SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities

Co-funded by the European Union

Module 2
Besoins énergétiques de chauffage et de refroidissement des bâtiments

Partie du programme pédagogique SHaKE consacré aux réseaux de chaleur et de froid

Exercice

Exercice de génie thermique destiné à l'enseignement et à l'apprentissage appliqué

Établissement responsable : Mines Paris – PSL
Erasmus+ KA220-HED – Partenariats de coopération dans l'enseignement supérieur
Version : 1.0
Date : mars 2026

https://www.shakeproject-dhc.eu/

Cet exercice a pour objectif de dimensionner les installations de chauffage d'un bâtiment situé en région parisienne et raccordé à un réseau de chaleur.
L'étude se déroule en quatre étapes :

- Calcul de la puissance de chauffage nécessaire pour chaque local du bâtiment
- Dimensionnement des émetteurs de chaleur
- Dimensionnement du réseau de distribution d'eau chaude
- Dimensionnement de la sous-station

Le bâtiment comporte trois niveaux et présente des dimensions de 41,5 × 6 × 9 m. Le rez-de-chaussée comprend deux locaux : un commerce et un bureau. Le premier étage comprend deux appartements, et le deuxième étage trois appartements (voir figure 1). Les dimensions des différents locaux sont indiquées dans le tableau 1.

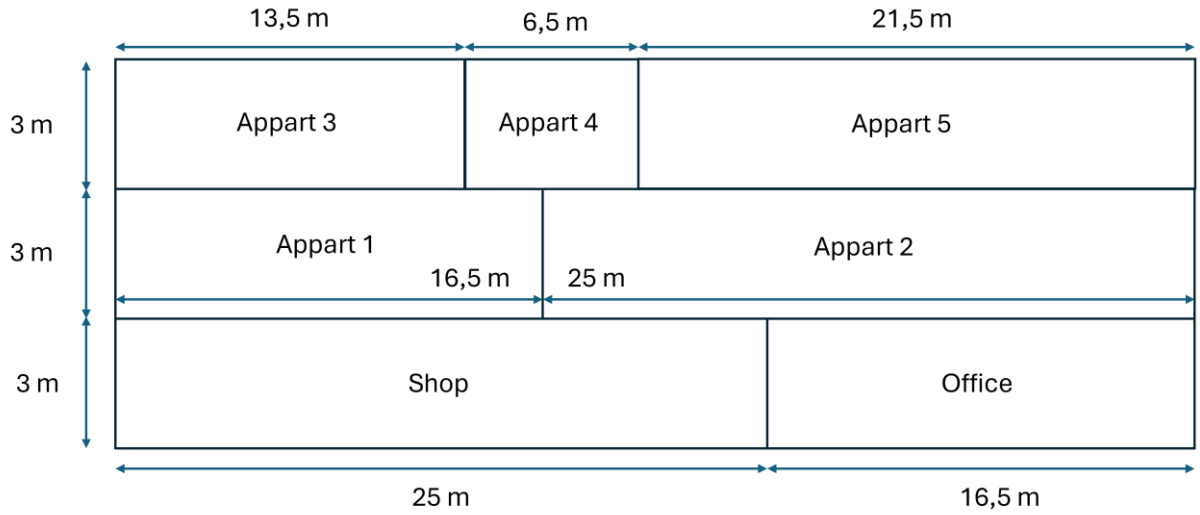


Figure 1 Dimensions du bâtiment

Tableau 1 Caractéristiques du bâtiment

		Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Surface (m²)	Surface des fenêtres (m²)	Nombre de pièces
Rez-de-chaussée	Commerce	25	6	3	150	67.2	1
	Bureau	16.5	6	3	100	46.8	1
1er étage	Appartement 1	25	6	3	150	42	4
	Appartement 2	16.5	6	3	100	23.4	3
2e étage	Appartement 3	13.5	6	3	81	19.2	2
	Appartement 4	6.5	6	3	40	7.8	1

	Appartement 5	21.5	6	3	130	29.4	4

La composition des parois est la suivante :

- Murs verticaux : parpaings (λ = 1,5 W/(m·K)) de 20 cm, polystyrène extrudé (λ = 0,034 W/(m·K)) de 4 cm et plâtre (λ = 0,04 W/(m·K)) de 1,3 cm.$\lambda\lambda\lambda$
- Plancher : béton (λ = 2 W/(m·K)) de 20 cm et polystyrène extrudé (λ = 0,034 W/(m·K)) de 2 cm.$\lambda\lambda$
- Toiture : béton (λ = 2 W/(m·K)) de 20 cm et polystyrène extrudé (λ = 0,034 W/(m·K)) de 1 cm.$\lambda\lambda$

Les fenêtres sont à double vitrage 4/16/4 et à cadre en bois. Les conductivités thermiques du verre et de l'air valent respectivement 1 et 0,023 W/(m·K). Le cadre représente 15 % de la surface totale des fenêtres, avec un coefficient de transmission thermique de [valeur non indiquée dans l'original].$U_f = 2.88\ W/k.m^2$
Le taux de renouvellement d'air du commerce et du bureau est de 0,5 vol/h.
La température extérieure de dimensionnement est de −7 °C et la température intérieure est de 20 °C. La température du sol est supposée égale à 10 °C.
Les systèmes de chauffage et leurs caractéristiques sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 Caractéristiques des systèmes

		Système	$Tw_{in}(°C)$	$Tw_{out}\ (°C)$	$Tair_{out}\ (°C)$
Rez-de-chaussée	Commerce	Ventilo-convecteur	65	55	35
	Bureau	Plancher chauffant	35	30	
1er étage	Appartement 1	Radiateur	65	55	
	Appartement 2	Radiateur	65	55	
2e étage	Appartement 3	Radiateur	80	60	
	Appartement 4	Radiateur	80	60	
	Appartement 5	Radiateur	80	60	

La figure 2 présente les réseaux hydrauliques du bâtiment.

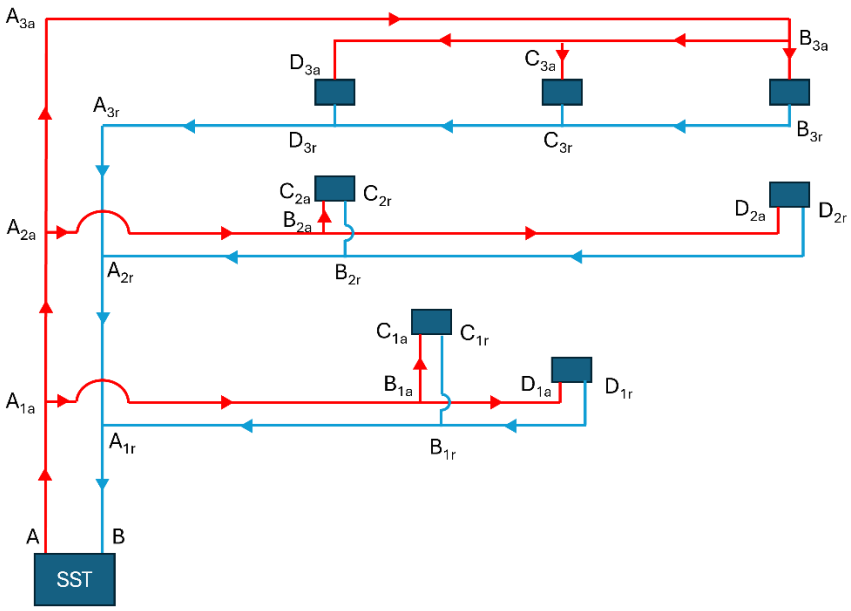


Figure 2 Schéma hydraulique

La longueur de chaque tronçon de canalisation est indiquée dans le tableau 3.

Tableau 3 Longueurs des canalisations

	AA_{1a}	$A_{1a}A_{2a}$	$A_{2a}A_{3a}$	$A_{1a}B_{1a}$	$B_{1a}C_{1a}$	$B_{1a}D_{1a}$	$D_{1r}B_{1r}$	$C_{1r}B_{1r}$	$B_{1r}A_{1r}$
Longueur (m)	3	3	3	24	2.5	6	6	2.5	24

	$A_{2a}B_{2a}$	$B_{2a}C_{2a}$	$B_{2a}D_{2a}$	$D_{2r}B_{2r}$	$C_{2r}B_{2r}$	$B_{2r}A_{2r}$	$A_{3a}B_{3a}$	$B_{3a}C_{3a}$	$C_{3a}D_{3a}$
Longueur (m)	24	0.5	16	16	0.5	24	40	21	8

	$B_{3e}C_{3r}$	$C_{3r}D_{3r}$	$D_{3r}A_{3r}$	$A_{3r}A_{2r}$	$A_{2r}A_{1r}$	$A_{1r}B$
Longueur (m)	21	8	12	3	3	3

Partie 1 – Besoins en chauffage

Q1 – Calculez le coefficient de transmission thermique U (W/m²/K) du mur opaque et des fenêtres.
Q2 – Pour chaque local, calculez le coefficient global de transfert thermique de chaque type de paroi (mur extérieur, toiture, plancher et fenêtres). Calculez également les déperditions thermiques correspondantes.
Q3 – Calculez les déperditions thermiques dues à la ventilation.
Q4 – Calculez les déperditions thermiques totales de chaque local. Quelles sont les principales sources de déperditions ? Comment peut-on les réduire ?

Partie 2 – Dimensionnement des émetteurs de chaleur

Q1 – Calculez le débit massique d'eau nécessaire pour chaque équipement.
Q2 – Pour les radiateurs, calculez le coefficient global d'échange thermique et la surface d'échange nécessaire.
Q3 – Pour le ventilo-convecteur, calculez le débit d'air nécessaire, l'efficacité de l'échangeur et sa surface d'échange. Comment améliorer l'efficacité du ventilo-convecteur ? Quelles en sont les conséquences ?
Q4 – Pour le plancher chauffant, déterminez la position des canalisations d'eau chaude dans la dalle en béton afin de respecter la contrainte de température. Recalculez la puissance nécessaire pour couvrir les besoins, puis le débit massique d'eau requis.
Q5 – Quelle part de la chaleur fournie par le plancher chauffant est perdue vers le sol ? Commentez le résultat et proposez une solution pour réduire ces pertes.

Partie 3 – Dimensionnement du réseau de distribution d'eau chaude

Q1 – Calculez le diamètre théorique de toutes les canalisations décrites dans le tableau 3 et indiquez le diamètre correspondant [la fin de la consigne manque dans l'original].
Q2 – Pour chaque canalisation, calculez les pertes de charge.
Q3 – Quelles pertes de charge la pompe doit-elle compenser ?

Partie 4 – Dimensionnement de la sous-station

Q1 – Dimensionnez l'échangeur de chaleur de la sous-station permettant d'alimenter le bâtiment.