



Le **free cooling**

Bonne pratique

5^e Forum Énergie
Mardi 30 janvier 2018
François Farine

Le free cooling

- Introduction
- Définition
- Concepts fondamentaux
- Pratique et expériences

Introduction

- Le free cooling est une manière de refroidir un local technique dans lequel se trouve une source thermique plus ou moins importante (de 1 kW à plusieurs milliers de kW de puissance).
- Au sein des TPF, le free cooling s'applique aux locaux techniques dont notamment le refroidissement des postes d'enclenchement.
- Le free cooling peut également s'appliquer aux locaux habités (bureaux et appartements).

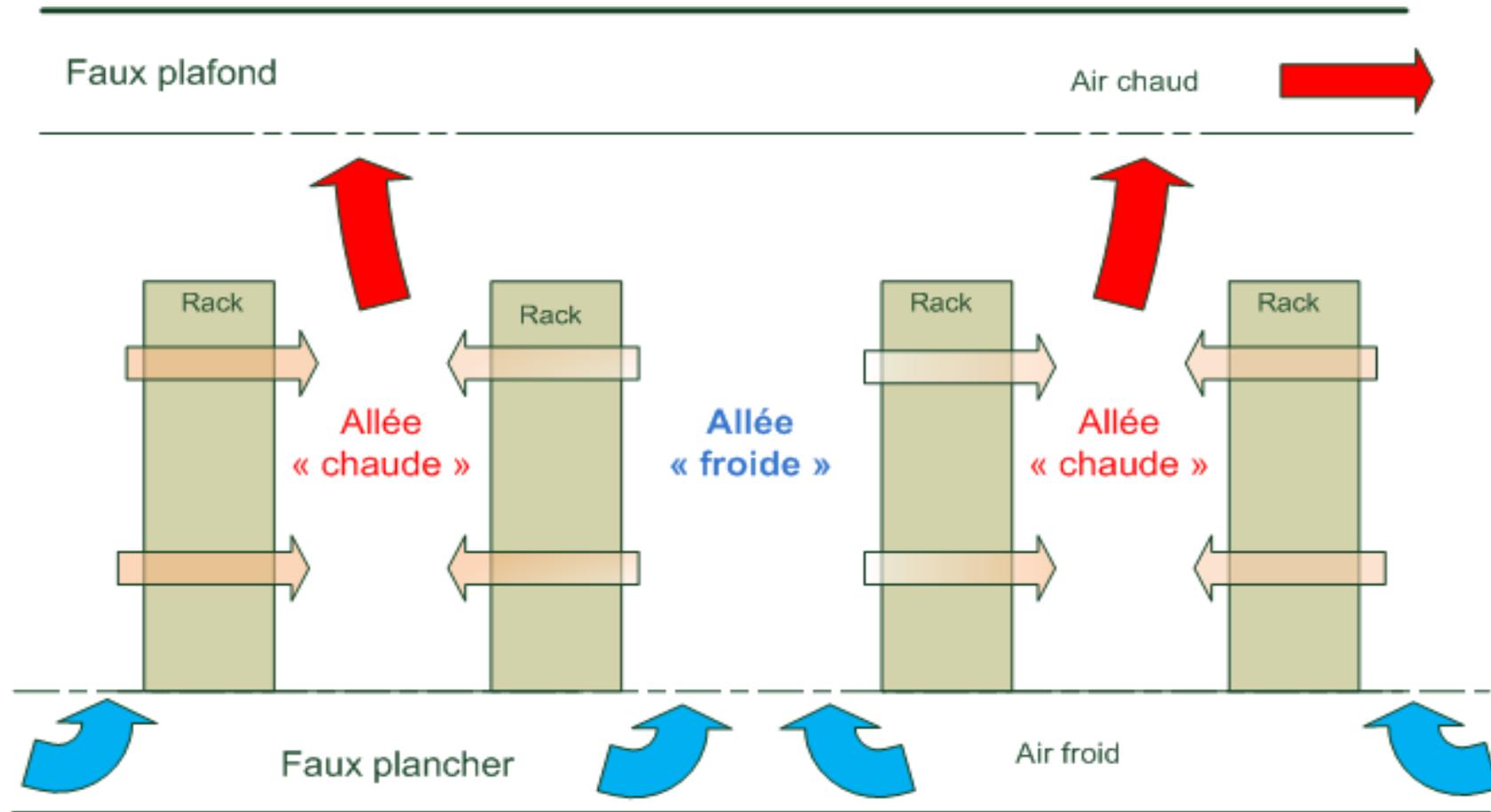
Définition du free cooling

- Traduction littérale: rafraîchissement gratuit

Concept fondamental

- Le free cooling est un concept simple et économique qui consiste à refroidir un système électronique par ventilation forcée ou mécanique en utilisant l'énergie gratuite de l'air extérieur.

Principe du couloir froid



Les flux d'air en face avant des machines sont séparés des flux en face arrière.

Centre de calcul du CERN / Genève



Centre de calcul du CERN / Genève



Conditions requises

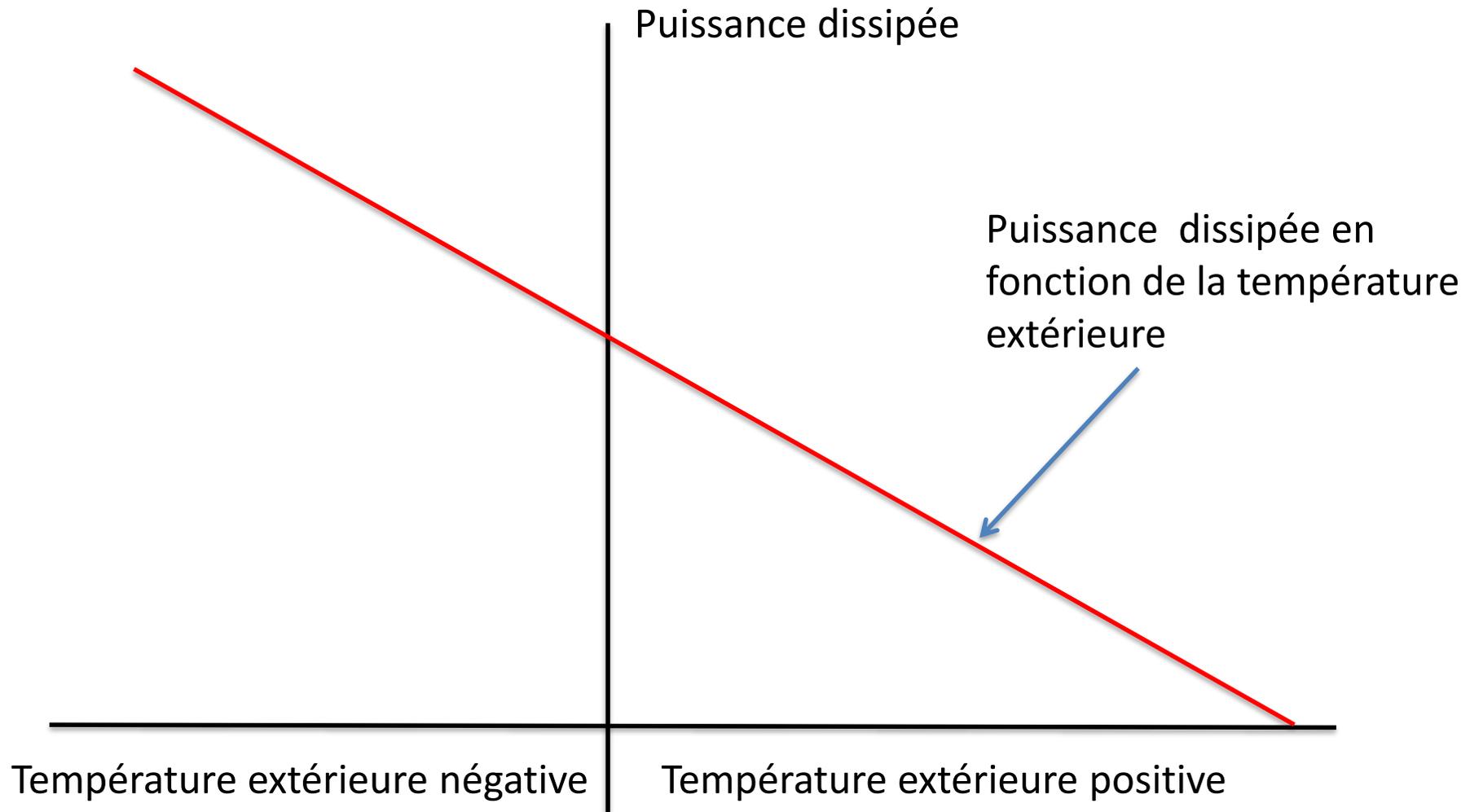
- Le système à refroidir doit supporter des températures élevées.
 - Exemple: les postes d'enclenchement utilisés par les TPF supportent une température permanente de fonctionnement de 40 degrés centigrades.

Exemple de calcul de la puissance évacuée en fonction de la température extérieure pour un débit d'air constant

- Température de consigne à l'intérieur du local: 27 °C
- Température de l'air extérieur : 22 °C
- Débit d'air constant: 5000 m³/h
- Puissance évacuée = $0,34 \times (27 - 22) \times 5000 = 8500 \text{ W}$

- Avec une température extérieure de – 5 °C
- Puissance évacuée = $0,34 \times (27 - (-5)) \times 5000 = 54\,400 \text{ W}$

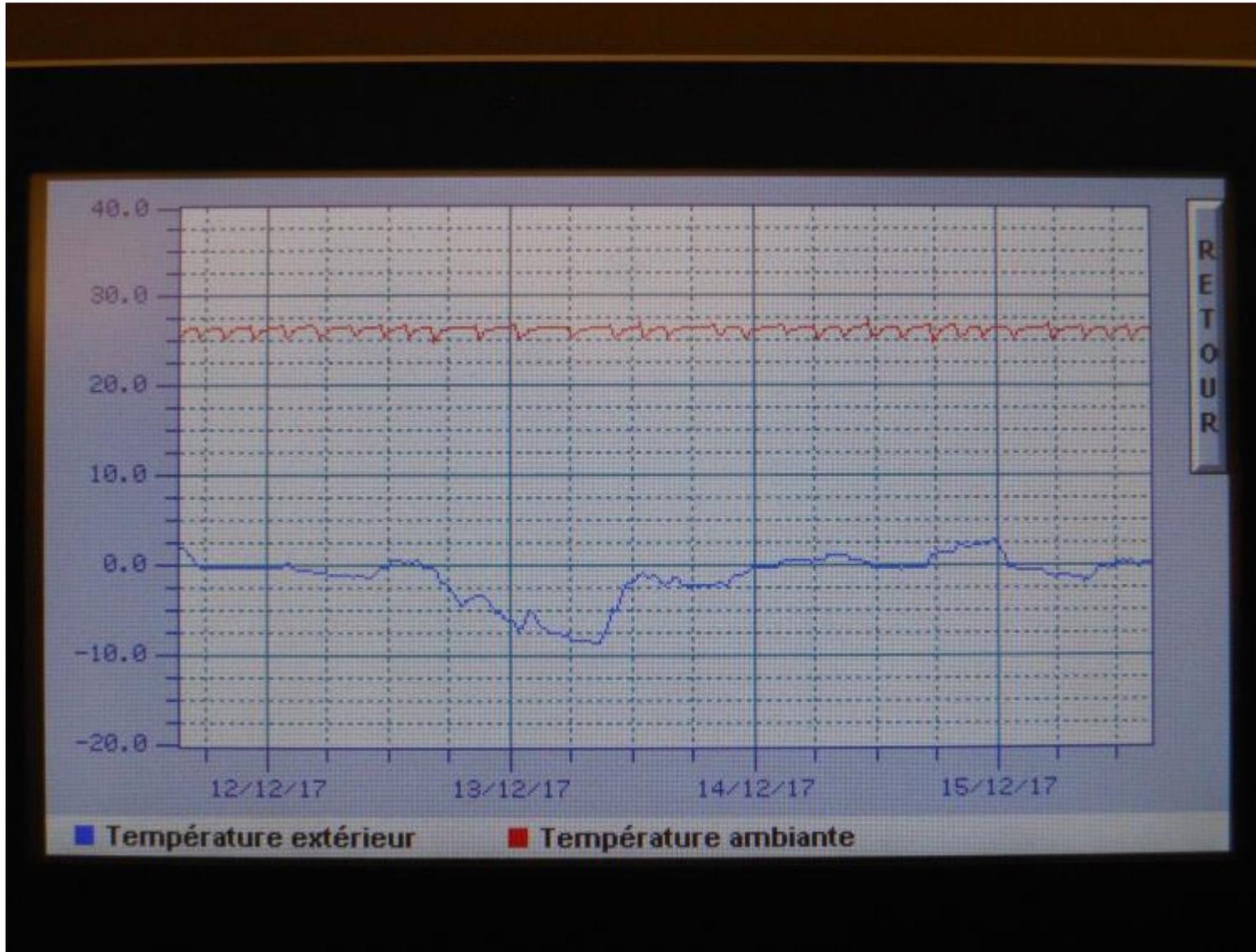
Puissance dissipée en fonction de la température extérieure



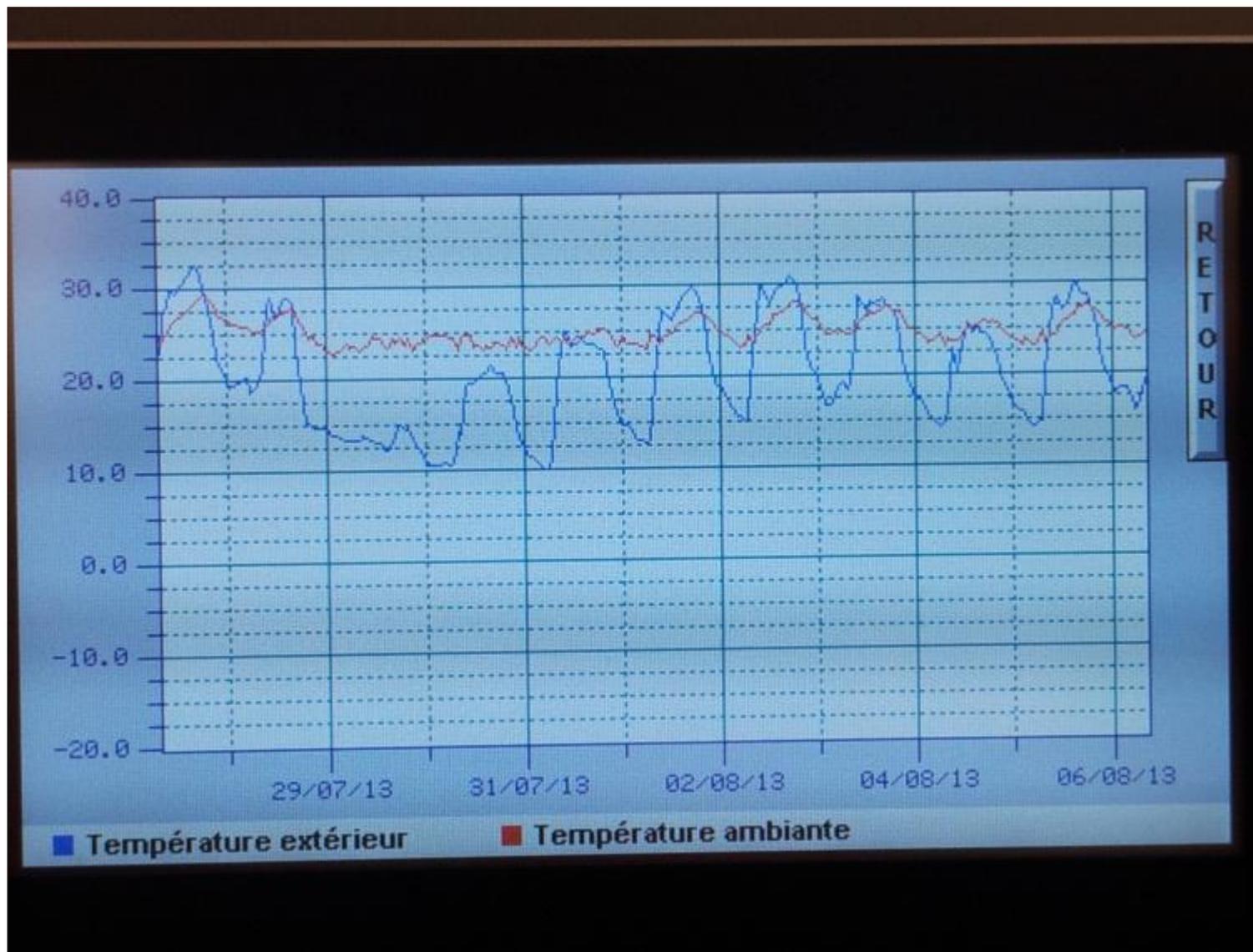
- En principe, la puissance à évacuer est constante, donc il est fortement recommandé de varier le débit d'air en modifiant la vitesse rotationnelle du ventilateur à l'aide d'un variateur de fréquence.
- En reprenant l'exemple précédent, à savoir une puissance dissipée constante de 8500 W et avec une température extérieure de l'air de -5 °C , on obtient un débit d'air de 780 m³/h au lieu de 6000 m³/h => économie d'électricité sur la ventilation.

- Que se passe-t-il lorsque la température extérieure s'approche de la température de consigne?
- Et lorsque la température extérieure est supérieure à la température de consigne?

Valeurs mesurées en décembre 2017



Valeurs mesurées en août 2013



Conditions requises (suite)

- Privilégier une construction en maçonnerie avec des murs ayant une grande inertie thermique.
 - Exemple: local intégré dans une construction en béton et orienté au nord. Cabine individuelle en béton préfabriqué, posée le long de la voie ferrée.
- L'inertie thermique du local doit être la plus grande possible.
 - Ceci est important lors de la période estivale, lorsque la température de l'air extérieure dépasse les 30 degrés.

Conditions requises (suite)

- Limiter les gains solaires. L'orientation du local technique et son exposition au soleil sont impératives.
 - Exemple: isolation périphérique du local et le placer au nord, si possible à l'ombre. Minimiser les surfaces au sud et les fenêtres (forme du bâtiment, ouverture en façade). Eviter l'éclairage direct du soleil sur ses faces.

Conditions requises (suite)

- Pas de séparation des flux d'air, donc pas de pertes dues à un échangeur air-air.
 - On utilise l'air extérieur pour refroidir le système électronique. Cet air traverse les modules et les cartes électroniques du système à refroidir.
- Filtrage impeccable de l'air extérieur.
 - Ceci est particulièrement important car il faut éviter absolument l'introduction et l'accumulation de poussières et autres saletés (pollens, poussières de fer et de garnitures de freinage) dans le local, respectivement dans les modules et les cartes électroniques. Filtres utilisés: G4 + F7.

Pratique et expériences

- Le poste d'enclenchement de Sâles (2013)
gère les gares de Sâles et de Vuadens-Sud sur la ligne ferroviaire Bulle-Romont, district de la Gruyère, canton de Fribourg
- Le poste d'enclenchement de Belfaux-Village (2015)
gère la gare de Belfaux sur la ligne ferroviaire Fribourg-Morat-Anet, district de la Sarine, canton de Fribourg

Vue partielle de la gare de Sâles



Vue du local technique de la gare de Sâles



Face nord, vue des bouches d'aspiration de l'air



Face sud, sortie de l'air chaud



Ouverture du faux plancher et dalle en béton



Filtrage de l'air (G4 + F7)



Vue de l'intérieur du local technique



Détail de l'aspiration de l'air chaud



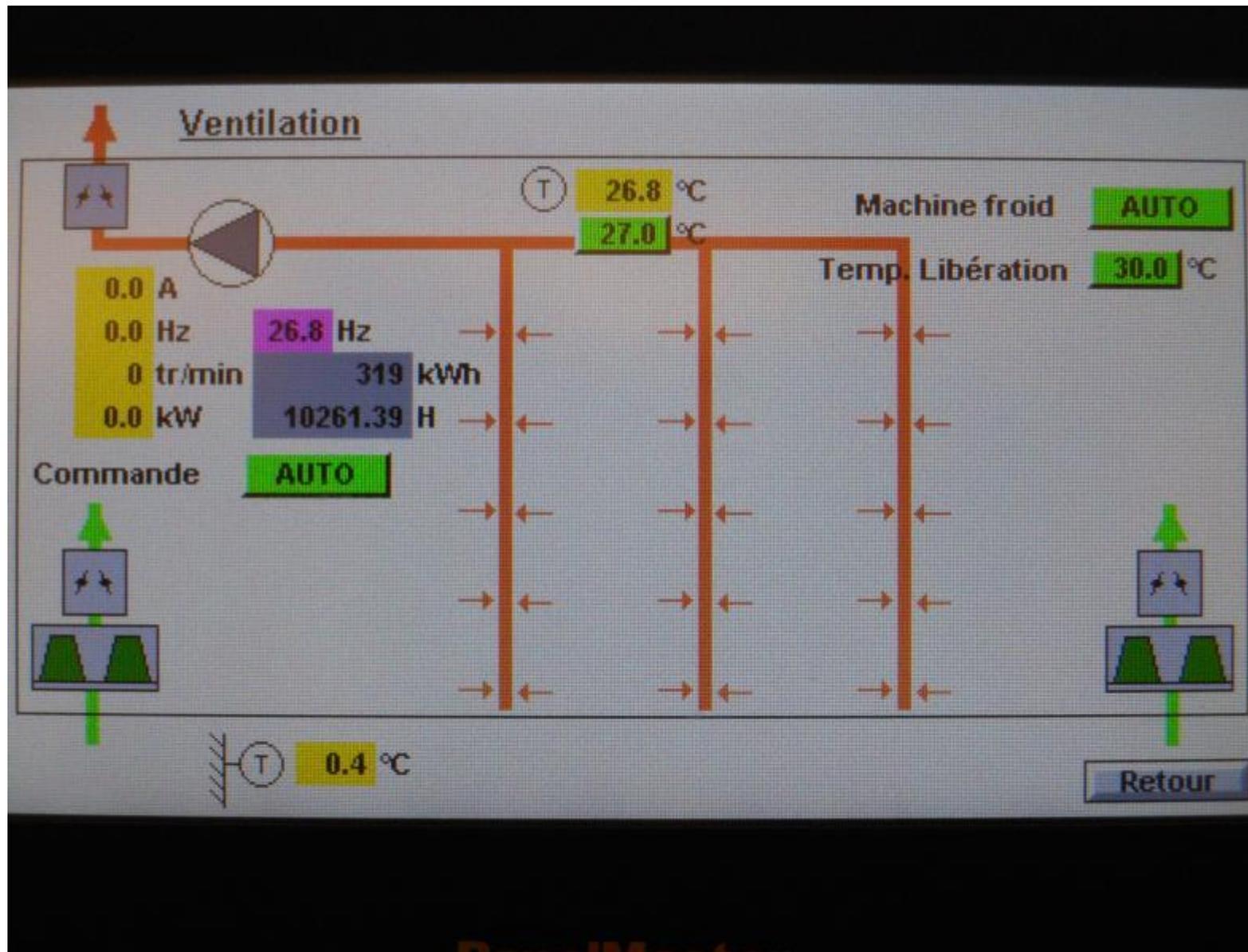
Armoire de commande / ventilateur



Armoire de commande / variateur de fréquence



Ecran tactile et affichage



Machines de froid devenues inutiles



Extinction incendie par injection d'azote



Gare de Belfaux



Gare de Belfaux – Vue du local technique



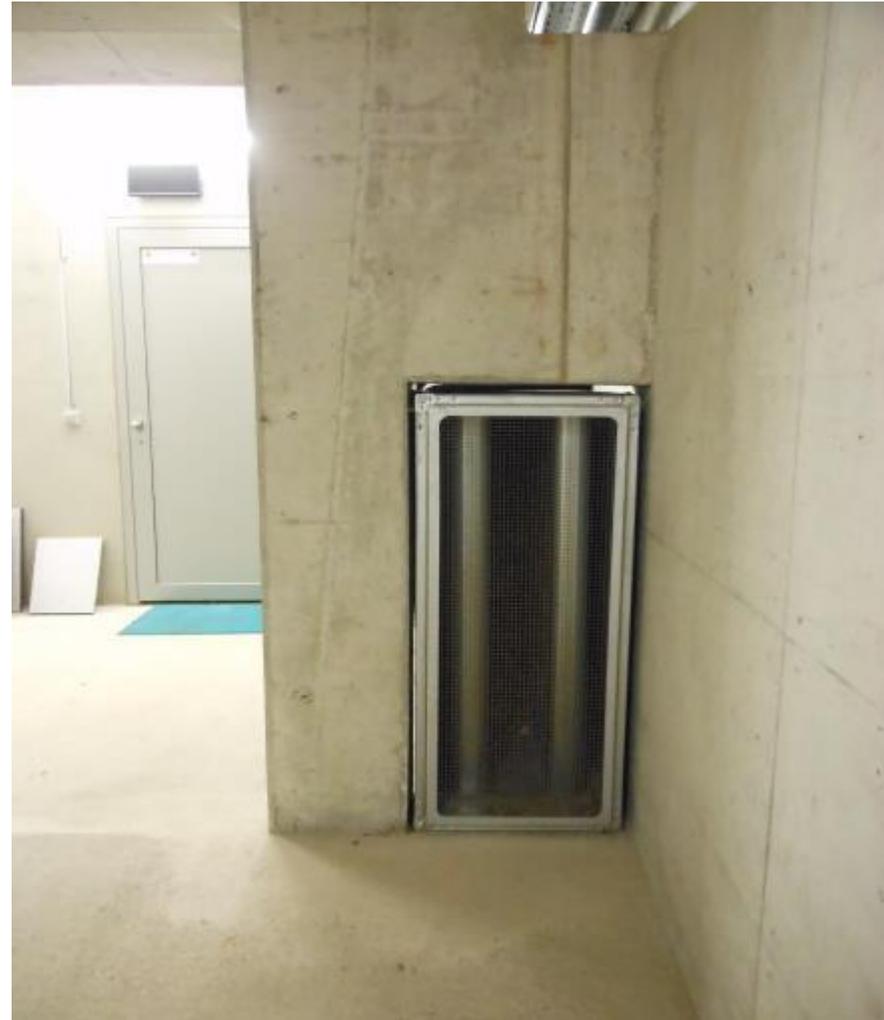
Passage inférieur traversant la gare



Couloir menant au local technique avec fonction de puits canadien



Couloir menant au local technique avec fonction de puits canadien



Le puits canadien (aussi appelé puits provençal)

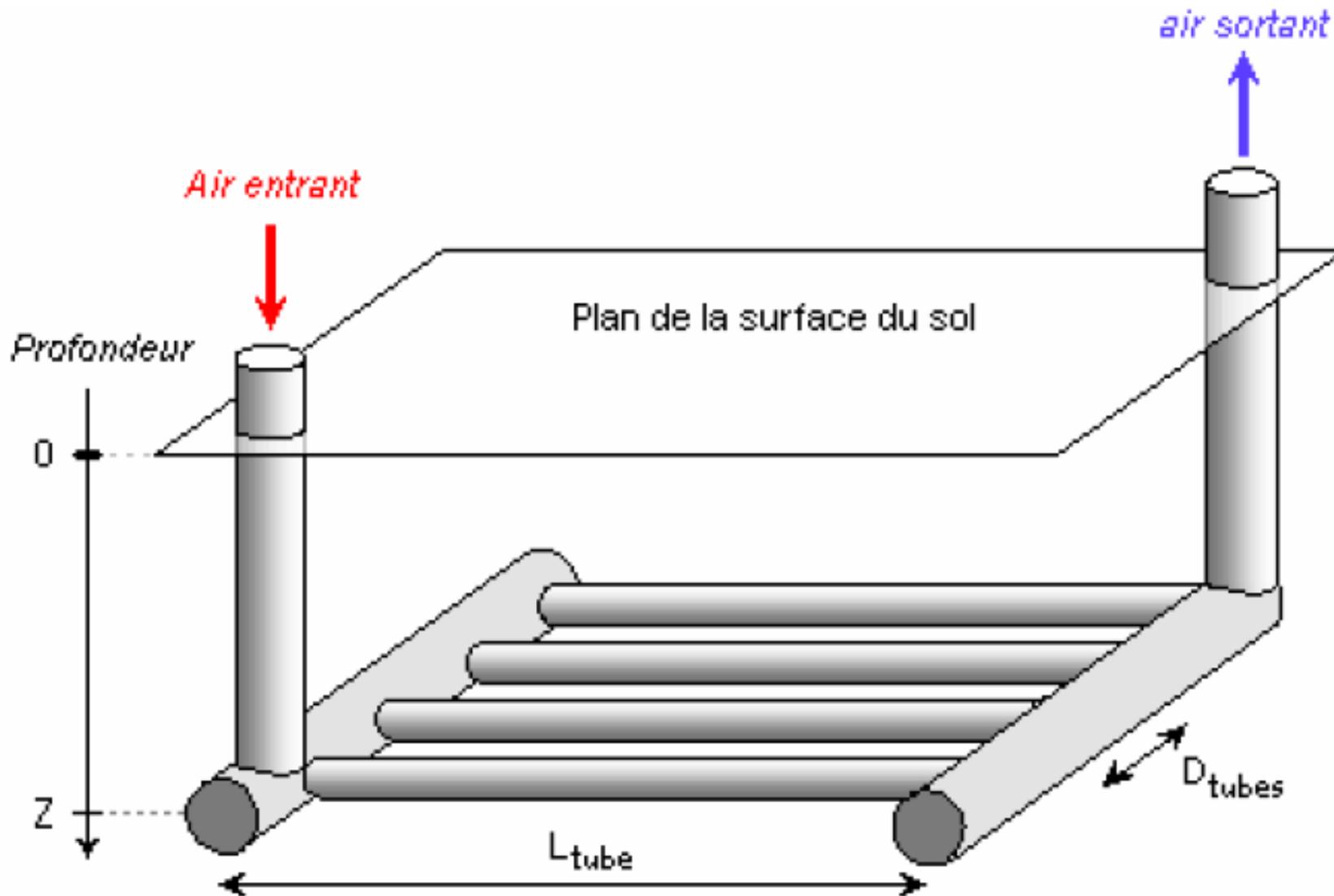


Bouches d'entrée d'air
d'un puits canadien

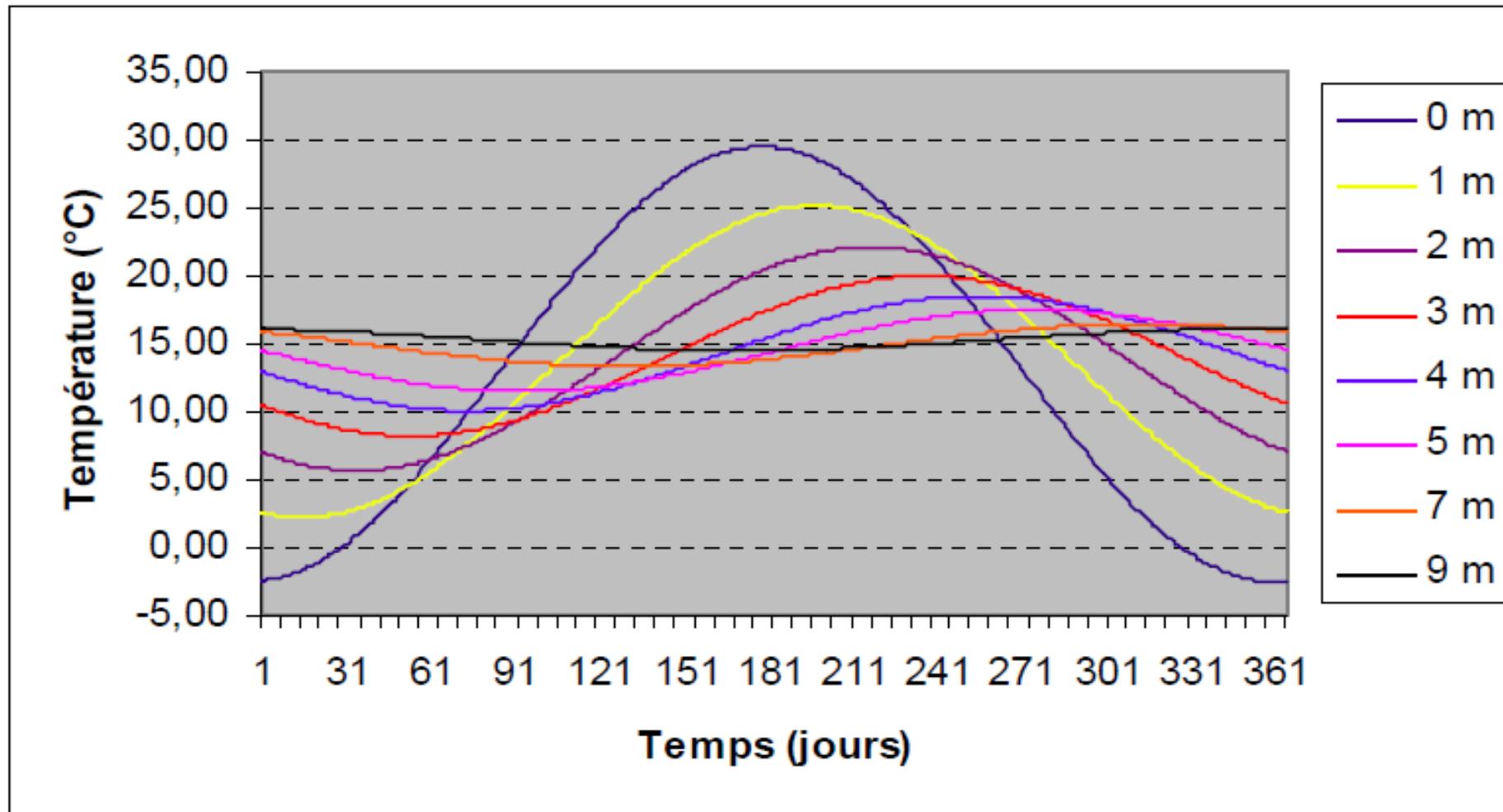
Le puits canadien permet de rafraîchir l'air en été et de le tempérer en hiver.

Sa fonction hivernale est peu utile mais non pénalisante dans notre application. Son usage en été permet d'obtenir une température de consigne plus basse que les 27 à 28 degrés, par exemple 22 degrés sachant que l'air utilisé est d'abord «refroidi» avant d'être filtré. Le puits canadien amortit l'oscillation jour – nuit respectivement les saisons été – hiver.

Structure d'un puits canadien



Variation de température de l'air à l'intérieur du puits



Amplitude relative des variations de température en fonction de la profondeur

Points forts du free cooling

- Simplicité de mise en œuvre et robustesse de l'installation.
- Entretien réduit.
- Pas besoin de machines de froid en secours => installation de machines de froid inutile.
- Grande économie d'énergie dévolue au refroidissement en comparaison de machine de froid au fréon.
- Taux de pannes relativement faible en comparaison de machines de froid classiques au fréon.

Points faibles du free cooling

- Durant la période estivale, la température de l'air à l'intérieur du local peut atteindre 30 à 32 degrés centigrades durant 1 à 2 heures par jour et ceci pendant quelques jours par année.
- Le système à refroidir doit supporter des températures élevées (minimum 35 à 40 degrés centigrade).

Des questions?