \cdot \left(\frac{1}{T+273,15} - \frac{1}{273,15+25} \right)}$$

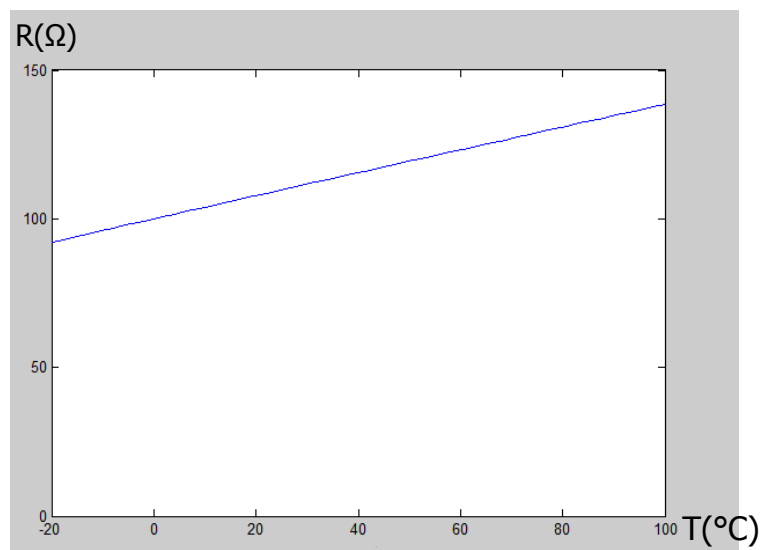


PT100



- Une PT100 permettant de mesurer la température au quatrième point de la PAC. La sonde Pt100 est un capteur de température constitué d'une résistance en platine. La valeur initiale de la Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0°C. Contrairement à une CTN, la relation liant la résistance à la température peut être linéarisée :

$$R(T) = 100(1 + 3,9 \cdot 10^{-3}T)$$



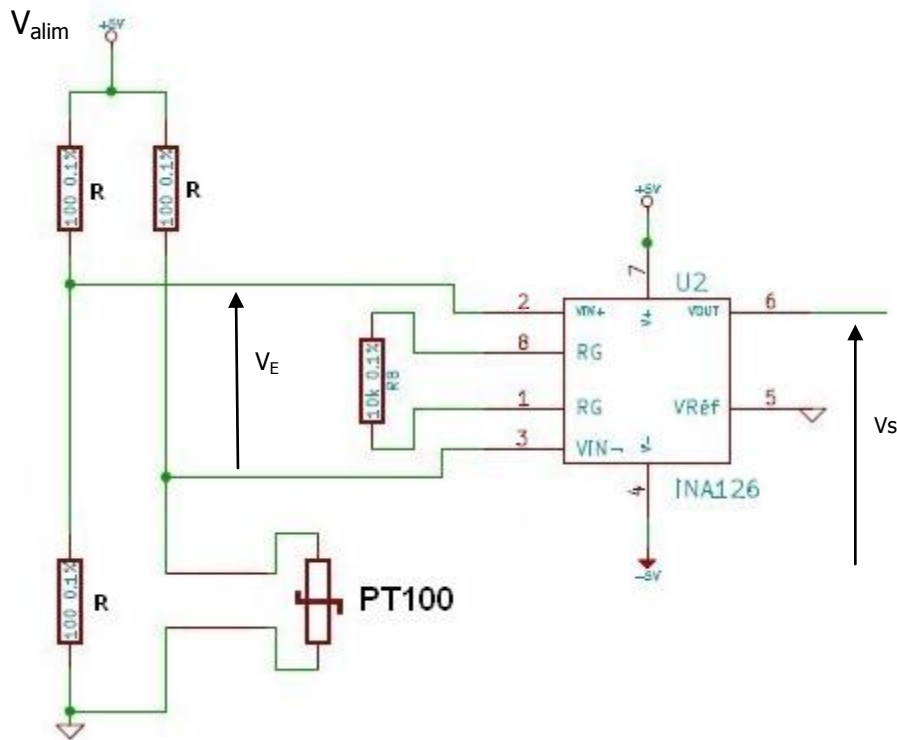


La sensibilité théorique est de $398.10^{-3}\Omega^{\circ C^{-1}}$ à $0^{\circ C}$ et sa plage d'utilisation est de $-260^{\circ C}$ à $1400^{\circ C}$. Les valeurs de résistance sont données par la norme DIN43760, reproduite dans le tableau suivant valable de $0^{\circ C}$ à $120^{\circ C}$ [lecture de $^{\circ C}$ en $^{\circ C}$] :

$^{\circ C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,28
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	113,99	114,38	114,77	115,15
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,82	118,24	118,62	119,01
50	119,40	119,78	120,16	120,55	120,93	121,32	121,70	122,09	122,47	122,86
60	123,24	123,62	124,01	124,39	124,77	125,16	125,54	125,92	126,31	126,69
70	127,07	127,45	127,84	128,22	128,60	128,98	129,37	129,75	130,13	130,51
80	130,89	131,27	131,66	132,04	132,42	132,80	133,18	133,56	133,94	134,32
90	134,70	135,08	135,46	135,84	136,22	136,60	136,98	137,36	137,74	138,12
100	138,50	138,88	139,26	139,64	140,02	140,39	140,77	141,15	141,53	141,91
110	142,29	142,26	143,04	143,42	143,80	144,17	144,55	144,93	145,31	145,68

Table des valeurs de la sonde PT100

La sensibilité étant plus faible qu'une CTN dans la plage d'utilisation de la machine à glaçons, un pont de Wheatstone est utilisé pour amplifier le signal de mesure :



Si $R=R_{PT100}$, on a la relation suivante :

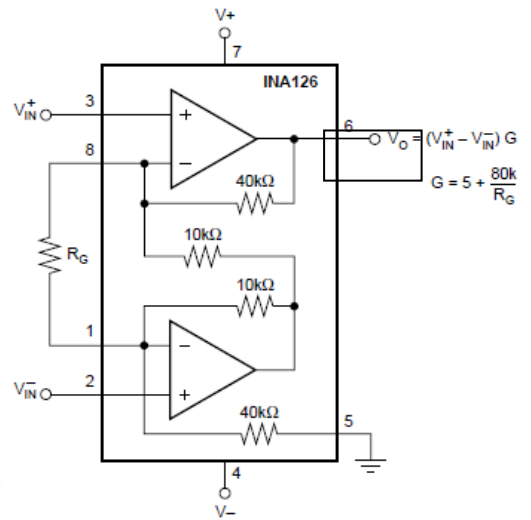
$$V_E = \frac{a\theta}{4} V_{alim} = \frac{3,9.10^{-3}\theta}{4} \cdot 5 = 0.04875 \cdot \theta$$



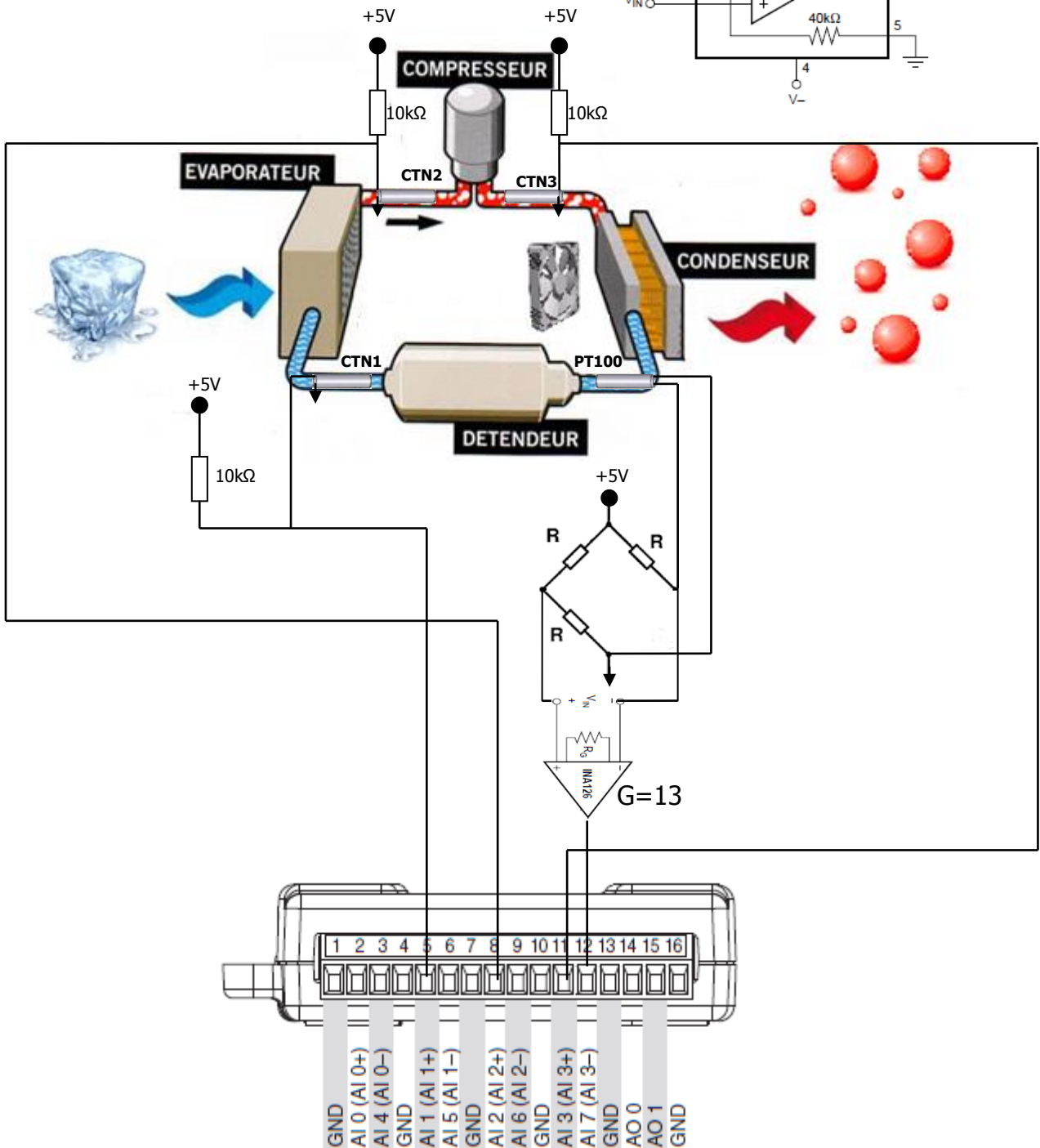
L'INA126 est un amplificateur d'instrumentation :

On a $Gain = 5 + \frac{80000}{10000} = 13$

On a donc la relation : $V_s = 0.63 \theta$



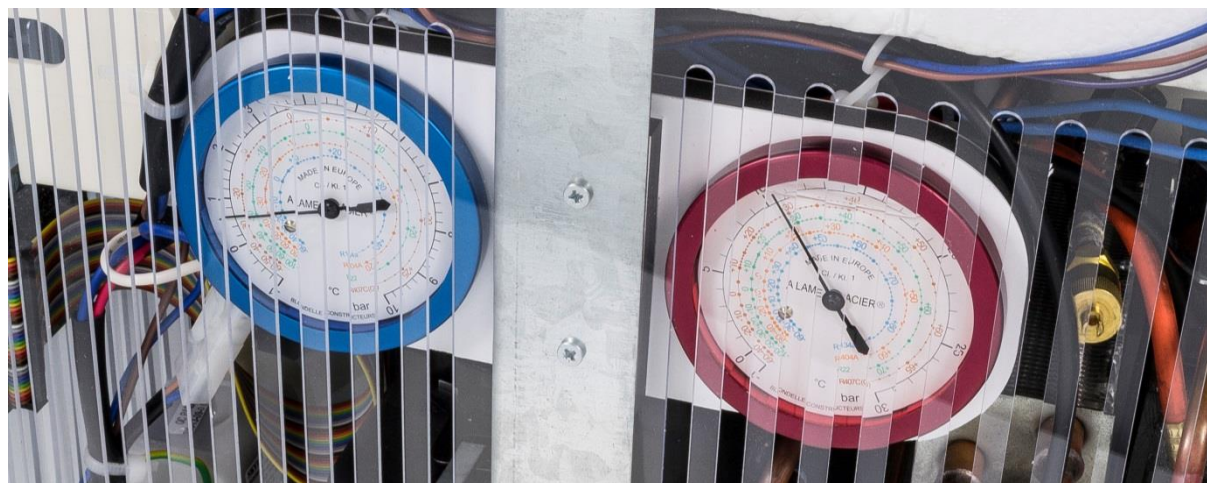
Câblage des capteurs de température





Pressions

Deux manomètres placés à l'arrière de la machine à glaçons, permettent de mesurer les pressions haute et basse du circuit frigorifique.



Les manomètres donnent des pressions relatives, il faut donc rajouter **1 bar** aux mesures pour avoir des pressions absolues.



Interface de mesure

Toutes les mesures faites sur la machine à glaçons sont regroupées sur une interface LABVIEW. Un programme LABVIEW est appelé "instrument virtuel" (VI).

La programmation de cette interface est faite à l'aide de deux fenêtres liées. La première est la **face avant** qui contient les contrôles et les afficheurs de données (Interrupteurs, potentiomètres avec curseurs, boîtes de dialogue, LED, compteurs à aiguilles...).

La deuxième est le **diagramme** qui contient le programme (terminaux de commandes, constantes, terminaux d'affichage, des connecteurs, des fils...).

Un document complet sur l'utilisation de l'interface Labview est disponible dans le Dossier ressources\Application Labview.

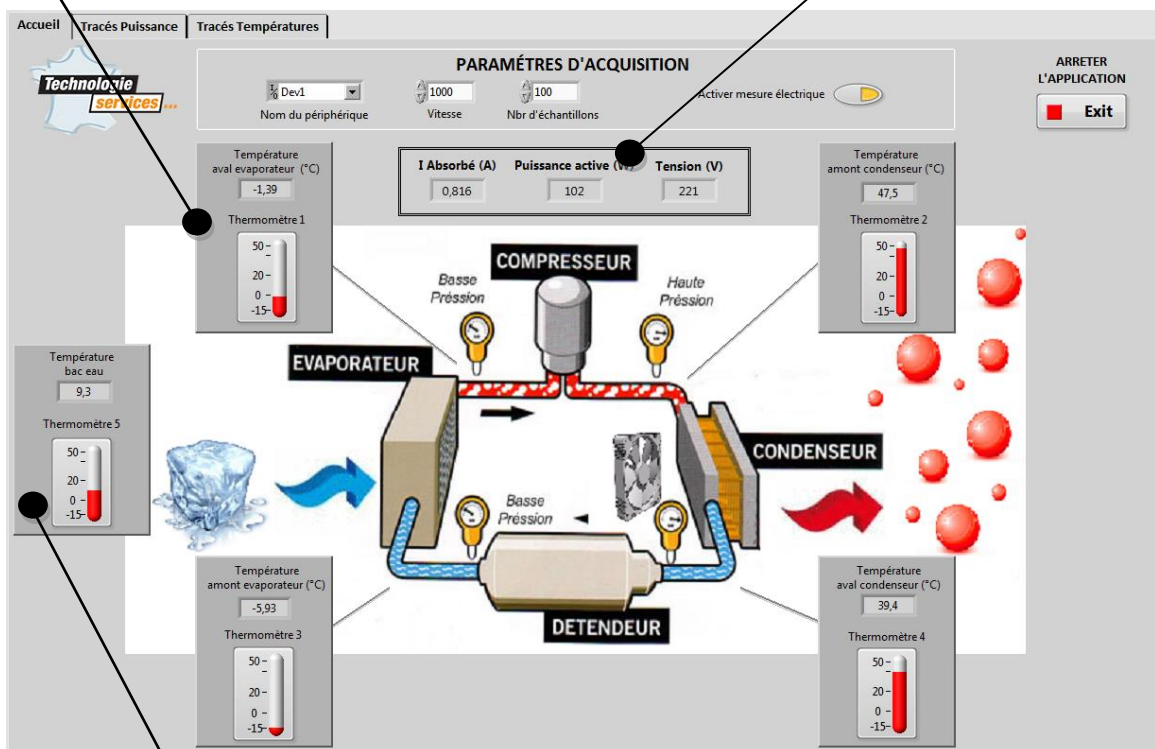
Face avant

Trois onglets permettent d'afficher les différentes mesures réalisées sur la machine à glaçons.

Accueil

Mesure des températures à l'entrée et sortie de l'évaporateur et du condenseur.

Mesure de la tension en entrée, du courant absorbé, et de la puissance active.



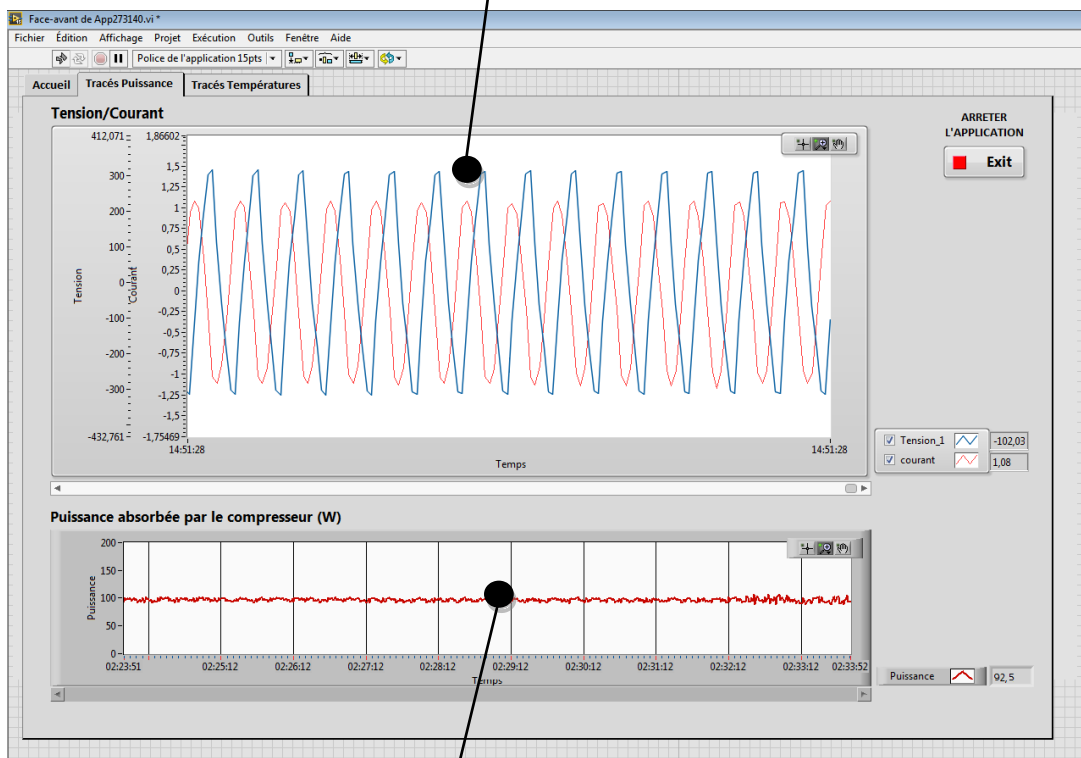
Mesure de la température dans le bac à glaçons.



Tracés puissance

Tracé temporel de la tension et du courant absorbé

Diagramme

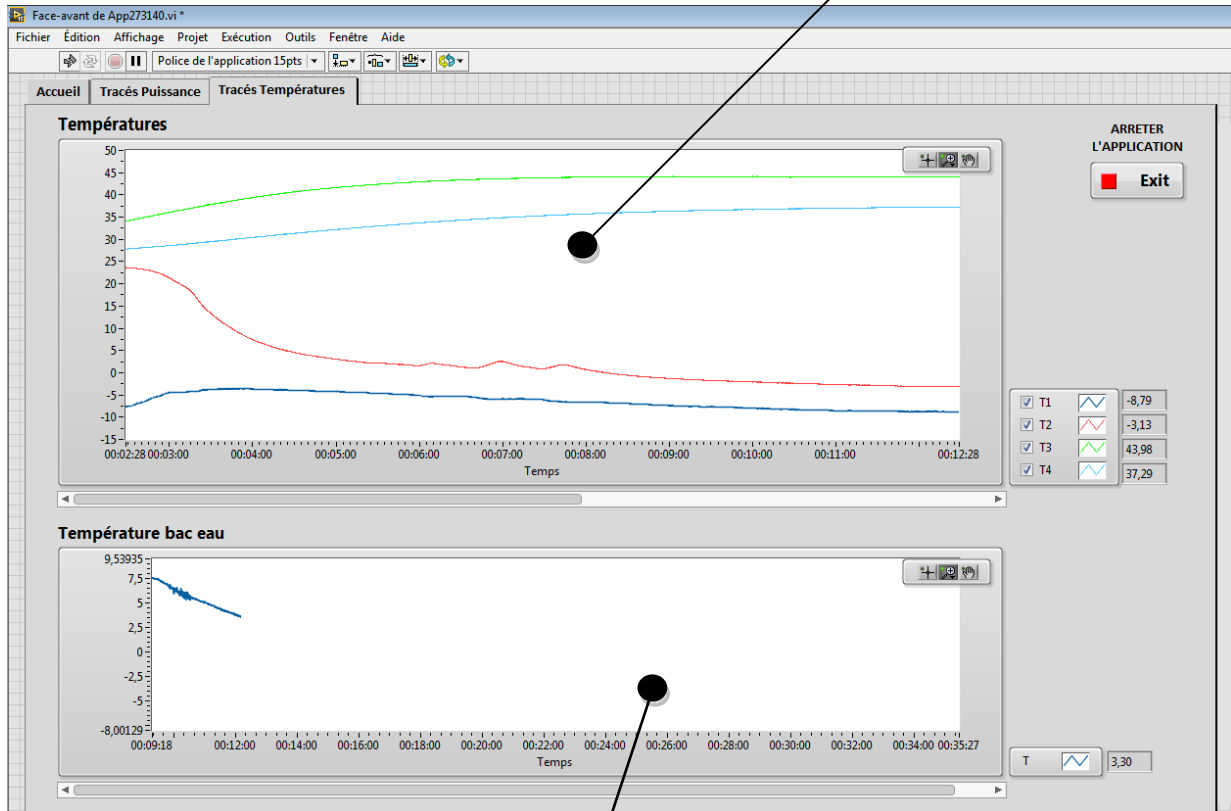


Tracé temporel de la puissance absorbée par le compresseur



Tracés températures

Tracé temporel des différentes températures.



Tracé temporel de la température dans le bac à glaçons.

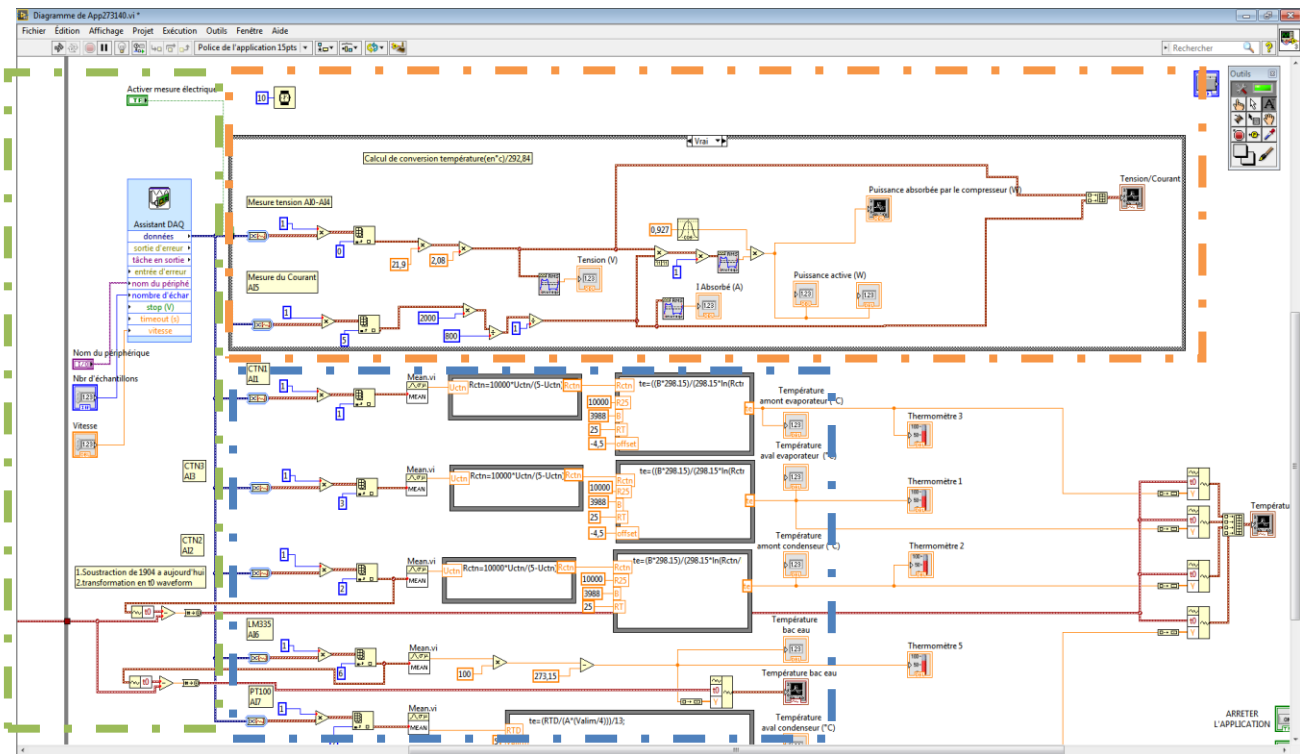


Diagramme

Le diagramme contient le code graphique du programme Labview (VI). La programmation est graphique selon une logique de flux de données. Les commandes et indicateurs de la face avant figurent sous forme de terminaux dans la fenêtre diagramme et sont à connecter entre eux selon le traitement désiré.

Acquisition des signaux par une carte NI 6009.

Mise en forme des mesures de tension, courant et puissance.



Mise en forme des mesures de température.



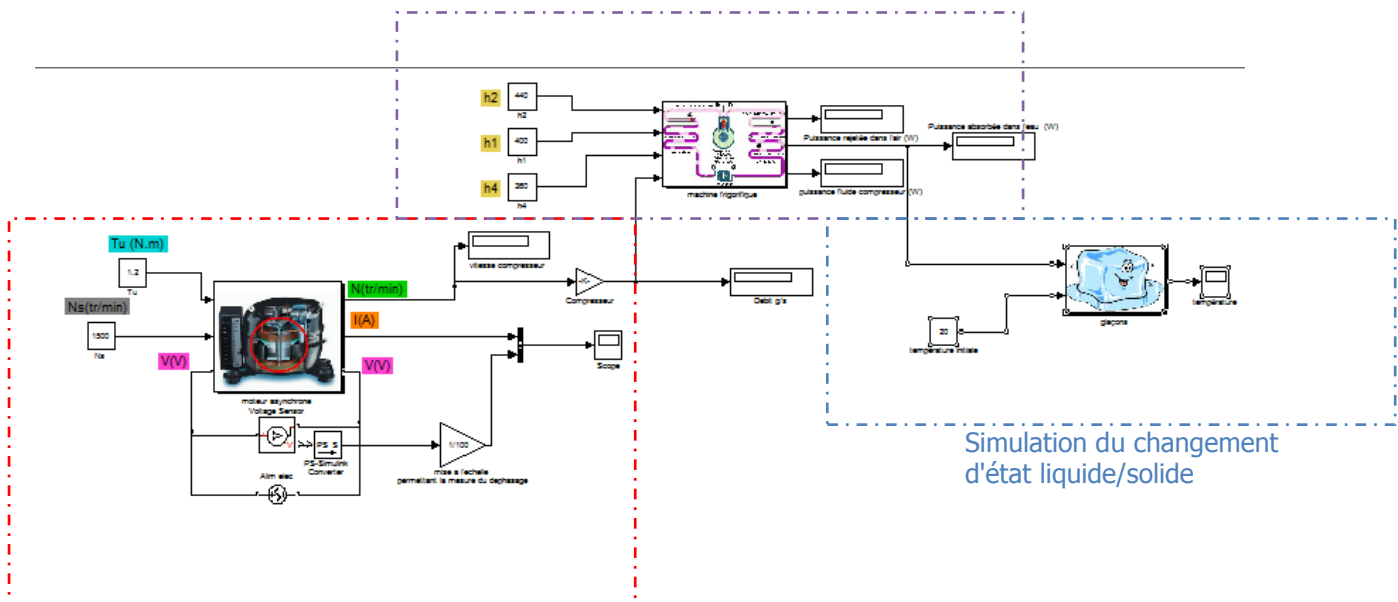
Simulation

L'objectif de la simulation est de prévoir le comportement des produits industriels dans toutes les phases de vie du produit. La démarche est prévisionnelle, c'est-à-dire qu'elle permet de valider des critères sans avoir réalisé physiquement le produit. La simulation contribue logiquement à la réduction des coûts, à l'amélioration de la qualité, au respect des délais, à la prise en compte des contraintes nouvelles, etc...

La machine à glaçons a été simulée en plusieurs parties puis elles ont été regroupées pour réaliser une simulation globale. Le module Simscape est nécessaire pour le fonctionnement des simulations.

Les fichiers de simulation se trouvent le dossier pédagogique « AP4 Simulation ».

Simulation de la PAC

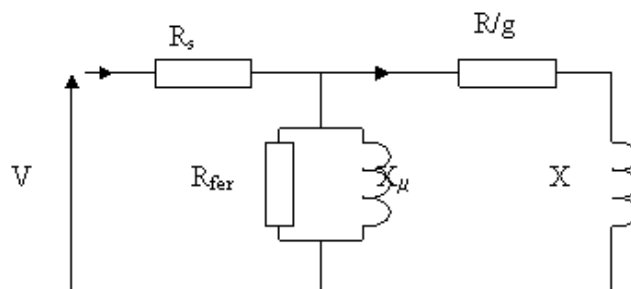


Simulation du moteur asynchrone

Simulation du changement d'état liquide/solide

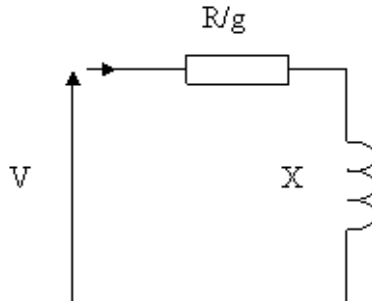
Simulation du moteur asynchrone

Le modèle équivalent en régime permanent du moteur asynchrone est le suivant :





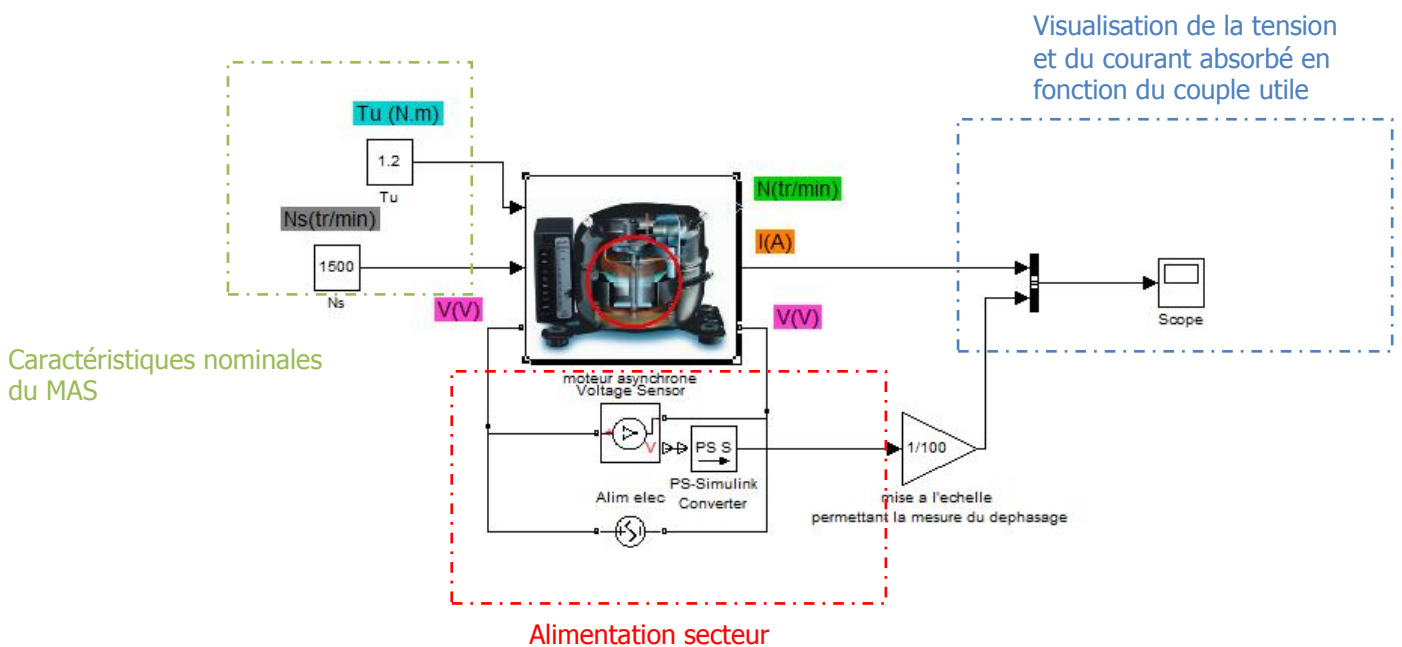
En première approximation, on peut négliger les pertes joule statorique (R_s), les pertes fer (R_{fer}) et l'inductance magnétisante ($X\mu$). Le modèle équivalent utilisé dans la simulation se résume au schéma suivant :



Le fichier permet de faire cette simulation à l'aide du logiciel MATLAB :



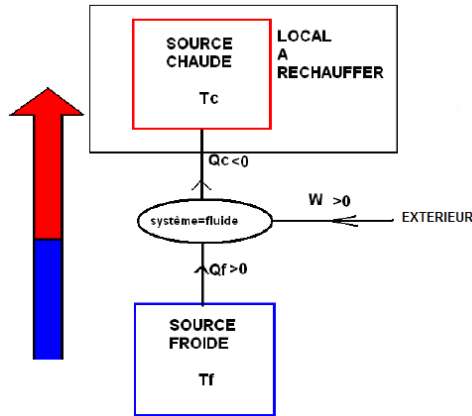
La librairie SIMSCAPE doit être installée.






Simulation de la pompe à chaleur

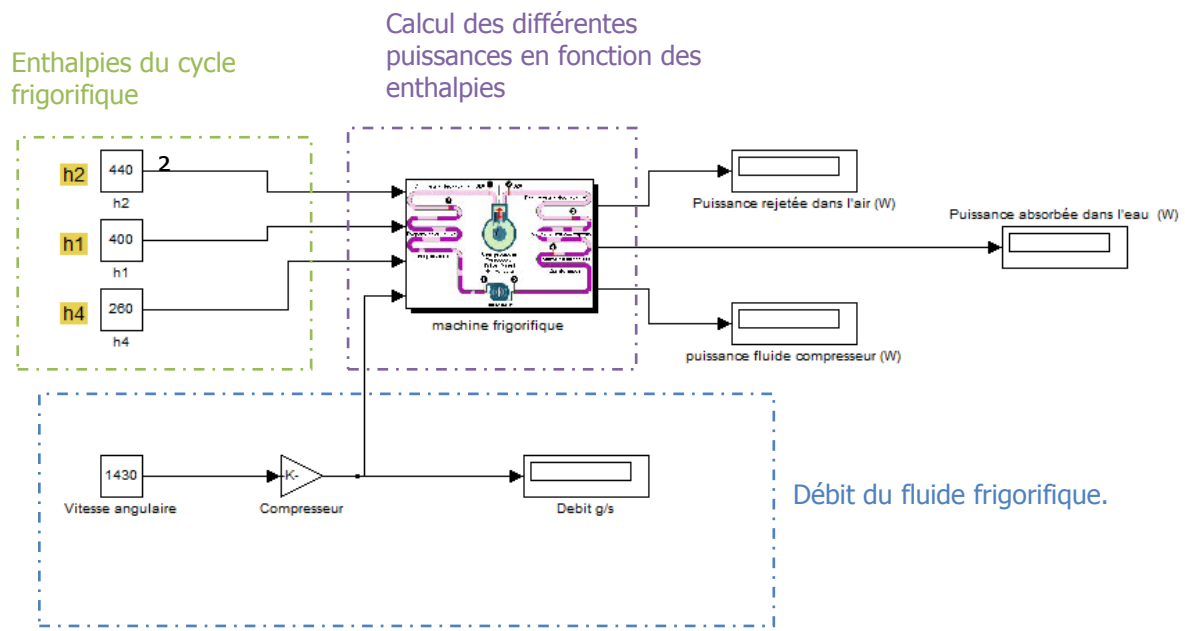
Une pompe à chaleur (PAC) est une machine thermodynamique. La puissance transmise à l'air est la somme de la puissance électrique avec la puissance absorbée à la source froide.



$$P_{AIR} = D_m \cdot (h_2 - h_1) + D_m \cdot (h_1 - h_4)$$

compresseur
Source froide (Eau)

Le fichier  simule le fonctionnement d'une PAC.





Simulation du changement d'état liquide/solide.

Le cycle de fabrication des glaçons comporte 3 stades :

- Le premier stade est le passage de la température ambiante à 0°C. L'énergie correspond à :

$$Q1 = m.C. \Delta T$$

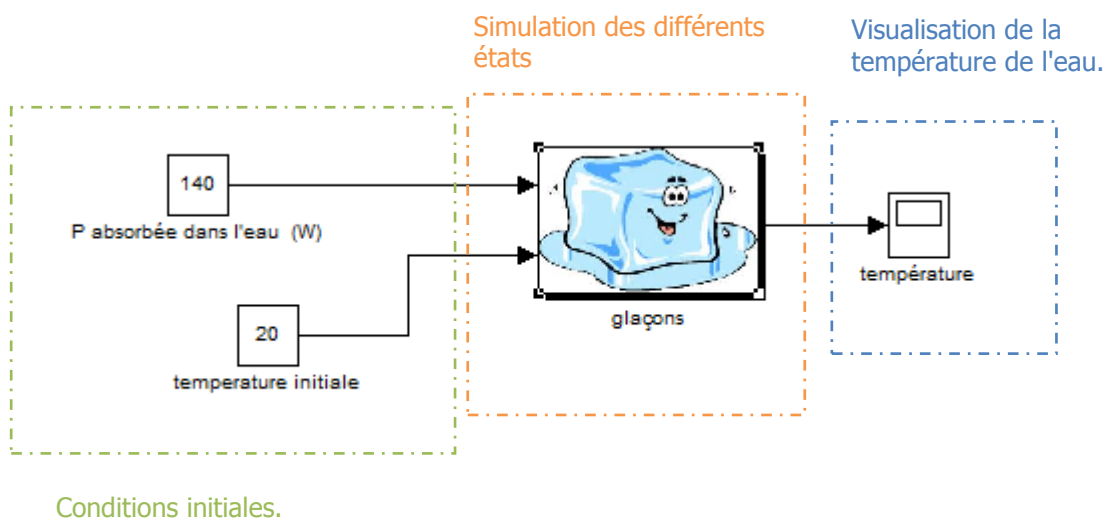
- Le deuxième stade correspond au changement d'état (passage de l'eau à la glace). L'énergie nécessaire pour ce passage correspond à :

$$Q2=Lm$$

- Le troisième stade correspond au passage de 0° à une température négative. L'énergie correspond à :

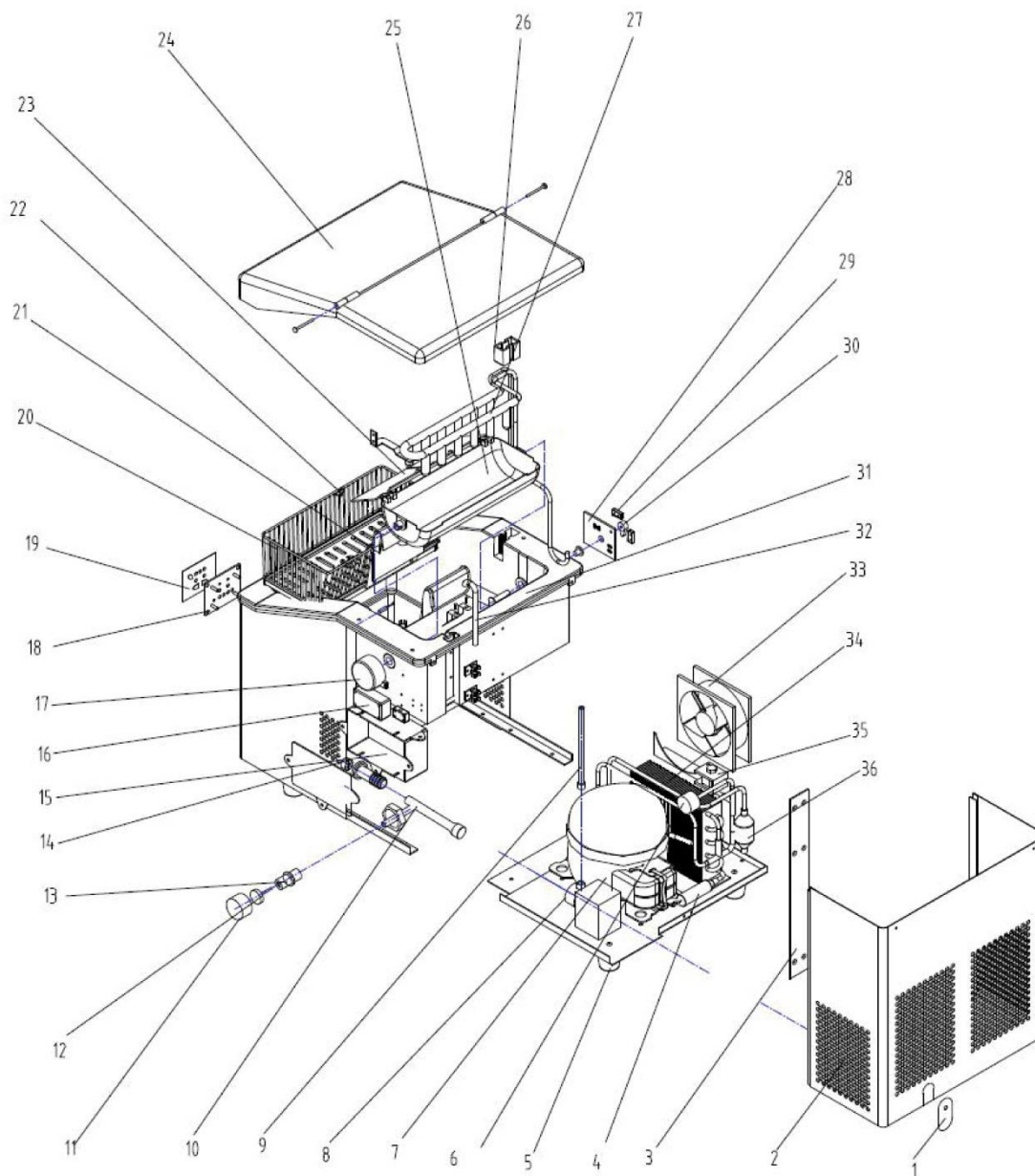
$$Q3 = m.C. \Delta T$$

Ces 3 stades ont été modélisés dans le fichier :





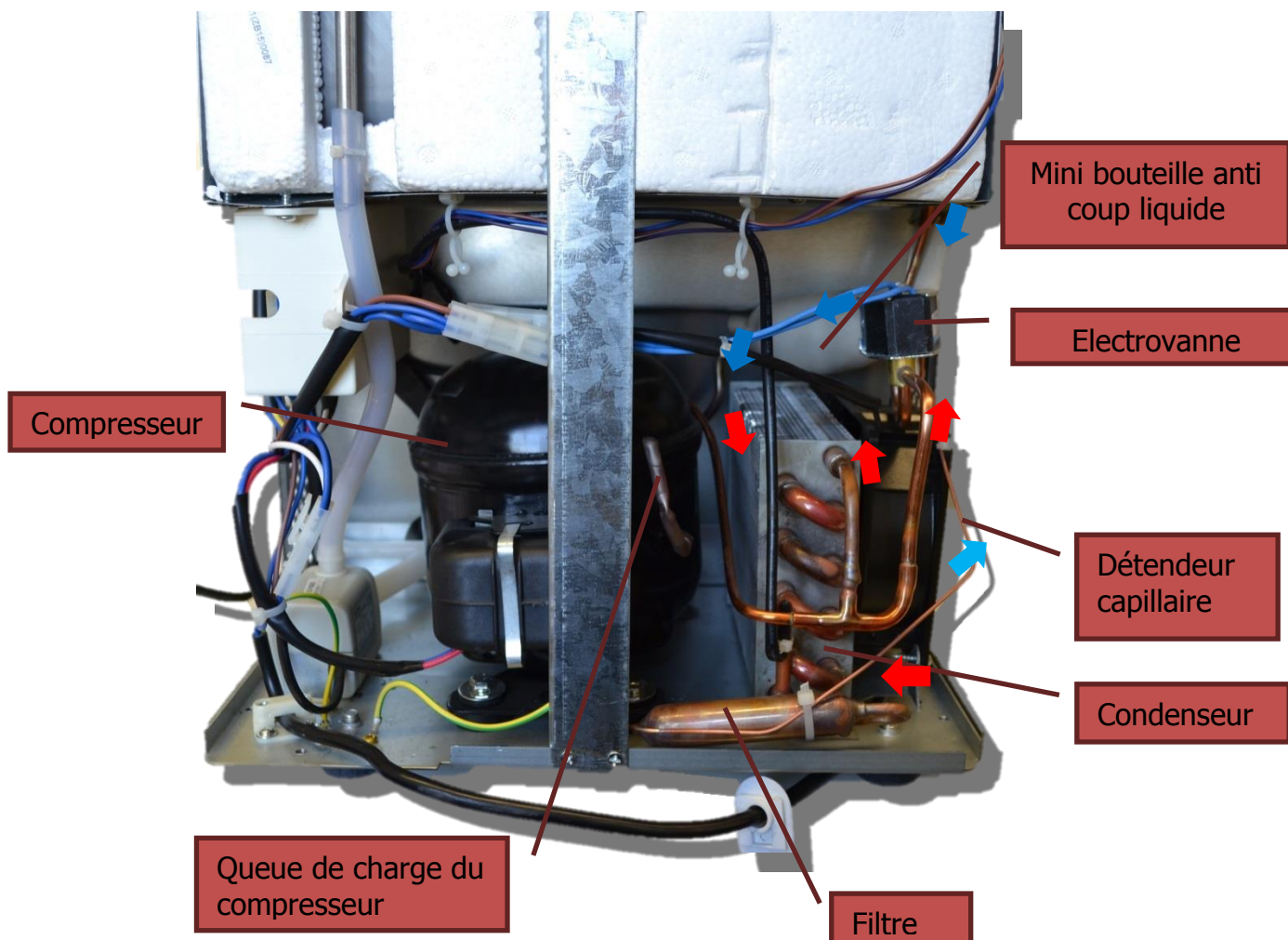
Vue éclatée de la machine

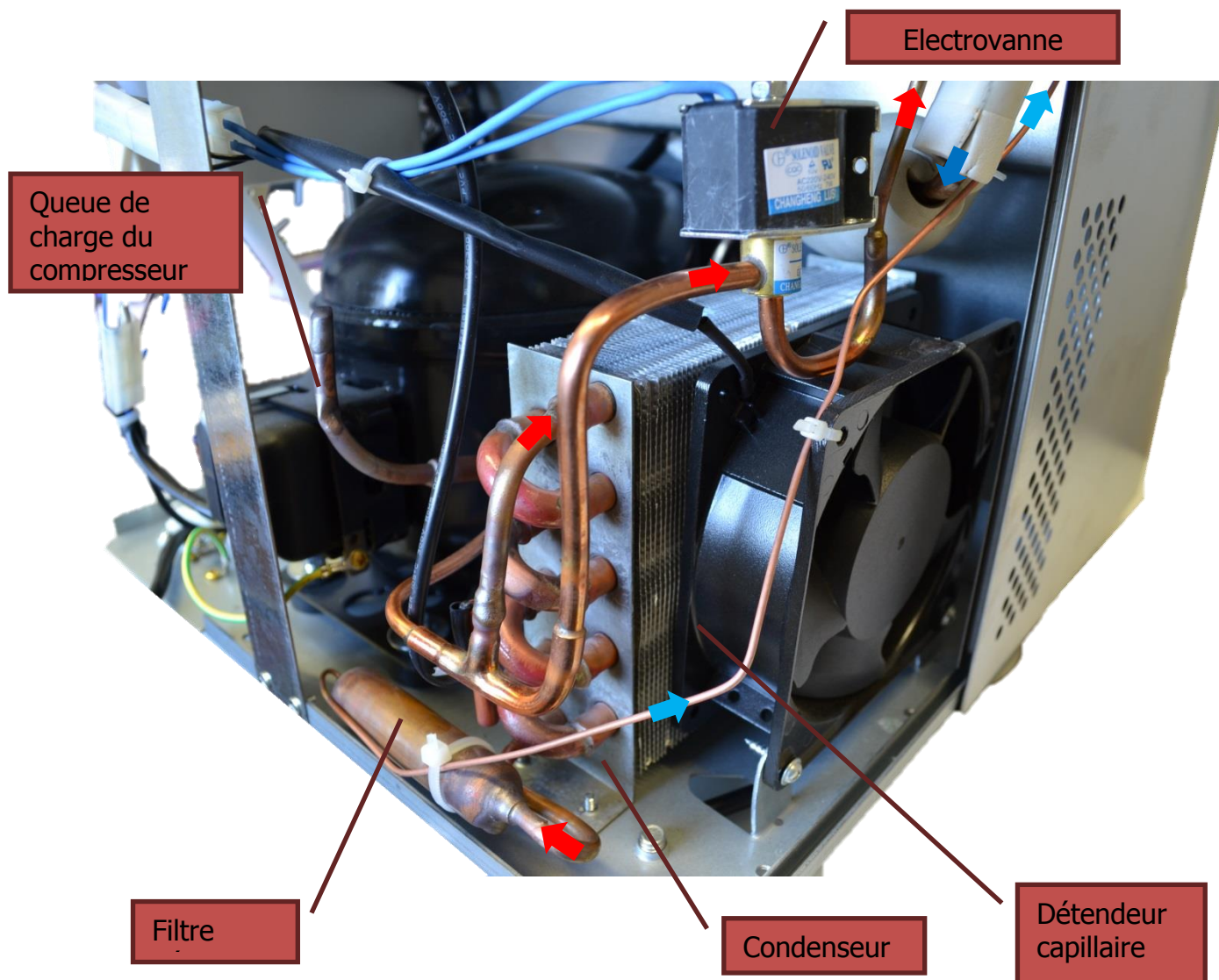




Détail interne de la machine

Identification des éléments fluidiques





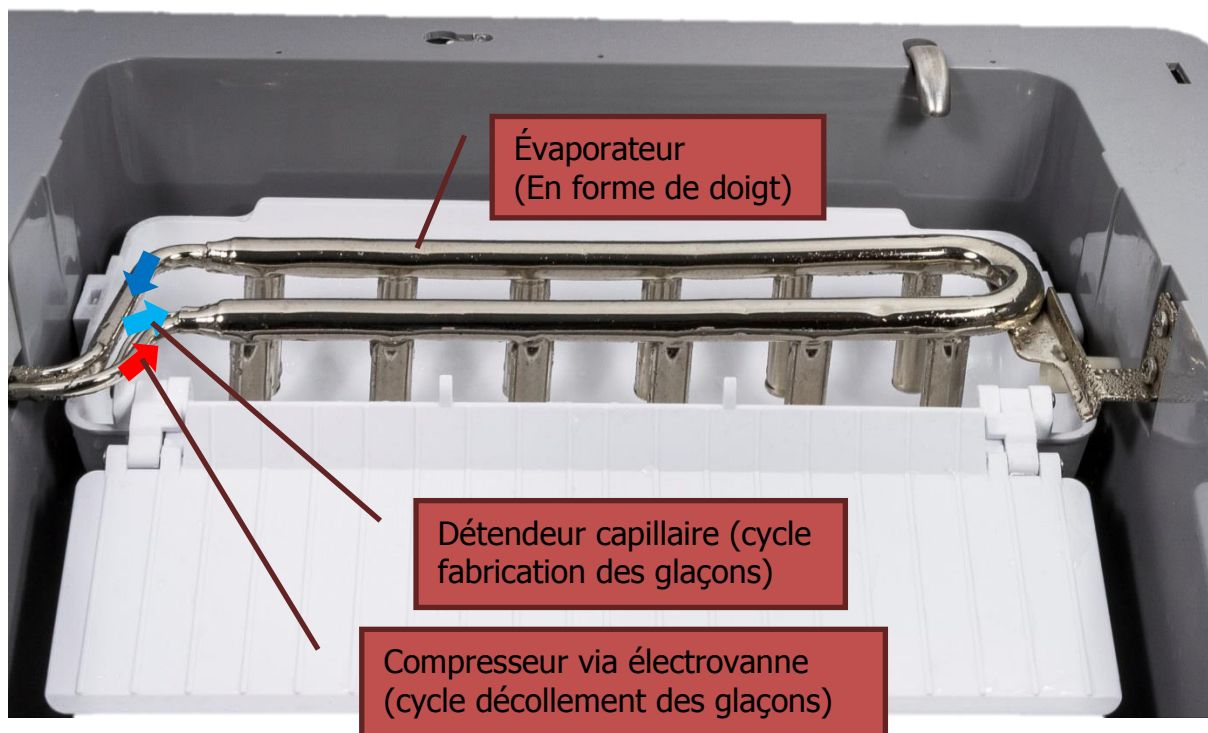


Schéma de principe de la machine à glaçons

