



La thermoélectricité, une opportunité pour EDF ?

Philippe Baranek¹, Pape Cissé¹, Pascal Dalicieux², Laurent Levacher², Didier Noël¹,

1- EDF R&D, Dépt Matériaux et Mécanique des Composants

2- EDF R&D, ECLEER, (European Centre and Laboratories for Energy Efficiency Research)



Sommaire

Contexte initial

Les applications évaluées

- La production d'électricité
- L'efficacité énergétique dans le bâti
- L'efficacité énergétique dans l'industrie

Conclusions

Contexte général

Veille sur les nanotechnologies/nanomatériaux

- De nombreux champs d'intérêts détectés
 - Propriétés des matériaux amplifiées ou nouvelles, surfaces fonctionnalisées,....
- Les progrès de la thermoélectricité, bien que pas uniquement liés au thème « nano », en font partie

•Des interrogations initiales plus que des affirmations

- Quels champs d'applications, quels gains potentiels par rapport aux techniques concurrentes ?
- Pour les applications éloignées, niveaux de performance nécessaires pour atteindre les seuils d'intérêt...

•Trois thèmes en cours d'exploration

- Production d'électricité,
- Efficacité énergétique dans le bâti
- Efficacité énergétique dans l'industrie

Matériaux thermoélectriques : quel impact à moyen terme pour la production d'électricité ?

Systèmes de production centralisés

- des gains sont-ils possibles par rapport aux systèmes thermodynamiques à vapeur actuels ?

Deux sujets d'intérêt :

- Production directe d'électricité dans les centrales
 - sans turbine et en évitant une bonne part des équipements eau-vapeur
- Récupération de rendement en complément du cycle vapeur actuel
 - Gagner 2 ou 3 points de rendement serait considérable

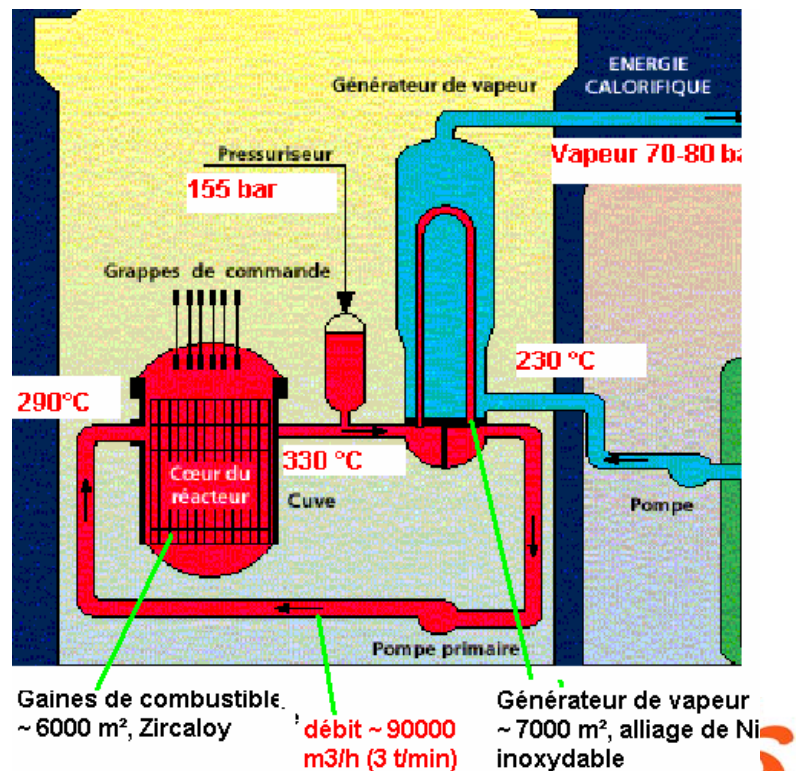
Les centrales thermiques

A flamme (ordres de grandeur)

- ✓ Production directe de vapeur à la chaudière. Terme source : rayonnement du foyer, fumées, cendres, vapeur
- ✓ Vapeur sous-critique : Rdt. 39 %, température des fumées < 1340 °C, vapeur à 580°C
- ✓ Vapeur supercritique : Rdt. 44 %, vapeur à 620 °C
- ✓ Turbines à combustion (gaz à 1500°C)

Nucléaires (Réact. à eau pressurisée, REP)

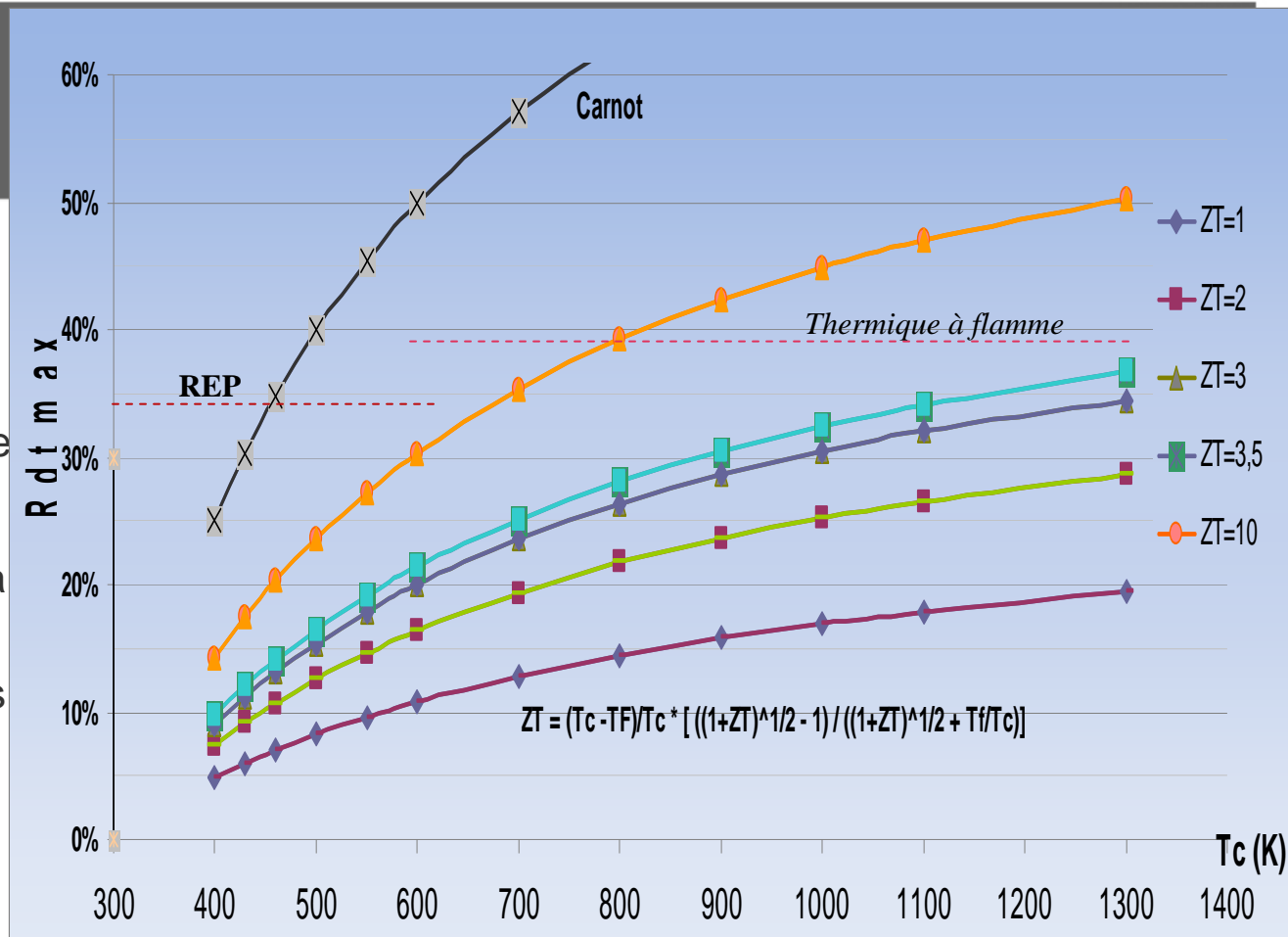
- ✓ Terme source : combustible nucléaire, circuit primaire (330°C),
- ✓ Vapeur à ~ 285 °C : rendement 34 - 36 %



Premiers éléments

Performances en production directe d'électricité

- Sauf ZT très élevés (> 5), le thermoélectrique ne pourra concurrencer les rendements des machines à vapeur
- Ne préjuge pas d'arguments liés à des coûts d'investissement ou d'exploitation éventuellement plus réduits



Récupération de chaleur en amont du cycle vapeur actuel

- En cours d'exploration
 - Thermique à flamme a priori plus intéressant
 - Nécessite un examen détaillé des cycles thermodynamiques

L'efficacité énergétique et le Groupe EDF

Nouveaux défis:

- Indépendance énergétique
- Lutte contre le changement climatique

Incitations réglementaires

- loi POPE (05): certificats d'économie d'énergie imposés aux fournisseurs d'énergie

54 TWhcumac en France dont 30 pour EDF

✓ Des dispositifs très favorables aux EnR (PV, CE solaire, **PAC**, etc.)

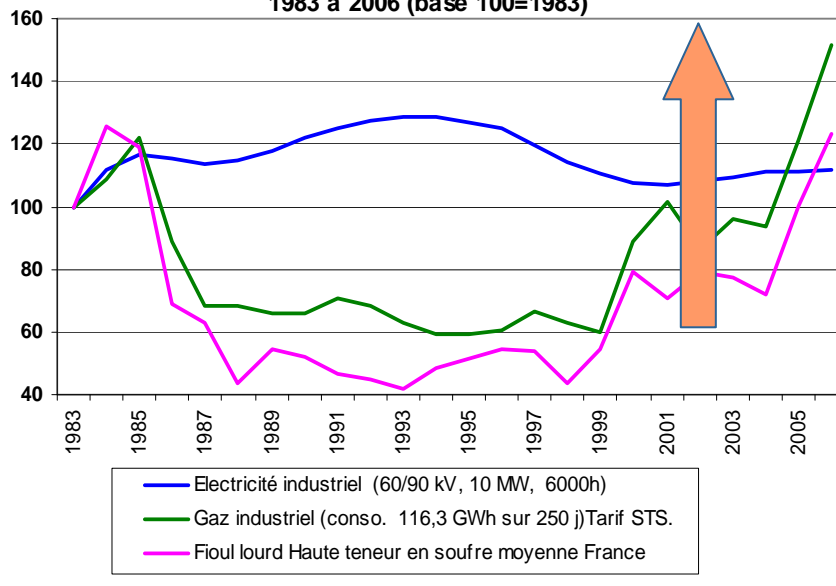
- Quotas CO₂: durcissement du PNAQ2, objectifs européens ambitieux pour 2020

- ✓ Réduire de 20% les émissions de CO₂
- ✓ Réduire la consommation énergétique de 20%
- ✓ Augmenter à 20% les énergies renouvelables

2 sujets : bâti, industrie

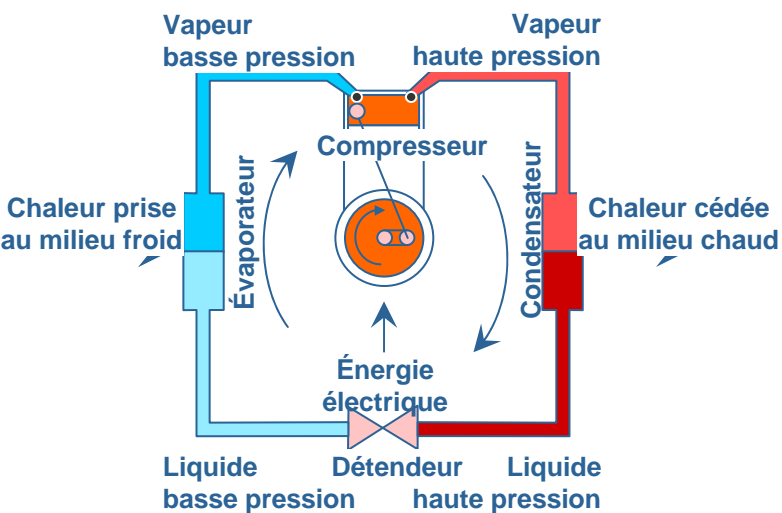


Evolution des prix industriels de l'électricité, du gaz et du fioul de 1983 à 2006 (base 100=1983)

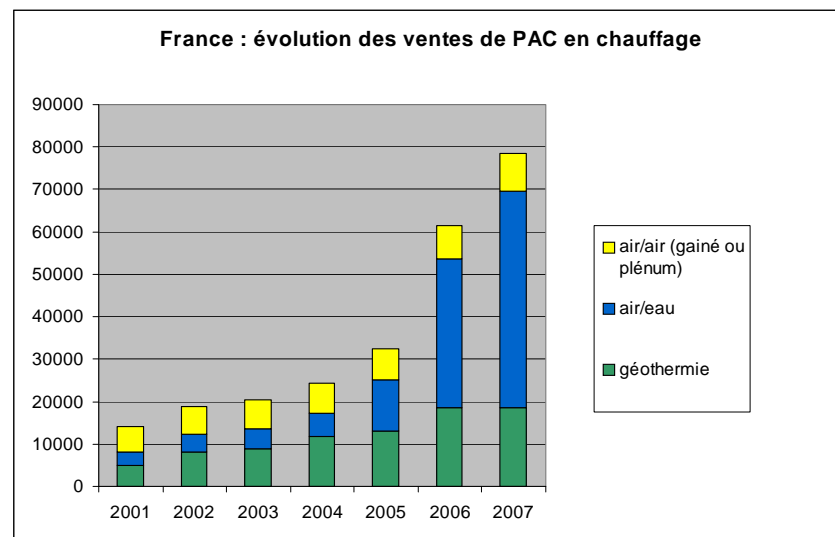


L'efficacité énergétique dans le bâti

Les Pompes à Chaleur pour le chauffage des bâtiments : un vecteur majeur de référence pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des gaz à effet de serre



- Prélève de l'énergie à une source froide extérieure (air, sol, eau) et la restitue à une source chaude (cf. fig.)
- ...caractérisées par un COP : énergie thermique restituée / puissance électrique absorbée



✓ Sont aujourd'hui disponibles sur le marché pour le chauffage :

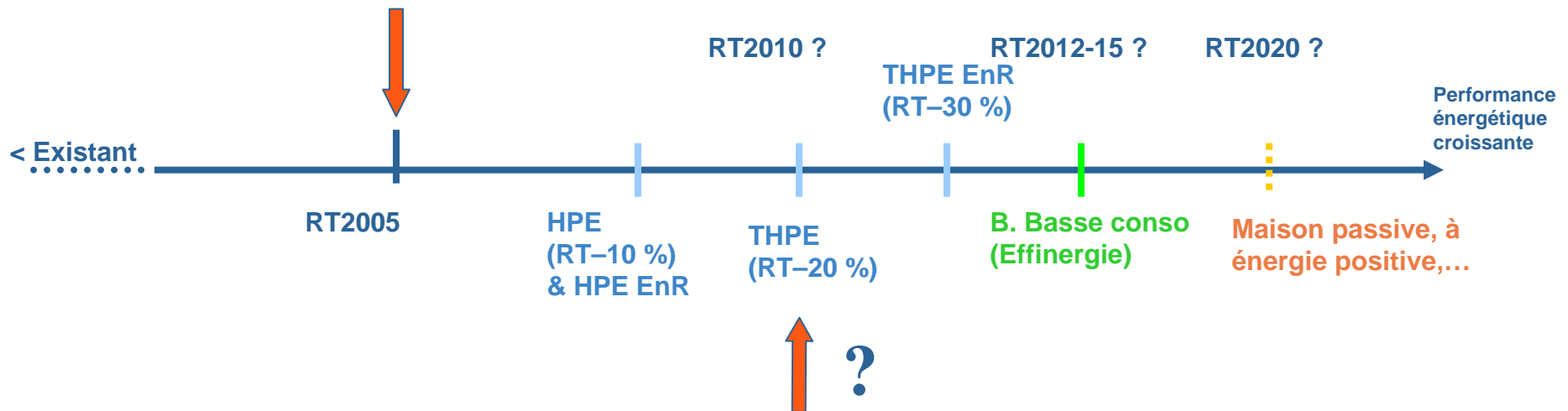
- air / eau : COP (7/35°C) moyen de 3
- eau ou sol / eau : COP moyen de 4

✓ ↗ régulière des COP observée et attendue : (+0,1 point / an)

✓ marché en forte croissance

Réglementation thermique et Labels de performance pour le bâtiment neuf

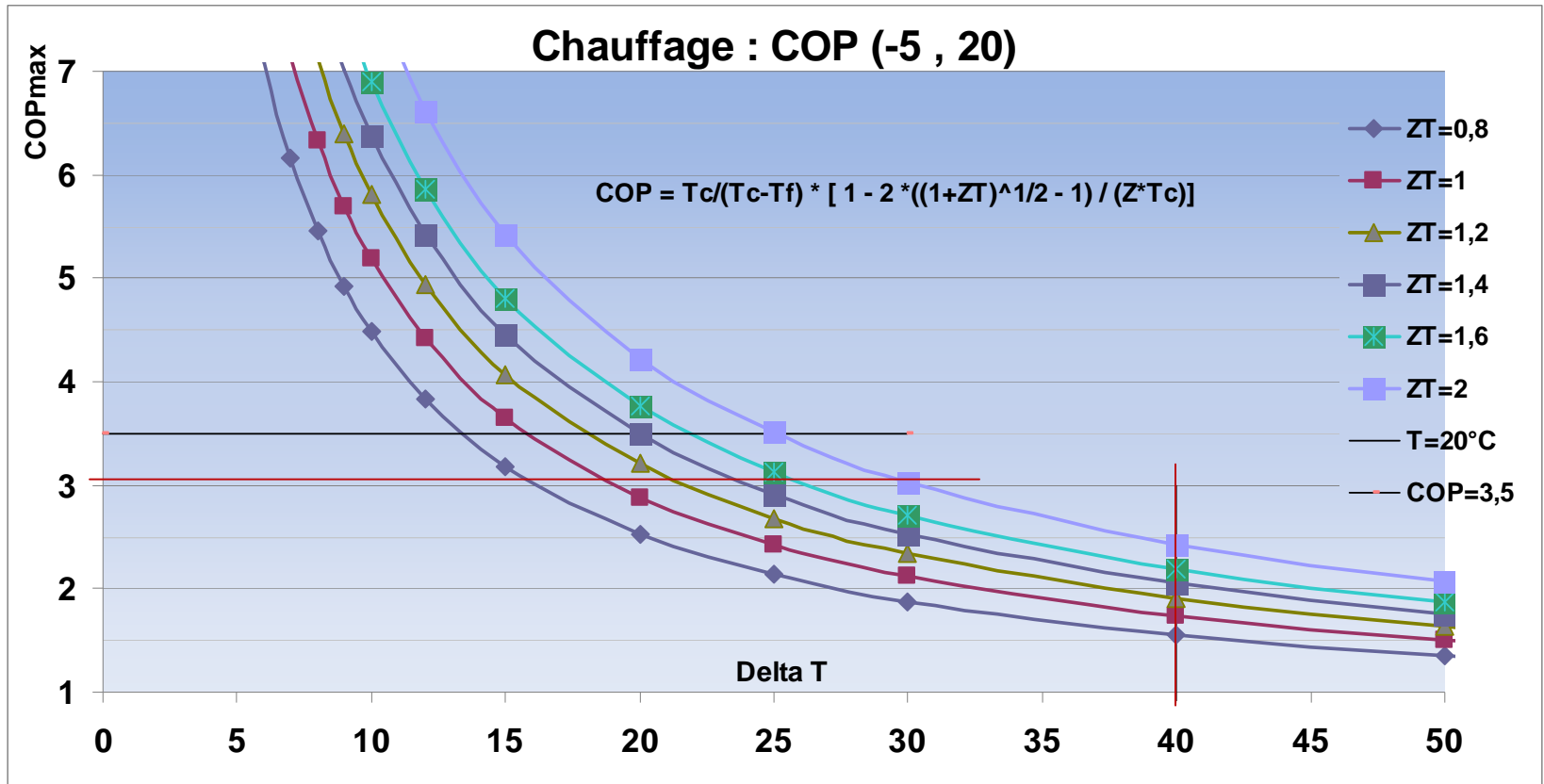
Aujourd'hui la Réglementation Thermique (RT 2005) française n'impose pas de COP mini pour les machines



Demain ... l'exigence risque de porter sur un COP « saisonnier » au moins = 3, avec un besoin de puissance de plus en plus petit, et des exigences sur le bruit ...

 une opportunité pour la thermo-électricité ?

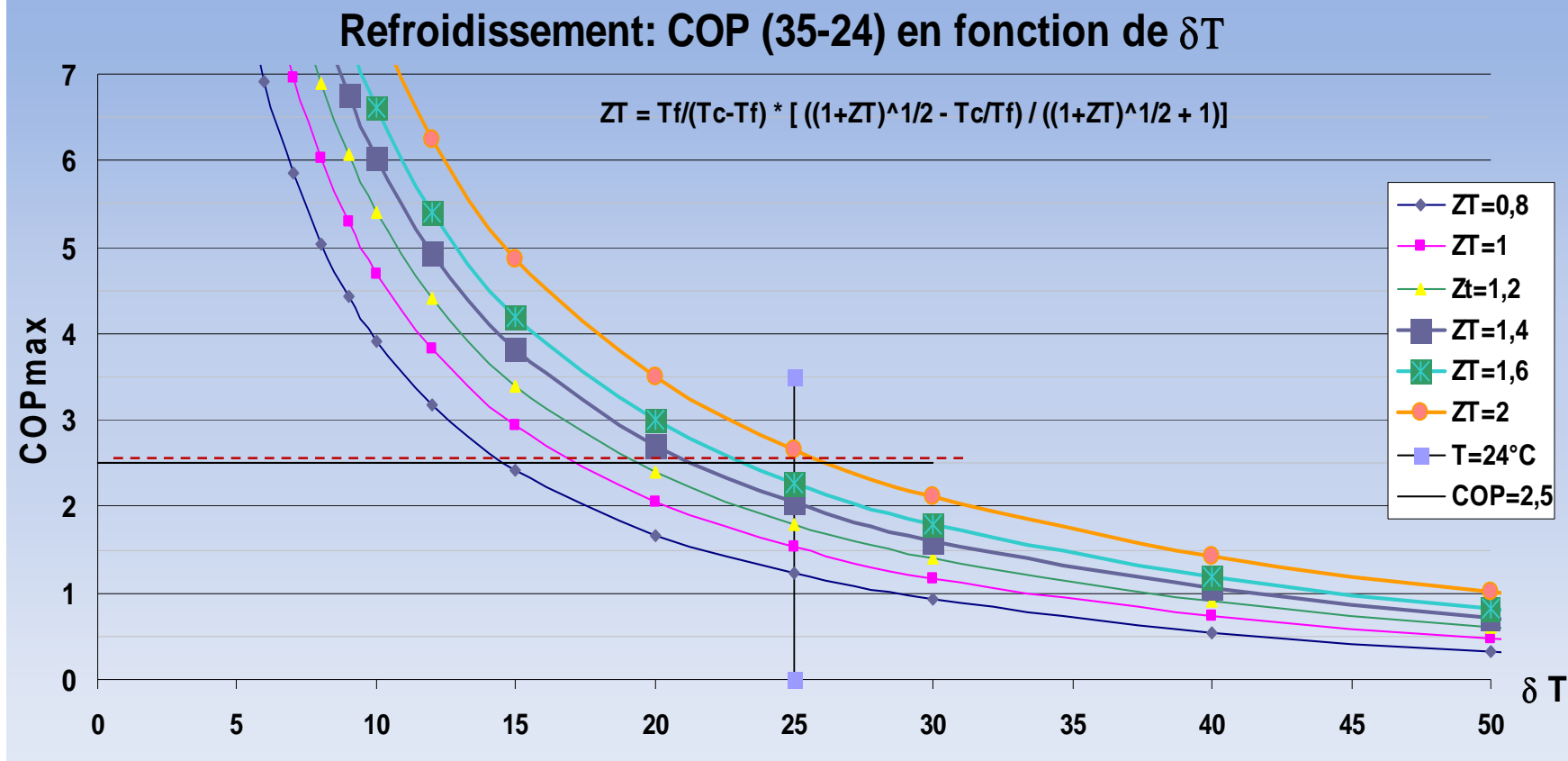
Comparaison avec les performances théoriques des matériaux thermoélectriques



Conclusion : performances théoriques inférieures aux COP des PAC, peut-être un intérêt en complément.

- Potentiel et intérêt fort si gain en ZT

Refroidissement



- en refroidissement des bâtiments, performances inférieures aux PAC
- Mais un intérêt net
 - Importance de travailler sur les performances des matériaux dans ce domaine de température, la distance aux applications est relativement faible

Effacité énergétique dans l'industrie

L'industrie : quels enjeux énergétiques ?

L'industrie consomme 435 TWh en France :

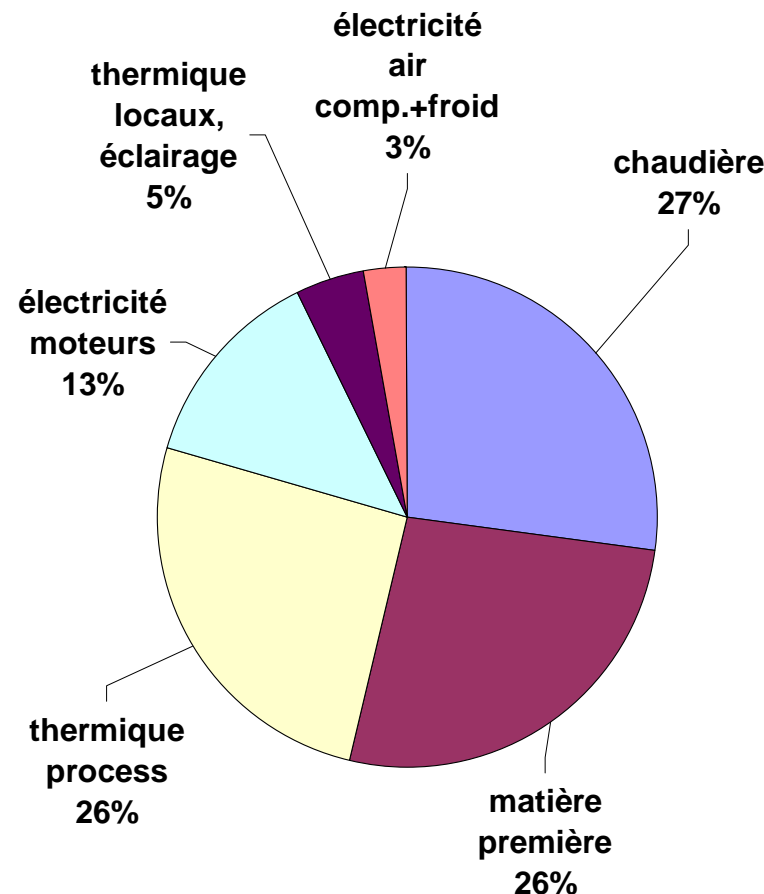
- 1/3 de l'énergie en France
 - 1/3 d'électricité
 - 2/3 d'énergie fossile

70% de l'énergie consommée pour des besoins de chaleur

- Porter les actions sur les fours, les chaudières, le séchage... et la récupération de chaleur fatale

Un bon élève de la MDE ... par le passé

- Gains d'efficacité énergétique de 2 à 3 % par an avant 1990 ... mais de 1% depuis 1990.
- L'efficacité énergétique : un critère de choix des technologies mais derrière la qualité, la productivité et la flexibilité.



Répartition par usages des consommations d'énergie





Génération d'électricité : quelles applications ?

Rentabilité : récupération de chaleur perdue et transformation en électricité quand elle ne peut être utilisée dans le process ou stockée
→ peut être rentable même avec mauvais rendement

Gisement : en fonction des niveaux de température (eau de lavage, fumée de cheminée, ...)
→ étude des pertes d'énergie par process

Intégration énergétique : combinaison des solutions de récupération d'énergie en fonction des process de l'usine
→ nécessité d'une analyse énergétique

Solutions : compétition des solutions thermoélectricité avec turbine ORC cycle de Rankine (par exemple moteur à palettes magnétiques)

Synthèse et conclusions

Production d'électricité

- en production directe, très loin des applications, nécessitera des ZT très élevés
- en récupération complémentaire, sujet en cours

Efficacité énergétique pour le bâti

- Performances proche des seuils d'intérêt
- Fort intérêt à travailler sur les performances des matériaux thermoélectriques à température ambiante

Efficacité énergétique pour l'industrie

- Sujet neuf, beaucoup d'idées potentielles mais à instruire
- il s'agit de récupération de chaleur perdue : exigence de performance moins forte que sur les autres thèmes