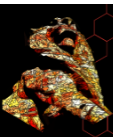


Étude Bibliographique des Dispositifs Expérimentaux pour la Réfrigération Magnétique

Julien EUSTACHE, Antony PLAIT, Frédéric DUBAS, Raynal GLISES

FEMTO-ST Institute, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Belfort, France.



Sommaire

1. **Introduction**
2. Fonctionnement et composition
3. Revue des prototypes récents
4. Conception optimale d'un dispositif
5. Conclusion et perspectives

Introduction

➤ Contexte

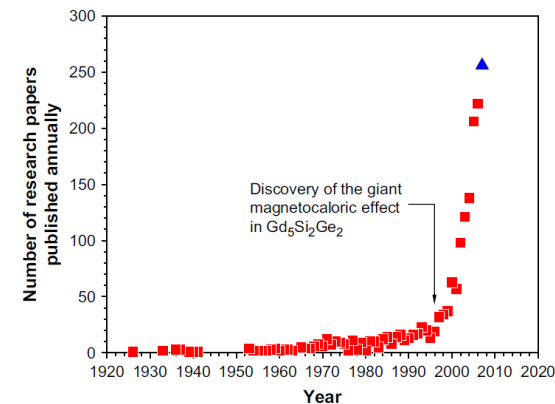
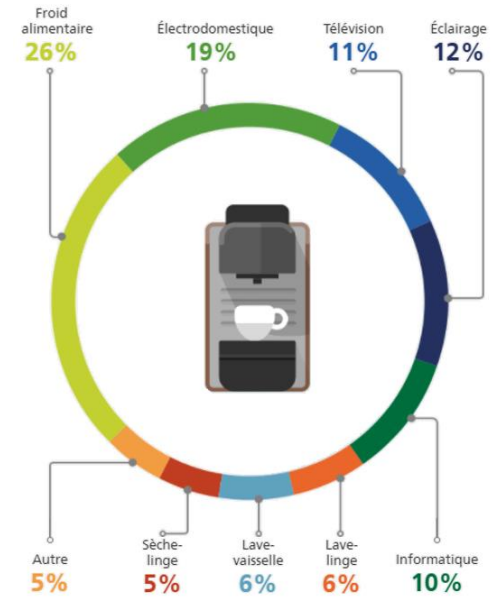
- Forte demande d'énergie électrique pour la production de froid alimentaire
- Système de climatisation classique :
 - Réalise des cycles de compression / dilatation
 - Utilise des fluides frigorigènes nocifs pour l'environnement

➤ Réfrigération magnétique

- Absence de polluant
- Réduction du bruit
- Meilleure efficacité énergétique qu'un cycle thermodynamique classique

➤ Intérêt croissant pour cette technologie

- Création de nombreux prototypes et modèles multi-physiques depuis quelques décennies



Sommaire

1. Introduction
2. **Fonctionnement et composition d'un prototype**
3. Prototypes récents
4. Conception optimale d'un dispositif
5. Conclusion et perspectives

Fonctionnement et composition

➤ Fonctionnement

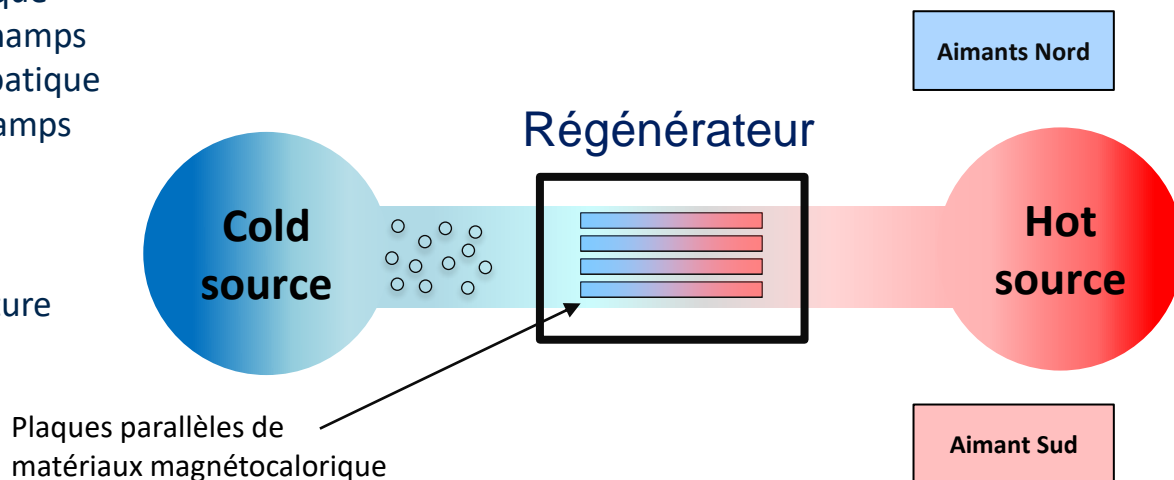
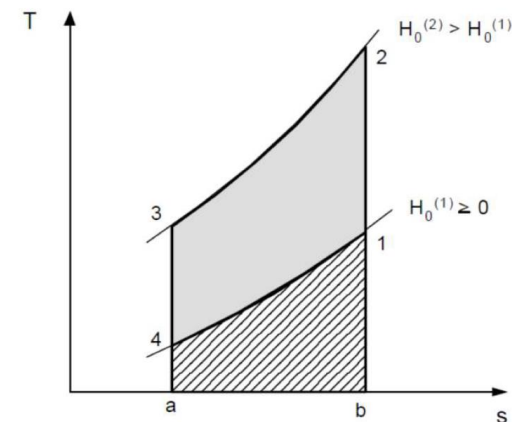
- Réalisation de cycles magneto-thermique de Brayton / Ericsson
- Utilisation de l'effet magnétocalorique :
 - Apparaît dans les matériaux magnétocaloriques
 - Maximal à la température de Curie des matériaux

➤ 4 étapes d'un cycle :

1. Aimantation adiabatique
2. Refroidissement isochamps
3. Désaimantation adiabatique
4. Réchauffement isochamps

➤ Composition :

- 1 Régénérateur
- 2 Sources de température
- 1 Fluide caloporteur



Plaques parallèles de matériaux magnétocaloriques

Sommaire

1. Introduction
2. Fonctionnement et composition
3. **Revue des prototypes récents**
4. Conception optimale d'un dispositif
5. Conclusion et perspectives

Revue des prototypes récents

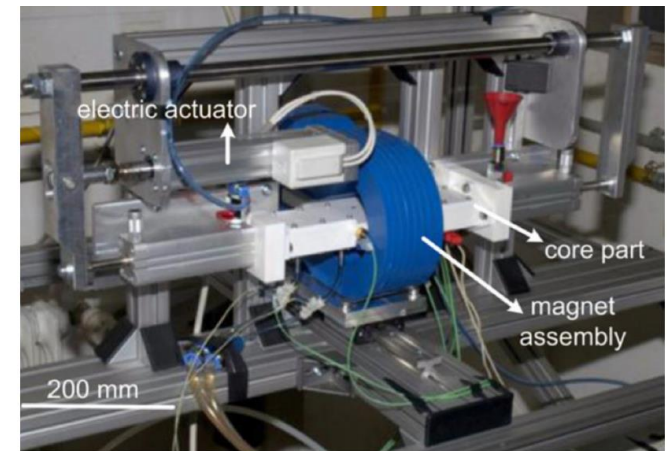
Prototype of University of Ljubljana - 2011

➤ Caractéristiques :

- Fluide caloporteur : de l'eau avec un agent anti corrosion
- Deux régénérateurs :
 - Lit garni de sphères, particules ou poudre
 - Plaques parallèles

➤ Performances :

- Avec du Gadolinium :
 - $\Delta T = 23,5 \text{ K}$ et $P = 7 \text{ W}$
- Avec du LaFeCoSi :
 - $\Delta T = 20 \text{ K}$ et $P = 7 \text{ W}$
- Induction de 1,15 T atteinte grâce à des aimants en NdFeB



Revue des prototypes récents

Prototype of Astronautics Technology Center – 2014

➤ Caractéristiques :

- Fluide caloporteur : de l'eau avec un agent anti corrosion
- Régénérateur composé de 6 couches de LaFeSiH avec différents points de Curie

➤ Performances :

- $\Delta T = 11 \text{ K}$ avec $P = 2\,502 \text{ W}$
- $\Delta T_{\text{max}} = 18 \text{ K}$ et $P_{\text{max}} = 3\,042 \text{ W}$
- Induction de 1,44 T atteinte grâce à des aimants en NdFeB



Revue des prototypes récents

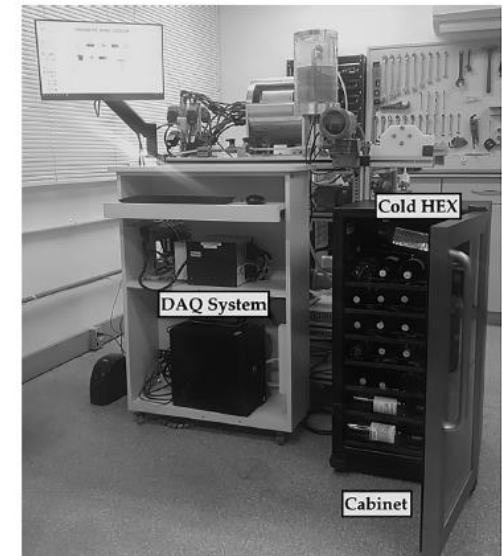
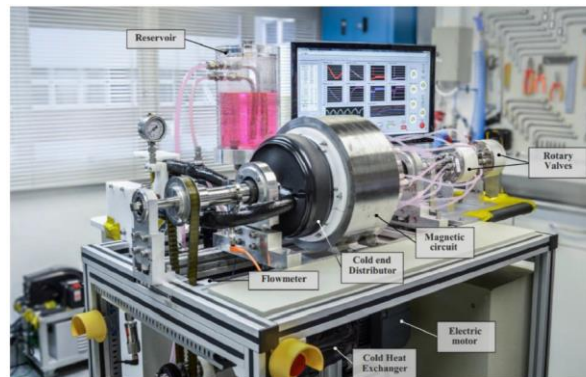
Prototype of Federal University of Santa Catarina – 2016 - 2021

➤ Caractéristiques :

- 1,7 kg de sphères de gadolinium
- Système intégré dans une configuration stator-rotor
- Application pour la climatisation d'une armoire à vin

➤ Performances :

- Refroidissement de 31 bouteilles de vins
- $\Delta T = 14,2 \text{ K}$ pour $P = 27,9 \text{ W}$



Revue des prototypes récents

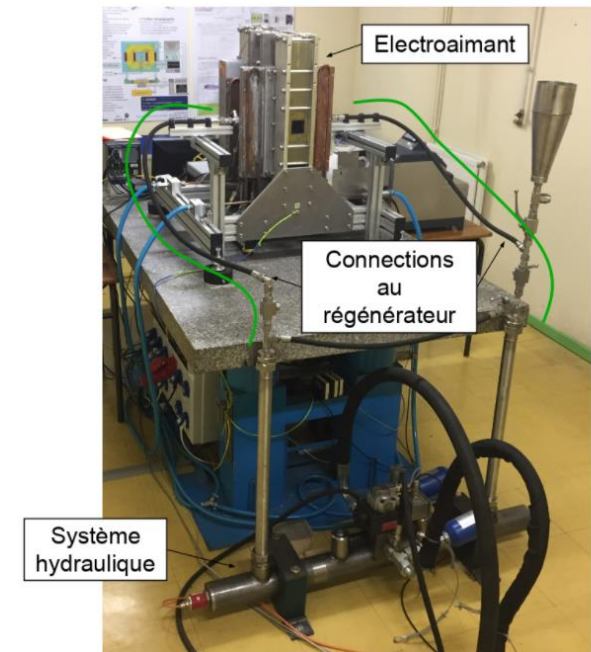
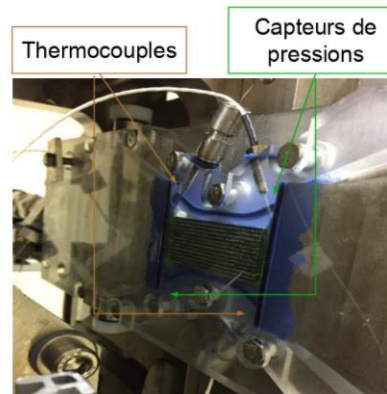
Prototype de l'institut Femto-ST – 2016 - 2019

➤ Caractéristiques :

- Fluide caloporteur : Zitrec
- Régénérateur composé de plaques parallèles de gadolinium

➤ Performances :

- $\Delta T = 7K$
- Induction de 1 T dans un entrefer de 2,1 cm avec un électroaimant



Revue des prototypes récents

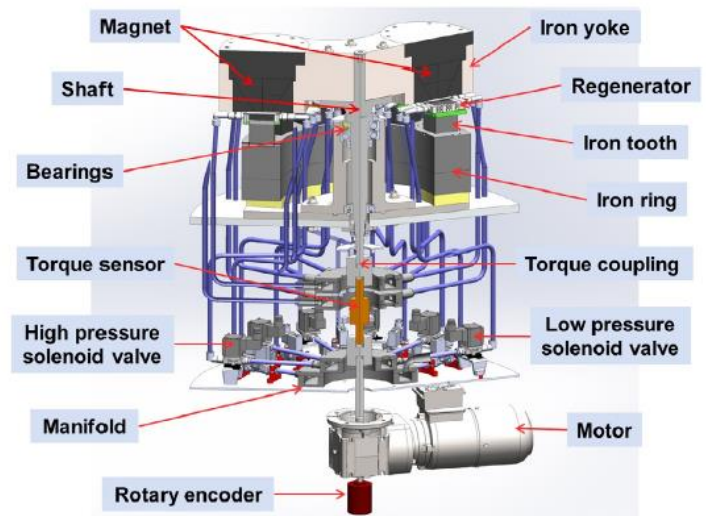
Prototype of Aalborg University – 2018

➤ Caractéristiques :

- Régénérateur composé de 2,6 kg de sphères en gadolinium
- Applications pour des maisons à faible consommation d'énergie

➤ Performances :

- $\Delta T = 19,9K$
- $P = 2\ 600\ W$
- Induction atteignant 1,46 T dans l'entrefer



Revue des prototypes récents

Prototype de Cooltech Application – 2018

➤ Caractéristiques :

- 5,5 kg de matériaux magnéto-caloriques
- Régénérateur en plaques parallèles
- Application industrielle

➤ Performances :

- $\Delta T = 20 \text{ K}$
- $P_{\text{max}} : 15\,000 \text{ W}$



Sommaire

1. Introduction
2. Fonctionnement et composition
3. Revue des prototypes récents
4. **Conception optimale d'un dispositif**
5. Conclusion et perspectives

Conception optimale d'un dispositif

➤ Plusieurs points à considérés pour une conception optimale

- **Choisir le bon matériau :**
 - Utiliser un régénérateur à points de Curie multiples
 - Utiliser un matériau possédant un fort EMC avec un point de Curie proche de la température ambiante
- **Choisir la forme de matériau :**
 - Plaques parallèles
 - Lit garni
- **Générer rapidement de grandes variations d'induction :**
 - Aimants permanents, mise en mouvement (linéaire, rotatif)
 - Électro-aimants (système de refroidissement externe)
- **Améliorer les échanges de chaleur entre le matériau et le fluide :**
 - Optimiser la fréquence et le taux de balayage

Sommaire

1. Introduction
2. Fonctionnement et composition
3. Revue des prototypes récents
4. Conception optimale d'un dispositif
5. **Conclusion et perspectives**

Conclusions et perspectives

➤ Conclusion

- Étude bibliographique des prototypes développés
- Synthèse des performances thermiques et énergétiques

➤ Perspectives

- Développement de modèles
 - Multi-physiques, analytiques ou numériques
 - 2-D ou 3-D avec moins d'hypothèses simplificatrices
- Créer un banc d'essai pédagogique, simple d'utilisation

Merci pour votre attention

Étude Bibliographique des Dispositifs Expérimentaux pour la Réfrigération Magnétique

Julien EUSTACHE, Antony PLAIT, Frédéric DUBAS, Raynal GLISES

FEMTO-ST Institute, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Belfort, France.

