

FORMATION BATIMENT DURABLE

CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE : CONCEPTION

AUTOMNE 2023

Emission de chaleur

Les différents types d'émetteurs, critères de choix, dimensionnement



Sophie HAINE
écORCE
INGENIEUR CONSEILLER



- ▶ Obtenir une vue d'ensemble des différents types de corps de chauffe,
- ▶ Comprendre leur fonctionnement et leurs applications
- ▶ Être capable de choisir le type d'émetteurs adapté à un projet
- ▶ Comprendre les implications du type d'émission sur le reste de l'installation



MODE D'ÉMISSION

TYPE D'ÉMETTEURS

CONCEPTION

DIMENSIONNEMENT

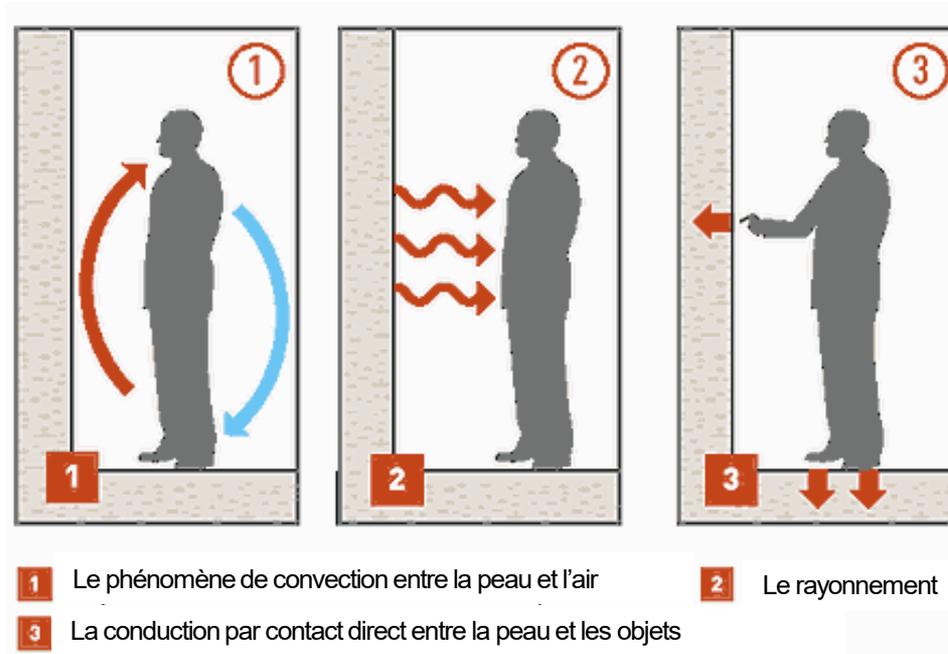
IMPACT DU CHOIX DES ÉMETTEURS SUR L'INSTALLATION

POINTS D'ATTENTION EN RÉNOVATION



Principe de l'émission de chaleur

- ▶ **Convection** : transfert impliquant un fluide en mouvement
- ▶ **Rayonnement** : transmission par **ondes électromagnétiques** de surface à surface
- ▶ **Conduction** : **contact** entre les particules



Source / Bron : SPW Energie



MODE D'ÉMISSION

TYPE D'ÉMETTEURS

- ▶ **Convecteur**
- ▶ **Ventilo-convecteur**
- ▶ **Radiateur**
- ▶ **Panneau radiant**
- ▶ **Chauffage surfacique**
- ▶ **Chauffage thermoactif**

CONCEPTION

DIMENSIONNEMENT

IMPACT DU CHOIX DES ÉMETTEURS SUR L'INSTALLATION

POINTS D'ATTENTION EN RÉNOVATION



Quels émetteurs reconnaissez vous ?



Source / Bron : Cheminées Liégeois



Source / Bron : Jafga



Source / Bron : Radson

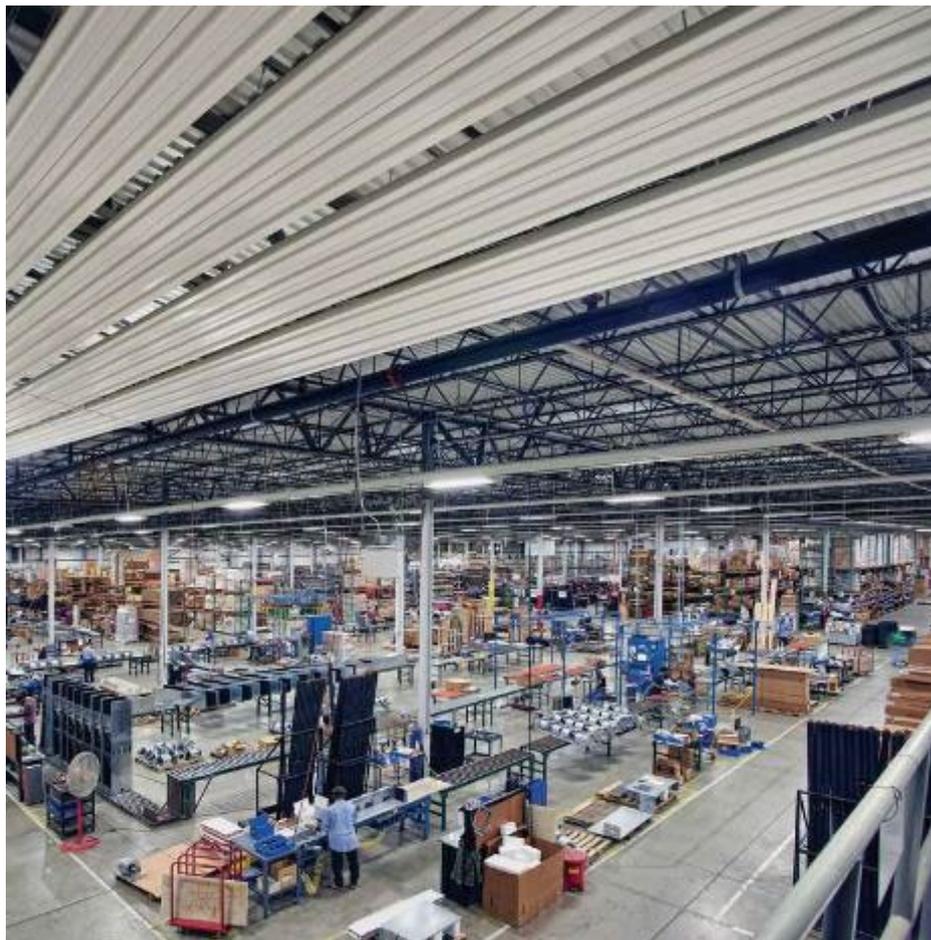


Source / Bron : Profile



7 EMETTEURS EN NON-RÉSIDENTIEL

Quels émetteurs reconnaissez-vous ?



Source / Bron : Zenhder

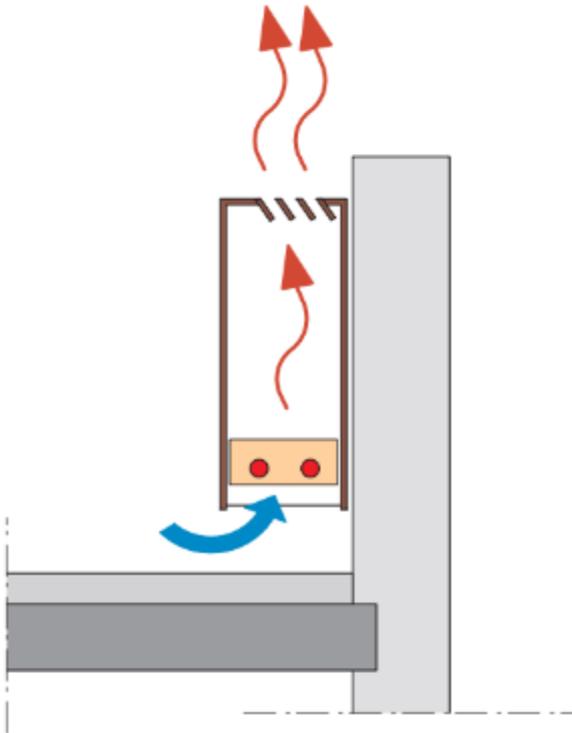


Source / Bron : Jaga



Principe

- Convection naturelle au travers d'une batterie à eau chaude :
L'air froid entre par le bas, se réchauffe et sort par le haut ou le côté.



Source / Bron : CSTC, Rapport 14



Caractéristiques

- ▶ Mode d'émission



- ▶ Fluide : eau
- ▶ Inertie



- ▶ Plage de température



- ▶ Régulation : eau (température / débit) ou air (débit)

Applications

- ▶ en voie de disparition...



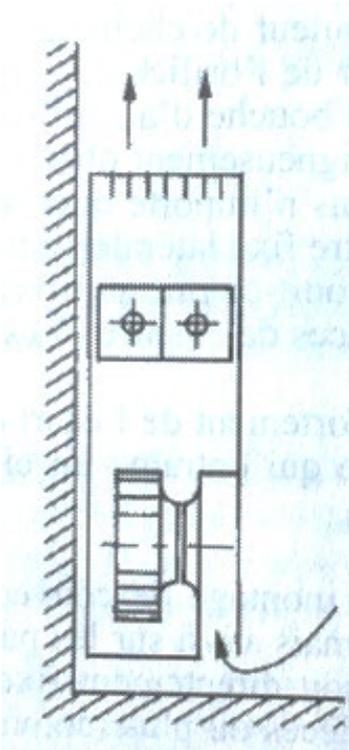
Quelques points d'attention

- ▶ Nombreuses possibilités de montage
 - ⇒ **Attention aux prescriptions du fabricant !**
- ▶ Nécessite une haute température pour favoriser la convection naturelle
- ▶ Volume / puissance important
- ▶ Faible taux d'émission



Principe

- Circulation forcée de l'air au travers de la batterie à eau à l'aide d'un ventilateur



Source / Bron : Recknagel



Source / Bron : Kampmann



Source / Bron : Jaga



Caractéristiques

- ▶ Mode d'émission



- ▶ Fluide : eau / fluide calorifique
- ▶ Inertie



- ▶ Plage de température



- ▶ Régulation : eau (débit / température) ou air (débit)

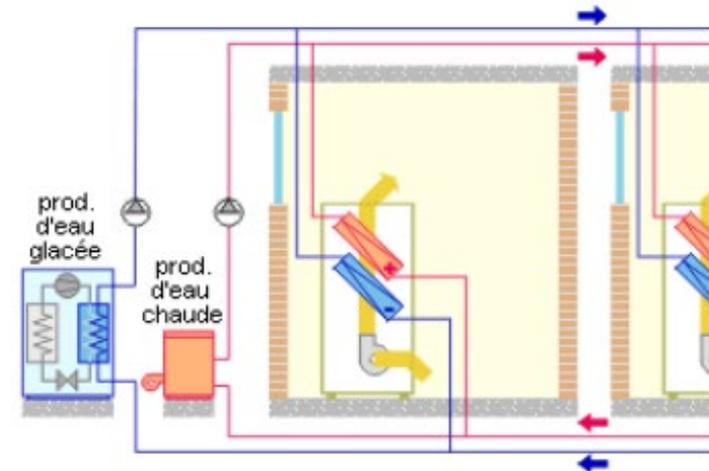
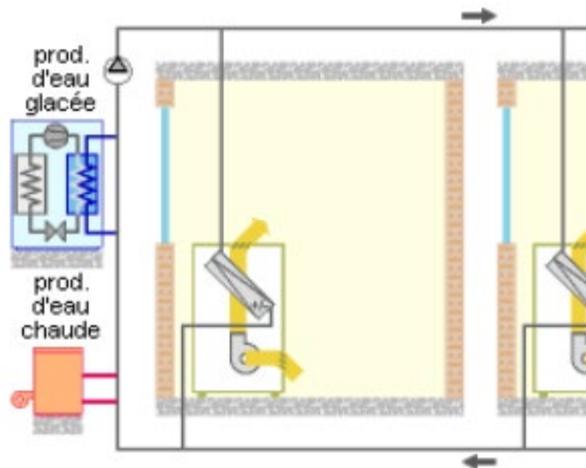
Applications

- ▶ Espaces chauffés par intermittence,
- ▶ Espaces qui nécessitent une puissance de rafraîchissement,



Quelques points d'attention

- ▶ Nombreuses possibilités d'intégration (suivre recommandations fabricant), élément compact,
- ▶ Alimentation électrique nécessaire
- ▶ Bruit / Puissance en fonction de la vitesse
- ▶ Fonctionnement réversible (chaud / froid)
 - Différents modèles : 2 tubes / 4 tubes



Source / Bron : Energie +

- Différents régimes : 16-19°C / 7-12°C

⇒ **Attention au risque de condensation !**



Aérotherme

- ▶ Applications : Grands espaces qui ne sont pas utilisés continuellement et qui doivent être réchauffés rapidement

Exemples : halls industriels, salle omnisports, entrepôts, garages, grandes surfaces ...

- ▶ Quelques points d'attention :
 - Alimentation électrique nécessaire
 - Bruit potentiellement important
 - Encombrement
 - Existe aussi avec un brûleur gaz, en direct,
 - Débits d'air important



Source / Bron : Jaga



Poutre dynamique

► Applications :

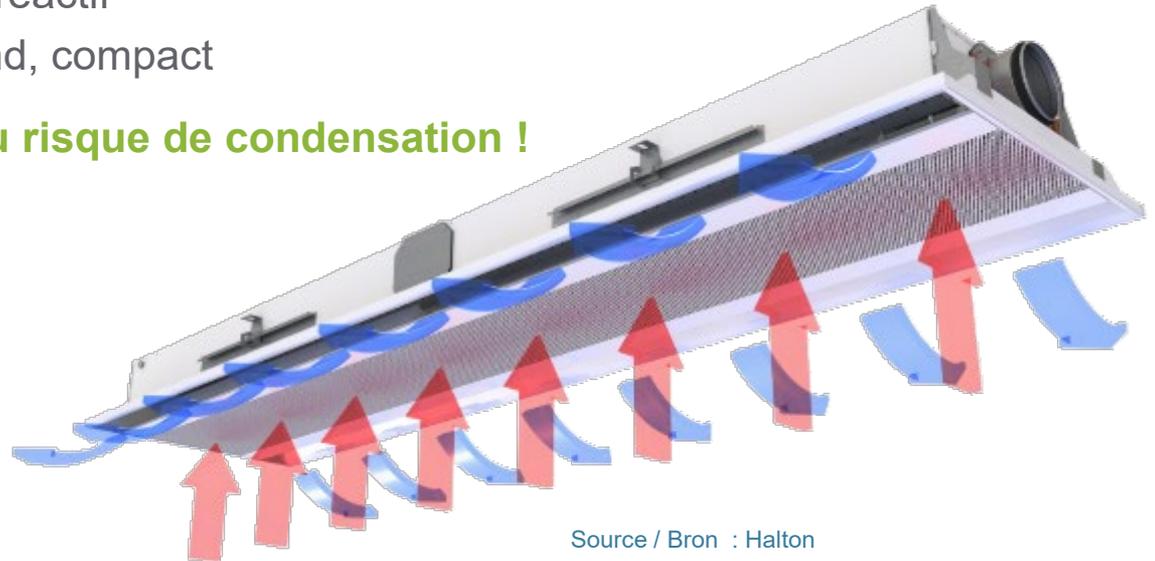
- Combinaison chauffage / ventilation hygiénique / refroidissement,
- Grande souplesse d'agencement des espaces (n'occupe pas d'espace au sol, aux murs)

⇒ **Commerces, bureaux**

► Quelques points d'attention :

- Fonctionnement réversible (2 ou 4 tubes)
- Chauffage par l'air, réactif
- Suspendu au plafond, compact

⇒ **Attention au risque de condensation !**



Source / Bron : Halton

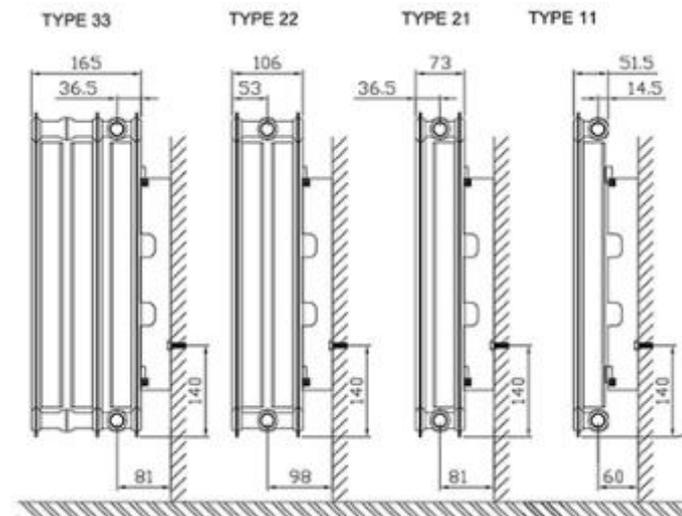


Principe

- Emission de chaleur par rayonnement et convection (% variable selon géométrie / ailettes)



Source / Bron : Radson



Source / Bron : Chauffage décor

- Différents types de radiateurs :
 - Le premier chiffre correspond au nombre de panneau,
 - Le deuxième chiffre correspond au nombre de rangées d'ailettes,



Caractéristiques

- ▶ Mode d'émission

Selon le modèle, l'emplacement, le régime de température...

CONVECTION

RAYONNEMENT

- ▶ Fluide : eau
- ▶ Inertie :

INERTIE FAIBLE

INERTIE
IMPORTANTE

- ▶ Plage de température

TRÈS BASSE
TEMPÉRATURE

BASSE
TEMPÉRATURE

HAUTE
TEMPÉRATURE

- ▶ Régulation : débit / température (à privilégier)

Applications

- ▶ Logements, bureaux, écoles, ...

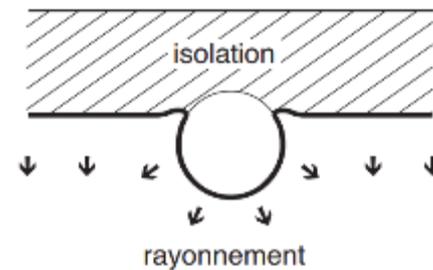
Quelques points d'attention

- ▶ Attention à l'emplacement des radiateurs !



Principe

- ▶ Plaques chauffées par des tubes d'eau chaude (ou froide), suspendues au plafond



Source / Bron : Zenhder



Caractéristiques

- ▶ Mode d'émission

Selon le modèle, l'emplacement, le régime de température...

CONVECTION

RAYONNEMENT

- ▶ Fluide : eau
- ▶ Inertie :

INERTIE FAIBLE

INERTIE
IMPORTANTE

- ▶ Plage de température

TRÈS BASSE
TEMPÉRATURE

BASSE
TEMPÉRATURE

HAUTE
TEMPÉRATURE

- ▶ Régulation : débit / température (à privilégier)



Applications

- ▶ Chauffage et refroidissement
 - ▶ Grande souplesse d'agencement des espaces (n'occupe pas d'espace au sol, aux murs)
 - ▶ Rayonnant, adapté aux locaux de grande hauteur
- ⇒ **Halls industriels, complexes sportifs, ateliers ...**

Quelques points d'attention

- ▶ Nécessite une hauteur sous plafond suffisante (H_{\min} sous panneau = 3m, varie selon le régime de température)
- ▶ Nécessite une surface non négligeable
- ▶ A l'eau chaude, moins réactif
- ▶ Fonctionnement réversible



Principe

- ▶ Principe de fonctionnement :
 - L'eau traverse des tuyaux synthétiques intégrés à la paroi,
 - > Existe aussi en version électrique
 - La paroi emmagasine la chaleur et la restitue

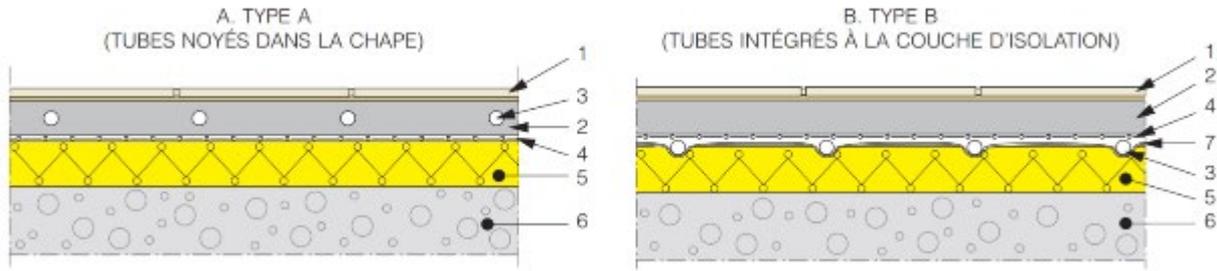
- ▶ Intégrable dans différents types de parois
 - Chauffage sol
 - Chauffage mural
 - Chauffage plafond



CHAUFFAGE SURFACIQUE

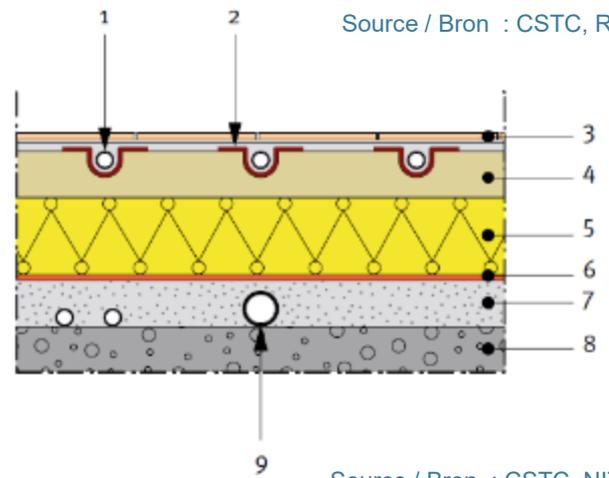
► Chauffage sol (sec / humide)

- Emission maximale : 100 W/m² [175]
- Température de surface maximale : 29°C [35°C]



- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Revêtement de sol | 7. Plaque conductrice |
| 2. Chape | 8. Double membrane de désolidarisation |
| 3. Réseau de tubes | 9. Couche de remplissage |
| 4. Couche de protection | 10. Plaque creuse |
| 5. Isolation | |
| 6. Structure portante | |

Source / Bron : CSTC, Rapport 14



1. Tube chauffant
2. Plaque de diffusion de la chaleur
3. Revêtement de sol
4. Panneau rainuré
5. Sous-couche isolante
6. Sous-couche résiliente
7. Couche de remplissage
8. Plancher porteur
9. Canalisations diverses

Source / Bron : CSTC, NIT 273



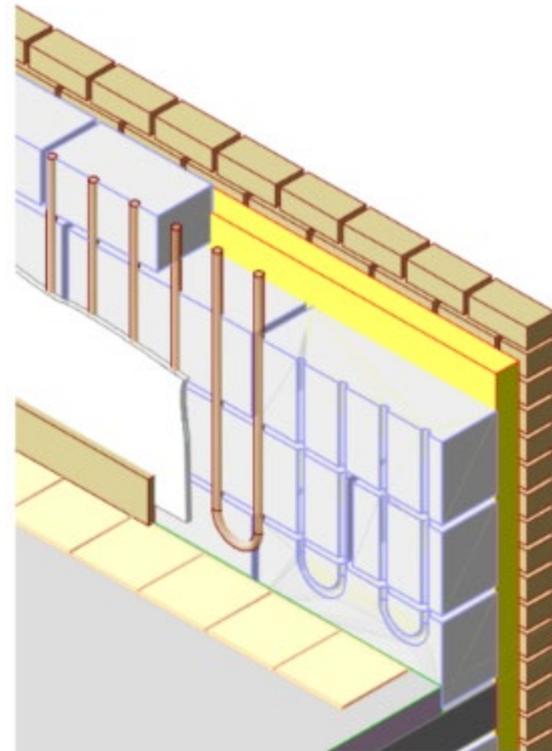
CHAUFFAGE SURFACIQUE

► Chauffage mural

- Emission maximale :
- Température de surface maximale :

150 W/m²

40°C



Source / Bron : CSTC, Rapport 14



CHAUFFAGE SURFACIQUE

► Chauffage plafond

- Emission maximale : 60 W/m^2
- Température de surface maximale : 29°C



Caractéristiques

- ▶ Mode d'émission

CONVECTION

RAYONNEMENT

- ▶ Fluide : eau
- ▶ Inertie

Selon la composition de la paroi, la position des tuyaux, ...

INERTIE FAIBLE

INERTIE
IMPORTANTE

- ▶ Plage de température

TRÈS BASSE
TEMPÉRATURE

BASSE
TEMPÉRATURE

HAUTE
TEMPÉRATURE

- ▶ Régulation : température, éventuellement débit



Applications

- ▶ Locaux
 - Sans variation rapide des apports internes/solaires
 - Avec une occupation relativement constante
 - Eventuellement de grande hauteur (sol)
- ▶ Compatible avec un système de production (très) BT

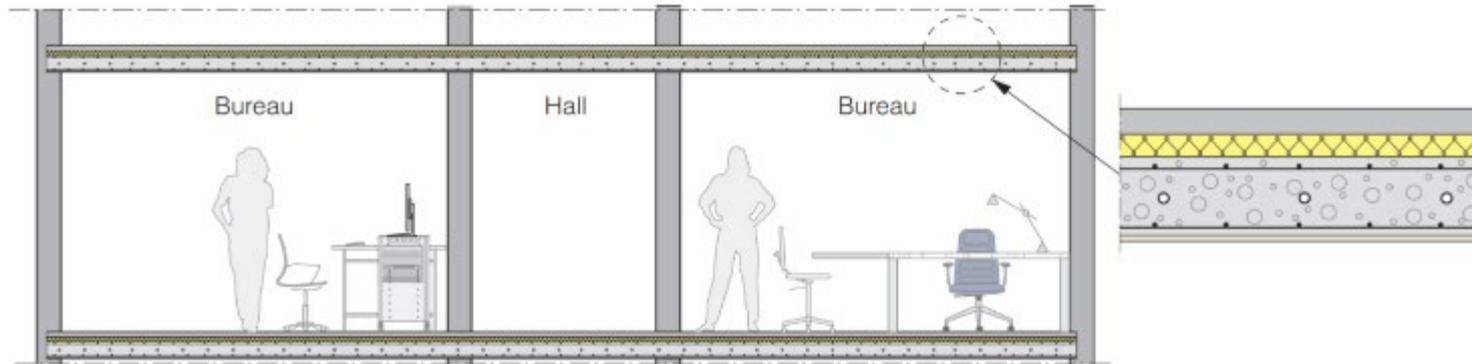
⇒ **Séjour, Atrium, ...**

Quelques points d'attention

- ▶ Dimensionnement (espacement, longueur de boucle, ...)
- ▶ Eviter de recouvrir les surfaces de rayonnement
- ▶ Adapter le tracé et la régulation à la situation
- ▶ Isolation suffisante indispensable du côté non chauffé de la paroi
- ▶ Attention à l'asymétrie du rayonnement !



Principe



Applications

- ▶ Bâtiments à hautes performances et faibles besoins

Quelques points d'attention

- ▶ Fonctionnement à très basse température
- ▶ Capacité d'émission faible : 20 à 40 W/m²
- ▶ Réversible (16/20) : 40 à 60 W/m²



MODE D'ÉMISSION
TYPE D'ÉMETTEURS

CONCEPTION

- ▶ **Méthodologie**
- ▶ **Confort thermique**
- ▶ **Règles de bonnes pratiques**
- ▶ **Rendement d'émission**

DIMENSIONNEMENT
IMPACT DU CHOIX DES ÉMETTEURS SUR L'INSTALLATION
POINTS D'ATTENTION EN RÉNOVATION



Méthodologie

- ▶ Calculer les besoins calorifiques espace par espace

- ▶ Choisir le mode d'émission souhaité
 - Usage du local
 - Confort souhaité
 - Compatibilité avec le producteur ?
 - Régime de température ?

- ▶ Positionner les émetteurs dans l'espace
 - Selon la présence et la disposition des fenêtres
 - Selon la disposition du mobilier

- ▶ Sélectionner les émetteurs (puissance et dimensions)



Confort thermique

Le confort thermique est atteint quand une personne est thermiquement neutre dans l'ensemble de son corps.

- ▶ Paramètres influençant le confort thermique
 - La température opérative est la température uniforme d'un espace fermé

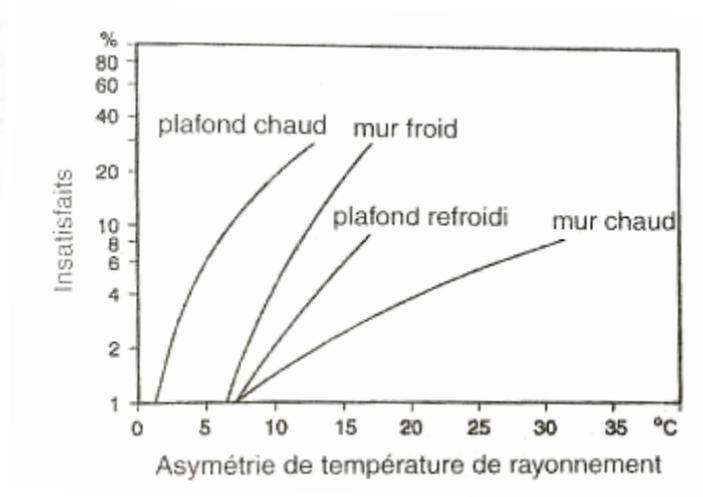
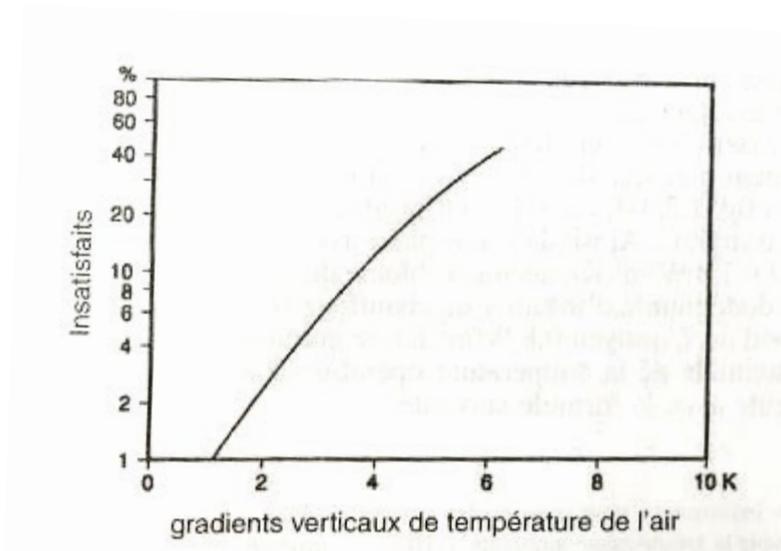
$$T_{opérative} = \frac{T_{ambiante} + T_{p_{arois}}}{2}$$

- Humidité de l'air
- Vitesse de l'air
- Habillement
- Métabolisme
- Activité ...



Confort thermique

- ▶ Inconfort thermique local peut être dû à la présence de
 - Champ de rayonnement asymétrique
 - Courant d'air (infiltrations / mauvaise conception)
 - Contact avec un sol chaud ou froid,
 - Gradient de température de l'air



Source / Bron : Recknagel, Sprenger, Schramek



Pour les émetteurs ponctuels

- ▶ Ne pas placer les émetteurs devant les vitrages
- ▶ Eviter de créer des gradients de température important dans le local
- ▶ Ne pas entraver l'émission des émetteurs (prescriptions fabricants)

Pour les émetteurs surfaciques

- ▶ Une boucle par pièce minimum (régulation de température)
- ▶ Pas de mobilier fixe devant les surfaces chauffées (entrave à l'émission)
- ▶ Espacement des tubes peut être variable (plus serrés dans les zones périphériques)

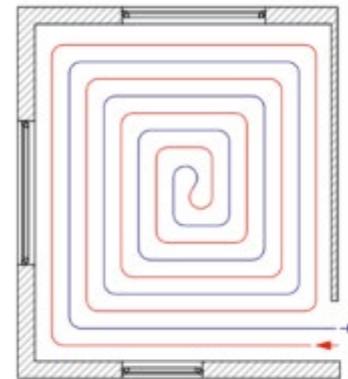


Fig. 2 Tracé en spirale.

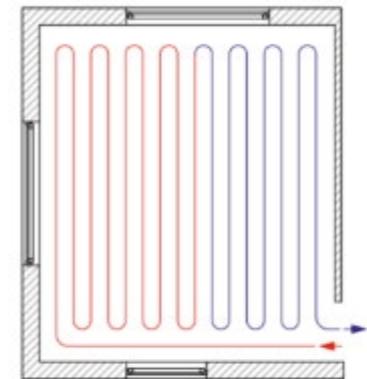


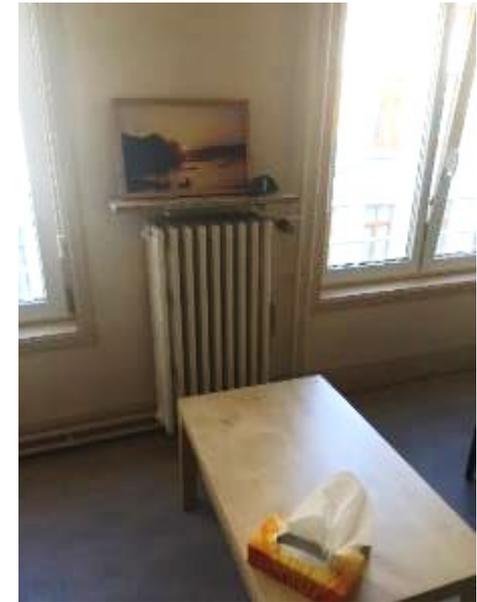
Fig. 3 Tracé parallèle.

Source / Bron : CSTC, Rapport 18

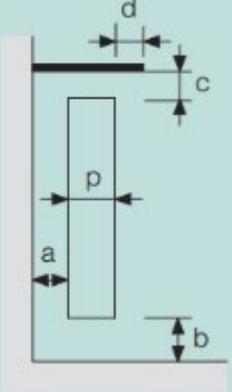
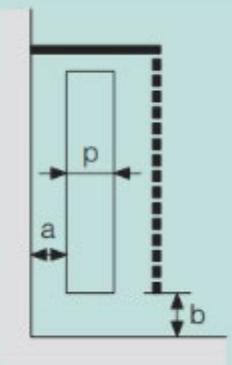


Le rendement d'émission dépend en pratique

- ▶ Du type d'émetteur
- ▶ De leur position
 - Par rapport aux parois (isolation ...) contre lesquels ils sont adossés
 - Par rapport à des éléments qui entravent leur fonctionnement



Correction de l'émission calorifique d'un radiateur selon son emplacement

Emplacement du radiateur (*)	Exigences dimensionnelles	Conditions relatives à c	Facteur de correction f (-)
	Sous tablette ou en niche <ul style="list-style-type: none"> • $a \geq 5 \text{ cm}$ • $b \geq 10 \text{ cm}$ • $c \geq p$ • $d \leq 3 \text{ cm}$ 	$c > 12 \text{ cm}$	$f = 1$
		$6 \leq c \leq 12 \text{ cm}$	$f = 0,97$
		$4 < c < 6 \text{ cm}$	$f = 0,95$
	<ul style="list-style-type: none"> • Sous tablette ou en niche • Caché par un grillage à larges mailles 	<ul style="list-style-type: none"> • $a \geq 5 \text{ cm}$ • $b \geq 10 \text{ cm}$ 	Pas d'exigences $f = 0,70$

Source / Bron : CSTC, Rapport 14

⇒ **Table de correction disponible pour toutes les situations !**



Rendement d'émission simplifié

Régulation de la température intérieure	Régulation de la température de départ de l'eau du circuit ou de l'air	
	Valeur de consigne constante	Valeur de consigne variable
Commande de la température par local	0,87 (*)	0,89 (*)
Autres	0,85 (*)	0,87 (*)

(*) Si un ou plusieurs éléments du secteur énergétique émettant de la chaleur sont (partiellement) installés devant un vitrage, le rendement est diminué de 0,08.

Source / Bron : CSTC



MODE D'ÉMISSION
TYPE D'ÉMETTEURS

DIMENSIONNEMENT

- ▶ **Ventilo-convecteurs**
- ▶ **Radiateurs**
- ▶ **Chauffage sol**

IMPACT DU CHOIX DES ÉMETTEURS SUR L'INSTALLATION
POINTS D'ATTENTION EN RÉNOVATION



Ventilo-convecteurs

► Puissance d'émission dépend :

- Des dimensions du convecteur (hauteur, largeur, profondeur)
- Du nombre de tubes et d'ailettes,
- La température moyenne de l'eau en circulation
- Le débit d'eau en circulation
- La vitesse de l'air (vitesse du ventilateur)

⇒ **Les fabricants fournissent des tables de dimensionnement (puissance selon dimensions et vitesses) à un régime de température donné**



Ventilo-convecteurs

Hauteur [cm]	Longueur [cm]	Largeur [cm]	Vitesse [V]	CHAUFFER	LIGHT COOLING Non condensant	Niveau de pression acoustique dB(A)	Puissance électrique absorbée [Watts]	Débit d'air [m ³ /h]
				75/65/20 [Watts]	16/18/27 50% R.V. [Watts]			
Tous ▾	Tous ▾	Tous ▾	Tous ▾					
008	072	18	2	276	30	14	0.5	24
008	072	18	4	496	66	15	0.8	37
008	072	18	6	699	104	23	1.3	52
008	072	18	8	891	144	28	2.1	68
008	072	18	10	1075	185	34	3.0	79
008	108	18	2	569	62	15	0.6	42
008	108	18	4	1021	135	19	1.3	75
008	108	18	6	1438	214	29	2.7	98
008	108	18	8	1834	296	32	4.6	125
008	108	18	10	2214	381	37	7.1	160
008	144	18	2	894	97	16	1.1	66
008	144	18	4	1605	212	20	2.1	112
008	144	18	6	2260	336	30	4.0	150
008	144	18	8	2881	465	35	6.6	193
008	144	18	10	3479	598	39	10.1	239



Radiateurs

- ▶ Puissance d'émission dépend de :
 - La taille, la type et le matériau du radiateur
 - La température moyenne de l'eau en circulation
 - Le débit d'eau en circulation
 - La température de l'environnement
 - L'emplacement du radiateur (présence de tablette, de niche ...)
- ⇒ **Les fabricants fournissent des tables de dimensionnement à un régime de température donné**



Radiateurs

Type 11

		Hauteur	300	400	500	600	750	900
Longueur	Watt							
450	75/65/20	242	306	366	424	506	584	
600	75/65/20	323	408	488	565	675	779	
750	75/65/20	404	510	611	707	844	974	
900	75/65/20	484	612	733	848	1013	1168	
1050	75/65/20	565	714	855	989	1181	1363	
1200	75/65/20	646	816	977	1130	1350	1558	
1350	75/65/20	726	918	1099	1272	1519	1752	
1500	75/65/20	807	1020	1221	1413	1688	1947	
1650	75/65/20	888	1122	1343	1554	1856	2142	

⇒ Il existe des tables de correction qui tiennent compte du régime de température





Exercice

- Une pièce contient un radiateur dont la puissance est de 1500 W pour un régime de température de 75/65/20.
Quelle est sa puissance en régime 60/50/20 ?

Température de l'eau de départ $\theta_{w,d}$ (°C)	Température ambiante θ_a (°C)	Température de l'eau de retour $\theta_{w,r}$ (°C)									
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
70	24	0,30	0,40	0,48	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84		
	22	0,35	0,45	0,53	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89		
	20	0,40	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,87	0,94		
	18	0,46	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99		
	16	0,51	0,60	0,68	0,76	0,83	0,90	0,97	1,04		
65	24	0,27	0,36	0,44	0,51	0,58	0,65	0,71			
	22	0,32	0,41	0,49	0,56	0,63	0,70	0,76			
	20	0,37	0,46	0,54	0,61	0,68	0,75	0,81			
	18	0,42	0,51	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86			
	16	0,47	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,91			
60	24	0,24	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60				
	22	0,29	0,37	0,45	0,51	0,58	0,64				
	20	0,34	0,42	0,49	0,56	0,63	0,69				
	18	0,39	0,46	0,54	0,61	0,67	0,74				
	16	0,43	0,51	0,59	0,65	0,72	0,79				
55	24	0,21	0,29	0,36	0,42	0,48					
	22	0,26	0,33	0,40	0,47	0,53					
	20	0,30	0,38	0,45	0,51	0,57					
	18	0,35	0,42	0,49	0,56	0,62					
	16	0,40	0,47	0,54	0,60	0,67					



Chauffage sol

- ▶ Puissance d'émission dépend de :
 - La température de départ de l'eau (max 45°C)
 - Le débit d'eau en circulation
 - La température de l'environnement
 - L'espacement des tubes
 - La composition de la paroi (isolation ...)



Chauffage sol

- ▶ Déterminer l'émission surfacique de calcul
- ▶ Choisir le système de chauffage
- ▶ Pour la zone la plus défavorable, sélectionner
 - le pas de tube (5 à 20 cm)
 - la température de départ de l'eau (max 45°C)
 - la chute de température (en général, 5K)
 - la température de l'eau de retour
- ▶ Pour les autres zones, sélectionner
 - le pas de tube
 - la température de l'eau de retour
- ▶ Pour toutes les zones, déterminer
 - le nombre de boucle
 - la longueur des boucles
 - le débit d'eau dans chaque boucle
 - la perte de charge de chaque boucle

⇒ **Pour aller plus loin, CSTC, Rapport 18 / NIT 273**



MODE D'ÉMISSION
TYPE D'ÉMETTEURS
CONCEPTION
DIMENSIONNEMENT

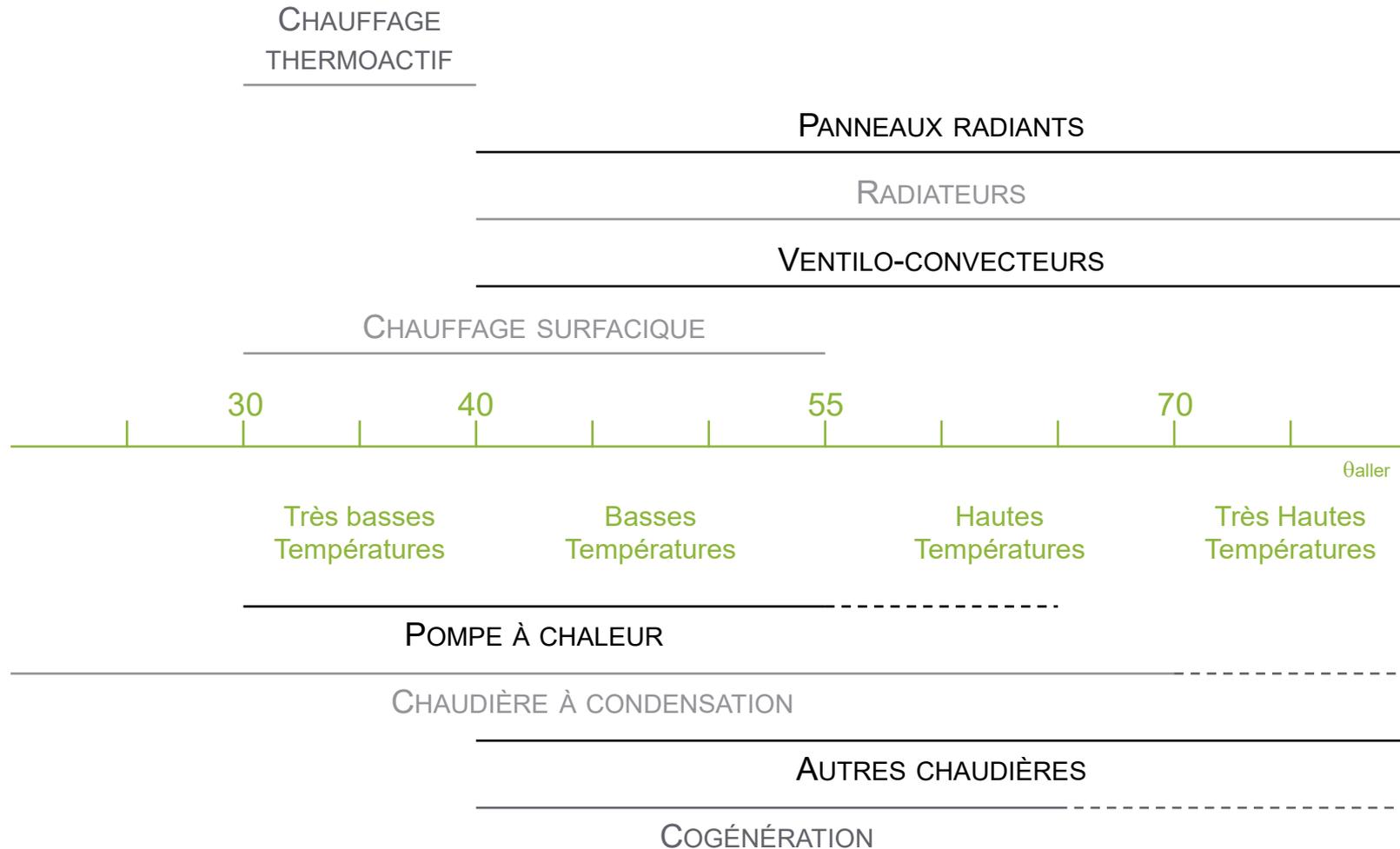
IMPACT DU CHOIX DES ÉMETTEURS SUR L'INSTALLATION

- ▶ **Emission et production**
- ▶ **Emission et distribution**
- ▶ **Emission et régulation**

INSTALLATION EXISTANTE



Compatibilité émission / production



Régime de température

- ▶ Tous les émetteurs n'ont pas le même régime de température !
 - Nécessité de créer différents circuits : un circuit par type d'émetteur
- ▶ Certains émetteurs peuvent fonctionner à plusieurs régimes de température
 - Régime de température \ll ,

⇒ ↓ **pertes distribution**

Pertes de charges

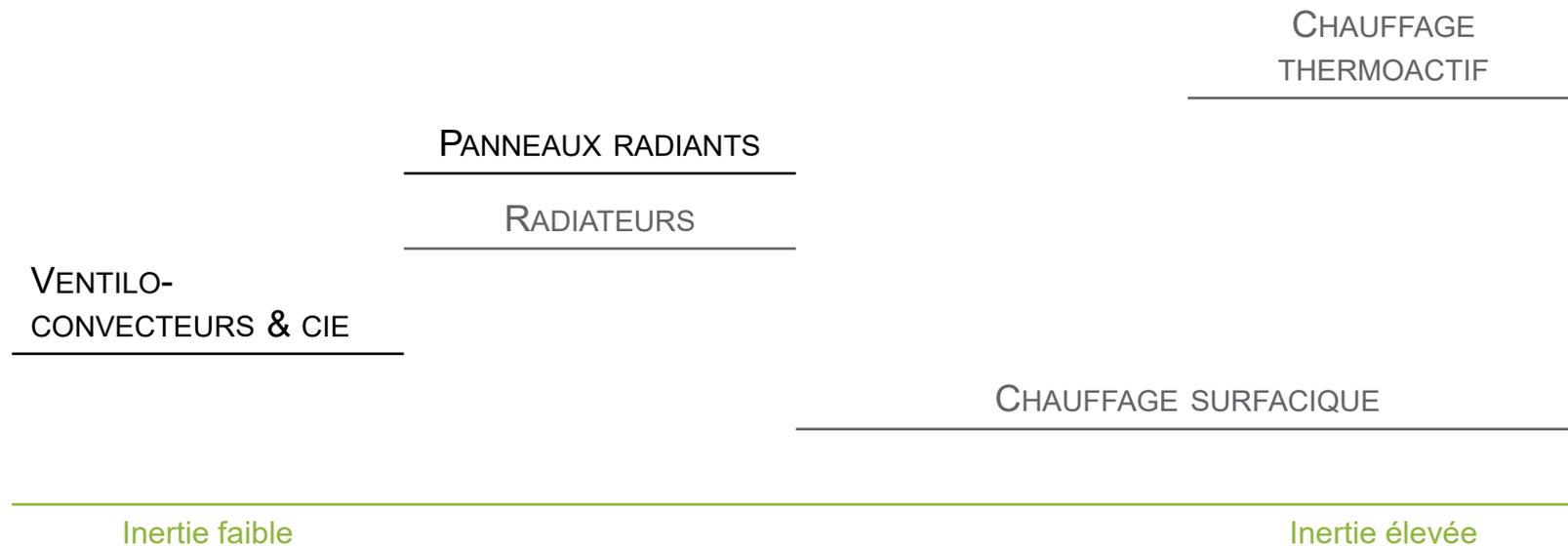
- ▶ Chauffage surfacique et ventilo-convecteurs présentent plus de pertes de charges

⇒ ↑ **consommation circulateur**

- ▶ Radiateurs présentent moins de pertes de charges



Souplesse d'utilisation



MODE D'ÉMISSION

TYPE D'ÉMETTEURS

CONCEPTION

DIMENSIONNEMENT

IMPACT DU CHOIX DES ÉMETTEURS SUR L'INSTALLATION

POINTS D'ATTENTION EN RÉNOVATION



Pistes de réflexion dans le cadre d'une rénovation

Confort

- ▶ Le type d'émetteurs et leur emplacement sont-ils adaptés à l'usage ?
- ▶ Les émetteurs sont-ils en bon état de fonctionnement ?
 - ⇒ présence de tâches de rouille / fuites d'eau ?
- ▶ La puissance des émetteurs correspond-elle aux besoins ?
 - ⇒ <https://energieplus-lesite.be/calculs/chauffage-d15/>
- ▶ Les émetteurs sont-ils compatibles avec le système de production ?
- ▶ La régulation des émetteurs est-elle efficiente ?

Optimisation





- ▶ Chaque type d'émetteurs à ses spécificités
- ▶ L'emplacement et le dimensionnement adéquats des émetteurs sont essentiels pour garantir le confort
- ▶ Le choix des émetteurs a un impact sur les autres aspects de l'installation de chauffage





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

► Energie

- Dossier | Garantir l'efficacité des installations de chauffage et ECS (distribution et émission)...

Dispositif | [Convecteur, ventilo-convecteur, éjecto-convecteur...](#)

Dispositif | [Radiateurs](#)

Dispositif | [Chauffage surfacique](#)





Sites internet

- ▶ Formations Bâtiment durable

<https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/seminaires-et-formations/formations-batiment-durableenergie/actes-et>



Ouvrages

- ▶ Recknagel, Sprenger, Schramek, (2011), *Génie Climatique*, Dunod - 5^e édition, Paris
- ▶ CSTC, (2013), *Rapport 14 : Conception et dimensionnement des installations de chauffage central à eau chaude*
- ▶ CSTC, (2016), *Rapport 18 : Dimensionnement des systèmes de chauffage par le sol à eau chaude*



Sophie HAINE

Ingénieur projet
écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

