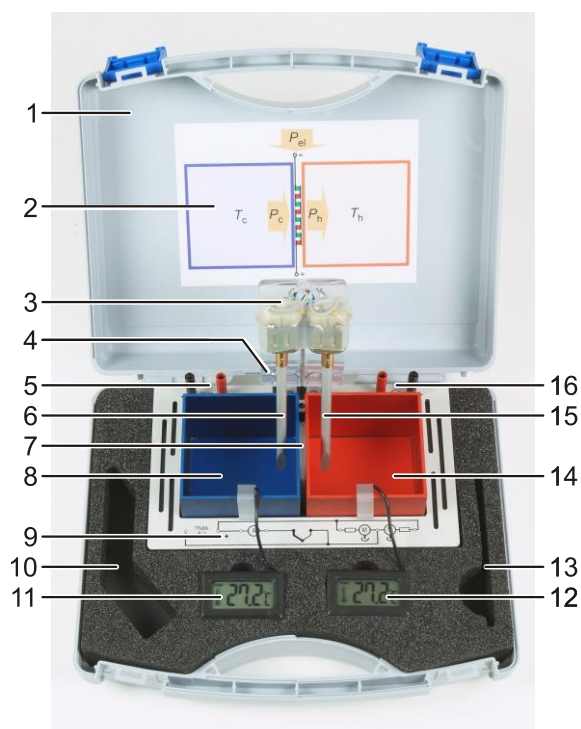


Pompe à chaleur à module Peltier 1020769

Instructions d'utilisation

05/17TL/JS



- 1 Mallette de transport
- 2 Représentation schématique
- 3 Unité de mélange
- 4 Connecteur pour l'unité de mélange
- 5 Prise pour la tension d'alimentation
- 6 Mini-agitateur « côté froid »
- 7 Module Peltier
- 8 Réservoir « côté froid »
- 9 Schéma des connexions
- 10 Réserveur pour l'unité de mélange
- 11 Thermomètre numérique « côté froid »
- 12 Thermomètre numérique « côté chaud »
- 13 Réserveur pour les mini-agitateurs
- 14 Réservoir « côté chaud »
- 15 Mini-agitateur « côté chaud »
- 16 Connecteur pour la mesure du courant (courant traversant le module Peltier)

1. Consignes de sécurité

Une utilisation conforme du matériel garantit un fonctionnement en toute sécurité de la pompe à chaleur à module Peltier. La sécurité n'est cependant pas garantie si l'appareil fait l'objet d'un maniement inapproprié ou s'il est manipulé avec imprudence.

- Ne faire fonctionner la pompe à chaleur que sous tension continue entre 5 et 8 V.
- Ne pas faire fonctionner la pompe à chaleur à sec ou si le niveau de remplissage est bas.
- Laisser sécher la pompe à chaleur après utilisation.

2. Description

La pompe à chaleur à module Peltier est un modèle fonctionnel comportant deux réservoirs à eau en aluminium qui sont couplés thermiquement aux faces d'un module Peltier. Lorsqu'un courant électrique traverse le module Peltier, il se produit un transfert de chaleur entre les réservoirs qui entraîne le refroidissement d'une face et le réchauffement de l'autre face. Un agitateur à entraînement électrique placé dans chacun des réservoirs assure une répartition homogène de la température. Deux thermomètres numériques affichent les deux niveaux de température de l'eau. Etant donné que l'on connaît la capacité thermique du système, on peut déterminer la puissance frigorifique et la puissance thermique et les comparer avec la puissance électrique transmise au module.

3. Caractéristiques techniques

Module Peltier :

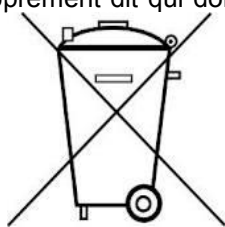
Tension d'alimentation :	5 ... 8 V
Puissance absorbée à 8 V :	2,5 ... 3,5 A
Surface :	40 x 40 mm ²
Épaisseur :	3,7 mm
Coefficient de Seebeck S :	env. 0,04 V/K
Résistance électrique R :	env. 2,4 Ω
Conductance thermique κ :	env. 0,2 W/K

Réservoirs d'eau :

Poids d'un réservoir vide :	105 g
Capacité thermique massique d'un réservoir vide :	0,094 J/K
Niveau de remplissage d'eau :	200 ml
Capacité thermique de l'eau du réservoir :	0,836 J/K
Capacité calorifique d'un réservoir plein :	0,930 J/K
Coefficient de transfert de chaleur α :	0,7 ... 0,8 W/K
Dimensions totales :	244 x 160 x 70 mm ³
Poids total :	920 g

4. Rangement, nettoyage, disposition

- Conserver l'appareil dans un endroit propre, sec et exempt de poussière.
- Débrancher la prise secteur avant de nettoyer l'appareil.
- Ne pas utiliser de produits nettoyants agressifs.
- Utiliser un chiffon doux et humide pour le nettoyage.
- L'emballage doit être éliminé dans les centres de recyclage locaux.
- Si c'est l'appareil proprement dit qui doit être éliminé, il ne doit en aucun cas être jeté aux ordures ménagères. S'il est utilisé à domicile, il peut être éliminé dans les points de collecte mis à disposition par les services publics.
- Veiller à respecter la réglementation relative à l'élimination des déchets électriques et électroniques.



5. Mise en service

Matériel supplémentaire requis :

1 bloc d'alimentation CC 20 V, 5 A à 230 V	1003312
ou	
1 bloc d'alimentation CC 20 V, 5 A à 115 V	1003311
1 multimètre numérique	1018832
2 paires de câbles d'expérimentation de sécurité	1017718

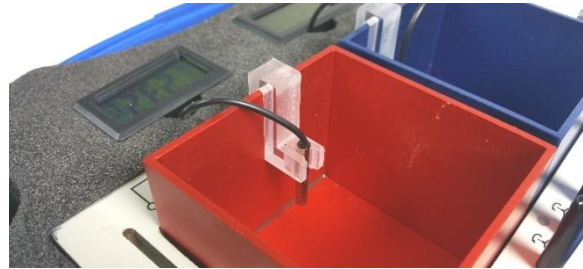


Fig. 1 : Positionnement des capteurs de température

- Si besoin, équiper le thermomètre numérique de piles pour le faire fonctionner.
- Positionner les capteurs de température dans les deux réservoirs comme illustré à la Fig. 1.



Fig. 2 : Unité de mélange connecté avec mini-agitateurs montés

- Retirer les mini-agitateurs et l'unité de mélange de leurs pochettes dans la mallette de transport.
- Monter les bâtonnets agitateurs avec le couplage sur les arbres moteur.
- Brancher l'unité de mélange sur le triplet de bornes au centre.

Remarque : L'unité de mélange fonctionne dès qu'on applique une tension d'alimentation à la paire de bornes de gauche. En revanche, le module Peltier n'est activé que si l'on effectue un pontage de la paire de bornes de droite ou si l'on raccorde un ampèremètre.

- Verser 200 ml d'eau dans chaque réservoir.
- Brancher la tension d'alimentation pour mettre les agitateurs en marche et veiller à une répartition homogène de la température.

5. Expériences

5.1 Fonctionnement symétrique comme pompe à chaleur

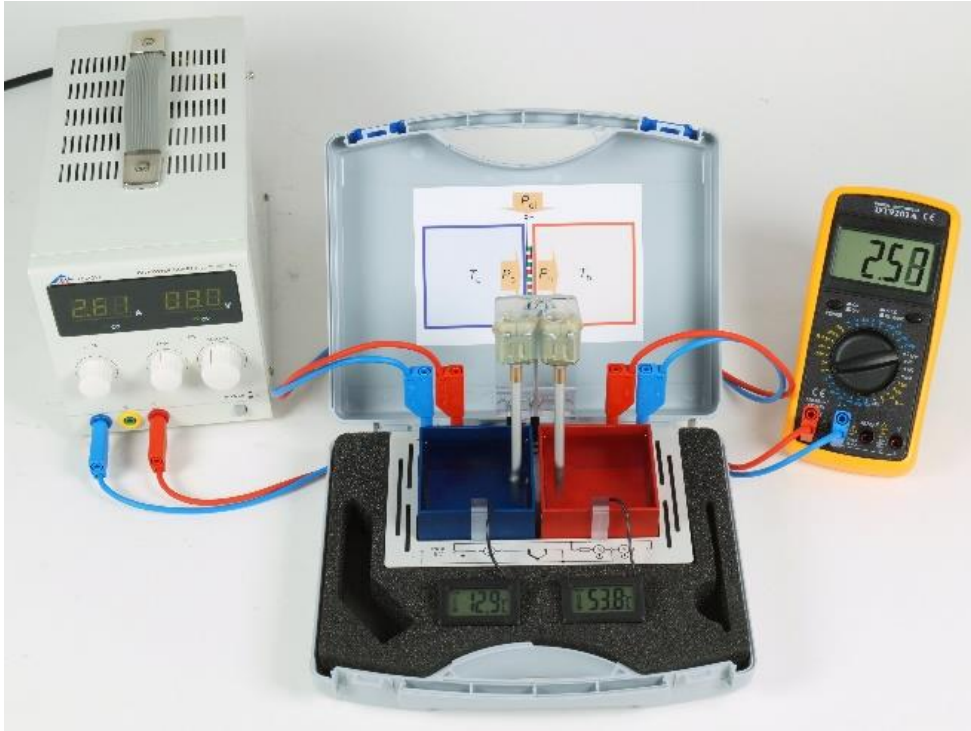


Fig. 3 : Montage expérimental

- Noter la température initiale dans chacun des deux réservoirs.
- Eteindre l'alimentation en tension et brancher le multimètre numérique en guise d'ampèremètre (plage de mesure max. 10 A).
- Allumer l'alimentation et régler sur une tension constante située entre 6 et 8 V.
- Démarrer le chronomètre.
- Toutes les 30 s, noter les températures T_c et T_h des deux réservoirs, ainsi que l'intensité du courant I .

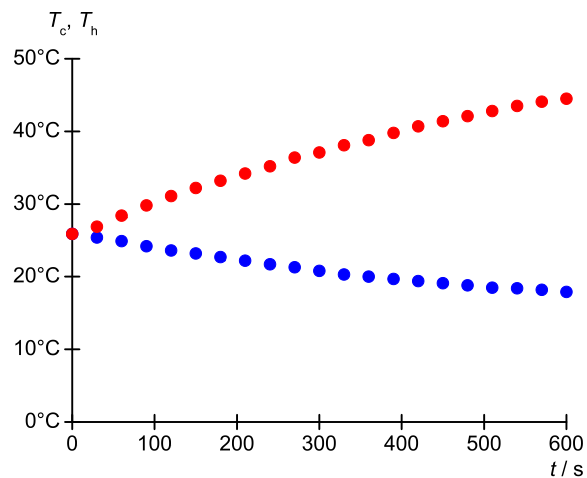


Fig. 4 : Courbe temporelle des températures dans les deux récipients en fonctionnement symétrique

Possibilités d'évaluation :

Déterminer la puissance thermique, la puissance frigorifique et la puissance électrique.

Déterminer les rendements, ou coefficients de performance (COP).

Dépendance du courant de l'écart de température à tension d'alimentation constante.

Déterminer la résistance ohmique et le coefficient de Seebeck.

Evaluer la courbe de température en fonction du temps.

Calculer les composantes de l'effet Peltier, des pertes ohmiques (par effet Joule) et du flux thermique retour dans les courbes de température.

5.2 Mesure de la température et de la tension thermoélectrique après l'arrêt de la pompe à chaleur



Fig. 5 : Montage expérimental

- Retirer l'ampèremètre de manière à interrompre le flux du courant à travers le module Peltier et l'utiliser comme voltmètre pour mesurer la tension thermoélectrique.
- Laisser les mini-agitateurs en marche, tout en laissant l'alimentation en tension allumée.
- Toutes les 30 s, noter les températures T_c et T_h des deux réservoirs, ainsi que la tension thermoélectrique U .

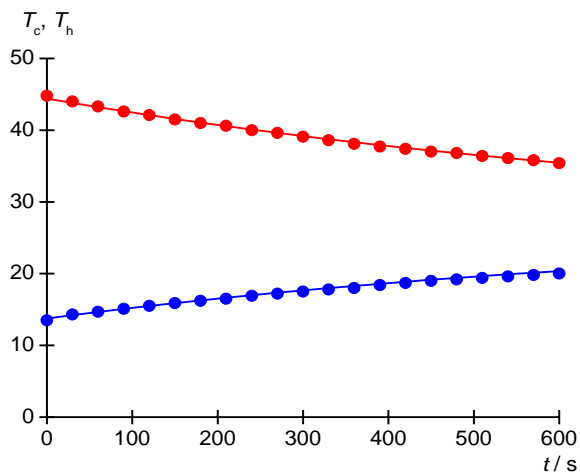


Fig.6 : Courbe temporelle des températures dans les deux bacs après extinction de la pompe à chaleur

Possibilités d'évaluation :

Représentation de la tension thermoélectrique en fonction de l'écart de température

Déterminer le coefficient de Seebeck.

Représenter la valeur moyenne de T_c et T_h en fonction du temps et déterminer le coefficient de transfert de chaleur α .

Représenter l'écart de température en fonction du temps et déterminer le coefficient de conductivité thermique κ .

Remarque : Pour déterminer les coefficients de conductivité thermique et de transfert de chaleur, il est absolument nécessaire de procéder aux mesures le plus longtemps possible, jusqu'à ce que la température ambiante soit pratiquement atteinte.

5.3 Fonctionnement asymétrique

En fonctionnement asymétrique, le réservoir côté chaud est rempli d'eau glacée et sa température est maintenue constante. L'eau du réservoir côté froid est refroidie par rapport à une température initiale.

6. Évaluation

6.1 Déterminer la puissance de chauffage, de la puissance frigorifique et de l'énergie électrique

Tab. 1: Exemple de mesure

t	T_c	T_h	I	U
0	25,6 °C	25,6 °C	3,2 A	7,62 V
120	23,0 °C	31,2 °C	3,2 A	8,06 V

Puissance de chauffage :

$$P_h = C \cdot \frac{dT_h}{dt} = 930 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot \frac{31,2 - 25,6 \text{ K}}{120 \text{ s}} = 43,4 \text{ W}$$

Puissance frigorifique :

$$P_c = C \cdot \frac{dT_c}{dt} = 930 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot \frac{23,0 - 25,6 \text{ K}}{120 \text{ s}} = -20,2 \text{ W}$$

Puissance électrique :

$$P_{el} = U \cdot I = 3,2 \text{ A} \cdot \frac{7,62 + 8,06}{2} \text{ V} = 25,1 \text{ W}$$

Coefficient de performance :

$$\text{COP}_h = \frac{P_h}{P_{el}} = \frac{43,4 \text{ W}}{25,2 \text{ W}} = 1,73$$

$$\text{COP}_c = \frac{P_c}{P_{el}} = \frac{-20,2 \text{ W}}{25,2 \text{ W}} = -0,80$$

$$\text{COP}_h + \text{COP}_c = 0,93$$

Remarque : Les rendements dépendent aussi bien du courant I que de l'écart de température ΔT .

6.2 La tension thermique en fonction de l'écart de température

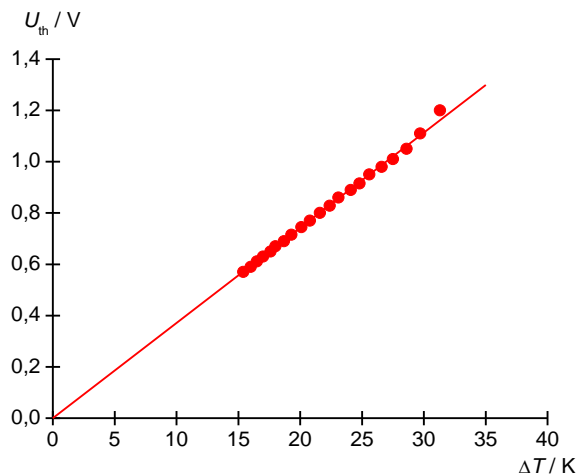


Fig. 7 : La tension thermique mesurée pendant la phase décroissante en fonction de l'écart de température

La tension thermoélectrique U_{th} entre les deux jonctions du module Peltier dépend linéairement de la différence de température. Elle peut être mesurée lorsqu'il n'y a pas de courant I :

$$U_{th} = S \cdot (T_h - T_c) = S \cdot \Delta T$$

S : Coefficient de Seebeck du module Peltier

6.3 La tension d'alimentation en fonction de l'écart de température

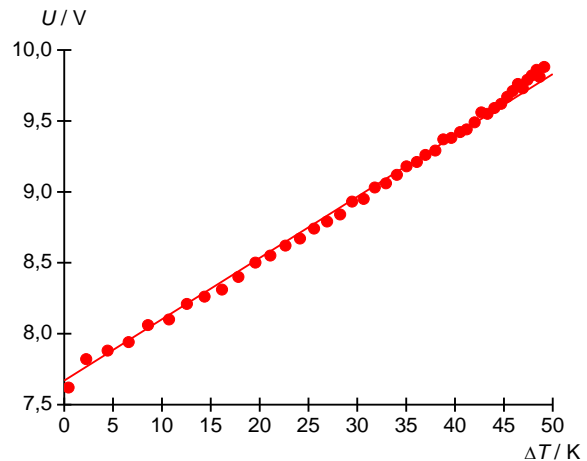


Fig. 8 La tension d'alimentation mesurée pendant la phase de pompage à courant constant en fonction de l'écart de température

Pour générer le courant I , une tension

$$U_0 = R \cdot I + S \cdot \Delta T$$

R : résistance électrique du module Peltier

doit être appliquée, ou la puissance électrique

$$P_{el} = U_0 \cdot I = R \cdot I^2 + S \cdot \Delta T \cdot I$$

doit être introduite. Il est donc essentiel de définir si l'alimentation en courant se fait en fonctionnement « courant constant » ou « tension constante ».

6.4 Description des courbes de température pendant la phase de pompage et la phase décroissante

Lorsqu'un courant électrique I traverse le module Peltier, le côté froid du module absorbe la chaleur Q_c du réservoir couplé et transfère la chaleur Q_h du côté chaud à l'autre réservoir.

Pour les puissances correspondantes, on a la relation :

$$P_h = \frac{dQ_h}{dt} = S \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 - \kappa \cdot (T_h - T_c),$$

$$P_c = \frac{dQ_c}{dt} = -S \cdot I \cdot T_c + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 + \kappa \cdot (T_h - T_c)$$

S : Coefficient de Seebeck

R : Résistance ohmique,

κ : Coefficient de conductivité thermique

Le premier terme décrit l'effet Peltier, le second les pertes ohmiques qui sont transmises de manière homogène aux deux réservoirs sous forme de chaleur ohmique (chaleur par effet Joule), et le troisième terme décrit le flux thermique « retour » à travers le module Peltier.

Dans la pratique, il faut également considérer le transfert de chaleur à l'environnement ambiant et/ou l'absorption de chaleur provenant de l'environnement ambiant. En bonne approximation, on a la relation

$$P_{h \rightarrow 0} = \frac{dQ_{h \rightarrow 0}}{dt} = \alpha \cdot (T_h - T_0),$$

$$P_{c \rightarrow 0} = \frac{dQ_{c \rightarrow 0}}{dt} = \alpha \cdot (T_c - T_0)$$

T_0 : Température ambiante,

α : Coefficient de transfert de chaleur

La dissipation et l'absorption de chaleur se traduisent par un changement de température dans les réservoirs couplés. De manière générale, on a les équations différentielles

$$C \cdot \frac{dT_h}{dt} =$$

$$S \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 - \kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_h - T_0)$$

$$C \cdot \frac{dT_c}{dt} =$$

$$-S \cdot I \cdot T_c + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 + \kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_c - T_0)$$

Phase initiale :

Lorsque le système démarre à la température ambiante dans les deux réservoirs, la conduction thermique et le transfert de chaleur ne jouent encore aucun rôle dans la phase initiale. Par conséquent, on a pour la phase initiale :

$$C \cdot \frac{dT_h}{dt} = S \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

$$C \cdot \frac{dT_c}{dt} = -S \cdot I \cdot T_c + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

Lorsqu'on inverse la polarité du courant, les rôles des réservoirs sont également inversés. La température du réservoir de droite diminue, celle du réservoir gauche augmente.

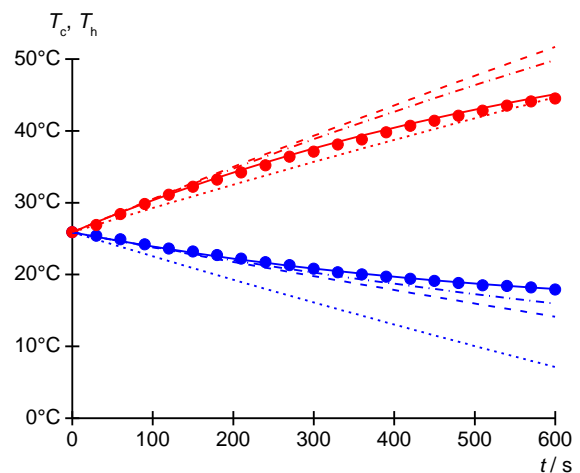


Fig. 9 : Courbe de la température, mesurée et calculée pendant la phase de pompage

- - - - : Influence de l'effet Peltier
- - - - : Influence de l'effet Peltier & de la chaleur ohmique (par effet Joule)
- . - - : Prise en considération de la conduction thermique
- — — : Prise en considération de la conduction thermique et du transfert de chaleur à l'environnement

Phase décroissante :

Lorsque le flux de courant est interrompu et que par conséquent, la puissance de pompage du module Peltier est déconnectée, alors les températures dans les réservoirs décroissent (relaxation) par rapport à la température environnante.

La formule mathématique s'écrit

$$C \cdot \frac{dT_h}{dt} = -\kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_h - T_0)$$

$$C \cdot \frac{dT_c}{dt} = +\kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_c - T_0)$$

Ou transformée

$$C \cdot \frac{d\Delta T}{dt} = -(2 \cdot \kappa + \alpha) \cdot \Delta T \text{ où } \Delta T = T_h - T_c$$

$$C \cdot \frac{dT_m}{dt} = -\alpha \cdot (T_m - T_0) \text{ où } T_m = \frac{T_h + T_c}{2}$$

Par conséquent, il est judicieux pour déterminer les coefficients κ et α de considérer la relaxation de l'écart de température ΔT et de la valeur moyenne T_m .