

Le froid : perspectives

Hein Auracher

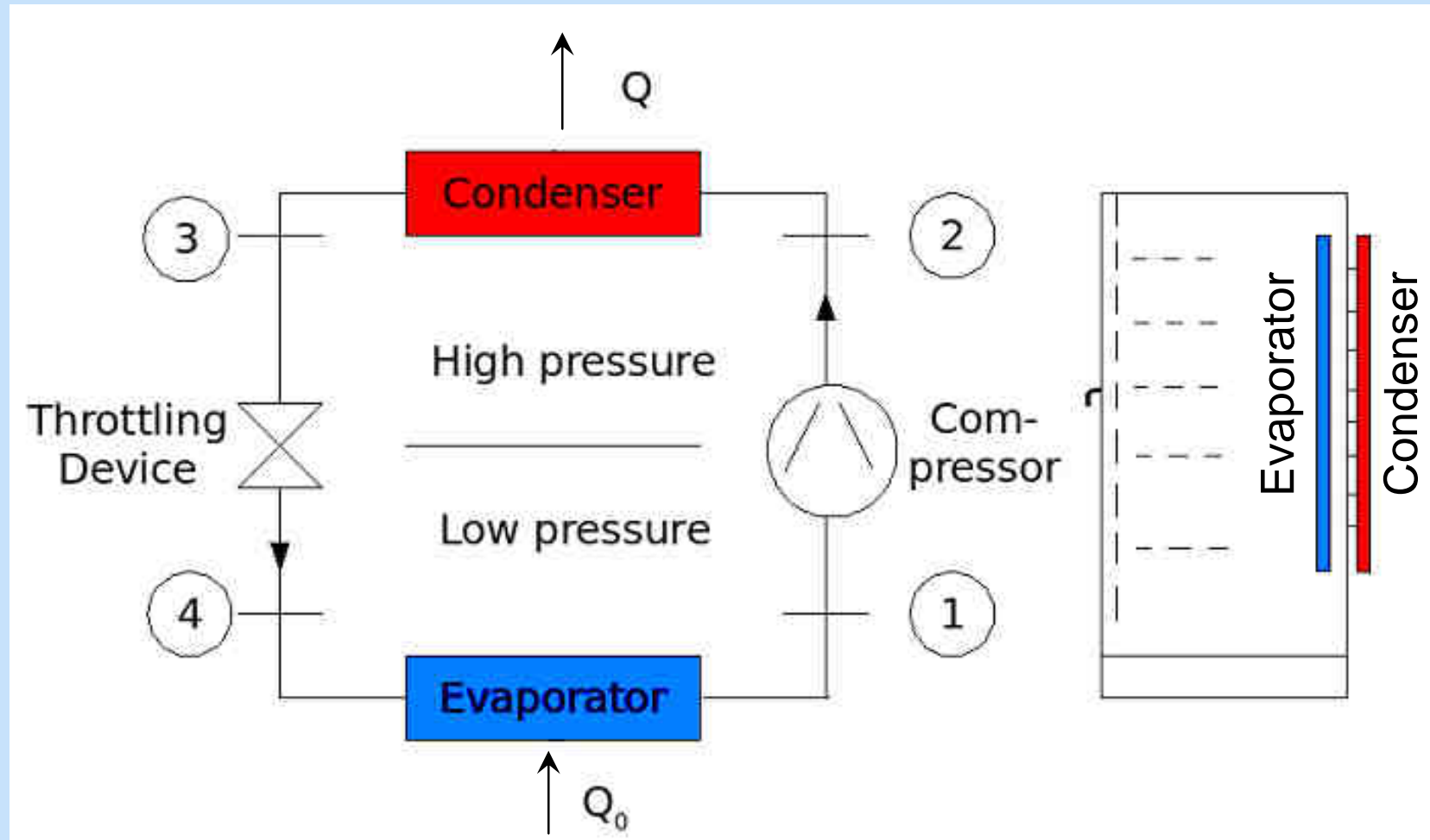
Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik

Déclaration 1

Une révolution aura lieu dans le secteur du froid est peu probable.

Les technologies classiques utilisées dans nos réfrigérateurs domestiques et dans nos supermarchés pour le refroidissement des produits alimentaires, dans le conditionnement d'air, pour la liquéfaction du gaz naturel, etc., continueront à jouer un rôle important et même croissant.

Le classique cycle à compression de vapeur



Déclaration 2

Malgré la Déclaration 1, la technologie n'est pas au point mort. **L'amélioration des procédés classiques afin de réaliser des économies d'énergie et de protéger l'environnement** sera le moteur de l'innovation au cours des décennies à venir.

A l'échelle mondiale, les équipements de refroidissement consomment 15 % de l'électricité produite !

Declaration 3

Le réchauffement planétaire nous oblige à éliminer les fluides (frigorigènes) synthétiques utilisés dans la technologie classique actuelle et de les remplacer par des frigorigènes qui ont peu ou pas d'effet de serre. Mais les nouveaux frigorigènes ont des propriétés différentes. Par conséquent, nous devons adapter ou changer les composants de nos cycles actuels.

Déclaration 4

Depuis toujours, l'homme cherche à améliorer ses conditions de vie. Le froid répond à ses besoins, par exemple par la conservation des produits alimentaires et des vaccins, par le conditionnement d'air, etc.

Dans les pays émergents, la demande est particulièrement forte.

Perspectives

Déclarations 2 à 4 :

Une forte croissance de l'industrie du froid est prévisible à moyen et long terme.

Déclaration 1:

Pas de révolution dans le secteur du froid ?

Les technologies de rupture pourraient radicalement transformer toute ou partie du monde du froid de demain:

- a. La technologie du froid solaire à absorption (adsorption)
- b. Le froid magnétique
- c. Le froid acoustique (tube à gaz pulsé)
- d. Le froid thermoélectrique (effet Peltier)

Le froid solaire

Refroidir grâce à la chaleur du soleil ?

Le procédé répond aux 1^{ère} et 2^{ème} lois de la thermodynamique.

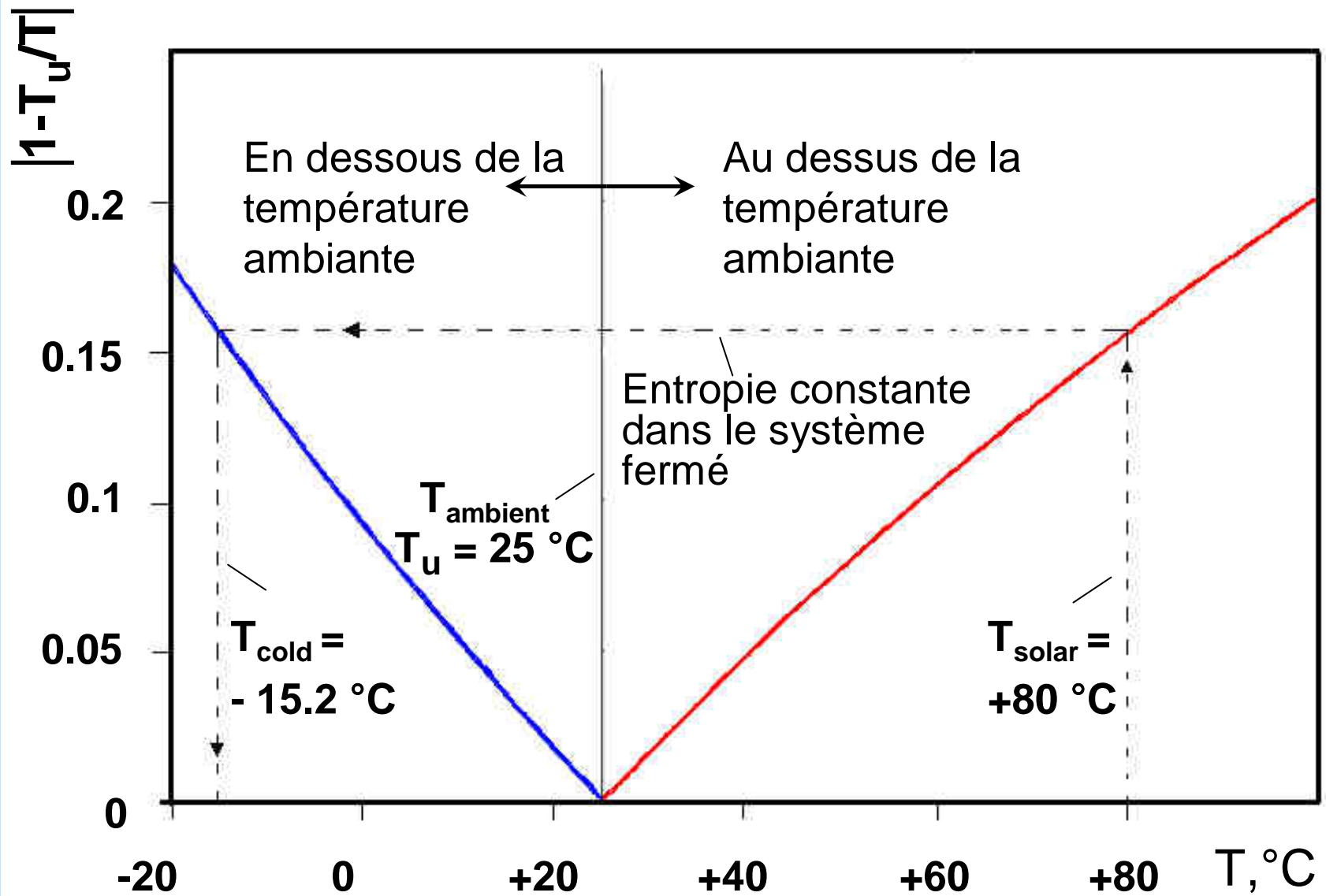
1^{ère} loi :

L'énergie se conserve. Elle ne se crée pas, elle ne disparaît pas : elle se transforme.

2^{ème} loi :

Tout processus de transformation d'énergie doit répondre à une contrainte : **l'Entropie d'un système fermé ne peut que croître.**

Transformation réversible de la chaleur solaire en Froid



Le froid solaire et la technologie à absorption

Transformation de l'énergie :

Chaleur (du soleil) → Froid

Meilleure option probable: l'absorption.

Jusqu'à présent, le chaud était produit au moyen d'énergies conventionnelles (électricité, gaz, pétrole, ...)

Plus l'énergie conventionnelle est chère, plus l'énergie solaire est intéressante ...

Le froid magnétique à température ambiante

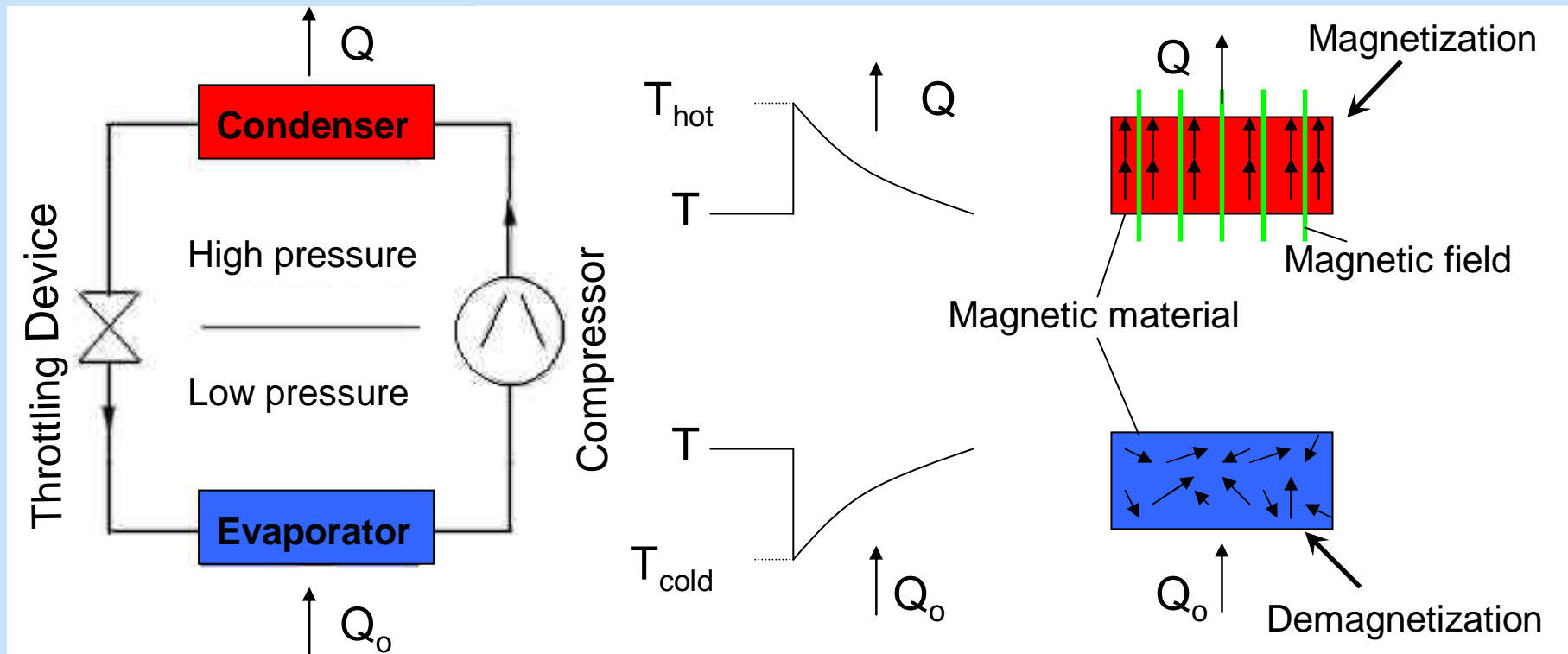
Effet magnétocalorique découvert par Warburg 1881.

Pendant longtemps cantonné aux très basses températures et très faibles puissances.

En 1997 : découverte de « matériaux à effet magnétocalorique géant » à température ambiante.

Il est aujourd'hui possible d'atteindre des niveaux de puissance et de température intéressants pour la réfrigération.

Analogie entre le froid classique et le froid magnétique



Perspectives du froid magnétique

« Dans un avenir plus ou moins proche, le froid magnétique remplacera peu à peu les systèmes à compression de vapeur et dominera le marché des technologies du froid. »

(Pecharsky and Gschneidner , Revue Internationale du Froid,
numéro spécial sur le froid magnétique à température ambiante)

Les fluides actifs I

Milieu du 19e siècle

Les **frigorigènes** étaient **d'origine naturelle** : eau (H_2O), air, ammoniac (NH_3), dioxyde de carbone (CO_2), dioxyde de soufre (SO_2), hydrocarbures, etc.

Un bon nombre de ces substances sont toxiques et/ou inflammables, et certaines ont une plage de température d'utilisation restreinte ou présentent de faibles efficacité pour certaines conditions d'utilisation.

Après 1930

Les **frigorigènes synthétiques** ont été mis en œuvre pour éviter ces inconvénients : les CFC, les HCFC.

Les fluides actifs II

Protocole de Montréal, 1987

Les CFC et les HCFC sont éliminés

→ Les HFC sont introduits

Réchauffement planétaire

Les HFC (tout comme les CFC et les HCFC) ont un potentiel de réchauffement planétaire (GWP) très élevé.

→ L'industrie doit développer des frigorigènes à faible GWP.

→ Les frigorigènes naturels reviennent en force.

L'avenir

D'avantage de fluides naturels ou d'avantage de fluides synthétiques ?

L'Institut International du Froid (IIF)

... est **L'Institution** qui guidera la communauté internationale à travers tous ces développements qui façonneront l'avenir grâce aux conférences, aux ateliers, aux séminaires, aux guides, aux communiqués destinés aux décideurs, etc.

Le froid acoustique (à tube à pulsation)

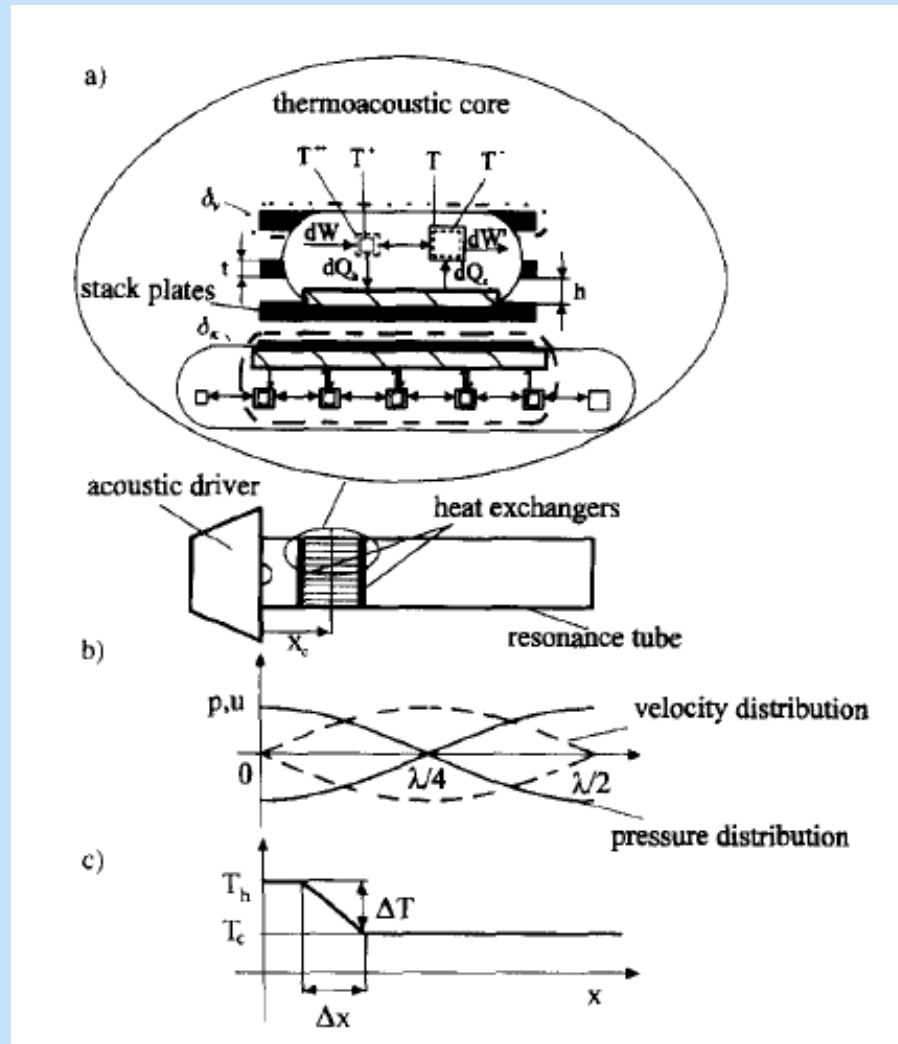


Schéma d'un a pulse-tube refrigerator (PTR)

(d'après Wenzel/ Herman, 1997, IJR 20, 1, 3-21)

Technologie récente:
Gifford and Longsworth ~1960

Avantage :
Pas de frigorigène à risque

Utilisé principalement à basse température:

4 K \rightarrow 1 K: gamme de l'He liquide;
1W à 4 K

à 80 K : p.e pour le refroidissement
de supraconducteurs haute
température; quelques Ww W

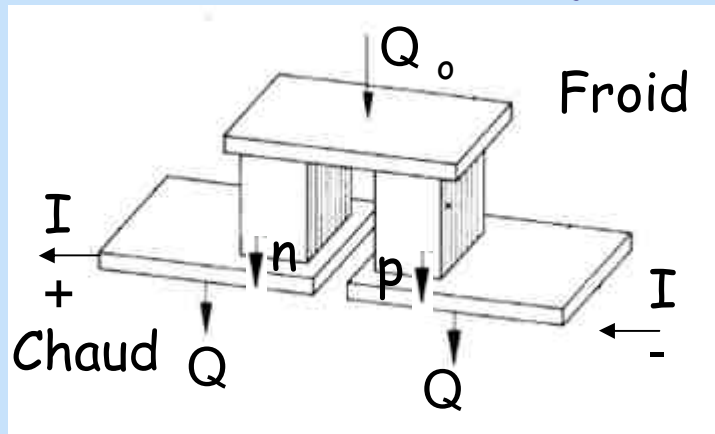
A température ambiante; reste du
domaine du laboratoire:

Efficacité théorique de Carnot :

PTR : 10-20 %

Valeur classique : 35-50 %

Le froid thermoélectrique (effet Peltier)



Peltier (1834)

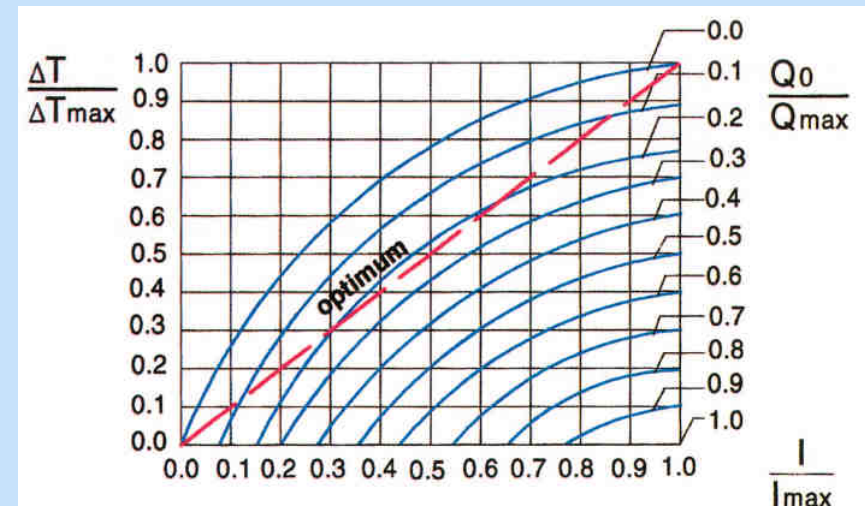
Avantages

- Pas de fluide à risque
- Pas d'élément mobile
- Encombrement réduit
- Inversion chaud / froid par inversion de polarité

Inconvénients

- Faible efficacité ($COP < 0.8$)
- Petites surfaces ($< 60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$)
- Faibles puissances (0 - 500 W)

Diagramme des performances limites



- Deux éléments en (p. e.) Tellure de Bismuth (éléments semi conducteurs de type n & p) forment un couple. L'application d'une DDP aux bornes du couple oblige les électrons à passer de l'élément p à l'élément n. L'énergie nécessaire au passage des électrons dans l'élément n se fait par prélèvement de chaleur dans l'élément (analogie avec l'évaporation).
- L'utilisation d'éléments à plusieurs étages est possible