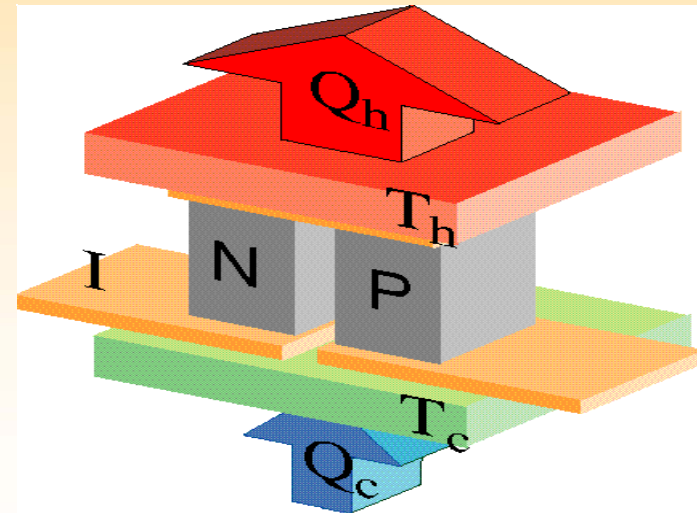
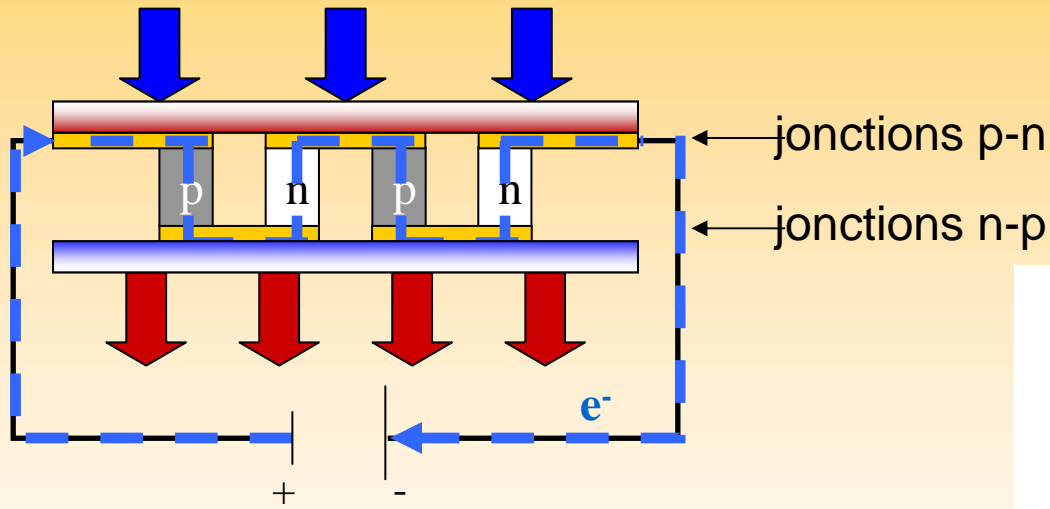
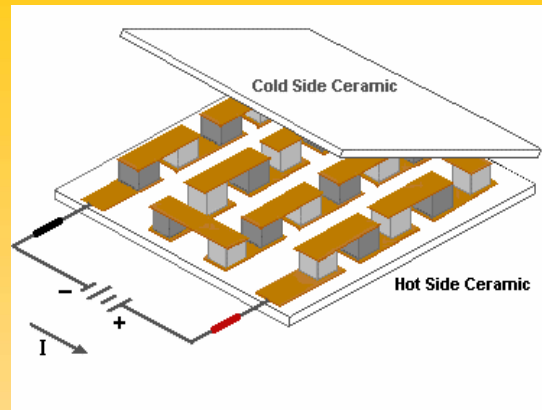


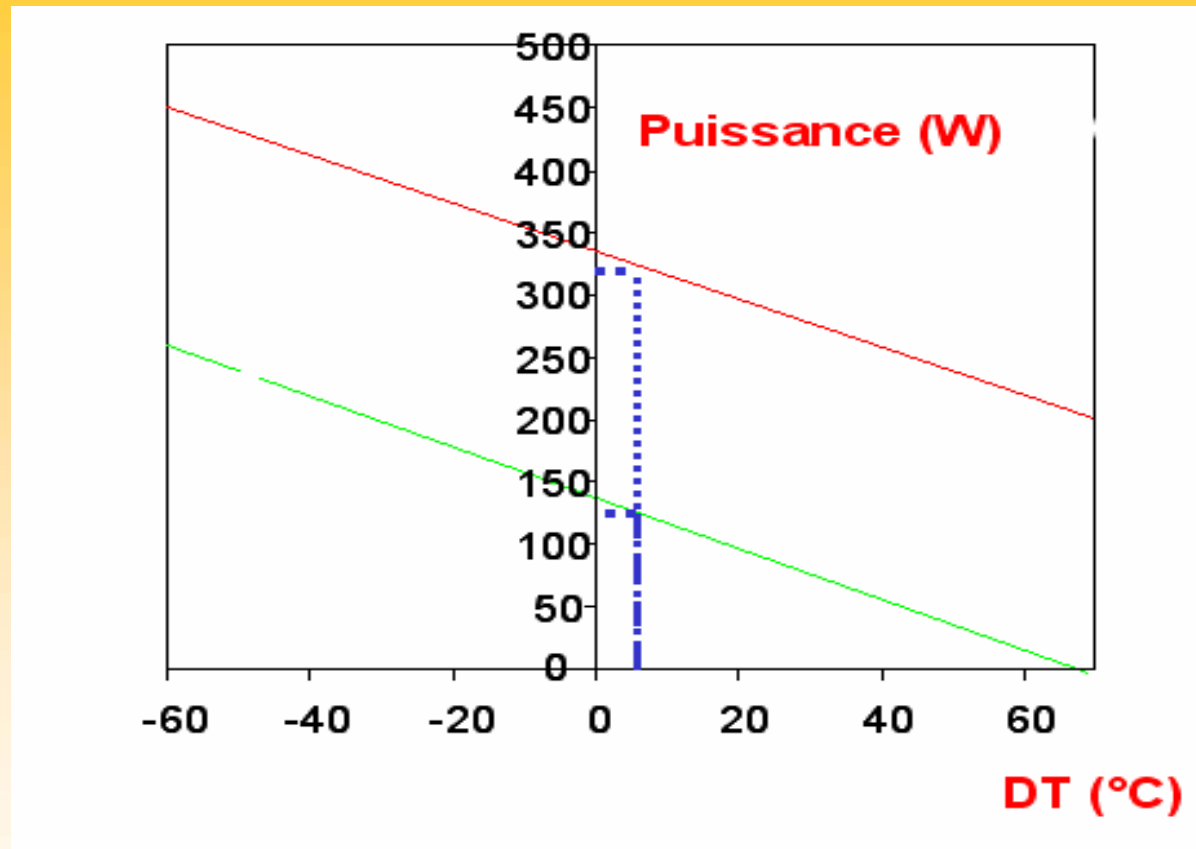
Applications des modules à effet Peltier en réfrigération et en génération d'électricité

Pr. Lingai LUO
LOCIE - Polytech'Savoie





Pompe à chaleur



Puissance en fonction de différence de température

Avantages:

- Pas de pièces mobiles (peu de maintenance et zéro bruit)
- Aucun fluide frigorigène
- Faibles coût
- Taille et poids réduits, grande durée de vie

■ Inconvénient:

- Efficacités inférieures aux P.A.C

Application 1

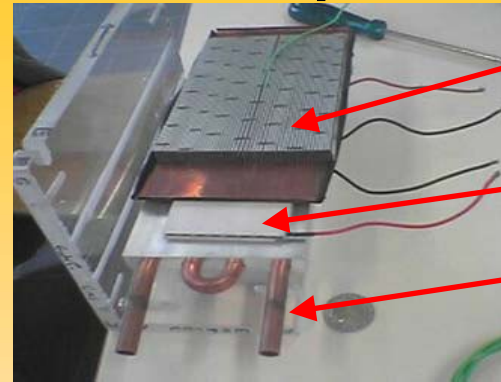
Production de chaud et de froid utilisant des modules thermoélectrique avec alimentation photovoltaïque

Introduction

- Secteur résidentiel et tertiaire
 - 1er consommateur d'énergie en France
 - 25% des émissions totale de gaz à effet de serre
- Les systèmes de conditionnement d'air :
 - 15% de la production électrique mondiale
 - 45% de la consommation énergétique globale des bâtiments commerciaux et des habitats individuels
- Ventilation : 1/3 des besoins énergétiques des habitats
- La demande en refroidissement coïncide avec les période d'ensoleillement fort

Description du dispositif expérimental

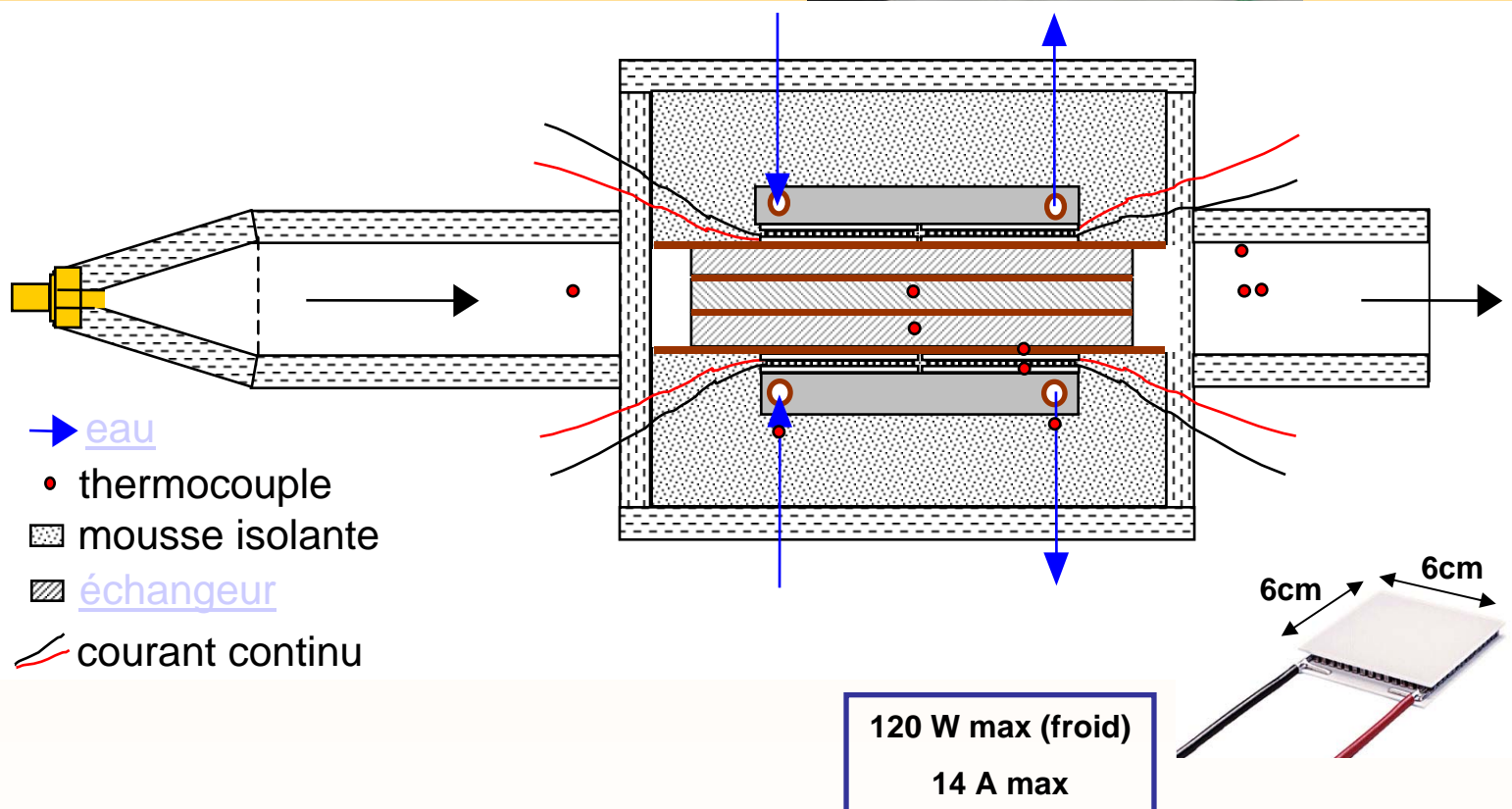
- But de l'expérience:
 - Faisabilité
 - Valider un modèle
- Schéma (vue de dessus):



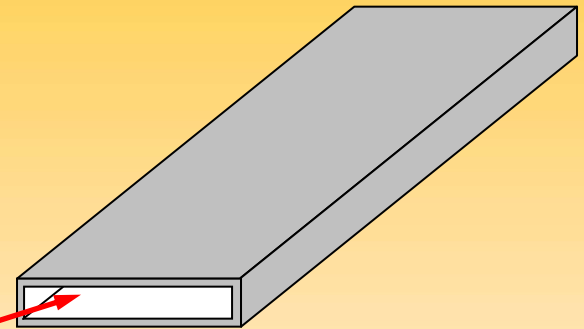
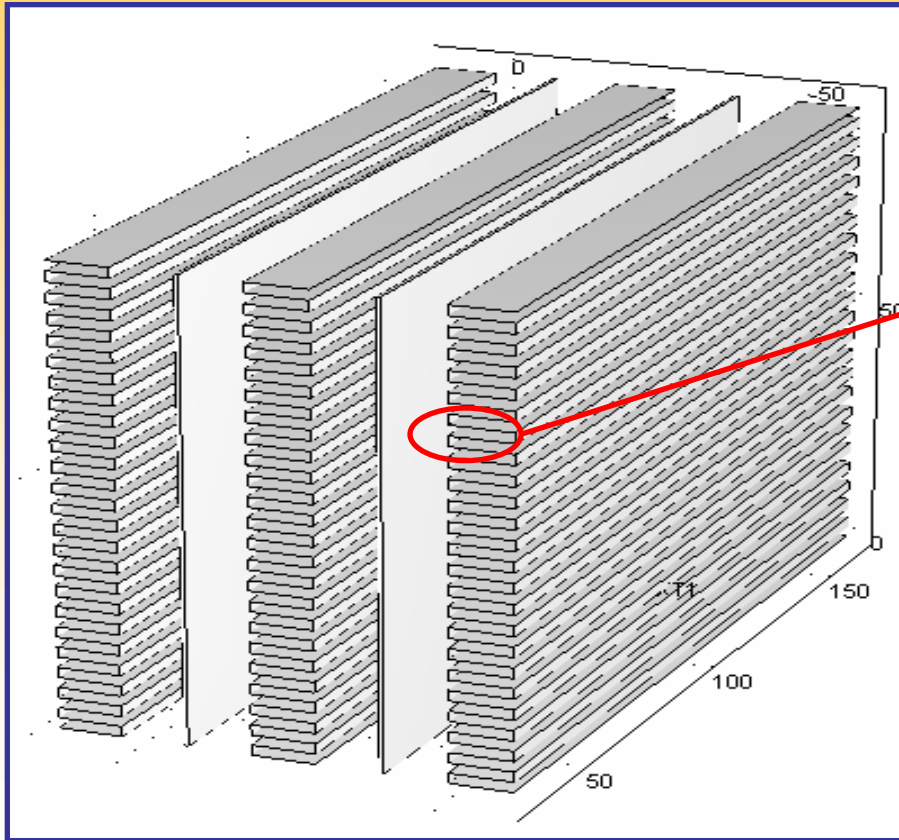
Échangeur air

Module Peltier

Échangeur eau



- Simplification



Canal :
Hauteur: 0.7 mm
Largeur: 10 mm
Longueur: 135 mm

Modélisation du dispositif expérimental

- **Écoulements**

- Profil de vitesse
- Pertes de charge

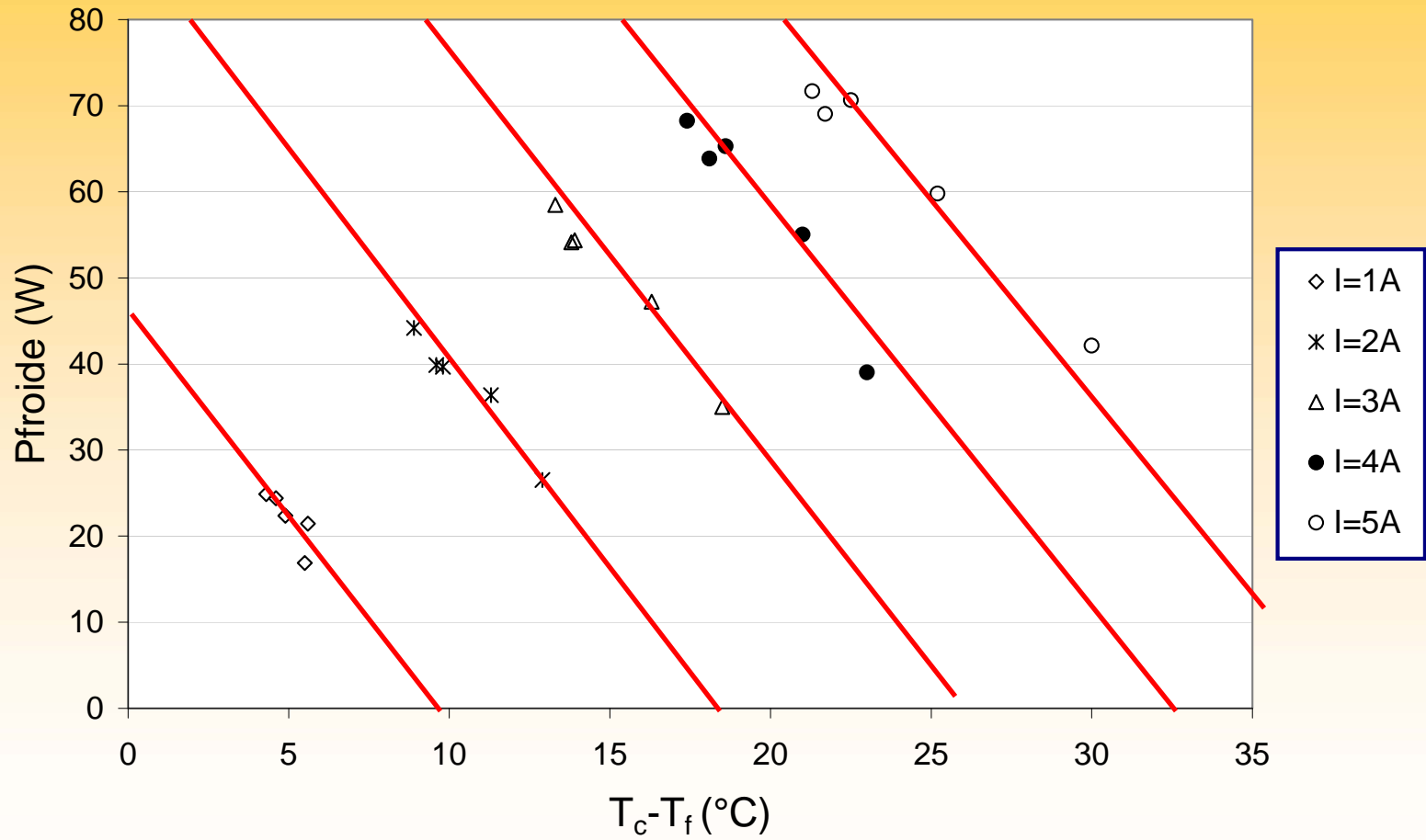
- **Transferts thermiques**

- Profil de températures
- Puissances

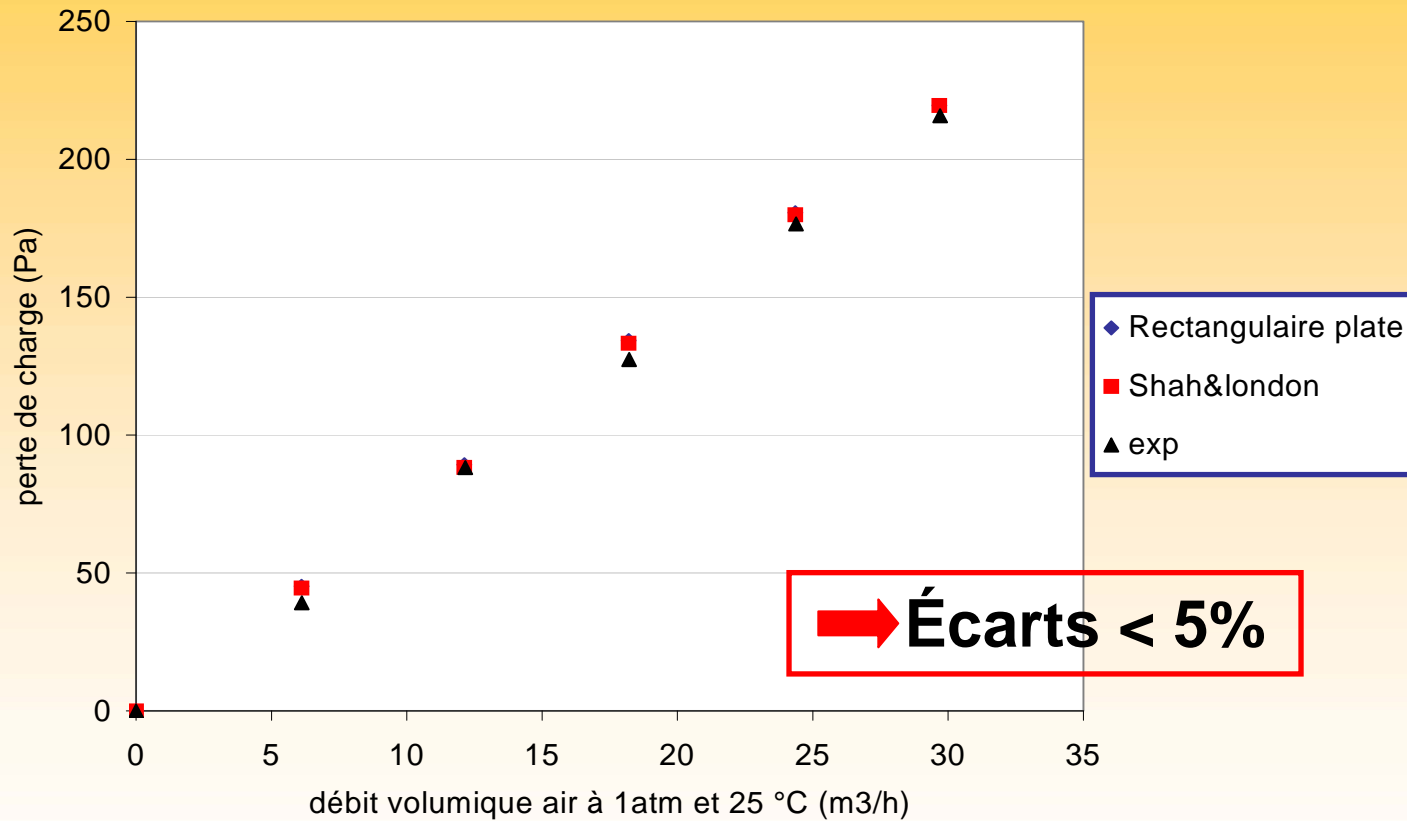
→ Validé par les résultats expérimentaux

→ Généralisation au double flux

➔ Relation linéaire $Q_f = f(T_c - T_f)$

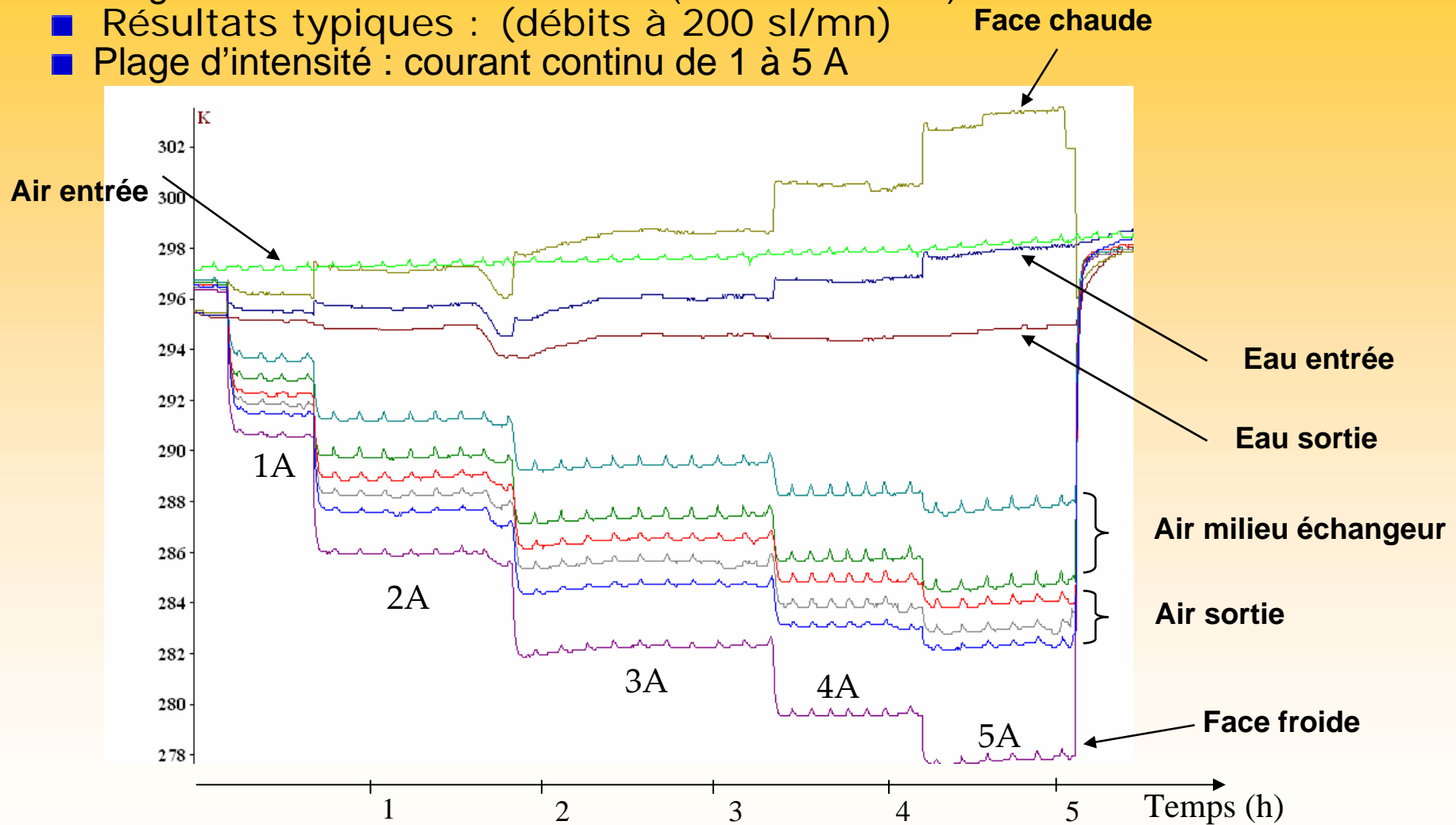


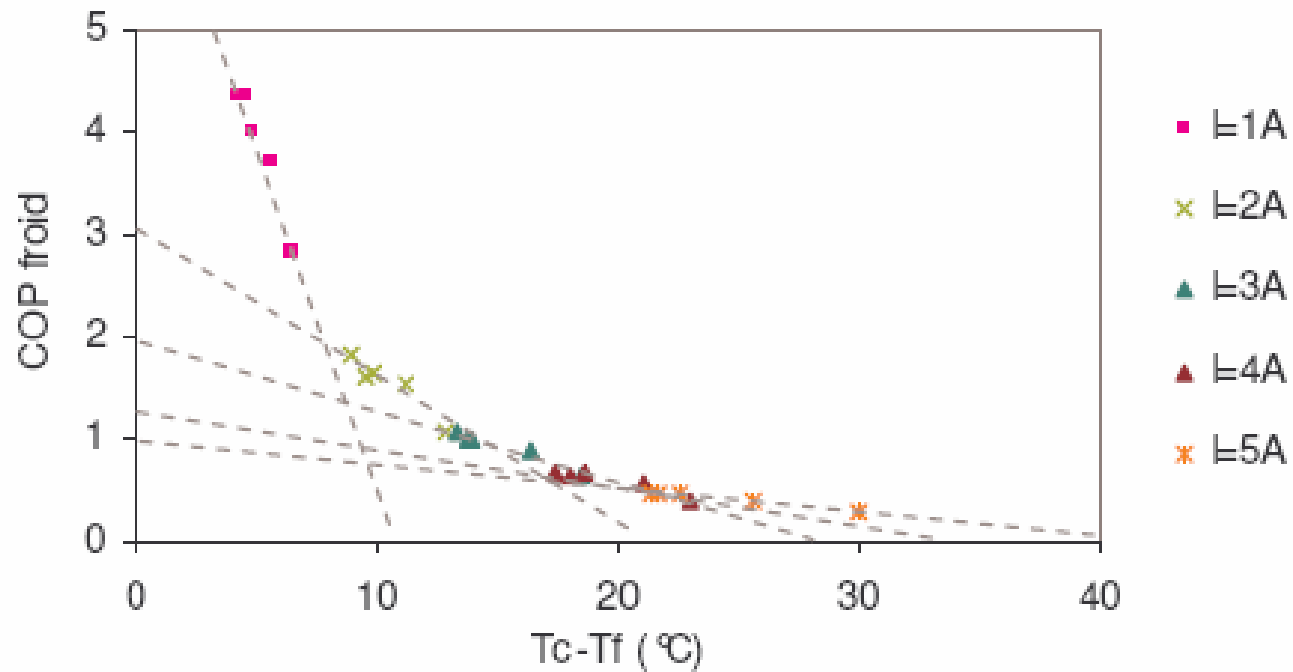
- Confrontation Expérience/Modèle



Processus expérimental

- Plage de débits : 100 à 500 sl/mn (21.1°C et 1 atm)
- Résultats typiques : (débits à 200 sl/mn)
- Plage d'intensité : courant continu de 1 à 5 A

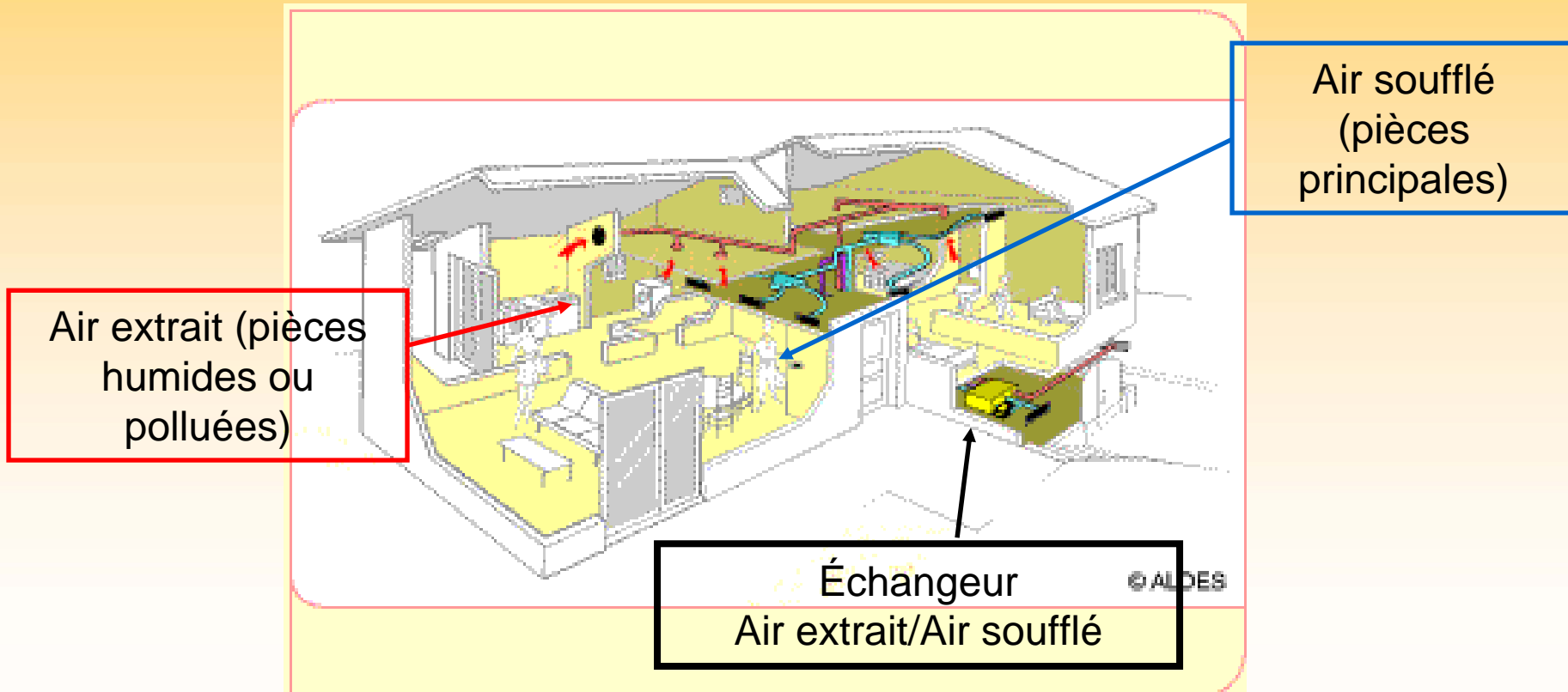




COP froid en fonction de la différence de température entre les faces des modules

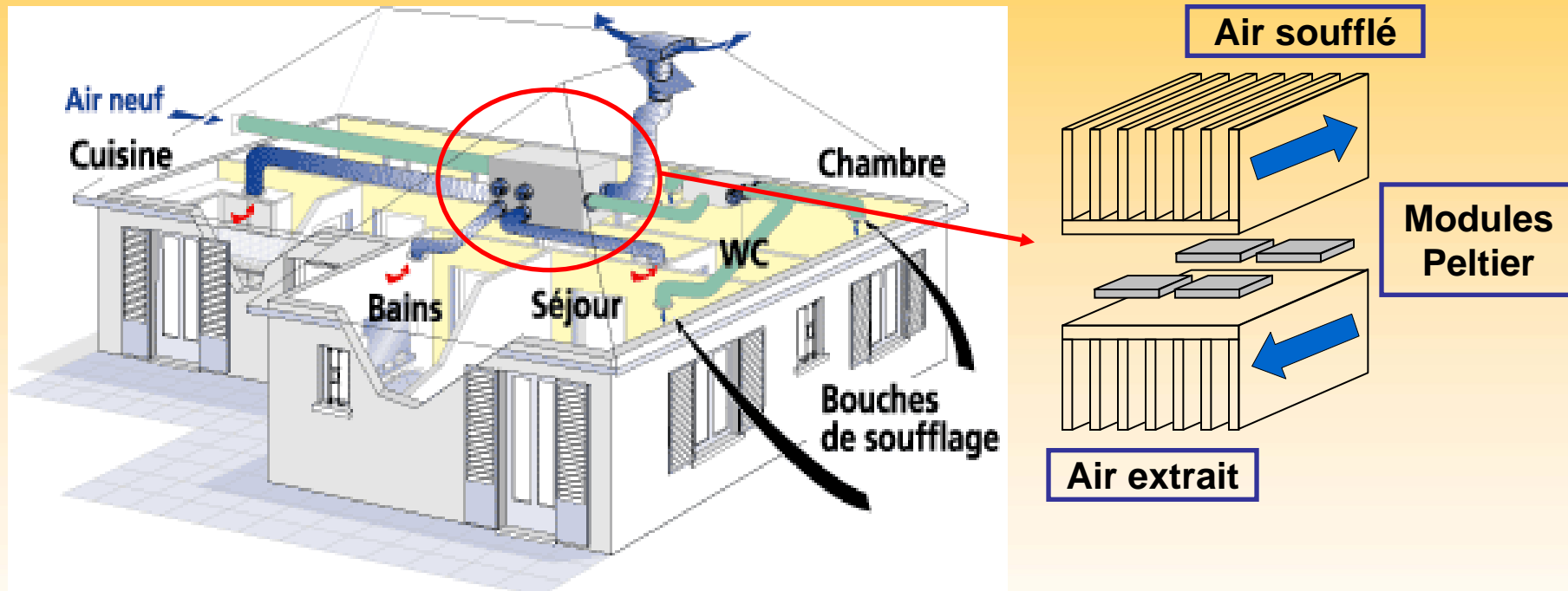
Modélisation du procédé de rafraîchissement Thermoélectrique (VMC-DF)

- Description : Système double flux



Modélisation (suite)

- Description : Système double flux thermoélectrique

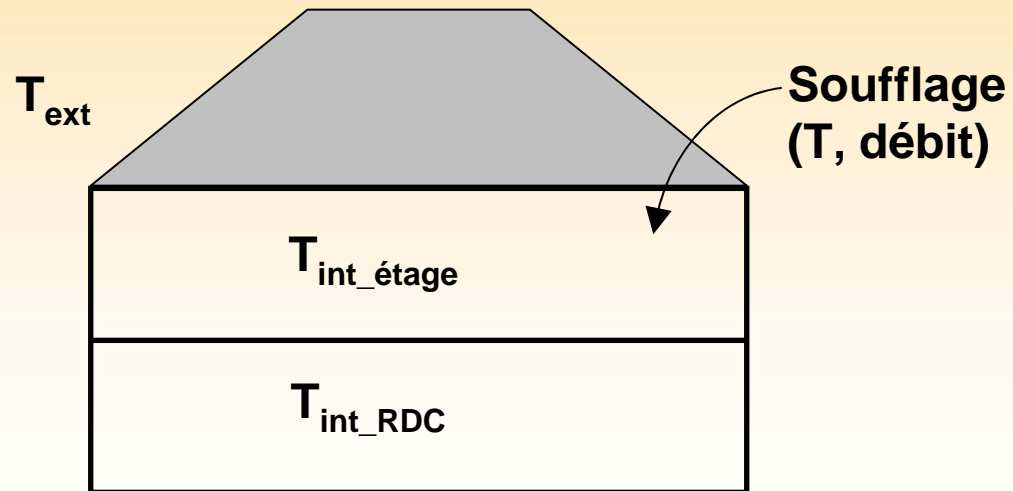


→ Utilisation de l'air extrait pour réduire la différence de température entre faces des modules

Intégration au bâtiment

- But
 - Dimensionnement
 - Effet de la température de soufflage ($T_{\text{soufflé}}$ variable)
 - Possibilité de couplage direct avec le Photovoltaïque? (COP fixé)
- Description

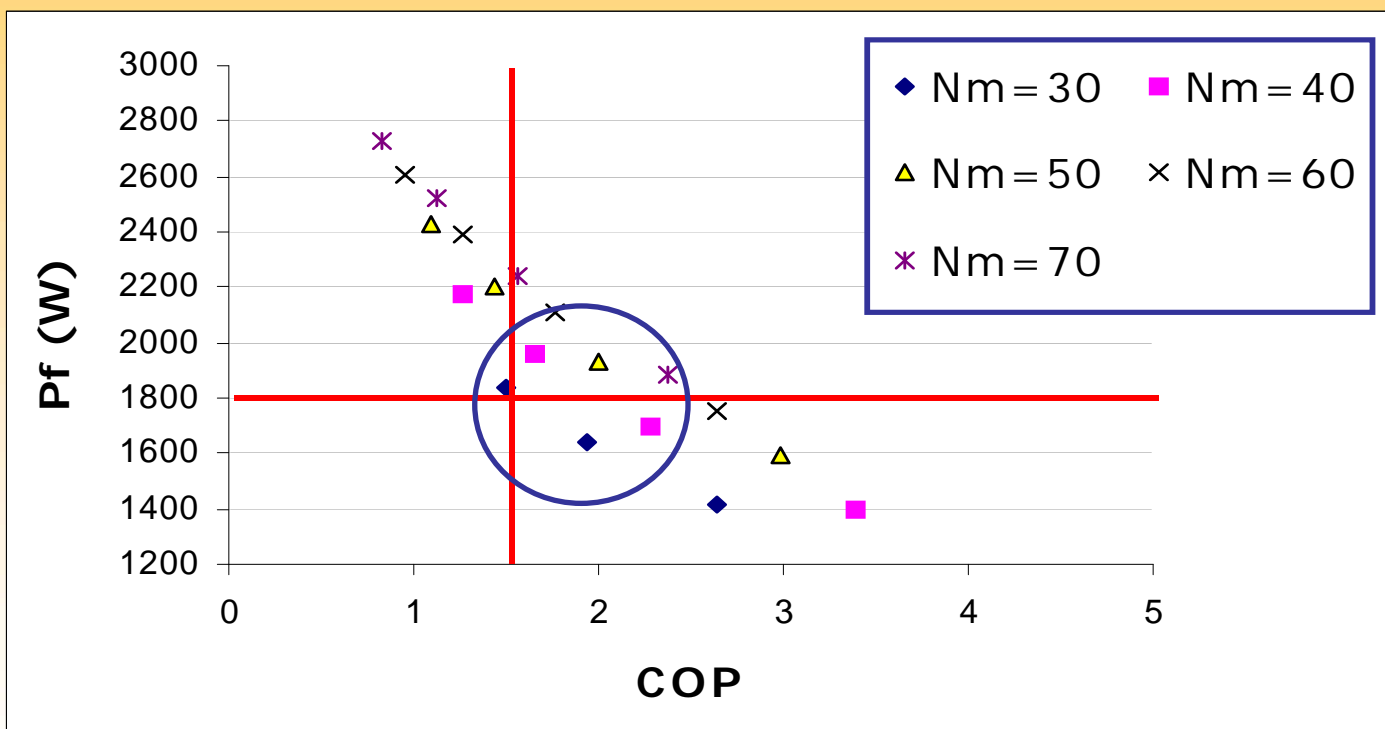
2 étages
120 m² au sol
Maison récente



- Aide au dimensionnement

Cas le plus défavorable: $T_{int}=28.8^{\circ}\text{C}$ $T_{ext}=35^{\circ}\text{C}$

Tsoufflage = $T_{int} - 5^{\circ}\text{C} = 23.8^{\circ}\text{C}$ → Pf max = 1800 W et COP > 1.5



Application 2

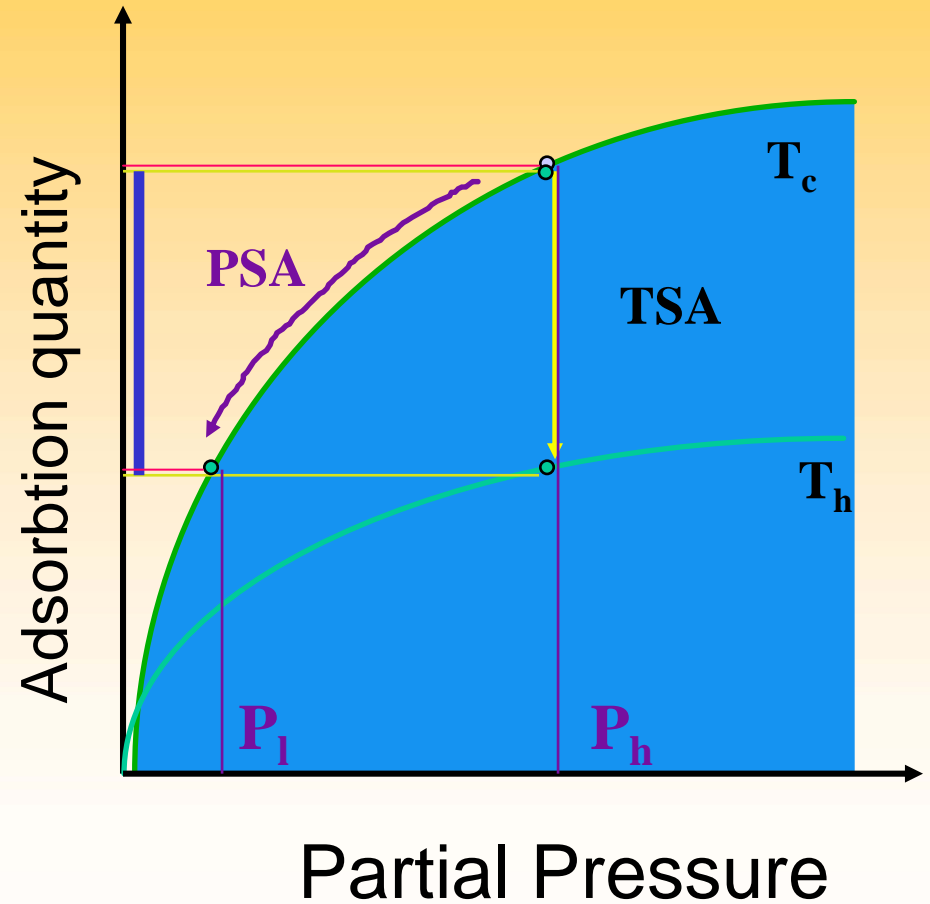
**Fast Thermal Swing Adsorption
Using Thermoelectric Devices and
New Adsorbent**

Adsorption

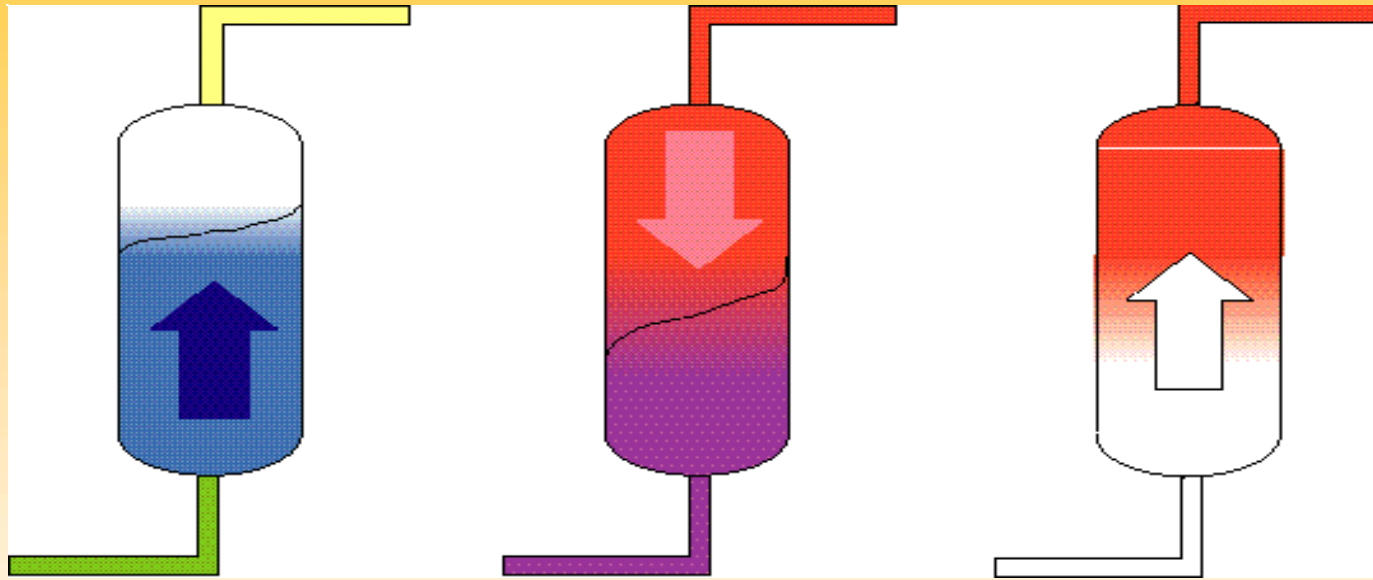
★ Isotherm

★ TSA

★ PSA



Thermal Swing Adsorption TSA



Adsorption

Desorption

Cooling

Hot gas / Steam

Cold gas

Direct Joule effect

Induction

Peltier Effect

Peltier Effect

Peltier Effect

Objectives

★ Rapid adsorption cycles

★ Compact processes

★ Process optimization

→ Rapid input and output of thermal energy



thermoelectric devices



Intensified heat transfer



new adsorbent

Performance

★ Heat pumped $Q_c = 2N \left(\alpha I T_c - \frac{\rho I^2}{2G} - k(T_h - T_c)G \right)$

★ Heat rejected $Q_h = 2N \left(\alpha I T_h - \frac{\rho I^2}{2G} - k(T_h - T_c)G \right)$

★ Devices used

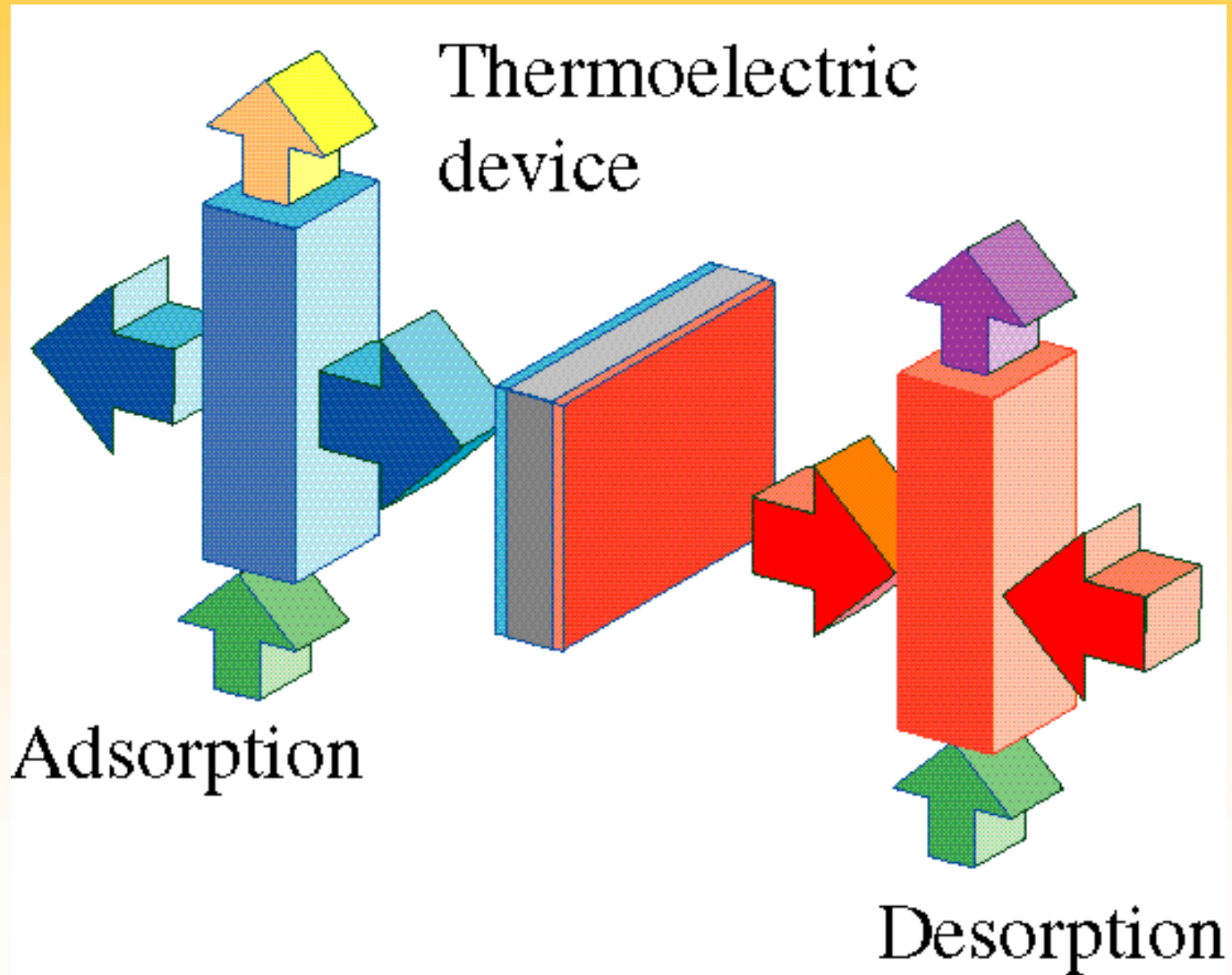
* 6,2 cm x 6,2 cm x 0,45 cm

* $I_{\max} = 14 \text{ A}$ $T_{\max} = 80^\circ\text{C}$ $DT_{\max} = 65^\circ$

* $Q_c = 120\text{W}$ $31 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$

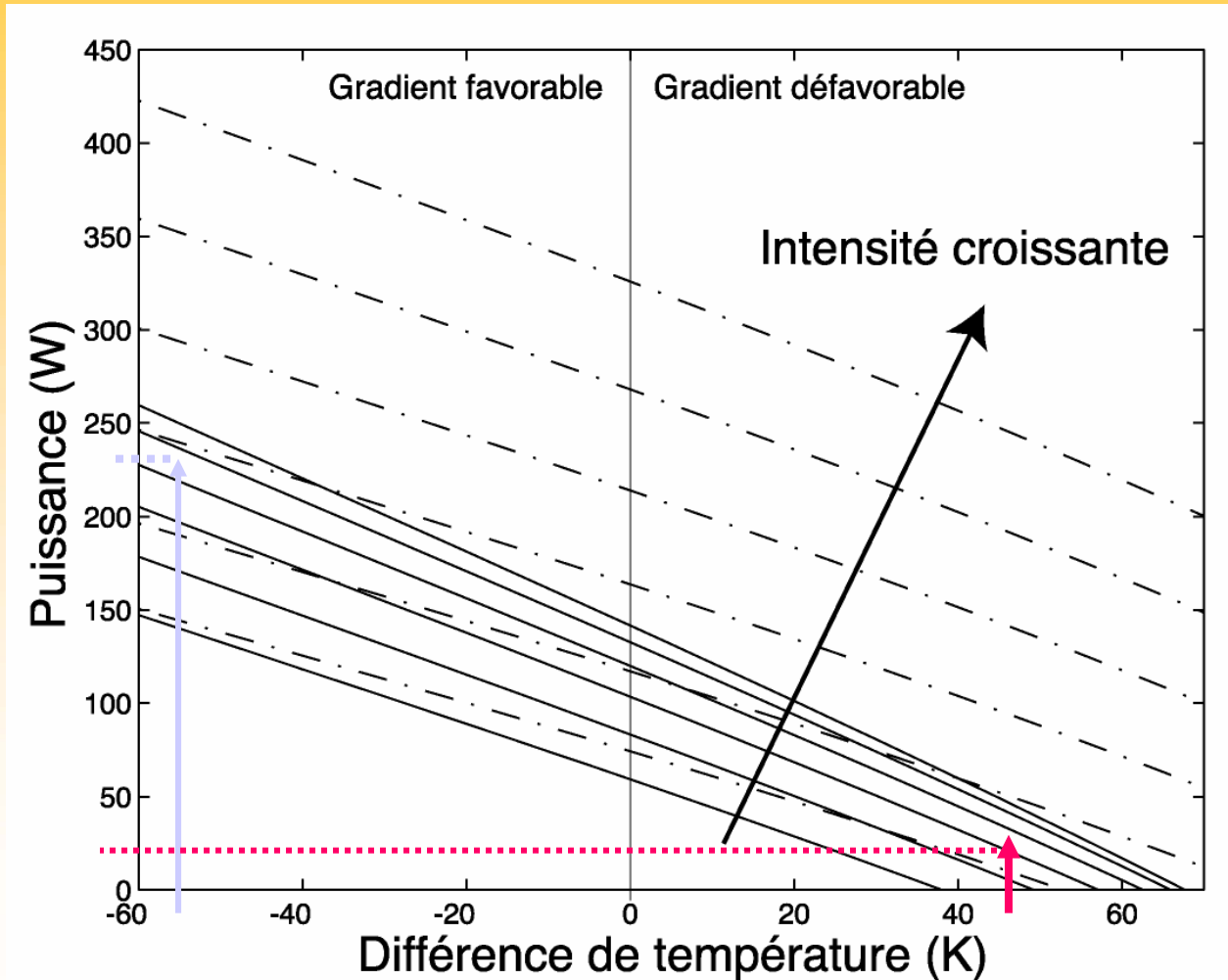
* $Q_h = 300\text{W}$ $78 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$

Use of thermoelectric devices



Transient behavior

————→ *Power Intensification*

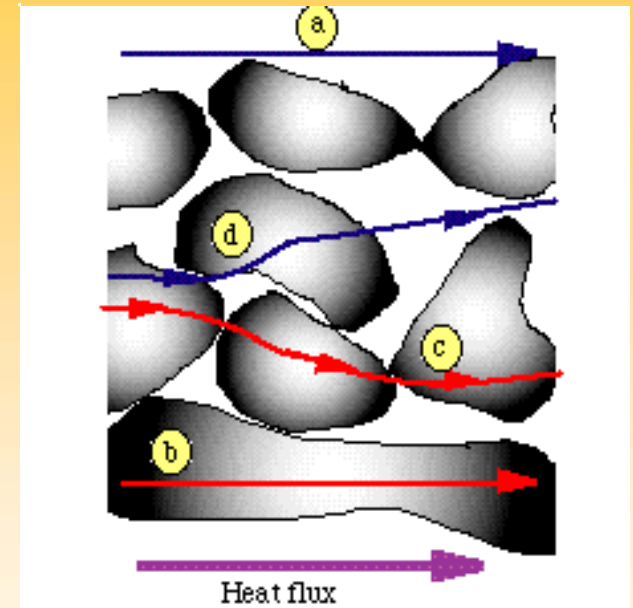


Granular Porous Medium

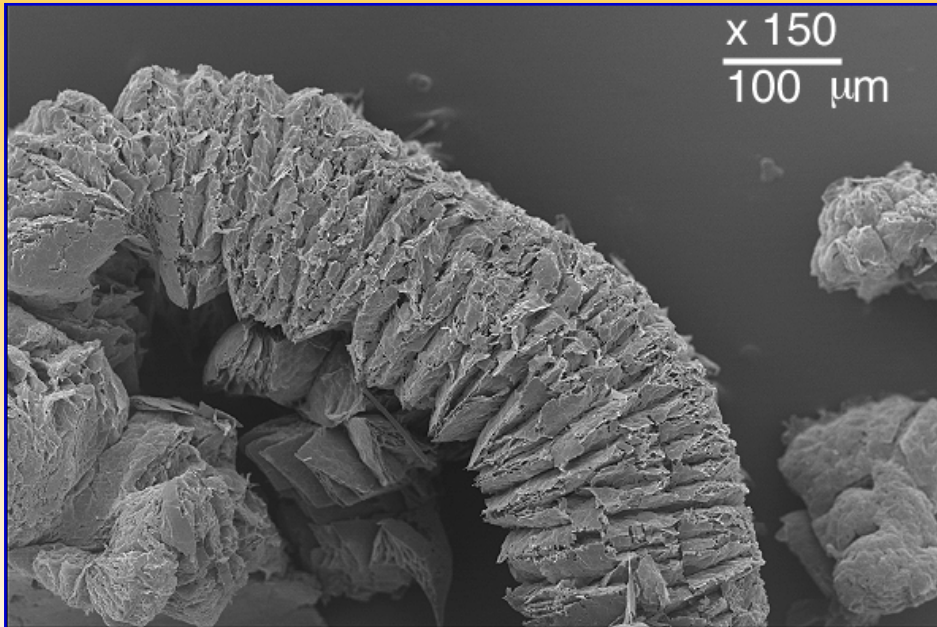
★ low thermal conductivity

★ Intensified heat transfer

- * multimodal mix, powder compaction, monoliths
- * add of graphite or metallic foams
- * use of graphite or metallic fins

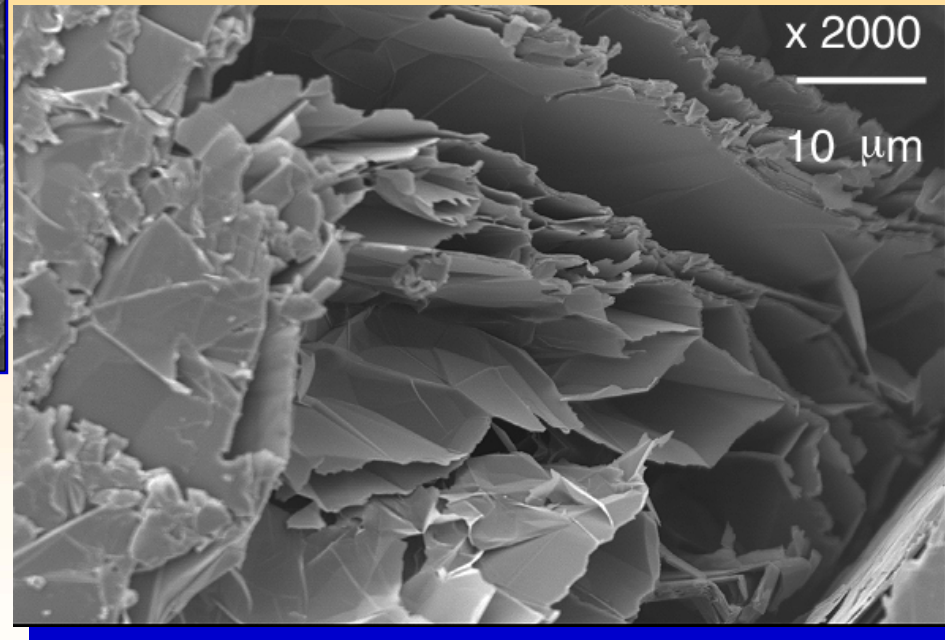


Exfoliated graphite

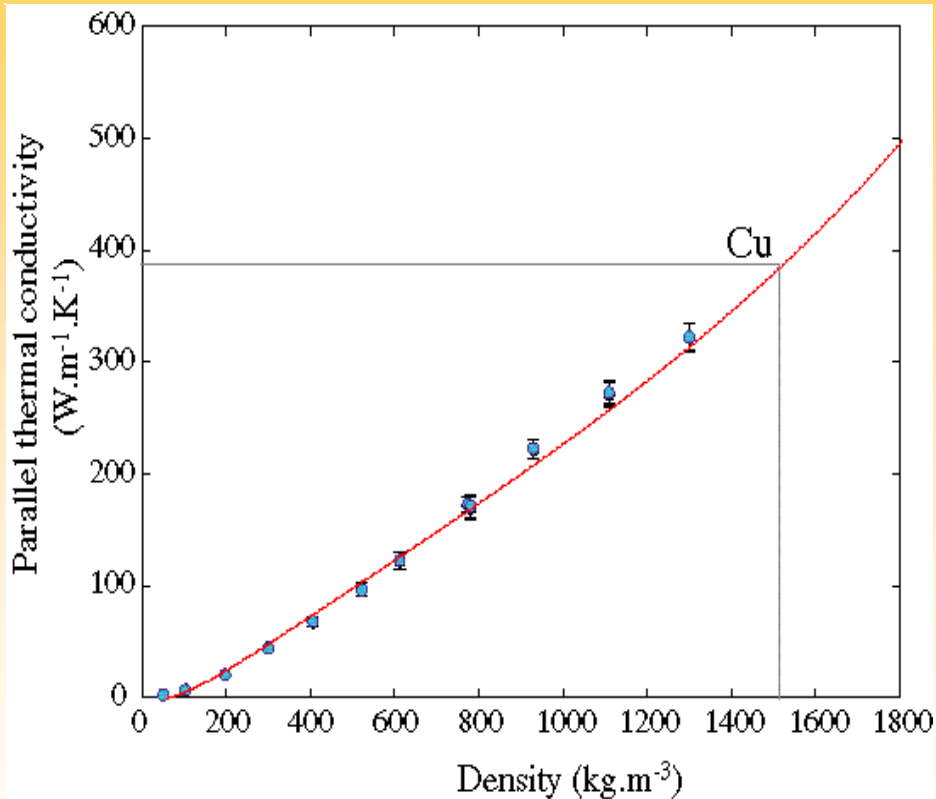


Before compacting
Density 70 g.m^{-3}

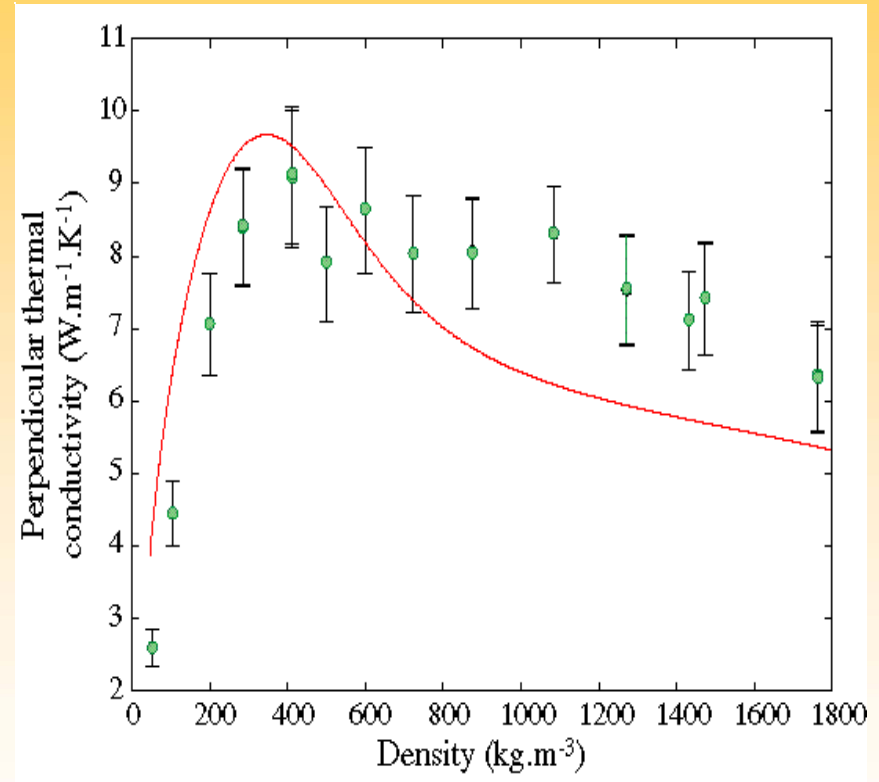
After compacting
Density 400 kg.m^{-3}



Thermal conductivity

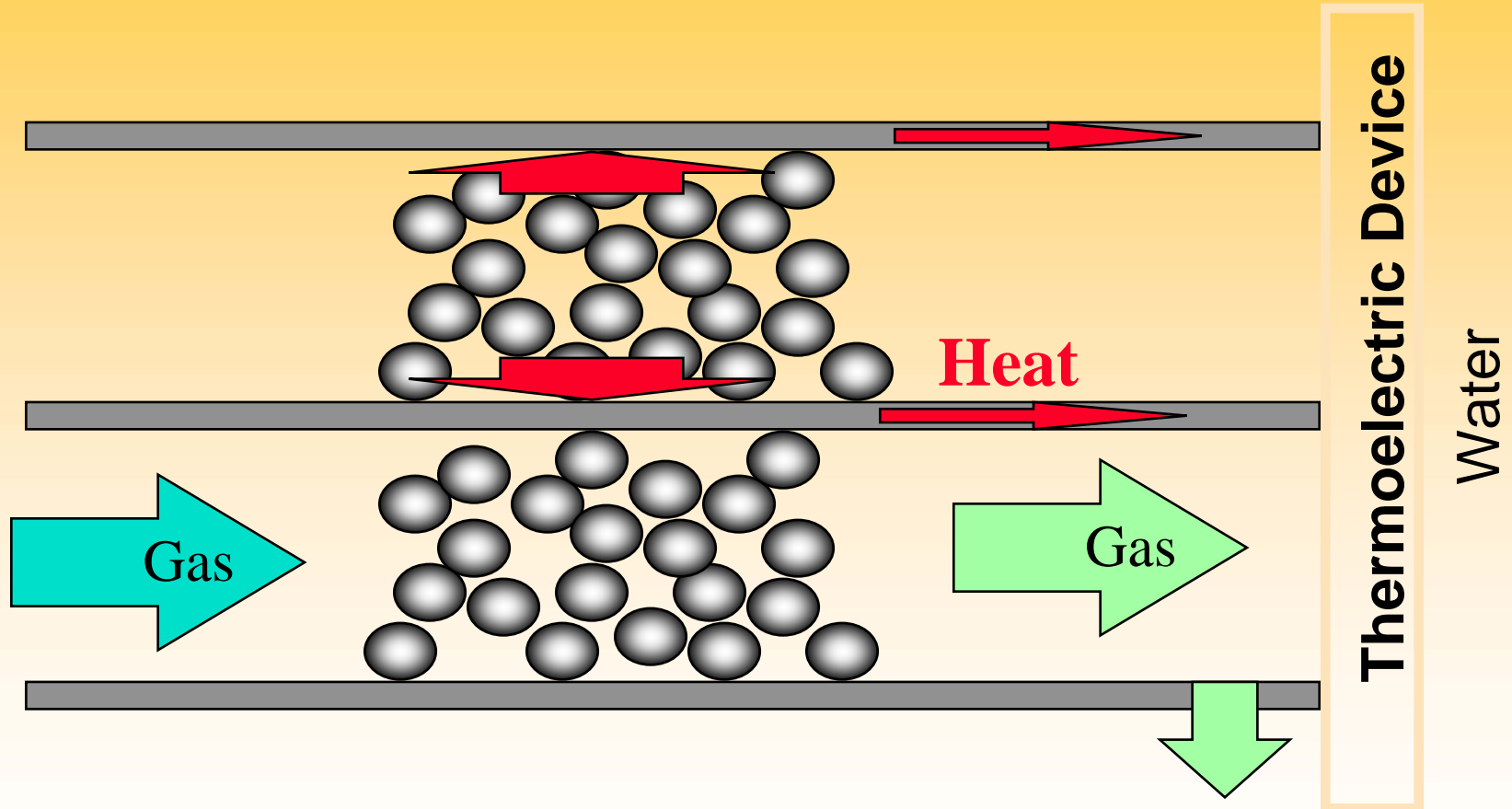


Parallel to graphite sheets

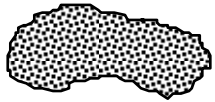


Perpendicular to graphite sheets

Porous media structure



Porous Medium



Activated carbon

Low thermal conductivity

$$\lambda = 0,1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Adsorbent

Natural Exfoliated Graphite

High thermal conductivity

$$\lambda = 300 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Not adsorbent

I x 600

C x 0.8

New adsorbent

High thermal conductivity

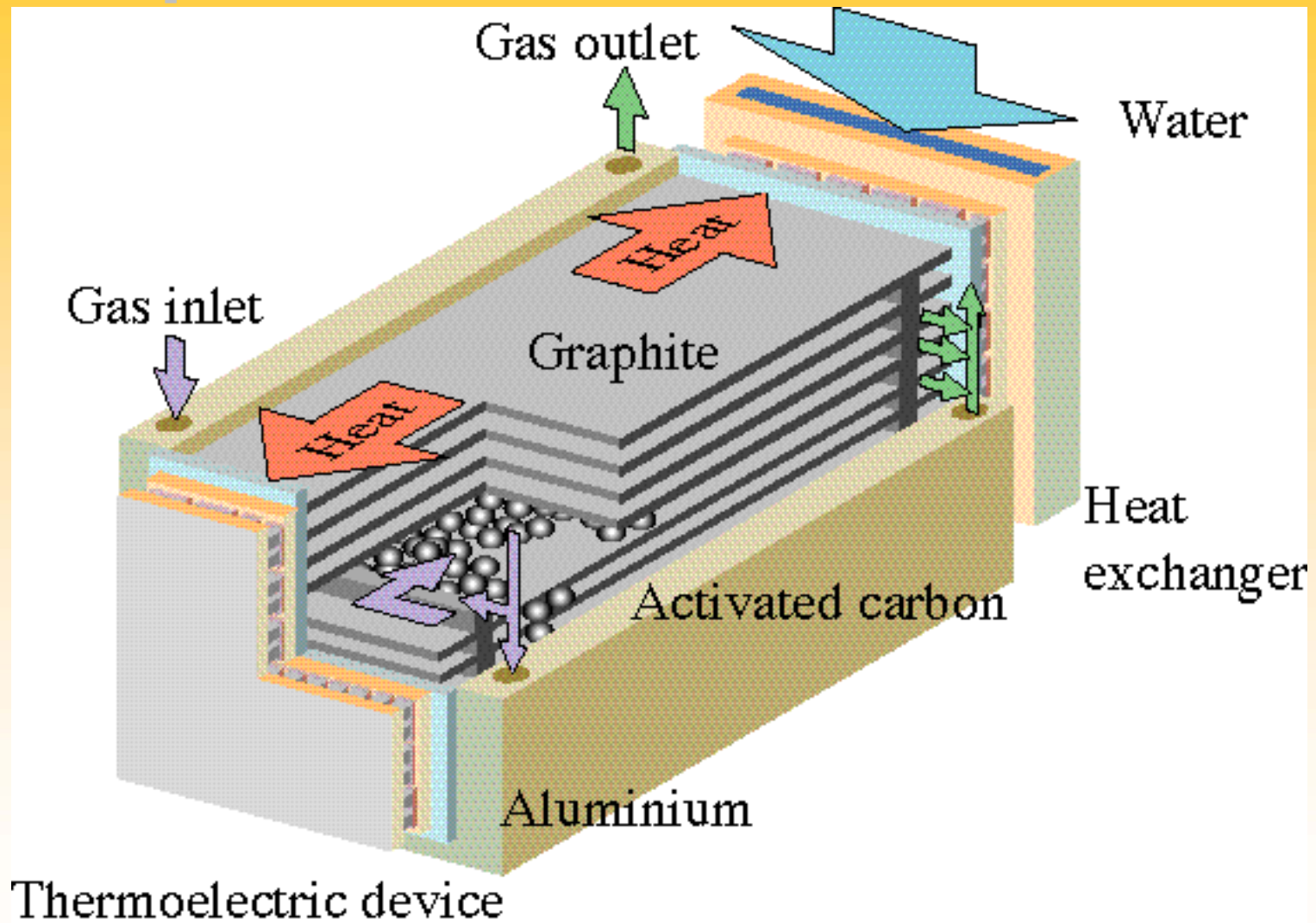
$$\lambda = 60 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Adsorption capacity 80%

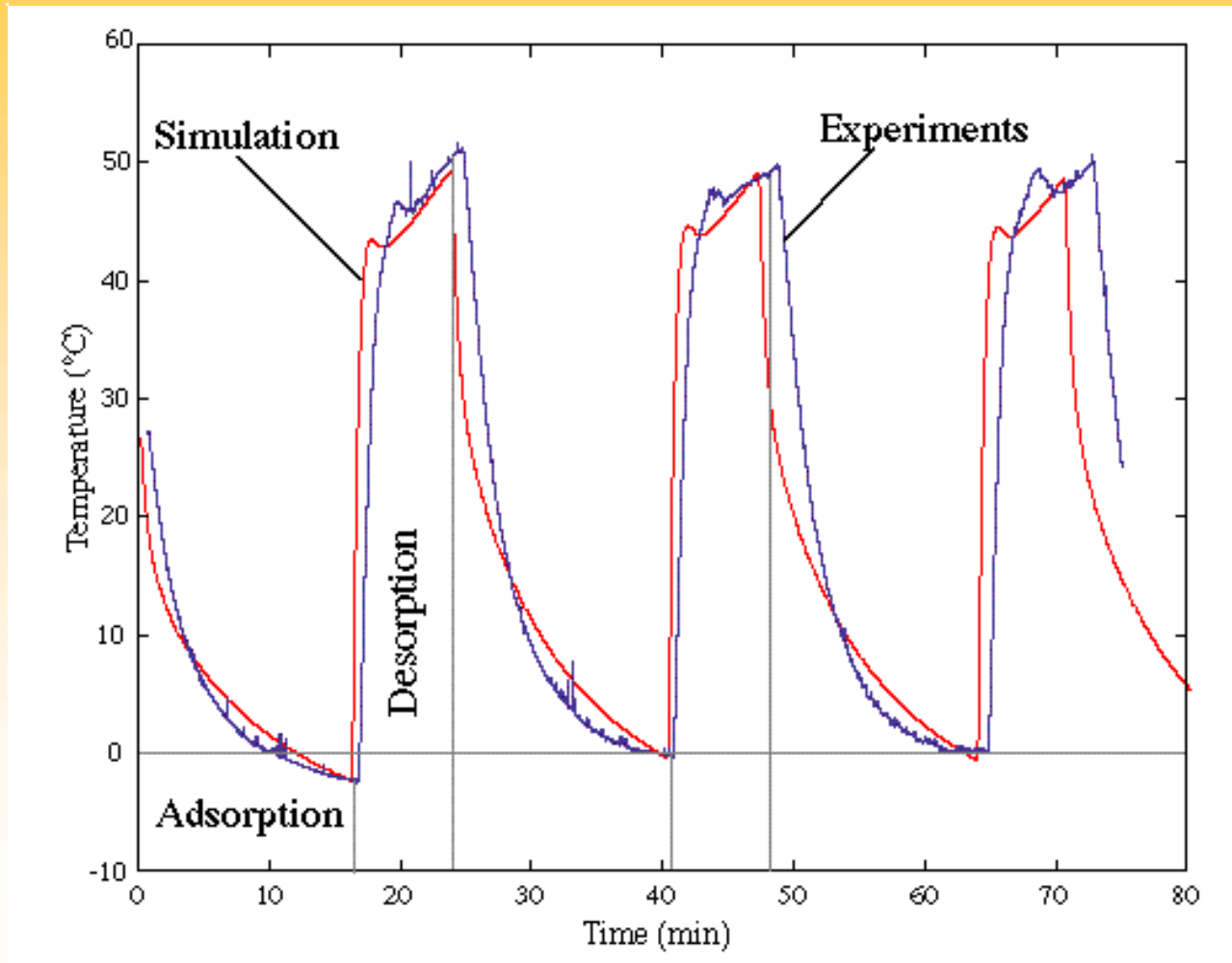
Advantages

- ◆ High thermal conductivity
- ◆ High thermal diffusivity
- ◆ No increase of pressure drop
- ◆ No loss of permeability
- ◆ Adsorption capacity

Adsorption column



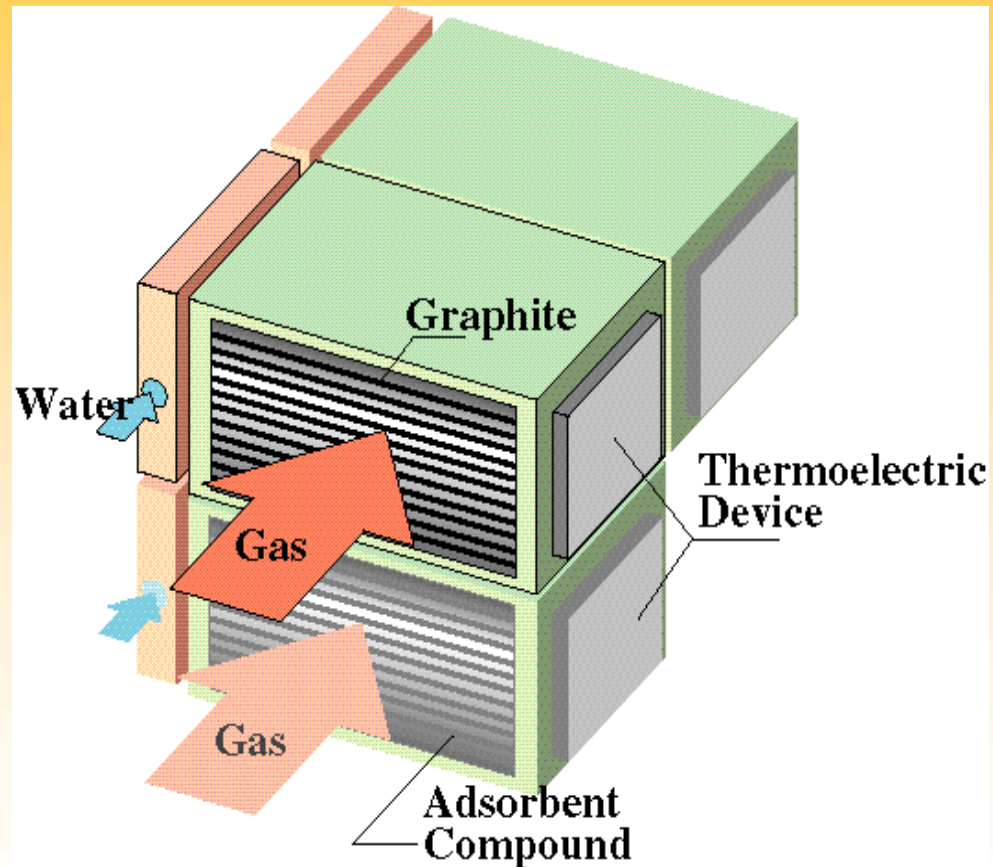
Temperature



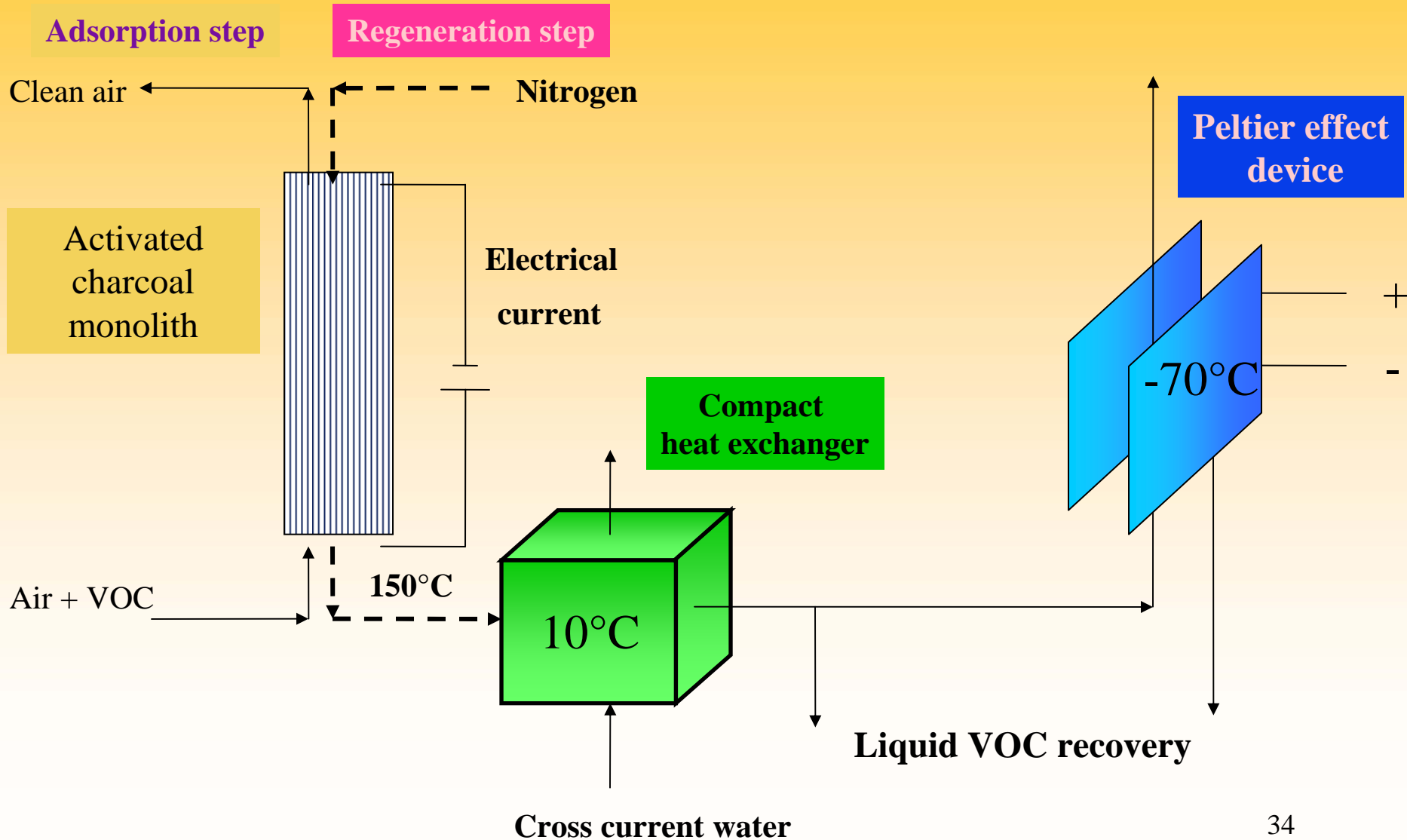
Future work

Series - parallel combination

- ★ Parallel
High flow rate
- ★ Series
Increased
Separation
- ★ Thermal Cycling Zone



Principle



Merçi !!