

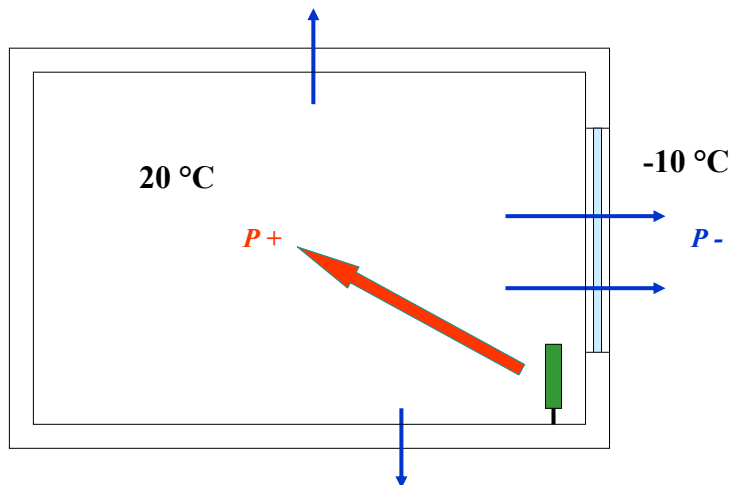
Dimensionnement des installations de chauffage

Jean-Marie SEYNHAEVE

- Estimation de la puissance thermique à installer
 - Logique de dimensionnement
 - Déperditions calorifiques (Norme NBN 62-003) (« K55 »)
 - Approche globale par ratios
- Besoins annuels d'énergie de chauffage
- Dimensionnement des corps de chauffe
 - Radiateurs - convecteurs
 - Chauffage par rayonnement (sol – plafond)

Estimation de la puissance thermique à installer

Logique de dimensionnement



Estimation de la puissance thermique à installer

Déperditions calorifiques : NBN 62-003

- Déperditions calorifiques totales

$$Q_n = (Q_t + Q_v)(1 + M_0 + M_{cw}) \quad W$$

Q_t : déperditions par transmission d'un local

Q_v : déperditions par ventilation (infiltration)

M_0 : facteur de majoration « orientation du local »

M_{cw} : facteur de majoration « parois froides »

- Températures de référence

Température extérieure de base

Température intérieure souhaitée (20, 22-24, 16-18, 16, 5 °C)

Estimation de la puissance thermique à installer

Déperditions calorifiques : NBN 62-003

Évaluation sur base du niveau « K55 » du bâtiment : NBN 62-003

$$A_t = \sum_{i=\text{parois}} A_i \quad Ak = \left(\sum_{i=\text{parois}} a_i k_i A_i \right) + \text{Ponts Thermiques} \quad W/K$$

Coefficient moyen de transmission

$$k_s = \frac{Ak}{A_t} \quad W/K/m^2$$

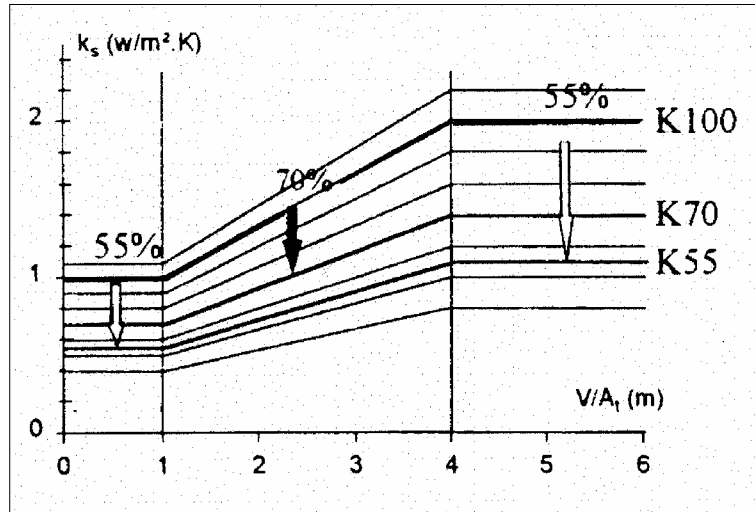
Compacité du bâtiment :

$$= \frac{V}{A_t}$$

⇒ Détermination du « K » du bâtiment (voir diagramme)

voir exemple de calcul NBN 62 - 301

Estimation de la puissance thermique à installer



AMCO 2363 - Transfert de chaleur

5

Estimation de la puissance thermique à installer

Déperditions calorifiques : NBN 62-003

⇒ Détermination de Q_i : $Q_i = Ak(t_i - t_e)$

⇒ Détermination de Q_v : $Q_v = 0.34\beta V(t_i - t_e)$

Où 0.34 : capacité thermique de l'air en Wh/m³/K
 β : taux de renouvellement (h⁻¹) = ... 1...
 V : volume intérieur chauffé du bâtiment
 t_i : température intérieure moyenne du bâtiment (°C)
 t_e : température extérieure de base (°C)

⇒ Détermination de la puissance chaudière : $Q_{chaudière} \cong \dots 1,20 \dots Q_n$
 1.27 pour les bâtiments tertiaires ...

Approche globale par ratios Ratio au m³ : 30 W/m³ ... 70 W/m³

Exemple : 500 m³ à 40 W/m³ = 20 kW

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

6

Besoins annuels en énergie de chauffage

$$Q_n = (Q_t + Q_v)(1 + M_0 + M_{cv}) \triangleq GV(t_i - t_{eb})$$

t_i : température intérieure moyenne en °C

t_{eb} : température extérieure de base en °C

G : coefficient volumique des déperditions du bâtiment (W/m³/°C)

V : volume du bâtiment en m³

$$E_{annuel} = \sum_{j=1}^{365} \frac{24}{1000} GV [t_i - t_e(j)] \text{ kWh}$$

Degré-jour ?

$$D_{15,15} = \sum_{j=1}^{365} [t_i - t_e(j)] \cong 2100 \text{ degré-jours}$$

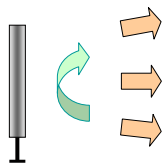
Nombre de jours : 254 jours

Différence moyenne annuelle : 8.25 °C

Puissance moyenne : 8.25/30 = 0.275 Puissance Nominale

Dimensionnement des corps de chauffe

Radiateurs



Chauffage par convection naturelle :

$$Nu \doteq (Ra)^{\frac{1}{4}} \Rightarrow Q_{conv} \doteq (\Delta t)^{1.25}$$

+ Chauffage par rayonnement :

$$Q_{ray} \doteq (T_r^4 - T_a^4)$$

Norme NBN D 13-001

Température ambiante de 20 °C

Température moyenne eau de 80 °C (90 - 70)

Débit d'eau constant (en régime)

$$\Rightarrow E_{60}$$

Puissance totale émise :

$$Q_{réel} = f_1 f_2 E_{60}$$

$$f_1 = \left[\frac{t_{moy\ eau} - t_{amb}}{60} \right]^{1.3}$$

f_2 : coefficient de placement

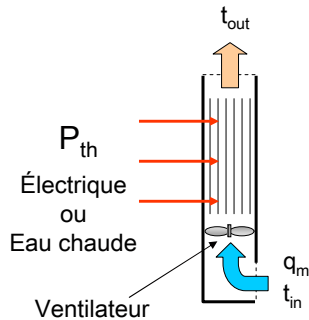
Voir exemple

Dimensionnement des corps de chauffe

Convecteurs

- Chauffage par convection forcée :

$$P_{th} = q_m c_p (t_{out} - t_{in})$$



- Exemple de calcul :

$$\begin{aligned} P_{th} &= 1 \text{ kW} \\ t_{in} &= 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ t_{out} &= 40 \text{ }^\circ\text{C} \\ c_p &= 1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

⇒

$$\begin{aligned} q_m &= 0.05 \text{ kg/s} \\ q_v &= 200 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Chauffage par rayonnement

systemes classiques

- corps de chauffe - aire réduite
- - température élevée

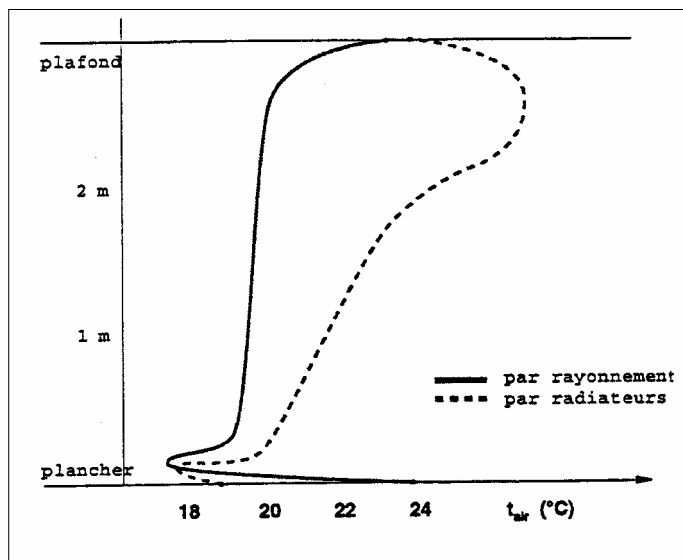
chauffage par rayonnement

- sol/plafond = surface de chauffe
- aire élevée
- température faible
- pas de corps de chauffe

Spécificités du chauffage par rayonnement

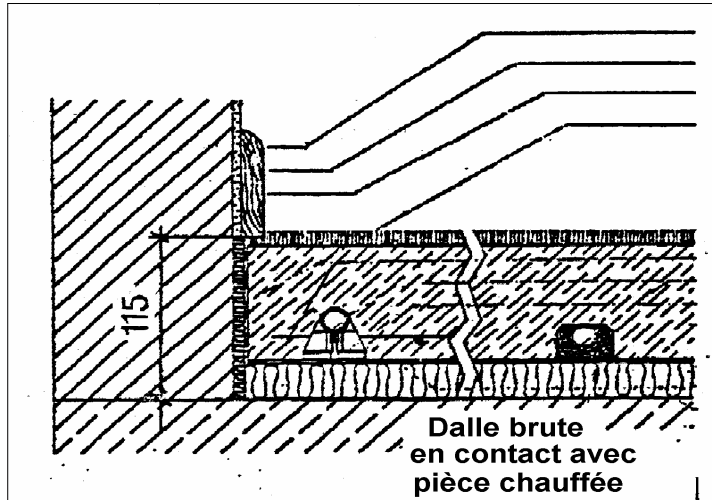
- chauffage à basse température
- rayonnement du sol
 - vers - autres parois
 - mobilier
 - occupants
- effets convectifs faibles
 - (par transfert avec parois)
- bonne uniformité de la t° air
- excellent confort thermique
- grande inertie
- inaccessibilité des éléments chauffants
- coût

Uniformité de température



Réalisation

1. Systèmes à tubes d'eau



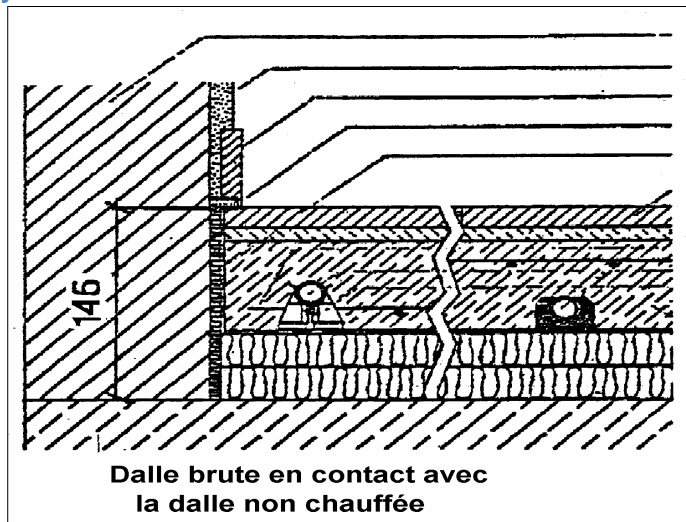
Documents TA-GOLV

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

13

Réalisation

1. Systèmes à tubes d'eau



Documents TA-GOLV

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

14

Réalisation

1. Systèmes à tubes d'eau



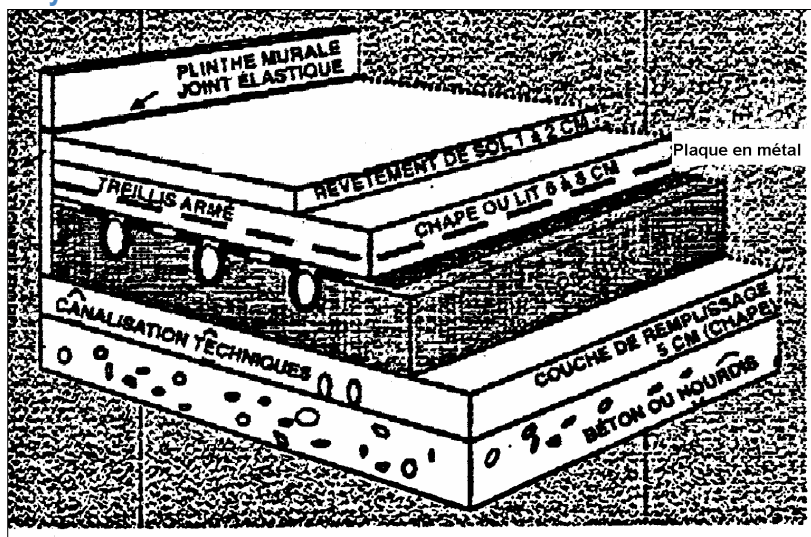
Document TA-GOLV

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

15

Réalisation

1. Systèmes à tubes d'eau



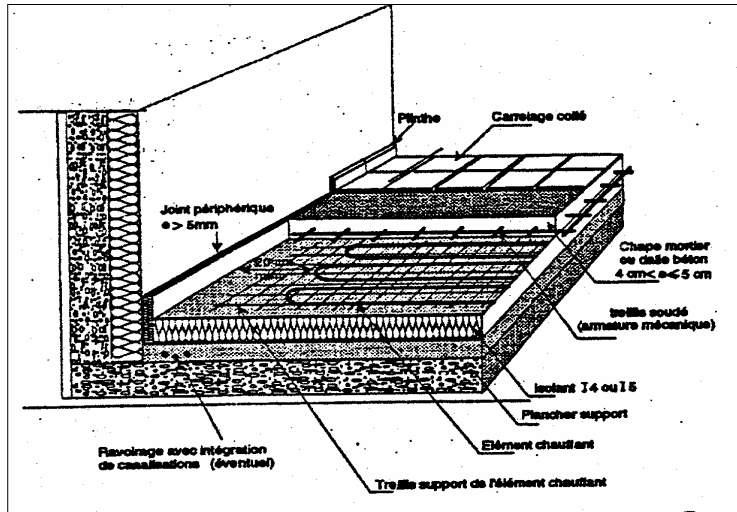
Document BRIOTHERM

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

16

Réalisation

2. Systèmes électriques



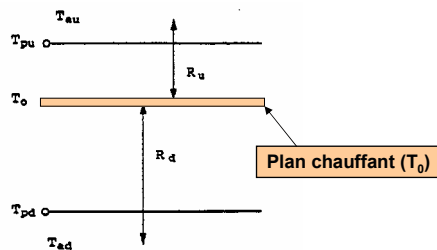
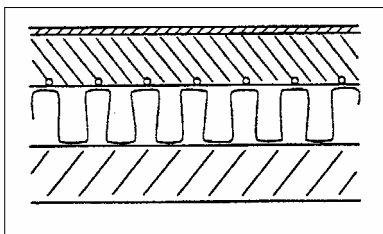
Document CSTB

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

17

Calcul thermique simplifié

Modèle 1.D



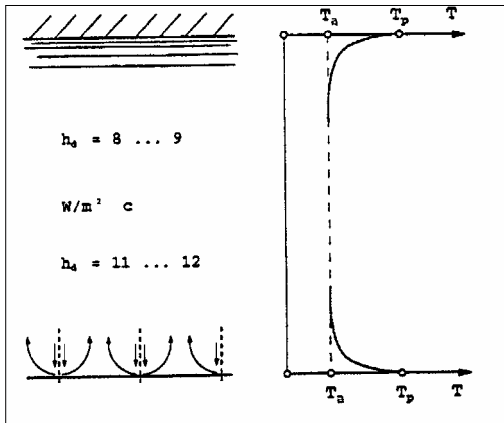
$$R_u = \sum \left(\frac{e}{k} \right)_u + \frac{1}{h_u} \quad \dot{q}_u = \frac{T_0 - T_{au}}{R_u} \quad \text{upwards}$$

$$R_d = \sum \left(\frac{e}{k} \right)_d + \frac{1}{h_d} \quad \dot{q}_d = \frac{T_0 - T_{ad}}{R_d} \quad \text{downwards}$$

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

18

Coefficients de transfert



$$h_u = 8 \dots 9$$

$$\text{W/m}^2 \text{ K}$$

$$h_d = 11 \dots 12$$

$$\dot{q}_c \approx \Delta T^{5/4}$$

$$\dot{q}_r \approx T_p^4 - T_a^4$$

$$\begin{aligned} \dot{q}_u &= \dot{q}_c + \dot{q}_r \\ &= h_u (T_{pu} - T_a) \end{aligned}$$

$$Nu \approx Ra^{1/4}$$

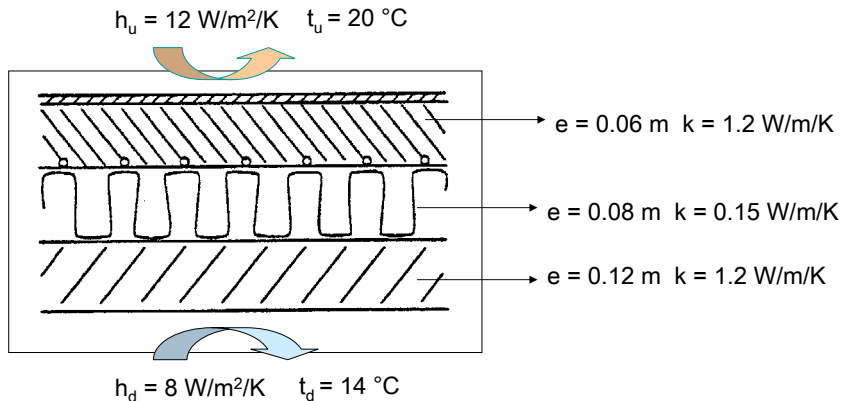
$$Nu = \frac{h_c L}{k} \quad Ra = \frac{g L^3}{\nu \alpha} \beta \Delta T$$

$$h_c = \frac{\dot{q}_c}{\Delta T}$$

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

19

Exemple de calcul de puissance thermique d'un chauffage par le sol



$$R_u = \frac{0.06}{1.2} + \frac{1}{12} = 0.133 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

$$R_d = \frac{0.08}{0.15} + \frac{0.12}{1.2} + \frac{1}{8} = 0.758 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

20

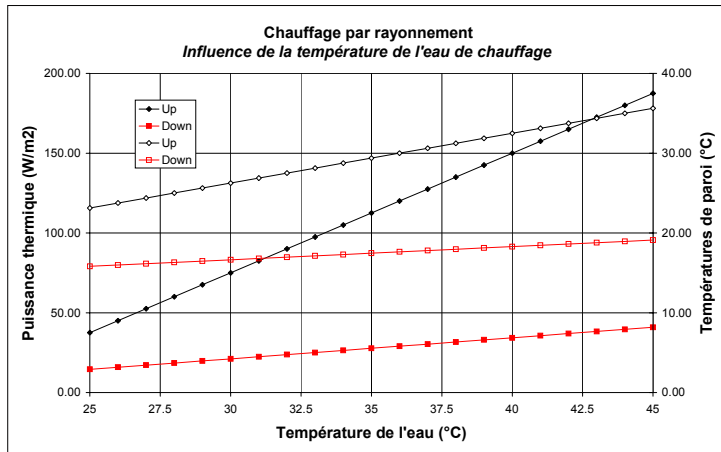
Exemple de calcul de puissance thermique d'un chauffage par le sol

$$\dot{q}_u = \frac{t_0 - t_u}{R_u}$$

$$\dot{q}_d = \frac{t_0 - t_d}{R_d}$$

$$t_{p,u} = t_u + \frac{\dot{q}_u}{h_u}$$

$$t_{p,d} = t_d + \frac{\dot{q}_d}{h_d}$$



AMCO 2363 - Transfert de chaleur

21

Inertie thermique

- Température t_0 : 35 °C
- Puissance : 112.5 W/m²
- Température paroi « up » : 29.38 °C
- Température moyenne : 32.19 °C
- Masse volumique : 2000 kg/m³
- Chaleur massique : 0.88 kJ/kg/°C
- Épaisseur : 6 cm
- Température initiale : 20 °C

$$E = V\rho c\Delta t = 0.06 \cdot 2000 \cdot 880 \cdot 12.19 \cong 1.3 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Temps} = \frac{E}{3600P_{th}} \cong 3.2 \text{ h}$$

AMCO 2363 - Transfert de chaleur

22