

Limites physiques dans la valorisation des rejets thermiques

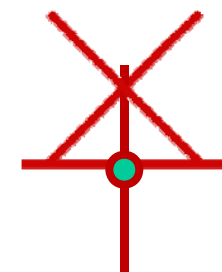
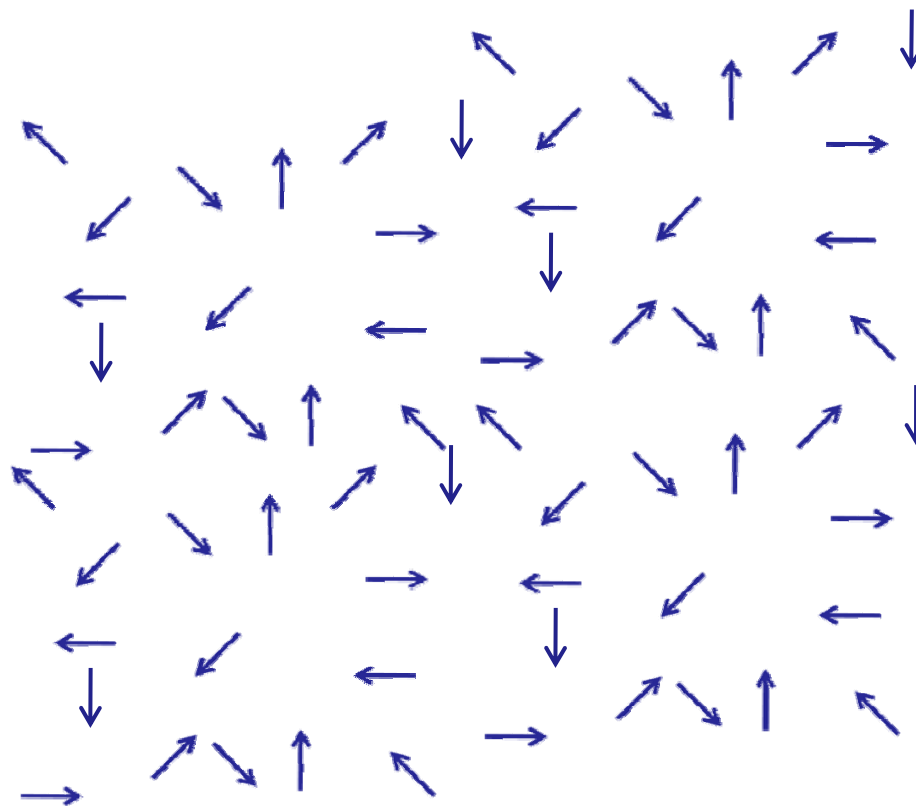
Michel Bonvin
michel.bonvin@hevs.ch

1. Production de travail (d'énergie électrique)
2. Revalorisation par le biais d'une pompe à chaleur
3. Production de froid
4. Utilisation directe

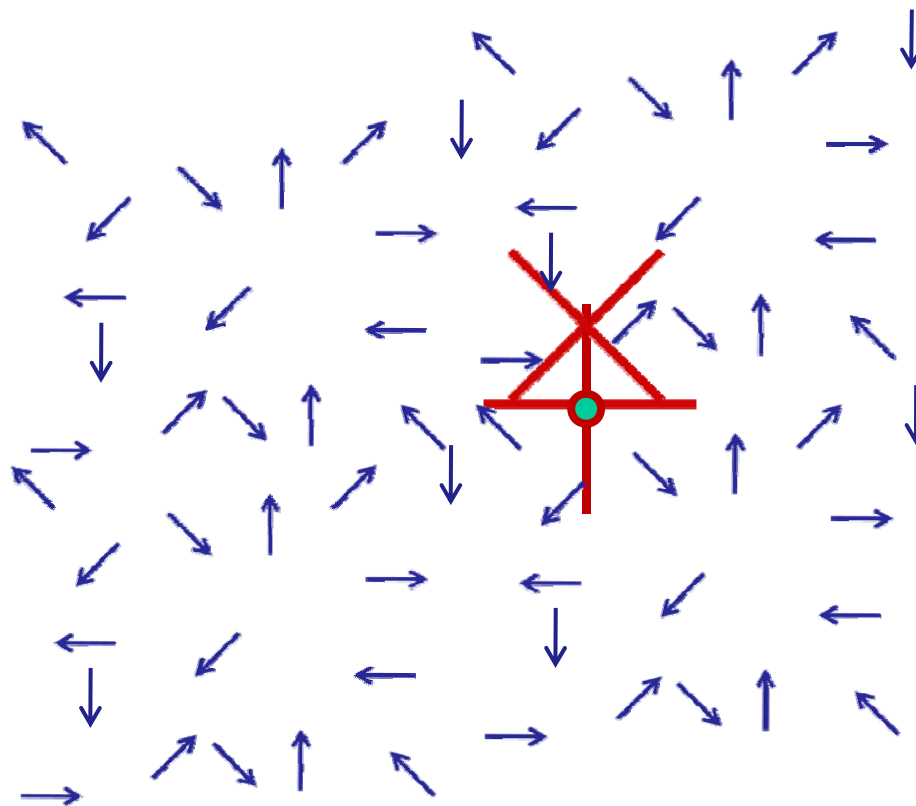
Energie thermique

- « L' **énergie thermique** d'un corps à une *température donnée* (ou aussi l' **énergie interne**) est la somme des énergies cinétiques de ses constituants (atomes et molécules) »
- Cette énergie est en général « **très importante** », mais ne peut être sollicitée que selon des **règles bien précises**
- Exemple : Eau de l'océan

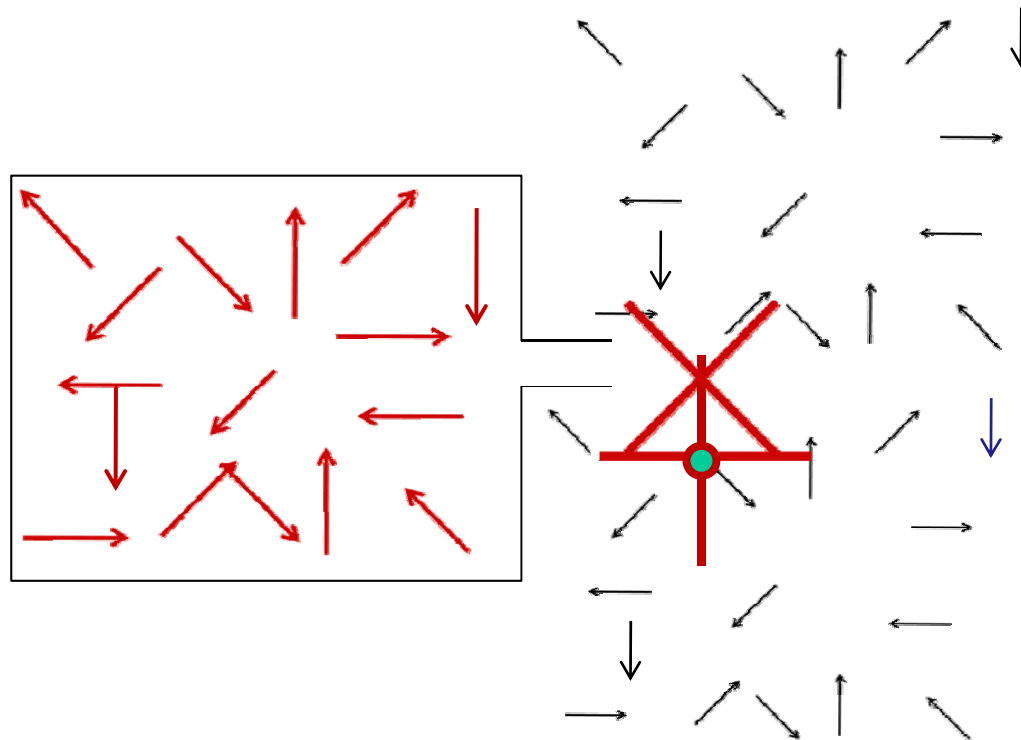
Conversion d'énergie thermique en travail (mouvement de rotation)



Conversion d'énergie thermique en travail (mouvement de rotation)



Conversion d'énergie thermique en travail (mouvement de rotation)



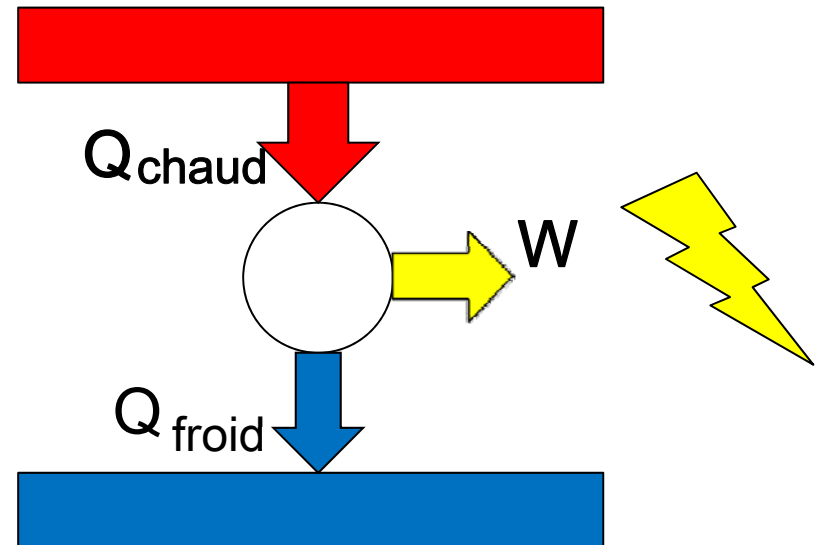
Conversion d'énergie thermique en travail (Carnot - 1834)

- Il faut du **CHAUD** et du **FROID** pour produire du travail
- Rendement maximal :

$$\eta_{\text{maximal}} = 1 - \frac{T_{\text{froid}}}{T_{\text{chaud}}}$$

- Les effets d'échangeur

$$\eta_{\text{endorév.}} = 1 - \sqrt{\frac{T_{\text{froid}}}{T_{\text{chaud}}}}$$



Quelques exemples

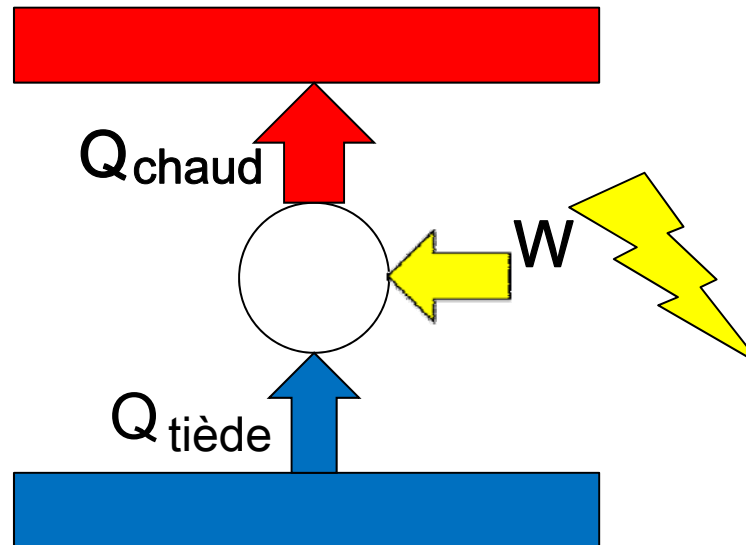
	T_chaud (oC)	T_froid (oC)	Rendement
Turbine à gaz	1200	30	0.55
Turbine à vapeur	700	30	0.44
C. nucléaire	500	30	0.37
Géothermie prof.	200	30	0.20
Rejets industriels	100	30	0.10
« Eau tiède »	50	30	0.03

Conclusion 1

La production d'**électricité** à partir de chaleur (entre autres rejets de chaleur) NE se justifie QUE si la température disponible est élevée - $T_{chaud} > 200^{\circ}C$

Valorisation de rejets thermiques par le biais d'une pompe à chaleur

- Le principe d'une pompe à chaleur



- COP maximal :
$$COP_{maximal} = \frac{T_{chaud}}{T_{chaud} - T_{tiède}}$$

Quelques exemples

T_chaud (oC)	T_tiede (oC)	COP_endorév.	
80	0	2.3	
80	10	2.7	
80	20	3.1	←
80	30	3.7	←
80	50	6.0	←
60	-10	2.5	
60	0	2.9	
60	10	3.5	←
60	20	4.3	←
60	30	5.7	←
35	-10	3.6	←
35	0	4.5	←
35	10	6.3	←
35	20	10.4	←

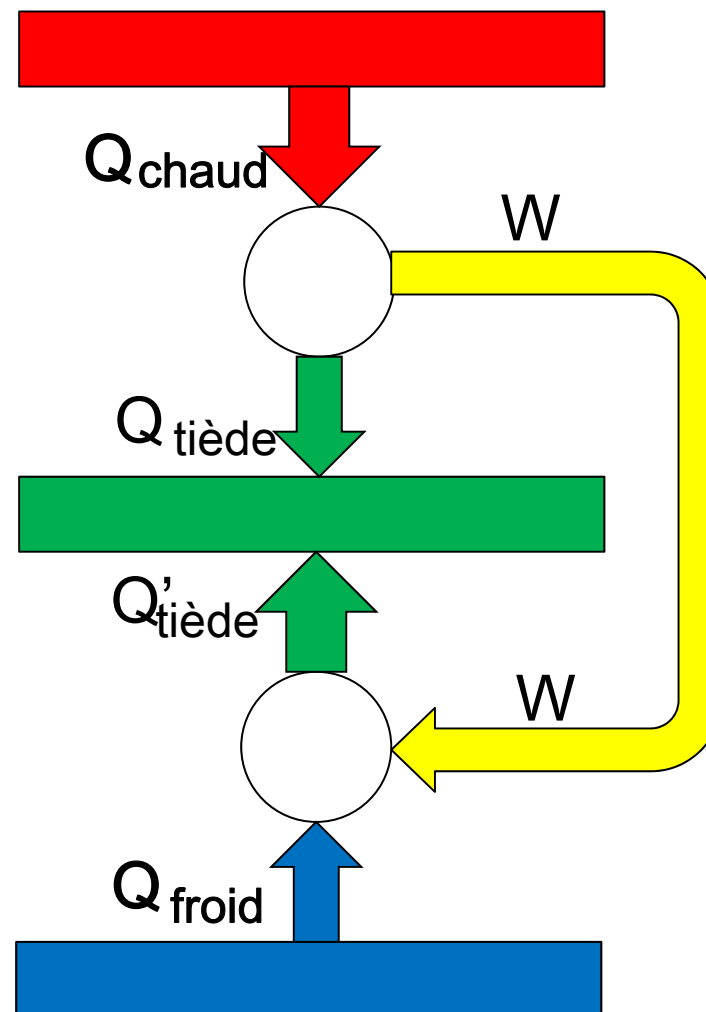
Conclusion 2

L'utilisation de rejets de chaleur à température « tiède » peut **augmenter très sensiblement le COP** d'une pompe à chaleur

Rejets thermiques pour production de froid

- Le principe

$$COP_{maximal} = \frac{T_{froid}}{T_{chaud}} \frac{T_{chaud} - T_{tiède}}{T_{tiède} - T_{froid}}$$



Quelques exemples

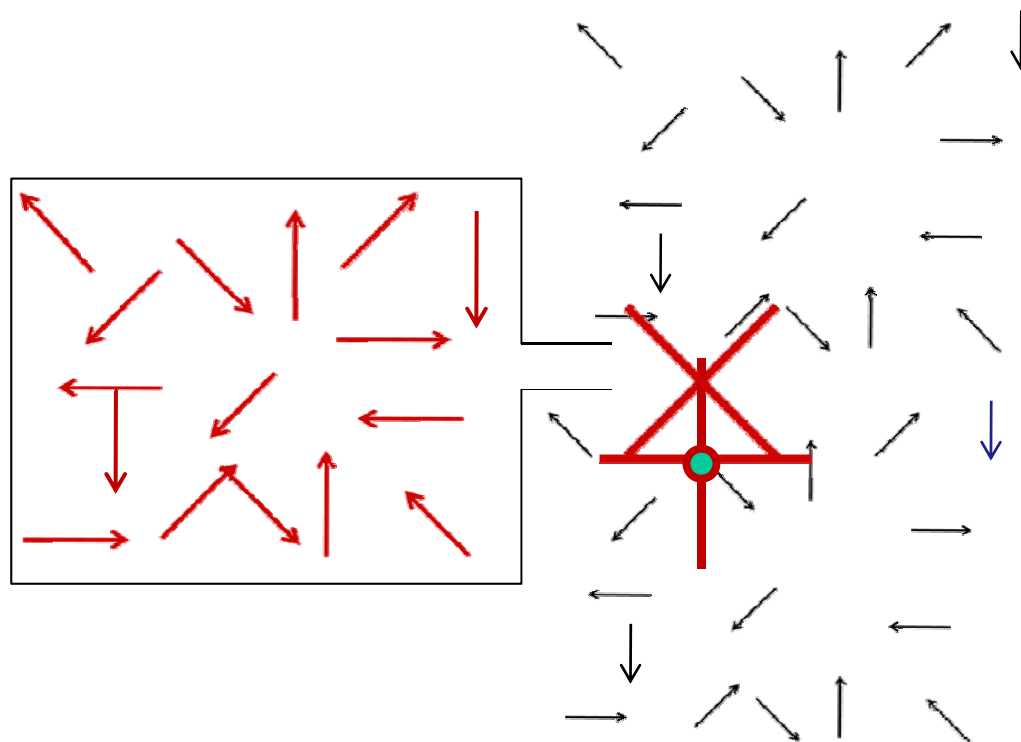
T_chaud (oC)	T_froid (oC)	COP_endorév.
200	20	2.9
200	5	1.1
200	0	0.9
100	20	1.5
100	5	0.6
100	0	0.5
50	20	0.5
50	5	0.2
50	0	0.1

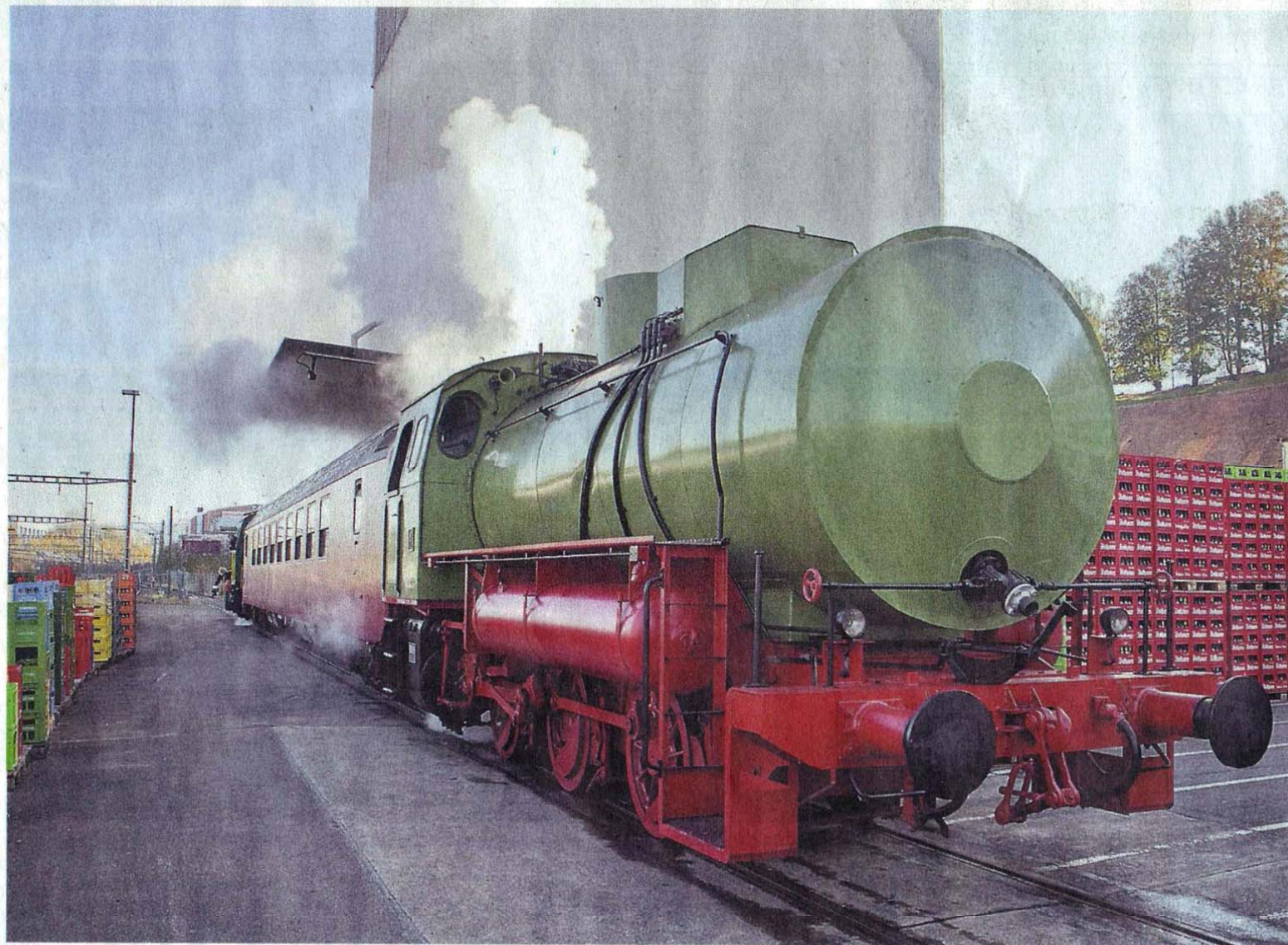
Conclusion 3

L'utilisation de rejets de chaleur à des **températures moyennes (80 – 10 °C)** supérieures est très favorable à produire du froid pour conditionnement des locaux

Conclusion générale

1. **Haute température (> 200 °C)** : production de **travail (électricité)**
2. **Température voisine de 100 °C** : production de **froid**
(p.e. climatisation des locaux)
3. **Température supérieure 80 °C** : alimentation de réseau de **chauffage à distance**
4. **Température voisine de 50 °C** : utilisation domestique (**chauffage des locaux**)
5. **Température inférieure à 30 °C** : préchauffage de l'ECS ou **valorisation par le biais de PAC**





170 °C
8 atm

Die frisch renovierte Speicherlok aus der DDR fährt zum Auftanken in die Brauerei Falken in Schaffhausen. Foto: Tom Kawara

Tages Anzeiger
28 oct. 2010