

CALCUL DES DÉPERDITIONS CALORIFIQUES DES BÂTIMENTS

Evolution des normes

13/06/2012

Ir. Ar. Benoît BASTIN

Project engineer - SECO



Histoire

- **DIN 4701, Edition 1959**

24 ans

- **DIN 4701, Edition 1983**

- **NBN B 62-003, Edition 1986**

17 ans

- **NBN EN 12831, Edition 2003**

?? ans

Les principes fondamentaux restent les mêmes entre la norme belge et européenne...

MAIS:

Les approches et formules sont plus méthodiques

Domaine d'application

NBN EN 12831

- Méthode de calcul pour des configurations classiques:
 - Hauteur de pièce < 5m
 - Bâtiments chauffés à régime constant aux conditions nominales
 - Température air = température opérative
- Annexes pour les cas suivants:
 - Grands volumes et grande hauteur
 - \neq entre θ_a et θ_r

NBN B 62-003

- Méthode de calcul selon les conditions suivantes:
 - Hauteur de pièce < 4m
 - Chauffage en continu du bâtiment
- Annexe indicative sur les puissances et durées de relance

Processus de calcul (1/2)

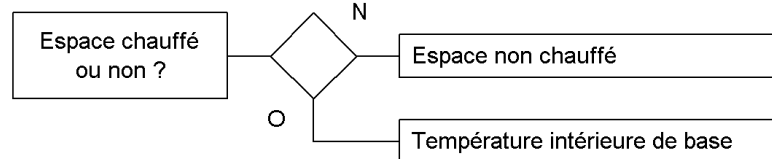
Étape a)

Détermination des données de base :
- température extérieure de base
- moyenne annuelle de la température extérieure

Données climatiques

Étape b)

Définition de chaque espace du bâtiment :



Statut de chaque espace et température intérieure de base de chaque espace chauffé

Étape c)

Détermination :
- des caractéristiques dimensionnelles
- des caractéristiques thermiques

de toutes les parois pour tous les espaces chauffés et non chauffés

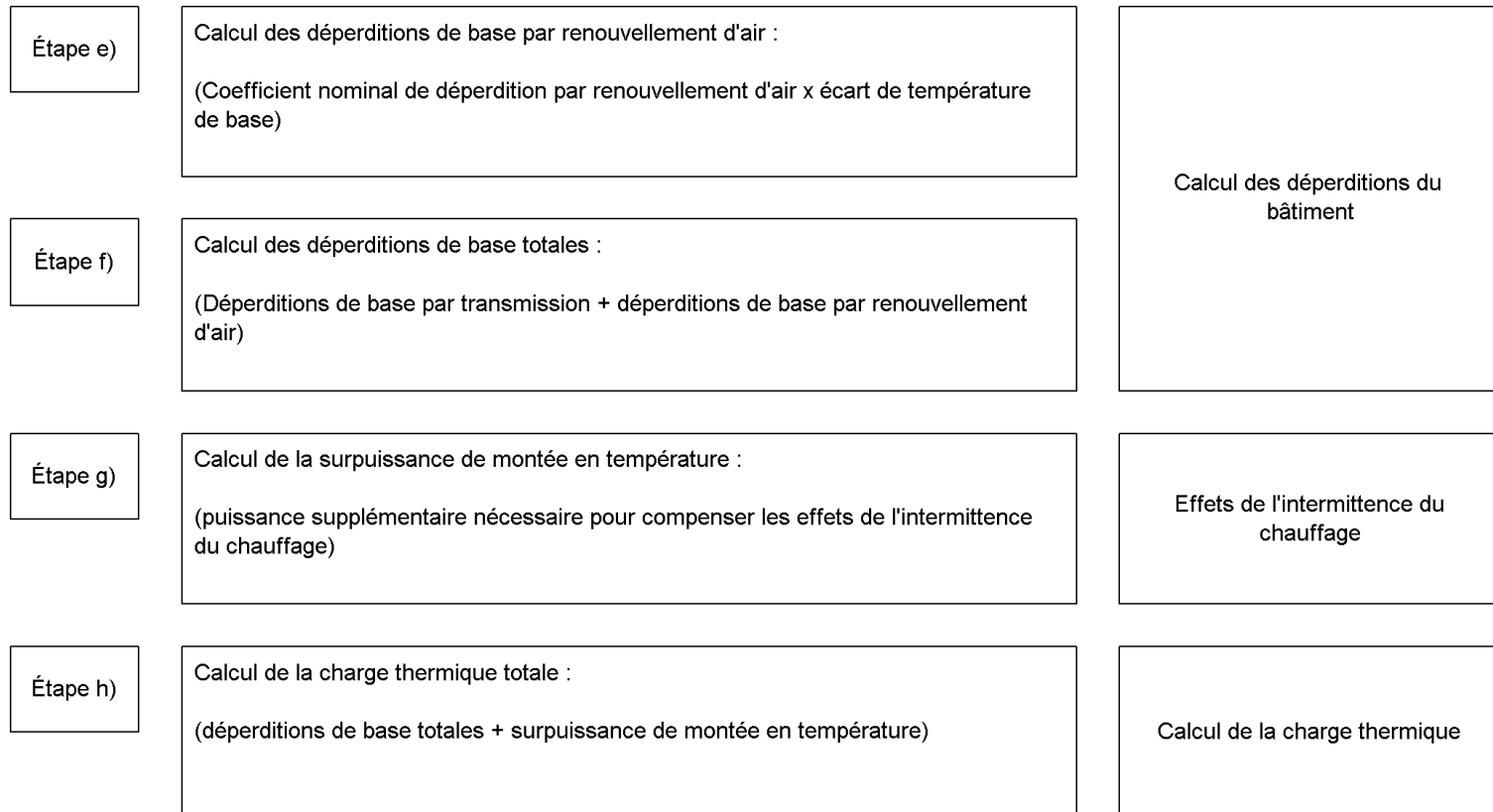
Données relatives au bâtiment

Étape d)

Calcul des déperditions de base par transmission :
(Coefficient nominal de déperdition par transmission x écart de température de base)

Pour les déperditions à travers :
- l'enveloppe du bâtiment
- les espaces non chauffés
- les espaces adjacents
- le sol

Processus de calcul (2/2)



Etape A: Climat

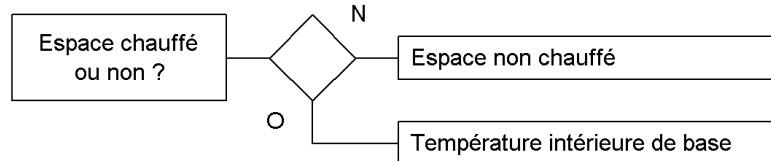
Étape a)

Détermination des données de base :
- température extérieure de base
- moyenne annuelle de la température extérieure

Données climatiques

Étape b)

Définition de chaque espace du bâtiment :



Statut de chaque espace et température intérieure de base de chaque espace chauffé

Étape c)

Détermination :
- des caractéristiques dimensionnelles
- des caractéristiques thermiques

de toutes les parois pour tous les espaces chauffés et non chauffés

Données relatives au bâtiment

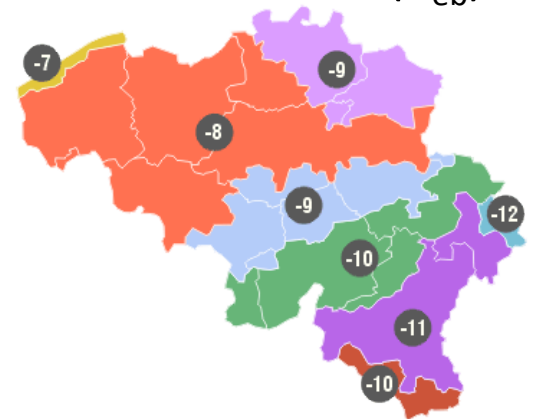
Étape d)

Calcul des déperditions de base par transmission :
(Coefficient nominal de déperdition par transmission x écart de température de base)

Pour les déperditions à travers :
- l'enveloppe du bâtiment
- les espaces non chauffés
- les espaces adjacents
- le sol

Données climatiques (1/2)

- Température extérieure de base θ_e :
 - Définie sur base de la EN ISO 15927-5 ou
 - la plus basse température moyenne sur deux jours, observée dix fois sur une période de vingt ans.
 - Celle-ci doit être donnée dans une annexe nationale (non disponible)
 - En attendant, on se base sur les valeurs de la NBN B 62-003 (θ_{eb})
 - Rappel cas particuliers:
 - Variation d'altitude: $\theta'_{eb} = -(8 + 0,007h) [^{\circ}C]$
 - Confort maîtrisé : $\theta'_{eb} = \theta_{eb} - 4..6 [^{\circ}C]$



Données climatiques (2/2)

- Moyenne annuelle de la température extérieure $\theta_{m,e}$
 - Pour les déperditions vers le sol et les déperditions vers des bâtiments voisins
 - Celle-ci doit être donnée dans une annexe nationale (non disponible et aucune référence normative belge)
 - Que fait-on?
 - Sur base de la NBN B 62-003, on déduit que la valeur se situe autour de 10°C (Uccle = 10,5°C – source IRM)
 - On se base sur les valeurs de IRM ou de sites internet météorologique.
 - Valeurs indicatives:
 - Oostende: 9,5°C
 - Saint-Hubert: 7°C

Etape B: Confort intérieur

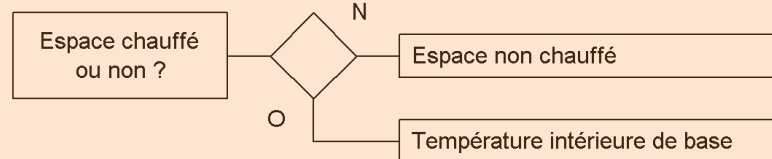
Étape a)

Détermination des données de base :
- température extérieure de base
- moyenne annuelle de la température extérieure

Données climatiques

Étape b)

Définition de chaque espace du bâtiment :



Statut de chaque espace et température intérieure de base de chaque espace chauffé

Étape c)

Détermination :
- des caractéristiques dimensionnelles
- des caractéristiques thermiques

de toutes les parois pour tous les espaces chauffés et non chauffés

Données relatives au bâtiment

Étape d)

Calcul des déperditions de base par transmission :
(Coefficient nominal de déperdition par transmission x écart de température de base)

Pour les déperditions à travers :
- l'enveloppe du bâtiment
- les espaces non chauffés
- les espaces adjacents
- le sol

Température intérieure

NBN EN 12831

- Valeurs par défaut

Type de bâtiment ou d'espace	$\theta_{int,i}$ °C
Bureau individuel	20
Bureau paysager	20
Salle de réunion	20
Auditorium	20
Cafétéria/Restaurant	20
Salle de classe	20
Crèche	20
Magasin	16
Résidentiel	20
Salle de bains	24
Église	15
Musée/Galerie	16

NBN B 62-003

- Valeurs communément admises

Locaux chauffés	θ_i (°C)
1. Locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou ont une activité physique très légère p. ex. salles de séjour, cuisines, bureaux, salles de cours, chambres d'études, chambres d'hôtel, restaurants, salles de réunion, locaux de magasins, etc.	20
2. Locaux où des gens peu habillés ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère p. ex. salles de bain, chambres de consultation, chambres de déshabillage	22-24
3. Chambres à coucher	16-18
4. Locaux où des gens habillés normalement exercent une activité physique légère p. ex. ateliers, industrie légère	16
5. Locaux où des gens peu habillés exercent une grande activité physique p. ex. salles de gymnastique, salles de sport, industrie	16
6. Locaux qui ne servent que de passage ou de résidence de courte durée pour des gens habillés normalement p. ex. corridors, cages d'escalier, vestiaires, WC	16
7. Locaux que l'on veut uniquement garder à l'abri du gel p. ex. garage	5

Etape C: Données constructives

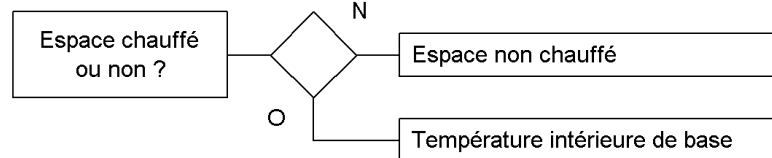
Étape a)

Détermination des données de base :
- température extérieure de base
- moyenne annuelle de la température extérieure

Données climatiques

Étape b)

Définition de chaque espace du bâtiment :



Statut de chaque espace et température intérieure de base de chaque espace chauffé

Étape c)

Détermination :
- des caractéristiques dimensionnelles
- des caractéristiques thermiques

de toutes les parois pour tous les espaces chauffés et non chauffés

Données relatives au bâtiment

Étape d)

Calcul des déperditions de base par transmission :
(Coefficient nominal de déperdition par transmission x écart de température de base)

Pour les déperditions à travers :
- l'enveloppe du bâtiment
- les espaces non chauffés
- les espaces adjacents
- le sol

Données relatives au bâtiment

Symbole	Nom	Unité
V_i	volume d'air intérieur de chaque pièce (espaces chauffés et non chauffés)	m^3
A_k	aire de chaque paroi	m^2
U_k	coefficient de transmission thermique de chaque paroi	W/m^2K
Ψ_l	coefficient de transmission thermique linéique de chaque pont thermique linéaire	W/mK
l_l	longueur de chaque pont thermique linéaire	m
n_{min}	taux horaire minimal de renouvellement en air extérieur	h^{-1}
n_{50}	taux horaire de renouvellement d'air à 50 Pa de différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur	h^{-1}
V_{inf}	débit d'infiltration d'air dû à l'inétanchéité de l'enveloppe du bâtiment, prenant en compte les effets du vent et du tirage thermique	m^3/s
V_{su}	débit d'air amené	m^3/s
V_{ex}	débit d'air extrait	m^3/s
h_v	efficacité du système de récupération de chaleur sur l'air extrait	-

Caractéristiques thermiques



Caractéristiques thermiques

- Valeurs de U et Ψ
 - Norme NBN B 62-002: 1987 annulée
 - Remplacée par NBN B 62-002: 2008 qui intègre les normes ISO.
 - Norme complexe, méconnue et mal comprise par les concepteurs
- Valeurs de n_{\min} et n_{50}
 - Valeurs données dans l'annexe D de la NBN EN 12831
 - Valeurs données dans la NBN B 62-002: 2008 (chap.19)

Caractéristiques dimensionnelles

- Selon la NBN EN 12831:
 - une annexe nationale doit être établie
 - On se base sur les dimensions extérieures
- En attendant, on se réfère à la norme NBN B 62-003
- **Attention!!!**
l'approche sur base de la NBN B 62-002 ou ISO 13789 est adapté pour un bâtiment et pas pour du pièce par pièce

Déperditions de base

NBN EN 12831

- Pour un espace chauffé:
 - $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$
- **Attention:** charge thermique nominale:
 - $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$
- Pour un bâtiment:
 - $\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}$

NBN B 62-003

- Pour un local:
 - $\Phi_n = (\Phi_t + \Phi_V) (1 + M_0 + M_{cw})$
- Pour un bâtiment:
 - $\Phi_{HL} = \sum \Phi_n$

Etape D: Déperditions par transmission

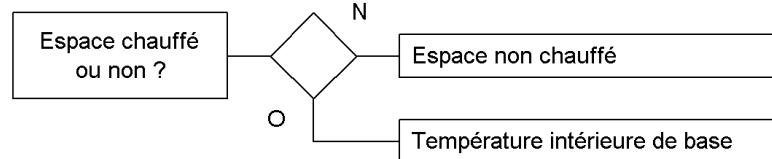
Étape a)

Détermination des données de base :
- température extérieure de base
- moyenne annuelle de la température extérieure

Données climatiques

Étape b)

Définition de chaque espace du bâtiment :



Statut de chaque espace et température intérieure de base de chaque espace chauffé

Étape c)

Détermination :
- des caractéristiques dimensionnelles
- des caractéristiques thermiques

de toutes les parois pour tous les espaces chauffés et non chauffés

Données relatives au bâtiment

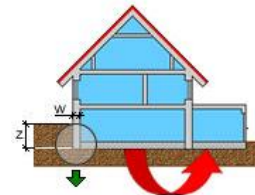
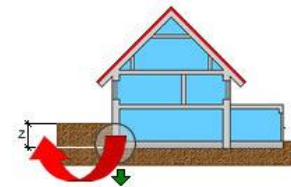
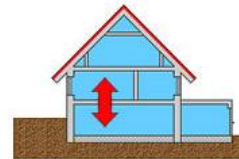
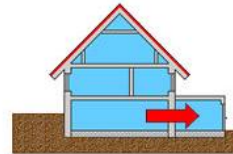
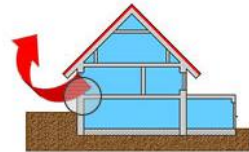
Étape d)

Calcul des déperditions de base par transmission :
(Coefficient nominal de déperdition par transmission x écart de température de base)

Pour les déperditions à travers :
- l'enveloppe du bâtiment
- les espaces non chauffés
- les espaces adjacents
- le sol

Déperditions par transmission

- La norme NBN EN 12831 considère 4 cas de déperditions par transmission:
 1. Déperditions directes vers l'extérieur
 2. Déperditions à travers un espace non chauffé
 3. Transfert de chaleur en direction ou en provenance d'espaces chauffés à une température différente
 4. Déperditions à travers le sol



Déperditions par transmission: Formule

- Les déperditions nominales par transmission pour un espace chauffé (i) sont:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

- $H_{T,ie}$ = coefficient de déperdition par transmission de l'espace chauffé (i) vers l'extérieur (e) à travers l'enveloppe du bâtiment ;
- $H_{T,iue}$ = coefficient de déperdition par transmission de l'espace chauffé (i) vers l'extérieur (e) à travers l'espace non chauffé (u) ;
- $H_{T,ig}$ = coefficient de déperdition par transmission à travers le sol en régime permanent de l'espace chauffé (i) vers le sol (g) ;
- $H_{T,ij}$ = coefficient de déperdition par transmission de l'espace chauffé (i) vers un espace voisin (j) chauffé à une température significativement différente ;
- $\theta_{int,i}$ = température intérieure de base de l'espace chauffé (i) ;
- θ_e = la température extérieure de base

Déperditions directes vers l'extérieur

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \times U_k \times e_k + \sum_l \Psi_l \times I_l \times e_l$$

- e_k et e_l sont des facteurs correctifs d'exposition prenant en compte les influences climatiques. Ceux-ci sont pris en compte dans le calcul des valeurs de U (si calcul via la NBN B 62-002:2008)
- $e_k = e_l = 1$ et donc la formule devient:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \times U_k + \sum_l \Psi_l \times I_l$$

- Quid ponts thermiques ?
 - Pas de prise en compte des ponts thermiques ponctuels
 - Évaluation approximative au moyen de valeurs tabulées (voir EN ISO 14683 et NBN EN 62-002:2008)
 - Calcul précis selon EN ISO 10211-2



Déperditions directes vers l'extérieur

- Ponts thermiques → Difficile à évaluer par les auteurs de projet et les installateurs.
- **Simplification:**

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \times U_k + \sum_l \psi_l \times I_l$$

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \times (U_k + \Delta U_{tb})$$

- Avec ΔU_{tb} facteur correctif prenant en compte les ponts thermiques (valeur par défaut donné dans la norme)

Déperditions à travers un EANC

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \times U_k \times b_u + \sum_l \cancel{\Psi_l \times I_l} \times b_u$$

- Simplification:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \times (U_k + \Delta U_{tb}) \times b_u$$

- b_u est un facteur de réduction de température prenant en compte $\Delta(\theta_u, \theta_e)$.
- Comment déterminer b_u ?

1. θ_u est connu - selon la NBN B 62-003: $\theta_{eq} = \frac{\sum A_i \cdot k_i \cdot \theta_i + \sum A_e \cdot k_e \cdot \theta_{eb} + 0,34 \beta V_L \cdot \theta_{eb}}{\sum A_i \cdot k_i + \sum A_e \cdot k_e + 0,34 \beta V_L}$

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

2. H_{iu} et H_{ue} sont connus (voir chapitre 17 de la NBN B 62-002:2008)

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

Déperditions à travers un EANC

- Comment déterminer b_u ?
 3. Méthode précédente rigoureuse mais lourde... Toutefois, on peut utiliser des valeurs par défaut dans l'attente d'une annexe nationale:

Espace non chauffé	b_u
Pièce	
avec seulement 1 mur extérieur	0,4
avec au moins 2 murs extérieurs sans portes extérieures	0,5
avec au moins 2 murs extérieurs et des portes extérieures (p.ex. entrées, garages)	0,6
avec au moins 3 murs extérieurs (p.ex. escalier extérieur)	0,8
Sous-sol	
sans fenêtres ni portes extérieures	0,5
avec fenêtres ou portes extérieures	0,8
Espace sous toiture	
espace sous toiture fortement ventilé (p.ex. couvertures en tuiles ou autres matériaux formant couverture discontinue) sans feutres ou panneaux en sous face	1,0
autre toiture non isolée	0,9
toiture isolée	0,7
Circulations intérieures (sans murs extérieurs, taux de renouvellement d'air inférieur à $0,5 \text{ h}^{-1}$)	0
Circulations ouvertes sur l'extérieur (aire des ouvertures/volume de l'espace $> 0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,0
Vide sanitaire	0,8

Un local est considéré en sous-sol si plus de 70% de la surface des murs extérieurs est en contact avec le sol

Déperditions à travers le sol

- Le flux de déperditions à travers les parois en contact direct ou non avec le sol dépend des facteurs principaux suivants:
 - L'aire et le périmètre exposé de la dalle de plancher
 - La profondeur du plancher sous le niveau du sol
 - Les propriétés thermiques du sol
- Le calcul se fait sur base de la norme EN ISO 13370
 - De façon détaillée
 - De façon simplifiée (pas de prise en compte des ponts thermiques)

Déperditions à travers le sol

NBN EN 12831

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$$

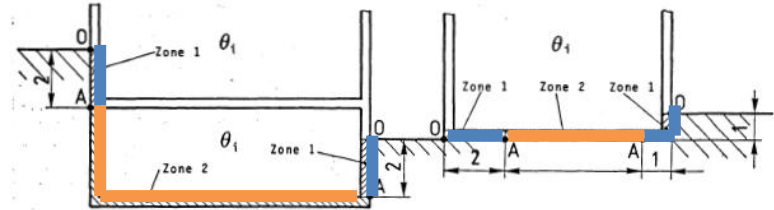
- f_{g1} = Influence de la variation annuelle de la température extérieure
Par défaut, $f_{g1} = 1,45$
- f_{g2} = facteur de réduction de température

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

- $U_{equiv,k}$ = coefficient de transmission thermique équivalent
 - Défini sur base de table
 - Défini selon la norme NBN B 62-002:2008
- G_w = facteur correctif prenant en compte l'influence de l'eau souterraine
 - Défini à l'annexe I de la NBN B 62-002

NBN B 62-003

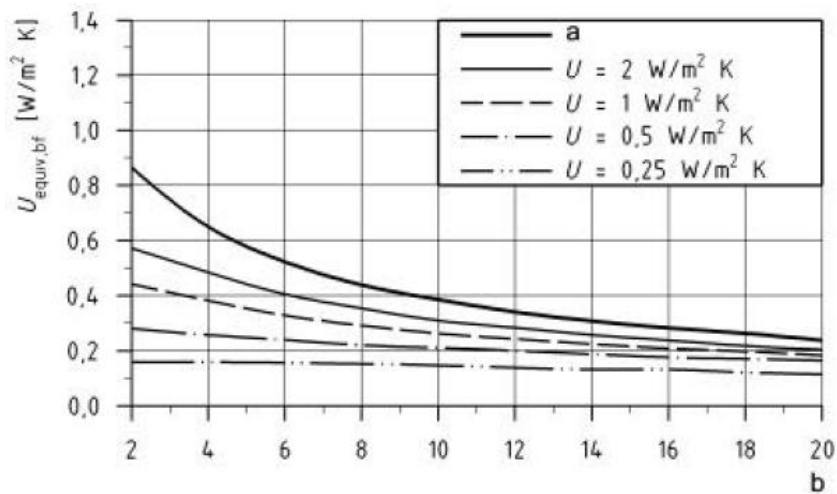
- Calcul par zones



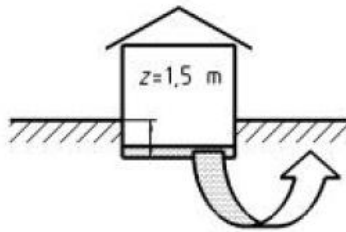
- $\Phi_t = \sum k_c \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_c)$
 - $\theta_{c1} = (\theta_i - 10) \cdot (1 - K_1)$ [zone 1]
 - $\theta_{c2} = \theta_i - K_2 \cdot (\theta_i - 10)$ [zone 2]
- Le facteur K dépend:
 - Du coefficient k de la paroi
 - De la profondeur de la nappe phréatique

Déperditions à travers le sol

Exemple de Coefficient $U_{\text{equiv,k}}$

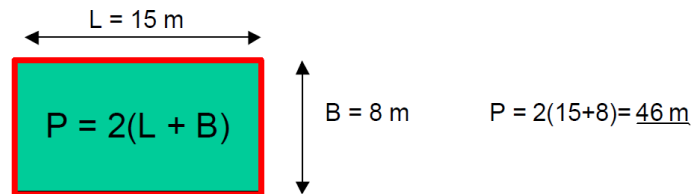


- Valeur de $U_{\text{equiv,k}}$ en fonction de la valeur U de la paroi et de B'
- U = coefficient de transmission thermique de la paroi sans les résistances superficielles
- B' ???

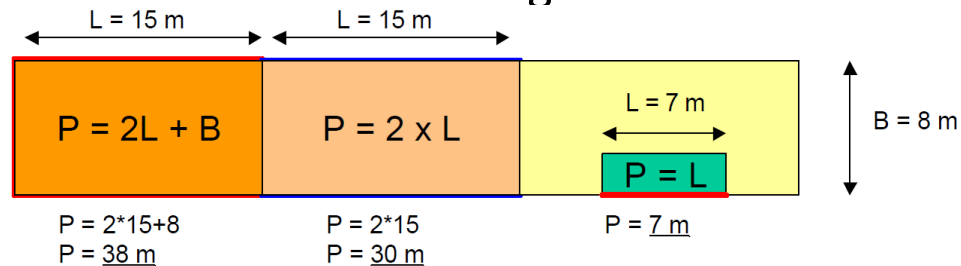


Déperditions à travers le sol

- Détermination du paramètre B': $B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P}$
- A_g = aire du plancher en contact avec le sol
- P = périmètre de la dalle de plancher
 - Pour un bâtiment entier: P = périmètre total



- Pour une partie de bâtiment: P = longueur des murs extérieurs



Déperditions à travers le sol

- Selon l'EN ISO 13370, le paramètre B' est calculé pour le bâtiment entier
- Approche pièce par pièce:

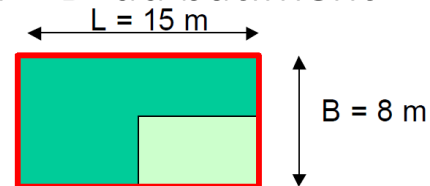
— Pièce sans mur extérieur : B' du local = B' du bâtiment

— Si $U_{\text{floor}} < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$: B' du local = B' du bâtiment

- $U_{\text{floor}} = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$

- $P = 2 \cdot (15 + 8) = 46 \text{ m}$

- $B' = (15 \cdot 8) / 0,5 \cdot 46 = 5,2 \text{ m}$

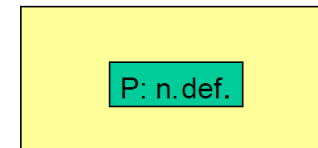
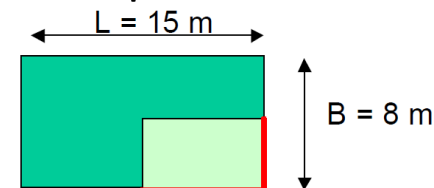


— Autres pièces: calcul séparé pour chaque local

- $U_{\text{floor}} = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$

- $P = 4 + 7,5 = 11,5 \text{ m}$

- $B' = (4 \cdot 7,5) / 0,5 \cdot 11,5 = 5,2 \text{ m}$



Déperditions vers un EAC

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$$

- f_{ij} = Facteur de réduction de température prenant en compte $\Delta(\theta_{\text{esp adj}}, \theta_e)$

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{espace adjacent}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

Valeurs par défaut

Échange de chaleur entre l'espace chauffé (i) et	$\theta_{\text{espace adjacent}}$ °C
un local adjacent dans la même partie de bâtiment	$\theta_{\text{espace adjacent}}$ doit être spécifié : <ul style="list-style-type: none"> • par exemple pour salle de bains, local de Stockage • par exemple influence du gradient vertical de température
un local adjacent appartenant à une autre partie du bâtiment (p.ex. appartement)	$\frac{\theta_{\text{int},i} + \theta_{m,e}}{2}$
un local adjacent appartenant à un bâtiment séparé (chauffé ou non chauffé)	$\theta_{m,e}$

En résumé

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

- $H_{T,ie} = \sum_k A_k \times (U_k + \Delta U_{tb})$
- $H_{T,iue} = \sum_k A_k \times (U_k + \Delta U_{tb}) \times b_u$
- $H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$
- $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$

Variation par rapport
aux anciennes normes

$$H = \Sigma \cdot U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

$$U : +10 \dots 15 \%$$

$$A : + \quad 2 \%$$

$$\Delta\theta : + \quad 6 \%$$

$$A_{\Delta\theta} : + 20 \dots 25 \%$$

Etape e : déperditions par renouvellement d'air

Étape e)	Calcul des déperditions de base par renouvellement d'air : (Coefficient nominal de déperdition par renouvellement d'air x écart de température de base)	Calcul des déperditions du bâtiment
Étape f)	Calcul des déperditions de base totales : (Déperditions de base par transmission + déperditions de base par renouvellement d'air)	
Étape g)	Calcul de la surpuissance de montée en température : (puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les effets de l'intermittence du chauffage)	Effets de l'intermittence du chauffage
Étape h)	Calcul de la charge thermique totale : (déperditions de base totales + surpuissance de montée en température)	Calcul de la charge thermique

Déperditions par renouvellement d'air

- Les déperditions nominales par renouvellement d'air pour un espace chauffé (i) sont:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

- $H_{V,i}$ = déperditions nominale par renouvellement d'air ;
- $\theta_{int,i}$ = température intérieure de base de l'espace chauffé (i) ;
- θ_e = la température extérieure de base.

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$$

- V_i = débit d'air dans l'espace chauffé
- ρ = masse volumique de l'air à $\theta_{int,i}$
- c_p = Capacité calorifique massique de l'air à $\theta_{int,i}$

$$\text{Simplification : } H_{V,i} = V_i \cdot 0,34$$

Sans système de ventilation

NBN EN 12831

$$V_i = \max (V_{\text{inf},i} , V_{\text{min},i})$$

- Débit d'air d'hygiène

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \times V_i$$

- Débit d'air d'infiltration à travers l'enveloppe

$$V_{\text{inf},i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i$$

NBN B 62-003

- Local à faible densité d'occupation

$$V_i = V_L$$

- V_L = Volume du local

- Local à forte densité d'occupation

$$V_i = \max (V_L , n \times V_p)$$

- n = nombre d'occupant
- $V_p = 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pers.}$

- Local à infiltration non maîtrisée

$$V_i = \beta \times V_L$$

- β = taux de renouvellement d'air horaire défini par auteur de projet

Avec système de ventilation

NBN EN 12831

$$V_i = V_{\text{inf},i} + V_{\text{su},i} \times f_{v,i} + V_{\text{mech,inf},i}$$

- $V_{\text{inf},i}$ = débit d'air d'infiltration
- $V_{\text{su},i}$ = débit d'air introduit
- $V_{\text{mech,inf},i}$ = débit d'air extrait excédentaire
- $f_{v,i}$ = Facteur de réduction de température

$$f_{v,i} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{su},i}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

- $\theta_{\text{su},i}$ = température de l'air introduit dans l'espace chauffé

NBN B 62-003

$$V_i = (\beta_v + 0,3) \times V_L$$

- β_v = taux de renouvellement d'air horaire dû au système de ventilation

Attention: $V_i = \min V_{\text{min},i}$

Débit d'air d'hygiène

$$V_{\min,i} = n_{\min} \times V_i$$

- Valeurs de n_{\min} ??

- Valeurs données dans les normes :

- NBN EN 13779 et NBN EN 15251 (bâtiments tertiaires)
- NBN D 50-001 (bâtiments résidentiels)
- NBN B 62-002:2008 – §19.2.1

- Valeur du RGPT : 30 m³/h/pers (lieu de travail)

- Valeurs par défaut :

Type de local	n_{\min} h ⁻¹
Pièce habitable (par défaut)	0,5
Cuisine ou salle de bains avec fenêtre	1,5
Bureau	1,0
Salle de réunion, salle de classe	2,0

Débit d'air d'infiltration

$$V_{\text{inf},i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i$$

- Facteur 2 car n_{50} est valable pour le bâtiment
- Quelle valeur pour n_{50} , e_i et ε_i ?
 - On considère les valeurs reprises dans les tableaux de l'annexe
 - Pour le n_{50} , on peut se baser sur un objectif de performance (p. ex: bâtiment basse énergie, passif ou ZE)

Valeurs par défaut de n_{50}

Construction	n_{50} h^{-1}		
	Degré d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment (qualité des joints de fenêtre)		
	élevé (joints des fenêtres et portes de haute qualité)	moyen (fenêtres à double vitrage, joints normaux)	bas (fenêtres à simple vitrage, pas de joints)
maisons individuelles	< 4	4 - 10	> 10
autres logements ou bâtiments	< 2	2 - 5	> 5

Valeurs par défaut de e_i

- Il s'agit du coefficient d'exposition :

Classe d'exposition	e		
	Espace chauffé sans ouvertures exposées	Espace chauffé avec une ouverture exposée	Espace chauffé avec plus d'une ouverture exposée
Site non abrité (bâtiments en zone ventée, bâtiments de grande hauteur en centre ville)	0	0,03	0,05
Site modérément abrité (bâtiments en campagne protégés par des arbres ou par d'autres bâtiments, banlieues)	0	0,02	0,03
Site très abrité (bâtiments de taille moyenne en centre ville, bâtiments en forêt)	0	0,01	0,02

- Attention aux valeurs données dans la NBN B 62-002**

Classe de protection	Description de la situation du bâtiment	Plusieurs façades exposées		Une seule façade exposée	
		$e (-)$	$f (-)$	$e (-)$	$f (-)$
Non abrité	Dans des zones découvertes (campagne), bâtiments hauts	0,10	15	0,03	20
Moyenne	Banlieues des villes ou bâtiments abrités à la campagne	0,07		0,02	
Très abrité	Zone urbaine	0,04		0,01	

Valeurs par défaut de ϵ_i

Valeurs NBN EN 12831

Hauteur de l'espace chauffé au-dessus du sol (du centre du local au niveau du sol)	ϵ
0 — 10 m	1,0
> 10 — 30 m	1,2
> 30 m	1,5

Info: DIN EN 12831

Höhe des beheizten Raumes über dem Erdreichtniveau [m] (Raummitte bis Erdreichtniveau)	Höhenkorrekturfaktor ϵ [-]
0 - 10 ^a	1,0
10 - 20	1,2
20 - 30	1,5
30 - 40	1,7
40 - 50	2,0
50 - 60	2,1
60 - 70	2,3
70 - 80	2,4
80 - 90	2,6
90 - 100	2,8

^a Die Höhe 10 m kann bei Wohngebäuden generell für alle Häuser mit max. 4 beheizten Geschossen über Erdreich eingesetzt werden.

En résumé

$$\Phi_{V,i} = V_i \cdot 0,34 \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

- $V_{i(nat.)} = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$
- $V_{i(mec.)} = \max(V_{inf,i} + V_{su,i} \times f_{v,i} + V_{mech,inf,i}; V_{min,i})$
 - $V_{min,i} = n_{min} \times V_i$
 - $V_{inf,i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \epsilon_i$
 - $V_{mech,inf,i} = V_{ex} - V_{su}$

Etape f : déperditions de base

Étape e)	Calcul des déperditions de base par renouvellement d'air : (Coefficient nominal de déperdition par renouvellement d'air x écart de température de base)	Calcul des déperditions du bâtiment
Étape f)	Calcul des déperditions de base totales : (Déperditions de base par transmission + déperditions de base par renouvellement d'air)	
Étape g)	Calcul de la surpuissance de montée en température : (puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les effets de l'intermittence du chauffage)	Effets de l'intermittence du chauffage
Étape h)	Calcul de la charge thermique totale : (déperditions de base totales + surpuissance de montée en température)	Calcul de la charge thermique

Déperditions de base

NBN EN 12831

- Pour un espace chauffé:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

NBN B 62-003

- Pour un local:

$$\Phi_n = (\Phi_t + \Phi_v) (1 + M_0 + M_{cw})$$

Etape g : relance

Étape e)

Calcul des déperditions de base par renouvellement d'air :

(Coefficient nominal de déperdition par renouvellement d'air x écart de température de base)

Étape f)

Calcul des déperditions de base totales :

(Déperditions de base par transmission + déperditions de base par renouvellement d'air)

Calcul des déperditions du bâtiment

Étape g)

Calcul de la surpuissance de montée en température :

(puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les effets de l'intermittence du chauffage)

Effets de l'intermittence du chauffage

Étape h)

Calcul de la charge thermique totale :

(déperditions de base totales + surpuissance de montée en température)

Calcul de la charge thermique

Espaces à chauffage intermittent

- Les espaces chauffés de façon intermittente nécessitent une surpuissance de relance.
- La surpuissance dépend de:
 - La capacité calorifique des parois
 - Le temps de remontée
 - La chute de température pendant le ralenti
 - Les caractéristiques du système de régulation

Espaces à chauffage intermittent

- Une surpuissance n'est pas nécessaire si:
 - Le système de régulation est capable de supprimer le ralenti lors des jours les plus froids
 - Les pertes par infiltration peuvent être diminuées en période de ralenti
- La surpuissance se détermine:
 - Sur accord du client (valeur convenue)
 - de manière détaillée par des méthodes de calcul dynamique

Surpuissance: méthode simplifiée

- La méthode simplifiée est autorisée aux conditions suivantes:
 - Bâtiments résidentiels
 - Période de ralenti < 8h
 - Le bâtiment n'est pas de construction légère
 - Bâtiments non résidentiels
 - Période de ralenti < 48h (week end)
 - Période d'occupation en semaine > 8h/jour
 - température intérieure > 20°C

Surpuissance: méthode simplifiée

$$\Phi_{RH,i} = A_i \times f_{RH}$$

- A_i = aire du plancher
- f_{RH} = Facteur correctif lié à la durée de relance et à la chute de température intérieure pendant le ralenti. (A définir dans une annexe nationale)
- **Attention:** la méthode n'est pas valable pour des systèmes de chauffage à accumulation.

Valeur par défaut : conditions

- Hauteur maximale du local : 3,5 m
- Masse effective du bâtiment en 3 catégories :
 - Forte inertie (parois en béton et/ou brique)
 - Inertie moyenne (parois horizontales en béton et murs légers)
 - Faible inertie (faux plafonds et planchers, murs légers)

Valeurs par défaut: non résidentiel

Tableau D.10a — Facteur de relance, f_{RH} , pour bâtiments non résidentiels, durée maximale du ralenti de nuit 12 h

Temps de relance h	f_{RH} W/m ²								
	Chute prévue de la température intérieure lors du ralenti ^a								
	2 K			3 K			4 K		
	Inertie du bâtiment			Inertie du bâtiment			Inertie du bâtiment		
	faible	moyenne	forte	faible	moyenne	forte	faible	moyenne	forte
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

^a Dans des bâtiments bien isolés et étanches à l'air, une chute prévue de température intérieure lors du ralenti supérieure de 2 K à 3 K n'est pas très vraisemblable. Elle dépend des conditions climatiques et de l'inertie thermique du bâtiment.

Valeurs par défaut: résidentiel

Tableau D.10b — Facteur de relance, f_{RH} , pour bâtiments résidentiels, durée maximale du ralenti de nuit 8 h

Temps de relance h	f_{RH} W/m ²		
	Chute prévue de la température intérieure lors du ralenti ^a		
	1 K	2 K	3 K
	Inertie du bâtiment faible	Inertie du bâtiment moyenne	Inertie du bâtiment forte
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

^a Dans des bâtiments bien isolés et étanches à l'air, une chute prévue de température intérieure lors du ralenti supérieure de 2 K à 3 K n'est pas très vraisemblable. Elle dépend des conditions climatiques et de l'inertie thermique du bâtiment.

Etape h : Charge thermique

Étape e)

Calcul des déperditions de base par renouvellement d'air :

(Coefficient nominal de déperdition par renouvellement d'air x écart de température de base)

Étape f)

Calcul des déperditions de base totales :

(Déperditions de base par transmission + déperditions de base par renouvellement d'air)

Étape g)

Calcul de la surpuissance de montée en température :

(puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les effets de l'intermittence du chauffage)

Étape h)

Calcul de la charge thermique totale :

(déperditions de base totales + surpuissance de montée en température)

Calcul des déperditions du bâtiment

Effets de l'intermittence du chauffage

Calcul de la charge thermique

charge thermique nominale

- Pour un local:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$$

- Pour un bâtiment:

$$\Phi_{HL} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i}$$

- Sans système de ventilation

$$\Sigma V_{i(nat.)} = \max(0,5 \times \Sigma V_{inf,i}, \Sigma V_{min,i})$$

- Avec système de ventilation

$$\Sigma V_{i(mec.)} = 0,5 \times \Sigma V_{inf,i} + (1 - \eta_v) \times \Sigma V_{su,i} + V_{mech,inf,i}$$

Locaux de grande hauteur: Méthode simplifiée

- Si déperditions de base < 60 W/m²

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \times f_{h,i}$$

Mode de chauffage et type ou emplacement des émetteurs	$f_{h,i}$	
	Hauteur de l'espace chauffé	
	5 m à 10 m	10 m à 15 m
PRINCIPALEMENT RADIANT		
Plancher chauffant	1	1
Plafond chauffant (niveau de température < 40 °C)	1,15	déconseillé pour cette application
Rayonnement vers le bas à moyenne et haute température depuis un niveau élevé	1	1,15
PRINCIPALEMENT CONVECTIF		
Air chaud en convection naturelle	1,15	déconseillé pour cette application
AIR CHAUD PULSE		
Jet transversal à niveau peu élevé	1,30	1,60
Jet descendant depuis un niveau élevé	1,21	1,45
Jet transversal à moyenne et haute température depuis un niveau intermédiaire	1,15	1,30

Méthode encore plus simple?

- Un chapitre traite des méthodes simplifiées mais n'est pas utilisable car absence d'une annexe nationale et uniquement valable pour les bâtiments résidentiels
- Pas de sens au vu de l'évolution des performances énergétiques des bâtiments

Et l'avenir ?

- Les simulations dynamiques mais...
 - Toujours en recoupement avec des méthodes classiques ou simplifiées qui ont fait leurs preuves
- Résoudre l'équation suivante:

$$P_i + P_{cv} + P_{co} = (H_T + H_V) \times (\theta_{im} - \theta_{em})$$

- Objectif: θ_{im} doit être dans la zone de confort du diagramme de température et d'hygrométrie

Merci de votre attention

Les bons avis viennent avec l'expérience.



L'expérience découle des mauvais avis.