

2.1. CALCUL DES DÉPÉRDITIONS

▶ 2.1.1. PRINCIPES DE CALCUL

- La puissance nécessaire au maintien en température des locaux s'évalue en calculant les déperditions thermiques du bâtiment. Le calcul des déperditions est l'objet de plusieurs D.T.U. : "règles Th D", "règles Th K" et "règles Th G".

Il faut se référer à ces documents pour avoir les données techniques complètes relatives à ces calculs.

- Trois paramètres principaux doivent être pris en compte :

- Température extérieure "te".

Pour fonctionner correctement en toute circonstance, l'installation devrait être calculée en fonction des conditions climatiques les plus sévères. En fait, ces conditions extrêmes sont rares et conduisent à l'installation de matériels de taille et de coût exagérés. On opte donc, pour des conditions de base permettant de maintenir le confort pendant les froids courants, en admettant une légère déficience durant les périodes de froid exceptionnel. C'est cette température extérieure de base considérée comme minimale qui va définir, par la suite, la puissance nécessaire à l'installation.

- Température à l'intérieur des locaux chauffés "ti".

Elle est fixée par le cahier des charges.

- Les locaux non chauffés.

La présence de locaux non chauffés à la périphérie de locaux chauffés influe sur la conception de l'installation.

Le mode de calcul est déterminé en détail par le D.T.U. "règles Th G", qui prend en compte la température réelle des locaux non chauffés.

Pour simplifier, on peut, dans un premier temps, considérer qu'un local non chauffé, normalement ventilé, est à la température extérieure te et qu'un local non chauffé faiblement ventilé fait partie du volume chauffé.

- Les déperditions totales D d'un local se divisent en deux quantités :
 - les déperditions par transmission de chaleur à travers les parois : Dp,
 - les déperditions par renouvellement d'air : Dr.

$$D = D_p + D_r \quad (\text{en Watt})$$

▶ 2.1.2. LES DÉPÉRDITIONS PAR LES PAROIS

Elles se subdivisent en déperditions surfaciques, par les parois proprement dites, et en déperditions linéiques, par les liaisons entre parois (ponts thermiques) ou par les planchers sur terre-plein.

Les déperditions surfaciques sont les plus importantes. On estime que les déperditions linéiques représentent environ 5 à 10 % des déperditions surfaciques. Les déperditions par les planchers sur terre-plein sont de type linéique ; c'est le périmètre des planchers qu'il faut prendre en considération.

On calcule les déperditions totales par les parois en répertoriant chaque paroi de surface Sp (en m²) et de coefficient de déperdition surfacique K, et chaque liaison de longueur L (en m) et de coefficient de déperdition linéique k, suivant la formule :

$$D_p = [\Sigma(K.S_p) + \Sigma(k.L)](t_i - t_e) \quad (\text{en Watt})$$

Formule dans laquelle :

- ti est la température intérieure,
- te la température de la face externe de la paroi considérée, c'est-à-dire la température extérieure ou celle d'un local non chauffé, comme défini en 2.1.1.

Le calcul des coefficients K et k fait l'objet du D.T.U. "règles Th K". Le tableau 9 présente les coefficients K et k de quelques parois courantes.

Tableau 9.

Coefficients de déperditions						
Coefficients K de déperditions surfaciques des parois courantes en W/(m².K)						
Parois	Épaisseur de l'isolant (1) (cm)	Pas d'isolant				
		4	6	8	10	20
Parpaings creux de 20 cm + isolant + plaque de plâtre 1 cm		2,63	0,74	0,55	0,43	0,36
Voile béton armé de 20 cm + isolant + plaque de plâtre 1 cm		3,33	0,78	0,57	0,45	0,37
Plancher avec entrevous + isolant		2,63	0,74	0,55	0,43	0,36
Plafond avec entrevous + isolant		3,33	0,78	0,57	0,45	0,37
Toiture tuiles sur pannes avec chevron et isolant					0,39	0,20

Portes	Porte donnant sur l'extérieur		Porte donnant sur l'intérieur	
Porte bois	3,50		3,00	
Porte bois alvéolée	—		2,20	
Porte métal ou verre	5,80		4,50	

Vitrages	Matériau	Vitrage simple		Vitrage double		
		6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	
Fenêtre battante	bois	4,95	3,25	3,15	3,05	2,95
	métal	6,15	4,55	4,45	4,35	4,30
Fenêtre coulissante	métal	6,10	4,30	4,20	4,10	4,05
Porte-fenêtre avec soubassement	bois	4,75	3,15	3,05	3,00	2,95
Porte-fenêtre sans soubassement	bois	5,05	3,25	3,15	3,05	2,95
Porte-fenêtre battante	métal	6,25	4,55	4,45	4,35	4,25
Porte-fenêtre coulissante	métal	6,10	4,30	4,20	4,10	4,05

Coefficients k de déperditions linéiques des parois enterrées ou sur terre-plein en W/(m.K)							
Parois	Profondeur d'enterrement (en m)	Niveau du sol					
		6	5	3	2	1	
Plancher sur terre-plein sans isolation		0	0,20	0,40	0,60	1,00	1,75
Voile béton de 20 cm, enterré		3,40	3,00	2,50	2,05	1,40	0
Voile béton de 20 cm, enterré + isolant (1) 8 cm		1,40	1,15	0,85	0,60	0,35	0

(1) Isolant type laine de verre ou polystyrène. Conductivité thermique 0,041 W/(m.K).

► 2.1.3. LES DÉPÉRDITIONS PAR RENOUELEMENT D'AIR

Le renouvellement d'air Q (en m^3/h) est égal à la somme de la ventilation spécifique Q_s et de l'infiltration d'air Q_i .

La ventilation spécifique Q_s est le débit d'air dû au fonctionnement de la ventilation ; elle doit être multipliée par 2 si cette ventilation est naturelle.

Les infiltrations d'air Q_i dépendent, pour chaque

ouverture ou ouvrant, de leur étanchéité à l'air, de l'exposition au vent et du mode de ventilation. Dans les logements modernes, le renouvellement d'air Q est compris généralement entre 0,5 et 1 volume/heure. Dans les logements anciens, ce débit peut varier entre 1,5 et 2 volumes/heure. Les déperditions par renouvellement d'air sont données par la formule :

$$D_r = 0,34 Q (t_i - t_e) \quad (\text{en Watt})$$

2.2. CHOIX DES CORPS DE CHAUFFE

► 2.2.1. LES TYPES DE CORPS DE CHAUFFE

Les déperditions qui viennent d'être calculées doivent être compensées par les apports calorifiques des corps de chauffe.

Les principaux modèles de corps de chauffe proposés par les constructeurs, sont les suivants :

- les convecteurs et les tubes à ailettes.

Ces appareils privilégient l'émission de chaleur par convection. Un convecteur est généralement formé d'un ou deux tubes à ailettes placés dans un copot appelé cheminée. Il est également possible de placer des tubes à ailettes dans des niches en allège ou dans des caniveaux.

- les radiateurs en fonte ou en acier.

Ces appareils privilégient le rayonnement.

Ils se présentent sous des formes et des aspects variés, notamment les radiateurs en acier :

panneaux verticaux, plinthes, radiateurs plats, rideaux de tubes.

- les radiateurs en aluminium.

Ils impliquent des précautions de pose particulières comme précisé au paragraphe 1.2.3.

Le choix d'un modèle de corps de chauffe se fait en fonction de considérations esthétiques et des possibilités d'implantation.

Le modèle de corps de chauffe étant choisi, il convient de déterminer sa température de fonctionnement et ses dimensions afin qu'il puisse combattre les déperditions.

► 2.2.2. TEMPÉRATURE DES CORPS DE CHAUFFE

La température d'un corps de chauffe varie au cours d'une saison de manière à s'adapter aux besoins ; elle est maximale pendant les périodes climatiques de base définies en 2.1.1.

La température maximale des corps de chauffe est un choix du concepteur de l'installation.

Une température maximale trop basse conduit à dimensionner des surfaces de chauffe importantes, encombrantes et coûteuses ; une température trop élevée pose des problèmes de sécurité, de confort et de rendement car elle engendre des pertes plus importantes.

Dans les installations de chauffage central de logements individuels ou de petits collectifs, la température maximale des corps de chauffe est généralement choisie autour de 80 °C.

Cette température maximale représente une moyenne entre la température à l'entrée du corps de chauffe (température de départ) et la température à sa sortie (température de retour). Les températures de l'eau circulant dans le corps de chauffe doivent permettre à celui-ci d'atteindre sa température de fonctionnement. Le choix du régime de température de l'eau est fait ultérieurement au moment du calcul du réseau (§ 4.3).

► 2.2.3. DIMENSION ET PUISSANCE DES CORPS DE CHAUFFE

Les corps de chauffe placés dans un local doivent émettre une puissance égale aux déperditions calculées dans ce local.

Les constructeurs donnent, dans leurs documentations techniques, les puissances émises par les appareils qu'ils fabriquent en fonction des différents paramètres qui interviennent dans la définition du corps de chauffe. Il faut choisir celui ou ceux dont la puissance totale est égale ou immédiatement supérieure aux déperditions.

Il existe ainsi des tableaux fournis par les fabricants qui définissent la puissance des corps de chauffe en fonction de leur taille et de

l'écart entre la température du radiateur définie en 2.2.2 et la température ambiante de la pièce (écart Δt). On trouvera un exemple de ce type au tableau 10 pour les radiateurs standard en fonte.

Ainsi, dans cet exemple, si l'on doit couvrir une déperdition de 1 400 Watt avec un radiateur en fonte de 720 mm de haut, à quatre colonnes, on voit que ce modèle est vendu par éléments émettant chacun 148 Watt, lorsqu'il est à une température de 80 °C, dans une ambiance de 20 °C, c'est-à-dire pour un Δt de 60 °C.

Il faut alors choisir un radiateur de 10 éléments (148 × 10 = 1 480 Watt).

Tableau 10.

Puissance des radiateurs en fonte standard														
Δt en °C		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Modèle	Hauteur (mm)	Puissance d'un élément (Watt)												
		2 colonnes	720	23	30	37	45	54	62	71	80	89	98	108
	420	21	29	37	45	54	63	72	82	92	102	113	124	135
4 colonnes	570	28	38	48	59	70	82	94	106	119	133	146	160	174
	720	36	47	60	74	87	102	117	132	148	164	181	198	215
	870	42	56	71	87	103	121	138	156	175	194	214	234	254
5 colonnes	290	20	27	33	40	47	54	61	69	76	84	92	100	108
	570	43	57	72	87	104	120	138	156	174	193	212	232	252
6 colonnes	720	52	69	87	106	126	146	167	189	211	234	257	281	305
	870	60	80	102	124	148	173	199	226	253	281	310	340	370

2.3. PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

La puissance de l'installation doit prendre en compte la production d'eau chaude sanitaire lorsque c'est la chaudière qui fournit cette puissance.

Les besoins en eau chaude sont difficiles à évaluer : ils dépendent du nombre d'utilisateurs, des équipements sanitaires, des habitudes des occupants et de la simultanéité de l'usage des équipements sanitaires. Ces paramètres

sont rarement connus à l'avance, d'autant plus que les besoins tendent à augmenter, d'année en année.

Le dimensionnement de la production d'eau chaude dépend du mode de production :

- eau chaude sanitaire instantanée : le préparateur d'eau chaude et la chaudière doivent faire face aux besoins instantanés.

Tableau 11.

Besoins en eau chaude sanitaire sur la base d'un besoin journalier de 50 l/jour/personne												
Nombre de logements	Nombre de personnes	Besoins en eau à 60 degrés			Préparation instantanée		Préparation par accumulation					
		Instantanés (l/mn)	Horaires (l/h)	Journaliers (l/j)	Puissance de production d'eau chaude (W)	Supplément de puissance de la chaudière (W)	Réchauffage continu			Un seul réchauffage par jour		
							Capacité ballon (l)	Puiss. de prod. d'eau chaude (W)	Suppl. de puissance de la chaudière (W)	Capacité ballon (l)	Puiss. de prod. d'eau chaude (W)	Suppl.* de puissance de la chaudière (W)
1	1	10	50	50	35 000	2 000	100	3 200	2 000	120	1 000	1 000
1	2	10	100	100	35 000	4 000	100	6 400	4 000	150	1 200	1 200
1	3	10	100	150	35 000	4 000	100	6 400	4 000	180	1 500	1 500
1	4	10	130	200	35 000	5 200	100	8 320	5 200	240	2 000	2 000
1	5	10	170	250	35 000	6 800	100	10 880	6 800	300	2 500	2 500
1	6	10	200	300	35 000	8 000	100	12 800	8 000	360	3 000	3 000
5	16	25	460	800	87 500	18 400	250	29 440	18 400	960	8 000	8 000
10	32	33	700	1 600	116 700	28 000	333	44 800	28 000	1 920	16 000	16 000
15	48	40	910	2 400	140 300	36 400	401	58 240	36 400	2 880	24 000	24 000
20	64	46	1 080	3 200	160 600	43 200	459	69 120	43 200	3 840	32 000	32 000
25	80	51	1 270	4 000	178 600	50 800	510	81 280	50 800	4 800	40 000	40 000
30	96	56	1 420	4 800	195 000	56 800	557	90 880	56 800	5 760	48 000	48 000
35	112	60	1 600	5 600	210 100	64 000	600	102 400	64 000	6 720	56 000	56 000
40	128	64	1 750	6 400	224 200	70 000	641	112 000	70 000	7 680	64 000	64 000
45	144	68	1 920	7 200	237 400	76 800	678	122 880	76 800	8 640	72 000	72 000
50	160	71	2 070	8 000	250 000	82 800	714	132 480	82 800	9 600	80 000	80 000
55	176	75	2 220	8 800	262 000	88 800	748	142 080	88 800	10 560	88 000	88 000
60	192	78	2 380	9 600	273 400	95 200	781	152 320	95 200	11 520	96 000	96 000

* Supplément de puissance inutile en cas de réchauffage nocturne.

Tableau 12.

Facteur de correction à appliquer suivant besoin individuel journalier		
Type	Besoin en eau à 60 °C par jour et par personne	Coefficient
Pavillon	60 l/jour/personne	1,2
Logement grand standing	70 l/jour/personne	1,4
Villa grand standing	80 l/jour/personne	1,6

- préparation par accumulation avec réchauffage continu : le ballon d'eau chaude doit pouvoir couvrir une pointe correspondant au débit instantané pendant 10 minutes. La puissance de réchauffage est calculée pour satisfaire la consommation horaire.
- accumulation avec une période de réchauffage par jour : le ballon aura une capacité correspondant aux besoins journaliers.

Les tableaux 11 et 12 donnent une évaluation des besoins d'eau chaude sanitaire jusqu'à 60 logements dans ces différents cas. Un supplément de puissance peut être nécessaire, en matière de production d'eau chaude pour couvrir les pertes par déperditions dans les canalisations lorsque le ballon d'eau chaude ne se trouve pas directement à proximité de la chaudière.

2.4. PUISSANCE DE L'INSTALLATION

La puissance de la chaudière doit être suffisante pour alimenter chacun des corps de chauffe. Il convient, pour cela, de tenir compte, non seulement de la puissance dissipée par les corps de chauffe, mais également des pertes calorifiques dissipées dans le réseau de canalisation de l'installation de chauffage lorsqu'elles existent.

Ces pertes ne peuvent être calculées exactement qu'une fois le réseau de distribution déterminé. Cependant, en première approximation, elles peuvent être estimées à 10 % de la puissance totale des radiateurs, si une partie du réseau passe hors du volume chauffé et si ce réseau est correctement isolé. On considère que ces pertes sont nulles si la totalité de l'installation se trouve dans le volume chauffé.

En conclusion, la puissance totale de l'installation s'exprimera de la façon suivante :

$$P = 1,10 \times P1 + P2$$

Formule dans laquelle :

- P1 est la puissance cumulée de tous les corps de chauffe ;
- P2 est la puissance supplémentaire nécessaire à la production d'eau chaude, y compris les pertes calorifiques du réseau d'eau chaude, s'il y en a ;
- 1,10 est le coefficient forfaitaire correspondant aux pertes calorifiques dans l'ensemble du réseau de chauffage, s'il y en a. La chaudière devra avoir une puissance immédiatement supérieure à la puissance nécessaire calculée. Il n'est pas souhaitable de surdimensionner une chaudière, ce qui tendrait à diminuer son rendement global et à augmenter, par conséquent, les coûts d'investissements et d'exploitation.

2.5. CONCEPTION DE LA CHAUFFERIE

La chaudière, ainsi que ses équipements périphériques, peuvent être placés dans un local spécifique en chaufferie classique, dans une pièce du logement en installation murale ou en chaufferie extérieure en terrasse.

L'aménagement de ces différents types de chaufferie obéit à des règles précises, sous forme de D.T.U. et d'arrêtés concernant

les règles de sécurité, le dimensionnement des équipements, les conduits de fumées ainsi que la ventilation auxquels il convient de se référer.

Une attention particulière doit être portée aux risques de condensation dans les conduits de fumées.