

**CONCEVOIR ET
RENOVER
UN BÂTIMENT
TERTIAIRE**

LES CAHIERS DES CHARGES *Energie*⁺

Pour le bureau d'études

**CAHIER DES CHARGES
ÉNERGÉTIQUE
INSTALLATION DE
CLIMATISATION**

Version juin 2004

>> Toute l'information sur l'énergie en Wallonie sur
<http://energie.wallonie.be>
(publications, outils techniques, séminaires, aides financières, ...)


RÉGION WALLONNE

**Pour tout renseignement, contactez le
Facilitateur Tertiaire désigné par la Région wallonne**
ICEDD
Institut de Conseil et d'Études de Développement Durable
Boulevard Frère Orban, 4 – 5000 Namur
Gauthier Keutgen
Tél : 081/25 04 80 – fax : 081/25 04 90
Courriel : gauthier.keutgen@icedd.be

**RÉINVENTONS
L'ÉNERGIE**

Avertissement

Mode d'utilisation de ce document

La Région wallonne a souhaité fournir aux Maîtres d'Ouvrage, aux bureaux d'études et aux architectes une série d'outils sous la forme de check-lists et de cahiers des charges de référence pour la conception « énergétique » d'un nouveau bâtiment ou sa rénovation :

- **les check-lists doivent servir à clarifier les demandes de performance énergétique** entre un Maître d'Ouvrage et ses opérateurs,
- **les cahiers des charges précisent les critères techniques** à mettre en œuvre pour atteindre ces performances.

Chaque Maître d'Ouvrage reste libre de décider, avec les conseils du bureau d'études et/ou de l'installateur, d'intégrer ou non les recommandations les plus intéressantes et les plus adaptées dans son projet.

Ces recommandations ne sont pas exhaustives et ne dispensent pas d'appliquer les normes et prescriptions réglementaires en vigueur.

Dans un but de promotion des économies d'énergie, des copies d'extraits ou de l'intégralité de ce texte sont souhaitées. Aucune activité commerciale relative à l'utilisation des informations qu'ils contiennent n'est cependant autorisée.

Il appartient à chaque utilisateur de ce document de faire preuve de vigilance et de capacité d'adaptation lorsqu'il sera appelé à rédiger les clauses définitives qui le liera avec son opérateur. En aucun cas, la Région wallonne ou le concepteur du présent n'assumeront une quelconque responsabilité quant à une utilisation erronée ou inappropriée des clauses reprises dans le présent document. La vérification finale reste du ressort de l'utilisateur.

Initiative

Ministère de la Région Wallonne
DGTRE
Direction Générale des Technologies,
de la Recherche et de l'Energie.

Avenue Prince de Liège, 7
5100 Jambes

Réalisation

Architecture et Climat – UCL
Place du Levant, 1
1348 Louvain La Neuve

Contact

Tel : 010/47.21.42
Fax : 010/47.21.50
Courriel : climat@arch.ucl.ac.be
Site Internet : www-climat.arch.ucl.ac.be

LES CAHIERS DES CHARGES *Energie*⁺

La collection actuelle des documents de référence pour concevoir et rénover un bâtiment du secteur tertiaire est composée de :

► Synthèse didactique

- Conception énergétique d'un bâtiment tertiaire

► Pour le Maître d'Ouvrage

Check-lists énergétiques : - de la programmation à la mise en service -

- Installation de chauffage
- Installation d'eau chaude sanitaire
- Installation d'éclairage
- Installation de ventilation hygiénique
- Installation de climatisation
- Installation d'un grand système de production d'eau chaude solaire
- Installation de cogénération (étude de pré-faisabilité)

► Pour les Bureaux d'Etudes et les Installateurs

Cahiers des charges énergétiques :

- Installation de chauffage
- Installation d'eau chaude sanitaire
- Installation d'éclairage
- Installation de climatisation (chauffage, refroidissement, ventilation)**
- Installation d'un grand système de production d'eau chaude solaire (*en préparation*)

Ces documents sont téléchargeables sur le Site Portail de l'Energie de la Région wallonne – <http://energie.wallonie.be>)

Investir dans l'énergie aujourd'hui ?

1. Avoir un bâtiment efficace d'un point de vue énergétique, c'est s'engager dans **une démarche citoyenne** pour le respect de l'environnement et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le "surcoût" éventuel pour un bâtiment plus efficace est généralement faible par rapport aux coûts de construction ou de rénovation d'un bâtiment.
2. La conception d'un bâtiment et de ses installations influence **le coût d'exploitation** pendant toute la durée de vie du bâtiment et des installations, soit 20, 30 ou 40 ans.
3. La tendance structurelle du **coût de l'énergie** sur 20 ou 30 ans **est à la hausse !** Dans le présent document, la rentabilité a été calculée pour un coût du combustible de 0,3 €/litre fuel ou 0,3 €/m³ gaz naturel, et pour un coût du kWh électrique de 0,11 € en Heures Pleines, 0,065 € en Heures Creuses et 0,087 € en fonctionnement continu. Le lecteur pourra apprécier, en cas de hausse du prix des énergies, l'intérêt croissant des recommandations.
4. Sous l'impulsion de l'Union Européenne, tous les bâtiments seront soumis dans moins de 10 ans à **des contraintes réglementaires de performances énergétiques**. C'est au moment de la construction ou de la rénovation d'un bâtiment qu'il est le plus facile et le moins coûteux d'améliorer son efficacité énergétique.

Objectif du document

Ce document a pour objectif de fournir aux Bureaux d'Etudes et aux Installateurs une synthèse des critères de performance énergétique à appliquer lors de la conception et de la réalisation d'une installation de chauffage d'un bâtiment tertiaire.

Chaque concepteur décidera, en accord avec le Maître de l'Ouvrage, d'intégrer ou non ces recommandations lors de la réalisation du projet de construction ou de rénovation, ou de l'écriture du cahier spécial des charges.

Il est complété par une check-list énergétique simplifiée à destination du Maître d'Ouvrage.

Deux niveaux de prescriptions

Pour faire face aux changements climatiques, toutes les mesures énergétiques sont les bienvenues et devraient être intégrées dans un projet de construction. Mais dans le but de définir des priorités parmi ces prescriptions, le document comprend deux types de clauses :

- "EXIGÉ"** ■ **Des exigences** auxquelles doit répondre toute installation de climatisation pour garantir une performance énergétique minimale.

Le concepteur et le Maître de l'Ouvrage veilleront à ce que ces mesures très efficaces ne soient pas supprimées pour alléger le budget d'investissement.

Le surcoût éventuel est généralement remboursé en un temps inférieur à 5 ans par les économies générées durant l'exploitation.

- "CONSEILLÉ"** ■ **Des recommandations** qui visent l'efficacité énergétique maximale et donc l'impact environnemental minimal, au-delà du strictement "rentable".

Le bureau d'études ou l'installateur devront évaluer, dans la situation particulière du projet, les contraintes et l'intérêt énergétique de ces recommandations, afin d'aider le Maître d'Ouvrage à prendre sa décision.

Des commentaires en caractères italiques accompagnent et/ou justifient ces prescriptions.

Climatisation : "philosophie" de conception énergétique ?

Tentons de résumer ici les axes qui ont présidé à l'élaboration du cahier des charges :

- ⇒ **un dimensionnement à partir de critères réalistes :**
 - d'occupation,
 - de consignes de température intérieure et extérieure,
 - de besoin d'humidification et de déshumidification,
 - de charge interne liées aux équipements intérieurs.
- ⇒ **la limitation du taux d'air neuf au juste besoin de qualité d'air intérieure**
- ⇒ **le souci d'éviter la destruction d'énergie** entre les apports de chaud et de froid en mi-saison :
 - zone neutre entre les consignes chaud et froid,
 - absence de productions simultanées de froid et de chaud dans le traitement d'air d'un même local,
 - interconnection des régulations de systèmes différents (ventilation et climatisation, ou radiateurs et climatisation, par exemple).
- ⇒ **l'intégration l'air neuf extérieur comme agent de refroidissement en mi-saison**, en complément de la climatisation mécanique en période de fortes chaleurs, via, par exemple :
 - l'ouverture de fenêtres ou de ventelles par les occupants,
 - l'intégration du free-cooling dans la climatisation,
 - le free-chilling de l'eau glacée.
- ⇒ **le choix d'une régulation performante** (il vaut mieux un produit de moindre qualité, mais bien réglé) basée :
 - sur un découpage du bâtiment en zones thermiques homogènes disposant d'un circuit et d'une régulation distincte,
 - sur une modulation de la fourniture en fonction des besoins réels. Par exemple :
 - o adaptation des débits d'air neuf à la présence effective des occupants (ventilateurs à vitesse variable),
 - o possibilité fine de programmation horaire,
 - o arrêt de l'apport d'air neuf en période de relance.
- ⇒ **l'installation d'auxiliaires (pompes et ventilateurs) peu consommateurs** (grâce au choix de larges conduites d'eau et d'air, de filtres et de batteries à faibles pertes de charge, ...), **et travaillant à vitesse variable.**
- ⇒ **le souci de récupérer la chaleur** sur les deux flux thermiques majeurs qui sortent du bâtiment :
 - la chaleur de l'air vicié extrait,
 - la chaleur du condenseur.
- ⇒ **le choix d'une production de chaleur performante** (privilégiant la chaudière à condensation), associée :
 - à des d'unités terminales fonctionnant à basse température d'eau chaude,
 - à un circuit hydraulique évitant tout retour direct d'eau chaude de la chaudière.
- ⇒ **le choix d'une machine frigorifique performante** (COP élevé) :
 - dont la régulation favorise la basse pression au condenseur (détendeur électronique),
 - associée à des unités terminales fonctionnant à haute température d'eau glacée pour diminuer le travail du compresseur, voire le bypasser et travailler en free-chilling :
 - o choix de plafonds ou de poutres froides au régime 17-19°C,
 - o ou de ventilo-convecteurs au régime 12-16° (ce qui limite la consommation liée à la déshumidification de l'air)

Ces objectifs sont plus faciles à atteindre si les charges thermiques sont limitées. Pour obtenir la collaboration du Maître d'Ouvrage en ce sens, le document "Conception globale" a été rédigé.

TABLE DES MATIERES

LES SYSTEMES.....	9
1. APPORT D'AIR NEUF HYGIENIQUE	9
1.1. Dimensionnement	9
1.1.1. Cas des locaux prévus pour l'occupation humaine	9
1.1.2. Cas des locaux non prévus pour l'occupation humaine	10
1.2. Type de système	10
1.3. Régulation de l'apport d'air neuf.....	11
1.3.1. Régulation centrale	11
1.3.2. Régulation locale	12
1.3.3. Cas des garages (parkings)	14
2. CLIMATISATION A DETENTE DIRECTE	15
2.1. Règles communes aux différents systèmes	15
2.1.1. Dimensionnement	15
2.1.2. Choix du système	15
2.1.3. Distribution du fluide frigorigène	15
2.1.4. Emplacement des unités intérieure et extérieure	16
2.1.5. Régulation.....	16
2.2. Climatiseurs.....	17
2.2.1. Choix du système.....	17
2.2.2. Régulation.....	18
2.3. Systèmes "à débit de réfrigérant variable".....	18
2.3.1. Choix du système.....	18
2.3.2. Régulation.....	19
2.3.3. Suivi des performances.....	19
3. CLIMATISATION A AIR	20
3.1. Type de système.....	20
3.2. Régulation	21
4. CLIMATISATION A EAU	23
4.1. Règles communes aux différents systèmes	23
4.1.1. Type de système	23
4.1.2. Régulation des circuits de distribution.....	23
4.1.3. Régulation locale	24
4.1.4. Gestion de l'intermittence.....	25
4.2. Ventilo-convecteurs	26
4.2.1. Dimensionnement.....	26
4.2.2. Choix de l'équipement.....	26
4.2.3. Régulation.....	27
4.3. Poutres et plafonds froids.....	28
4.3.1. Dimensionnement.....	28
4.3.2. Choix de l'équipement.....	28
LES COMPOSANTS COMMUNS.....	30
5. PRODUCTION DE CHALEUR	30
5.1. Vecteur énergétique.....	30
5.2. Dimensionnement	31
5.2.1. Puissance utile totale.....	31
5.2.2. Nombre de chaudières	33
5.3. Technologie	33
5.3.1. Type de chaudière.....	33
5.3.2. Rendement minimal.....	34
5.3.3. Type de brûleur.....	34
5.4. Evacuation des fumées	35
5.5. Régulation des chaudières.....	35
5.6. Suivi de la consommation.....	37
6. PRODUCTION D'EAU FROIDE (OU "EAU GLACEE").....	38
6.1. Conception.....	38
6.2. Dimensionnement	38

6.3.	<i>Performance globale de la machine frigorifique</i>	40
6.4.	<i>Choix du détendeur</i>	42
6.5.	<i>Choix du condenseur et du mode de refroidissement</i>	42
6.6.	<i>Choix du fluide frigorigène</i>	42
6.7.	<i>Régulation de la production d'eau froide</i>	43
7.	DISTRIBUTION D'EAU	45
7.1.	<i>Dimensionnement des tuyauteries</i>	45
7.2.	<i>Isolation des réseaux de distribution</i>	46
7.2.1.	Isolation de la distribution d'eau chaude	46
7.2.2.	Isolation de la distribution d'eau froide	48
7.3.	<i>Circuit primaire</i>	49
7.4.	<i>Circuit hydraulique associé à une chaudière à condensation</i>	49
7.5.	<i>Auxiliaires de distribution</i>	52
7.5.1.	Circulateurs.....	52
7.5.2.	Organes d'équilibrage.....	53
8.	TRAITEMENT DE L' AIR.....	55
8.1.	<i>Filtres</i>	55
8.2.	<i>Batteries</i>	57
8.2.1.	Vecteur énergétique pour le chauffage de l'air	57
8.2.2.	Raccordement hydraulique des batteries de chauffe	57
8.2.3.	Bypass des batteries.....	58
8.2.4.	Dimensionnement.....	58
8.3.	<i>Humidification</i>	58
8.3.1.	Généralité	58
8.3.2.	Dimensionnement.....	59
8.3.3.	Choix de la technologie	59
8.4.	<i>Isolation</i>	59
8.5.	<i>Etanchéité</i>	60
8.6.	<i>Récupérateur de chaleur</i>	60
8.7.	<i>Régulation du groupe de traitement d'air</i>	61
9.	DISTRIBUTION D' AIR	63
9.1.	<i>Conduits de distribution</i>	63
9.1.1.	Type de conduit	63
9.1.2.	Tracé des circuits et des conduits.....	63
9.1.3.	Dimensionnement	64
9.1.4.	Isolation	64
9.1.5.	Etanchéité	65
9.2.	<i>Ventilateurs</i>	66
9.2.1.	Type de ventilateur	66
9.2.2.	Rendement	67
9.2.3.	Installation	67
9.2.4.	Régulation.....	68
9.3.	<i>Clapets de commande</i>	68
9.4.	<i>Bouches de distribution</i>	68
9.4.1.	Bouches de pulsion et unités terminales	68
9.4.2.	Prise d'air neuf	69
9.5.	<i>Silencieux</i>	70
10.	CORPS DE CHAUFFE STATIQUES	70
10.1.	<i>Dimensionnement</i>	70
10.2.	<i>Emplacement</i>	70
11.	SUIVI DES INSTALLATIONS	71
12.	PREPARATION DE LA MISE EN SERVICE.....	72

Remarque valable pour l'ensemble des articles :

Le concepteur ou l'installateur est invité à formuler toute variante innovante permettant d'atteindre au minimum la performance énergétique proposée dans le présent Cahier des Charges.

LES SYSTEMES

1. Apport d'air neuf hygiénique

Définition : une installation d'apport d'air neuf hygiénique assure le respect de la qualité de l'air, ne gère pas le maintien d'une température d'ambiance intérieure, mais peut y participer.

1.1. Dimensionnement

1.1.1. Cas des locaux prévus pour l'occupation humaine

Définition : on entend par « locaux prévus pour l'occupation humaine », les locaux où les personnes résident pour des durées assez longues (bureaux, salles de réunion, guichets, accueil, ...) pour y assurer leur travail professionnel tel que défini dans le RGPT, sans pollution spécifique.

- 1.1.1.1. **EXIGÉ** : Le débit d'air neuf sera égal à la valeur maximale entre l'exigence du RGPT (30 m³/h.personne) et l'exigence de la Réglementation wallonne en matière de ventilation des bâtiments (1996).

Exigences de débit de ventilation de base de la réglementation wallonne	
Bureau individuel	2,9 [m ³ /h.m ²]
Bureau commun	2,5 [m ³ /h.m ²]
Salle de réunion	8,6 [m ³ /h.m ²]
Auditoire, salle de conférence	23 [m ³ /h.m ²]
Restaurant, cafétéria	11,5 [m ³ /h.m ²]
Classe	8,6 [m ³ /h.m ²]
Jardin d'enfants	10,1 [m ³ /h.m ²]

Pour des cas spécifiques non définis dans les documents précités, le bureau d'études proposera des valeurs basées sur la normalisation européenne (par exemple prEn13779); à défaut, les recherches s'orienteront sur une normalisation ou des recommandations internationalement reconnues, p. ex : ASHRAE.

Ces exigences n'interdisent pas la mise en place d'une réduction des débits d'air neuf en fonction de l'occupation réelle des locaux.

Le débit d'air neuf est un facteur capital de la consommation des bâtiments tertiaires. Les taux proposés ci-dessus garantissent une qualité de l'air suffisante dans les locaux non-fumeurs et ne doit donc pas être majoré, sous peine de détruire l'efficacité énergétique de l'installation. Les valeurs proposées correspondent à 30 à 35 m³/h/pers. Le bon objectif consiste davantage à réduire les émissions polluantes (par le choix de mobilier, de tapis, de colle à tapis, ... peu émissifs) plutôt qu'à pulser en permanence un débit d'air neuf supplémentaire. Ou encore, le

placement des photocopies dans une zone d'extraction d'air permettra d'éviter la diffusion des polluants dans les locaux occupés.

- 1.1.1.2. **EXIGÉ** : Le débit d'air neuf ne pourra dépasser temporairement cette valeur que pour des raisons de rafraîchissement naturel du bâtiment. Dans ce cas, l'installation sera conçue pour faire varier la quantité d'air neuf et un système de régulation devra gérer le taux d'air neuf en fonction des besoins de ventilation hygiénique et des besoins de rafraîchissement.
- 1.1.1.3. **EXIGÉ** : Seule la présence d'une pollution intérieure particulière pourrait justifier un surdimensionnement du débit d'air neuf hygiénique maximum imposé. Le surdimensionnement du débit d'air neuf dans le but de permettre une déshumidification, un chauffage ou un refroidissement complémentaire de l'ambiance est exclu. Le concepteur cherchera des solutions alternatives pour atteindre l'effet hygrothermique recherché. On sera tout particulièrement attentif au dimensionnement du débit d'air primaire des poutres froides ou du débit d'air neuf en présence de plafonds froids.
- 1.1.1.4. **EXIGÉ** : Le dimensionnement des ouvertures d'amenée naturelle d'air neuf, de transfert entre locaux et d'évacuation naturelle d'air vicié respecteront les prescriptions de la norme NBN D50-001. En particulier : les débits d'air exigés devront être assurés par les ouvertures pour une différence de pression de 2 Pa en position « complètement ouvert ».

1.1.2. Cas des locaux non prévus pour l'occupation humaine

Définition : on entend par « locaux non prévus pour l'occupation humaine », les locaux où, pour un usage normal, les personnes séjournent un temps relativement court (circulations, escaliers, toilettes, archives, locaux de stockage, ...)

- 1.1.2.1. **EXIGÉ** : Le débit d'air introduit dans le local sera au minimum de 1,3 m³/h/m² (ce qui correspond à 0,5 R/h pour une hauteur sous faux-plafond de 2,6 m). Ce débit sera assuré par de l'air en provenance de locaux à pollution limitée tels que bureaux, salles de réunion, espaces commerciaux, restaurants, magasins, classes, chambres d'hôtel (locaux à pollution d'origine humaine). En présence de polluants comme le CO ou le radon, ces grandeurs ne sont plus d'application et la détermination du débit d'amenée d'air demande dans ce cas une étude spécifique.

Ces valeurs sont adaptées de la prEN13799.

1.2. Type de système

- 1.2.1. **CONSEILLÉ** : L'apport d'air neuf dans des locaux ou groupes de locaux ayant des horaires d'occupation, des usages ou des émissions de polluants nettement différents doit être assuré par des systèmes indépendants.
- 1.2.2. **CONSEILLÉ** : Si le bâtiment tertiaire est inoccupé la nuit et le week-end, la conception de l'installation permettra un arrêt automatique de l'apport d'air neuf en période d'inoccupation.

Le bâtiment tertiaire est généralement utilisé moins de 30% du temps. La consommation liée à l'apport d'air neuf est directement proportionnelle au nombre d'heures de fonctionnement. Une ventilation permanente est alors trop consommatrice d'énergie.

1.2.3. EXIGÉ : Si l'installation comprend une pulsion et une extraction mécanique (système double flux), un récupérateur de chaleur sur l'air extrait est exigé pour préchauffer l'air neuf :

- si le débit d'air neuf du groupe de pulsion dépasse 10.000 m³/h en usage diurne, soit 10 heures par jour, 5 jours par semaine (placement déjà "conseillé" à partir de 5000 m³/h),
- ou si le débit d'air neuf du groupe de pulsion dépasse 4.000 m³/h en usage continu (placement déjà "conseillé" à partir de 2000 m³/h),
- ou si pour des raisons spécifiques le débit d'air neuf d'une installation double flux dépasse la valeur exigée au point 1.1.1.1.

Le recours à un récupérateur atteignant un rendement en température de plus de 90% et équipé d'un système de régulation permettant une récupération sur l'ensemble de la saison de chauffe (gestion du dégivrage) permet une économie d'investissement sur les batteries de postchauffage et sur l'installation de production de chaleur. Dans ce cas, la rentabilité du système de récupération sera nettement plus importante et peut justifier une installation même pour des débits inférieurs à ceux cités ci-dessus.

1.2.4. EXIGÉ : Les ouvertures d'amenée naturelle d'air neuf naturelle respecteront les exigences de la norme NBN D50-001. En particulier :

- la section d'ouverture doit pouvoir être réglée manuellement ou automatiquement en minimum 3 positions intermédiaires entre les positions « fermé » et « complètement ouvert » (la possibilité de réglage continu répond à cette exigence),
- dans la position « fermée », le débit de fuite ne peut dépasser 15% du débit exigé, pour une différence de pression de 50 Pa.

1.2.5. EXIGÉ : Les ouvertures d'amenée naturelle d'air neuf naturelle seront équipées d'un système auto-régulant en fonction de la pression du vent.

1.2.6. CONSEILLÉ : Emplacement de la prise d'air neuf d'une pulsion mécanique : pour limiter les charges calorifiques inutiles dans les bâtiments climatisés, les prises d'air neuf ne seront pas disposées au-dessus de surfaces horizontales sombres fortement ensoleillées (toitures plates couvertes d'une membrane d'étanchéité noire, par exemple) et sans protection. Par contre, le passage de l'air dans une masse thermique "tampon" est favorable (conduit enterré, par exemple).

1.3. Régulation de l'apport d'air neuf

Les exigences communes développées au point 8.7 ("Régulation d'un groupe de traitement d'air") sont d'application, en complément des clauses suivantes :

1.3.1. Régulation centrale

1.3.1.1. EXIGÉ : La régulation des installations motorisées permettra, en fonction d'une programmation hebdomadaire, l'arrêt de l'admission d'air neuf et de l'extraction d'air vicié en période d'inoccupation du bâtiment ou de la partie de bâtiment desservie par le groupe de traitement d'air, y compris durant la période de relance des installations (de chauffage ou de refroidissement), excepté lorsqu'un rafraîchissement nocturne est organisé. Pour les extractions sanitaires, le système permettra de couper le fonctionnement ou de le réduire (ventilateur à deux vitesses, par exemple). L'arrêt de l'apport d'air neuf se fera par fermeture des volets ou grilles d'admission et d'extraction en cas de ventilation naturelle et, par arrêt des ventilateurs et de leurs registres motorisés en cas de ventilation mécanique.

1.3.1.2. CONSEILLÉ : Le système de régulation devra permettre un balayage du bâtiment en période d'occupation. Ce balayage se fera à débit maximal en tout air neuf, sans chauffage, ni refroidissement, ni humidification. Il ne peut être réalisé qu'en présence des conditions suivantes :

- uniquement lors des périodes d'occupation,
- lorsque la température intérieure dépasse une limite réglable,
- lorsque la température extérieure est inférieure d'au moins 8°C à la température intérieure,
- lorsque la température extérieure n'est pas inférieure à une limite réglable.
- le groupe s'arrête lorsque la température intérieure descend sous une limite réglable,
- en by-passant l'ensemble des batteries de traitement d'air, y compris les batteries de récupération éventuelles.

1.3.1.3. CONSEILLÉ : En milieu scolaire, un dispositif de programmation annuel est recommandé.

1.3.1.4. EXIGÉ : Lorsqu'un refroidissement de l'ambiance est assuré par des unités terminales indépendantes du réseau d'amenée d'air hygiénique (refroidissement par ventilo-convecteurs, climatiseurs locaux, climatisation DRV,...), la consigne de température de pulsion d'air devra pouvoir être abaissée en période de refroidissement. La température de pulsion sera la plus faible possible et, en tous les cas, inférieure à 16°C. Le gestionnaire de l'installation sera informé de la température maximale de pulsion qu'il devra respecter en période de refroidissement des locaux.

Cette exigence permet de valoriser au maximum le pouvoir rafraîchissant de l'air extérieur en mi-saison et de limiter les périodes où l'air neuf doit être préchauffé alors que l'ambiance est refroidie.

En pratique, les bouches seront choisies et positionnées pour assurer une pulsion à très basse température sans créer d'inconfort. Une alternative peut consister également à intégrer l'arrivée d'air neuf en amont de l'unité terminale.

Des simulations effectuées sur un bâtiment de bureaux ont montré qu'abaisser la température de pulsion d'air de ventilation à 16°C au lieu de 21°C, en période de refroidissement permettait une économie de 10% sur la consommation thermique globale du bâtiment.

1.3.2. Régulation locale

1.3.2.1. EXIGÉ : Lorsqu'un groupe de ventilation alimente un seul local dont le taux d'occupation est variable (salles de réunion, de conférences, ...), le débit d'air hygiénique sera régulé en fonction de la présence effective des personnes si cette régulation permet d'éviter le traitement de :

- 2 000 000 [m³ d'air neuf par an] en absence de récupérateur de chaleur sur l'air extrait,
- $2\,000\,000 \times (100 / (100 - \eta))$ [m³ d'air neuf par an] en présence d'un récupérateur de chaleur sur l'air extrait (où η est le rendement en température du récupérateur de chaleur en [%]).

1.3.2.2. CONSEILLÉ : Un tel système de régulation est conseillé s'il permet d'éviter le traitement de :

- 1 000 000 [m³ d'air neuf par an] en absence de récupérateur de chaleur sur l'air extrait,
- $1\,000\,000 \times (100 / (100 - \eta))$ [m³ d'air neuf par an] en présence d'un récupérateur de chaleur sur l'air extrait.

Par exemple, dans un immeuble de bureaux, l'installation de ventilation d'une salle de réunions pulse 2.000 m³/h. Si elle était arrêtée pendant 1.000 heures par an (temps d'occupation effectif de la salle : environ 50% du temps d'occupation du bâtiment), on éviterait le chauffage et le transport (voire le refroidissement en été) de 2.000.000 m³ par an, soit un gain énergétique minimum de 300 Euros/an. Un même résultat peut être obtenu si la salle est occupée à 50% de sa capacité durant 2000 h/an. Ce qui justifie la mise en place d'un système de régulation du débit.

Ce système peut être par exemple :

- un détecteur de présence agissant en on-off ou en petite-grande vitesse sur le ventilateur,
- une sonde CO₂ ou COV dans l'ambiance agissant sur un ventilateur à vitesse variable, ou sur les registres d'apport d'air neuf d'un groupe de traitement d'air.

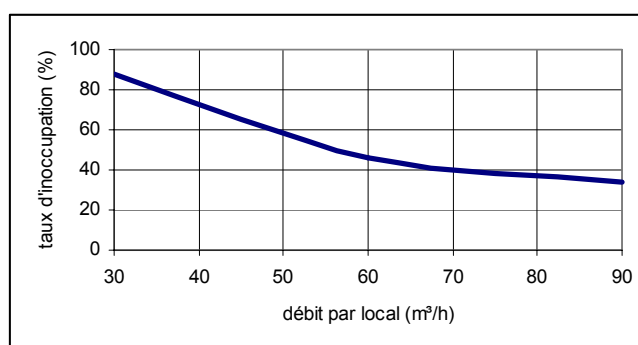
La rentabilité peut donc être atteinte par un petit débit fortement haché, ou par un débit plus important simplement modulé.

1.3.2.3. EXIGÉ : Lorsqu'un groupe de ventilation dessert plusieurs locaux, le concepteur étudiera l'intérêt de gérer individuellement l'apport d'air neuf dans chaque local ou dans chaque zone homogène en fonction de l'occupation.

Par exemples :

- Lorsqu'un groupe de ventilation dessert plusieurs zones homogènes à horaires d'occupation différents, la pulsion et l'extraction de chaque zone sera stoppée, par exemple au moyen de registres motorisés, lorsque la zone n'est pas utilisée. Chaque zone possèdera son programme horaire indépendant. Le débit d'air total du groupe sera alors ajusté suivant le nombre de zones en fonctionnement au moyen d'un variateur de vitesse ou par paliers. Lorsqu'une zone est susceptible d'être utilisée d'une façon aléatoire, une dérogation au programme horaire devra être permise dans chaque zone tout en garantissant un retour automatique au mode de fonctionnement normal (exemple : bouton poussoir temporisé, détection de présence, ...).
- Lorsque le bâtiment est composé de locaux à occupation épisodique et aléatoire, les bouches de pulsion de chaque local seront commandées au moyen d'un détecteur de présence, en association avec une gestion du ventilateur à vitesse variable.

Justification : Le seuil d'inoccupation permanent (connu ou pressenti) des locaux assurant la rentabilité de bouches de pulsion avec détecteur de présence intégré est défini dans le graphe ci-dessous, en fonction du débit géré par le détecteur de présence (calcul basé sur un fonctionnement de la ventilation de 2500 h/an) :



En tenant compte d'un prix moyen pour les bouches de pulsion avec détecteur de présence intégré, en comparaison avec des bouches traditionnelles et un prix moyen pour un variateur de vitesse placé sur les ventilateurs de pulsion et d'extraction, ces taux d'occupation minimaux devrait conduire à une économie en chauffage et en électricité permettant de rembourser l'investissement dans un temps de l'ordre de 5 ans. Notons qu'un débit de 30 m³/h correspond au débit d'air neuf nécessaire à un bureau individuel, 60 m³/h à la ventilation d'un bureau de 2 personnes,

1.3.3. Cas des garages (parkings)

1.3.3.1. EXIGÉ : L'air de ventilation des garages ne sera pas réchauffé.

L'emploi de portes sectionnales pleines et fermées en période froide permettra de limiter les déperditions. Si nécessaire, l'air extrait du bâtiment pourra être pulsé dans les garages, après le récupérateur de chaleur éventuel.

1.3.3.2. CONSEILLÉ : Le débit d'air neuf sera régulé en fonction de sondes CO, ou sera commandé par une horloge suivant un régime à plusieurs vitesses si l'horaire de fréquentation est circonscrit à des périodes bien définies.

2. Climatisation à détente directe

Définition : on entend par système à détente directe, un appareil assurant le refroidissement des locaux par passage direct de l'air ambiant sur le (cas d'un local) ou les (cas de plusieurs locaux) évaporateurs.

Parmi ces systèmes, on retrouve :

- a) les climatiseurs, appareils assurant localement le refroidissement (et éventuellement le chauffage) d'un ou de plusieurs locaux. Un climatiseur peut être réversible et produire de la chaleur en hiver.
- b) les systèmes "à débit de réfrigérant variable", système de pompe à chaleur air/air réversible fonctionnant en détente directe dont la régulation de chaque unité intérieure se fait par variation du débit de réfrigérant. Système appelé « DRV ». On parlera de système « chaud et froid » quand le système peut délivrer du chaud et du froid simultanément dans des locaux différents en fonction de leurs besoins. On parlera de système « chaud ou froid » quand le système ne peut délivrer du chaud et du froid simultanément. Ce sera alors l'un ou l'autre en fonction de la saison.

2.1. Règles communes aux différents systèmes

2.1.1. Dimensionnement

- 2.1.1.1. **EXIGÉ :** Les critères de dimensionnement développés au chapitre 6.2 ("dimensionnement de la production d'eau froide") sont d'application.

2.1.2. Choix du système

- 2.1.2.1. **CONSEILLÉ :** Si l'on prévoit que, durant de longues périodes, le bâtiment disposera de locaux en demande de froid (local informatique, locaux intérieurs, salles de réunion, ...) alors que d'autres locaux seront en demande de chauffage (locaux en façades), on étudiera l'intérêt de sélectionner le système à débit de réfrigérant variable qui permet le transfert d'énergie d'une zone vers l'autre (système « chaud et froid »).
- 2.1.2.2. **CONSEILLÉ :** Lorsque l'unité intérieure est équipée d'un habillage décoratif non conçu par le fabricant le recours à un manchon de raccord entre la batterie et la grille de diffusion est recommandé.

Le rôle du manchon est également d'éviter le recyclage d'air au sein de l'habillage et donc d'éviter une perte de puissance qui sera compensée par le gestionnaire par une diminution des consignes de température.

2.1.3. Distribution du fluide frigorigène

- 2.1.3.1. **EXIGÉ :** Le réseau de distribution sera réputé « zéro fuite ». Par exemple, les brasures seront réalisées sous flux d'azote déshydraté avec apport d'argent de 40% minimum.
- 2.1.3.2. **EXIGÉ :** Lors de la réception, l'installation sera testée sous pression d'azote (pression fonction du type de fluide réfrigérant utilisé) durant 48 heures minimum, afin de détecter les fuites possibles du réseau.

2.1.3.3. EXIGÉ : Le cuivre doit être de qualité frigorifique (exempt d'humidité) et les dérivations doivent être constituées d'une pièce préformée en usine d'une épaisseur suffisante afin que le fluide ne puisse attaquer la matière des tuyaux.

2.1.3.4. EXIGÉ : L'emplacement des unités extérieures et la configuration du réseau des tuyauteries frigorifiques seront étudiés de manière à :

- limiter les longueurs frigorifiques et les pertes de charge,
- respecter les exigences du fabricant en matière de distance et de dénivelés maximaux entre l'unité extérieure et les unités intérieures et entre les unités intérieures.

Comme on travaille en détente directe, l'augmentation des pertes de charges aura une incidence directe sur le COP de l'installation.

2.1.3.5. CONSEILLÉ : La configuration finale du réseau de distribution sera approuvée par le fournisseur du système de climatisation.

2.1.3.6. EXIGÉ : Les tuyauteries extérieures seront isolées au moyen de coquilles préformées d'une épaisseur minimale de 19 mm. Une attention particulière sera portée à la protection de l'isolant face aux animaux, aux rayonnements UV et à l'humidité. Le placement sous goulotte en acier galvanisé est recommandé.

2.1.3.7. EXIGÉ : Un calcul précis de la quantité optimale de gaz réfrigérant sera fourni et vérifié lors de la mise en route de l'installation.

2.1.4. Emplacement des unités extérieures

2.1.4.1. CONSEILLÉ : L'unité extérieure sera placée dans un endroit non ensoleillé, bien aéré, à l'abri des feuilles mortes et facile d'accès pour l'entretien. La sortie d'air ne pourra être disposée face aux vents dominants (Sud-Ouest).

Un degré gagné sur l'air de refroidissement du condenseur, c'est en moyenne 3% de consommation en moins pour la machine frigorifique.

2.1.4.2. CONSEILLÉ : Lorsque l'installation est destinée à produire également de la chaleur, l'emplacement des unités extérieures sera également choisi pour éviter les endroits humides en hiver et ainsi limiter les besoins de dégivrage en hiver.

2.1.5. Régulation

2.1.5.1. EXIGÉ : Dans le cas d'un système destiné à produire du froid ou du chaud (climatiseur réversible ou système DRV « chaud ou froid »), le basculement du groupe frigorifique entre la fourniture de chaud et la fourniture de froid sera temporisé par une zone morte de 2 degrés minimum (conseillé : 3 degrés).

2.2. Climatiseurs

2.2.1. Choix du système

2.2.1.1. **EXIGÉ** : L'efficacité frigorifique (EER), ou coefficient de performance en mode refroidissement (COPfroid), du climatiseur à condenseur à air sera maximale et supérieure à :

Equipement	Exigé	Conseillé
Climatiseurs jusqu'à 12 kW		
- Système monobloc / Refroidissement seul	2,20 – classe E	2,60 – classe C
- Système split / Refroidissement seul	2,40 – classe E	2,60 – classe D
- Système multi-split / Refroidissement seul	2,40 – classe E	2,80 – classe C
- Système monobloc / Réversible	2,20 – classe E	2,40 – classe D
- Système split / Réversible	2,40 – classe E	2,60 – classe D
- Système multi-split / Réversible	2,80 – classe C	3,00 – classe B
Climatiseurs de 12 kW à 45 kW		
- Système monobloc / Refroidissement seul	2,25	2,50
- Système split / Refroidissement seul	2,30	2,55
- Système multi-split / Refroidissement seul	2,35	2,45
- Système monobloc / Réversible	2,20	2,35
- Système split / Réversible	2,35	2,65
- Système multi-split / Réversible	2,40	2,65
Climatiseurs de 45 kW à 100 kW		
- Système monobloc / Refroidissement seul	2,30	2,80
- Système split / Refroidissement seul	2,25	2,40
- Système monobloc / Réversible	2,20	2,35
- Système split / Réversible	2,20	2,40

Cette performance sera mesurée selon la norme Eurovent 6/6. Les classes signalées correspondent à celles requises par la Directive Européenne 92/75/CE concernant la consommation d'énergie des climatiseurs de faible puissance.

La performance "exigée" correspond à la performance atteinte par 2/3 des équipements du marché. La performance idéalement "conseillée" correspond à la performance atteinte par seulement 1/3 des équipements du marché.

Ces valeurs ont été établies sur base d'une analyse statistique des données contenues dans le catalogue Eurovent, en écartant les équipements fonctionnant au R22.

2.2.1.2. **EXIGÉ** : Si une fonction chauffage est intégrée, elle sera réalisée par le fonctionnement en pompe à chaleur du climatiseur (dit "réversible") et non par une résistance électrique d'appoint.

Une résistance d'appoint, fonctionnant en direct, aura un plus mauvais bilan énergétique qu'une machine réversible qui profite du bilan thermodynamique favorable de la pompe à chaleur

- 2.2.1.3. CONSEILLÉ :** Si le bâtiment dispose d'une source de chaleur permanente (local informatique, locaux intérieurs, ...) et que le climatiseur est prévu pour fonctionner en hiver, le concepteur étudiera l'intérêt et la faisabilité de récupérer la chaleur du condenseur, pour préchauffer l'air neuf hygiénique du bâtiment par exemple.

Le placement d'un multi-split spécifique pour le refroidissement des locaux informatiques est une bonne solution (sécurité par dédoublement de l'équipement, arrêt de la machine frigorifique à eau glacée). Le placement du condenseur dans l'arrivée d'air neuf du bâtiment, dans un hall, dans un atelier, ... permet une récupération de chaleur supplémentaire, avec la difficulté de prévoir un bypass pour l'été.

2.2.2. Régulation

- 2.2.2.1. EXIGÉ :** La régulation permettra un réglage de la température ambiante de consigne et une programmation des plages horaires de fonctionnement de chaque local. La coupure du système consistera en l'arrêt total des unités intérieures y compris l'arrêt de leur ventilateur.
- 2.2.2.2. EXIGÉ :** Dans les locaux à charge thermique variable (locaux soumis au climat extérieur (ensoleillement, température), à une occupation variable, ...), la puissance du compresseur de l'installation sera régulée en fonction des besoins thermique par variation de sa vitesse et/ou au moyen de compresseurs dont la puissance est fractionnée. La régulation en tout ou rien ou dite par injection de gaz chauds est exclue.
- 2.2.2.3. EXIGÉ :** Dans le cas de climatiseurs placés dans des locaux chauffés par radiateurs, l'installation empêchera tout fonctionnement simultané des équipements (par exemple, via le placement de vannes thermostatiques "institutionnelles" dont la modification de la consigne n'est pas accessible à l'utilisateur, ou encore le placement de servo-moteurs électriques fermant les vannes de radiateurs lors du fonctionnement des climatiseurs).

2.3. Systèmes "à débit de réfrigérant variable"

2.3.1. Choix du système

- 2.3.1.1. CONSEILLÉ :** Une étude précise des besoins thermiques des différentes zones du bâtiment devra permettre de configurer le système « chaud et froid » de manière à assurer un transfert maximal de chaleur entre les zones à chauffer et à refroidir simultanément.

Par exemple, dans un bâtiment orienté nord-sud et nécessitant plusieurs groupes DRV, on répartira les groupes pour que chacun traite simultanément une partie des deux façades, plutôt que de répartir les groupes par façade ou dans un bâtiment contenant un centre informatique à refroidir toute l'année, il est préférable de combiner sur un même groupe, le refroidissement du central informatique et le chauffage des bureaux.

- 2.3.1.2. EXIGÉ :** Si l'apport d'air neuf est assuré par un système de ventilation mécanique, le préchauffage de l'air neuf sera assuré par un système de récupération sur l'air extrait et/ou une batterie à détente directe faisant partie intégrante du système de climatisation "à débit de réfrigérant variable" ou raccordée à une pompe à chaleur séparée. L'utilisation d'une résistance électrique est exclue.

2.3.1.3. EXIGÉ : Les soumissionnaires joindront à leur offre le total des puissances électriques absorbées par le compresseur et les auxiliaires (y compris par les ventilateurs des unités intérieures) aux conditions nominales. Ils établiront également un ratio permettant de juger du rapport puissance fournie en froid et en chaud / puissance électrique absorbée.

2.3.1.4. EXIGÉ : L'installation et la mise en service de l'installation seront assurées par un installateur agréé par le fabricant du matériel.

2.3.2. Régulation

2.3.2.1. EXIGÉ : La puissance du compresseur de l'installation sera régulée en fonction des besoins thermique par variation de sa vitesse et/ou au moyen de compresseurs multi-étages. La régulation en tout ou rien ou dite par injection de gaz chauds est exclue.

2.3.2.2. EXIGÉ : Dans le cas d'un système « chaud et froid », un différentiel de température de minimum 2 degrés existera entre la consigne de déclenchement de la fourniture de chaud et la consigne d'enclenchement de la fourniture de froid dans un même local (conseillé : 3 degrés).

2.3.2.3. EXIGÉ : Un système de régulation central permettra une programmation séparée des températures de consigne de base de chaque local. Chaque utilisateur aura la possibilité d'adapter localement cette consigne dans une plage limitée réglable. Dans les lieux publics, cette adaptation locale ne sera pas possible.

Pour éviter les mises en régime systématique, en température de confort, des bureaux qui ne sont pas occupés, on réglera la consigne sur une valeur inférieure et l'occupant aura la possibilité d'affiner via la télécommande la température de confort, dans la plage de température permise.

2.3.2.4. EXIGÉ : La régulation centrale de l'installation permettra une programmation des plages horaires de fonctionnement de chaque local. La coupure du système consistera en l'arrêt total des unités intérieures y compris l'arrêt de leur ventilateur. Le contrôle de la température intérieure permettra une relance de l'installation en cas d'abaissement de la température intérieure sous un seuil réglable. Après coupure, le moment de la relance sera optimisé, tout en intégrant la possibilité de circonscrire la relance aux périodes de tarif électrique avantageux. La fourniture d'air neuf sera coupée en période d'arrêt et de relance du système de climatisation. L'horloge utilisée sera annuelle (possibilité de programmation des jours de congé).

2.3.2.5. EXIGÉ : En période de coupure centralisée, le système de régulation permettra à un utilisateur, une relance manuelle. Le retour au mode de coupure sera automatique. Par exemple, au moyen d'un système de dérogation à durée fixe.

2.3.2.6. EXIGÉ : Des contacts de fenêtre couperont le fonctionnement des unités intérieures en cas d'ouverture des fenêtres.

2.3.3. Suivi des performances

2.3.3.1. EXIGÉ : Le système de gestion permettra un enregistrement des différents paramètres de fonctionnement de l'installation de manière à prévenir tout problème ayant une incidence sur la consommation (manque de réfrigérant, sonde défectueuse, ouverture de détendeur excessive, ...).

2.3.3.2. CONSEILLÉ : Le système de gestion permettra le suivi de la répartition de la production thermique de chacune des unités intérieures.

Ces deux derniers points sont nécessaires pour assurer un suivi du fonctionnement correct de l'installation et aider au diagnostic d'un dysfonctionnement.

3. Climatisation à air

Définition : On entend par climatisation "à air" (ou "tout air"), une installation où le chauffage et le refroidissement des locaux sont réalisés via la préparation et le transport d'air.

Les exigences communes du point 8. "Traitement d'air" sont d'application, en complément des clauses suivantes.

3.1. Type de système

3.1.1. CONSEILLÉ : Le transport de chaleur ou de froid par de l'air étant énergivore, un système de conditionnement "tout air" sera réservé à des locaux

- où la densité de population au m² est particulièrement élevée (salles de spectacles, salles de réunion, par exemple), ce qui génère de toute façon des besoins d'air neuf importants.
- où un besoin de refroidissement se fait ressentir également lorsque la température extérieure est basse (cas des locaux intérieurs "aveugles", par exemple). Dans ce cas, on peut profiter du pouvoir refroidissant de l'air neuf une bonne partie de l'année.

La consommation des ventilateurs représente en moyenne de 10 à 20% de l'énergie transportée, par opposition au transport par eau qui représente moins de 2% de cette valeur, ou aux systèmes à débit de fluide frigorigène variable.

3.1.2. EXIGÉ : Conformément aux exigences générales « Régulation d'un groupe de traitement d'air » (voir 8.7), le système de climatisation ne pourra générer une destruction d'énergie par production simultanée de chaud et de froid pour le traitement d'un même local.

Exemples :

- *installation "tout air" à débit constant multi-zones : l'air ne pourra être refroidi en centrale, puis postchauffé par des unités terminales dans les différents locaux (situation de mi-saison, par exemple). Si le concepteur prévoit ce type de fonctionnement, il s'orientera soit vers un système "tout air" à débit variable dont le fonctionnement en débit minimum permet d'assurer le confort sans batteries de réchauffe, soit vers un autre système de climatisation, soit vers un découpage du bâtiment en zones thermiques plus homogènes, etc...*
- *installation "tout air" à débit variable : le dimensionnement du débit d'air nominal de chaque bouche d'un système à débit d'air variable sera fait sur base de charges thermiques réalistes (établies en accord avec le Maître d'Ouvrage), de telle sorte que le débit minimal pulsé corresponde à la charge minimale permanente du local, évitant alors tout recours à une postchauffe locale. L'éclairage peut, par exemple, constituer cette charge minimale dans les locaux internes. Une alternative peut consister également à mettre en place une régulation qui rehausse la température de pulsion d'air lorsque le débit minimum est généralisé dans les locaux.*
- *une installation à double conduits (dite "dual duct") où le traitement de l'ambiance est réalisé par mélange d'air réchauffé et d'air refroidi est exclue.*

3.1.3. EXIGÉ : L'installation d'une climatisation en "tout air neuf" est proscrite. Toutefois, si pour des raisons spécifiques un système de climatisation en "tout air neuf" doit être installé, un récupérateur de chaleur sur l'air extrait sera prévu pour préchauffer l'air neuf.

3.2. Régulation

3.2.1. EXIGÉ : Au minimum, le débit d'air neuf pulsé sera établi sur base de la comparaison des températures extérieure, intérieure ambiante et intérieure de consigne :

- lorsque la température intérieure ambiante est inférieure à la température de consigne, le taux d'air neuf sera maintenu au minimum hygiénique qui peut être variable en fonction du taux d'occupation.
- lorsque la température intérieure ambiante est supérieure à la température intérieure de consigne et que la température extérieure est inférieure à la température intérieure ambiante, l'augmentation du débit d'air neuf sera prioritaire au fonctionnement de la batterie froide.
- lorsque la température intérieure ambiante est supérieure à la température intérieure de consigne et que la température extérieure est supérieure à la température intérieure ambiante, le taux d'air neuf sera ramené au minimum hygiénique.

Le réglage du débit d'air neuf se fait par action sur les volets motorisés d'air neuf, d'air rejeté et d'air recyclé. En présence d'un récupérateur de chaleur, la température extérieure considérée sera mesurée en aval du récupérateur.

3.2.2. CONSEILLÉ : Idéalement, cette régulation sera réalisée sur base de la comparaison des enthalpies de l'air intérieur et de l'air extérieur.

En présence d'un récupérateur avec refroidissement adiabatique de l'air extrait (par pulvérisation d'eau sur l'air extrait), il est plus intéressant de maintenir le taux d'air neuf à son maximum lorsque la température de l'air neuf est abaissée sous la température intérieure, sans consommation énergétique (excepté la consommation supplémentaire du ventilateur).

3.2.3. EXIGÉ : Chaque zone de besoin homogène disposera d'un circuit de distribution et d'un système de régulation (gestion de la température et de l'intermittence) qui lui est propre. Par zone de besoin homogène, on entend :

- un même horaire d'occupation,
- une même nécessité de dérogation,
- le même utilisateur (propriétaire ou locataire).

3.2.4. CONSEILLÉ : Une zone ne devrait pas dépasser une surface climatisée de 2500 m².

La surface maximale gérable de 2500 m² a été choisie de manière à éviter qu'une mise en dérogation locale n'implique la relance inutile d'une zone trop importante.

3.2.5. EXIGÉ : Règle générale : L'installation de climatisation doit comporter par local desservi, un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique de la fourniture de chaud et de froid en fonction de la température intérieure.

Dérogation à la règle générale : Lorsque le froid est fourni par un système à débit d'air variable, un dispositif de régulation peut être commun à plusieurs locaux si leur surface totale ne dépasse pas 100 m².

Adapté de la Réglementation Thermique 2000 française

3.2.6. CONSEILLÉ : Dans le cas d'une climatisation de confort, la régulation permettra une adaptation de la consigne de température intérieure en fonction de la température extérieure.

Un choc thermique trop important entre intérieur et extérieur est inconfortable et énergivore. L'exploitant doit pouvoir adapter la consigne de température intérieure :

- a) soit en fixant un écart maximum entre la consigne intérieure et la température extérieure (par exemple 5 K).

- b) soit en organisant une augmentation progressive de la consigne intérieure et lors de l'augmentation de la température extérieure (par exemple, une augmentation de 1K de la consigne intérieure par 2K d'accroissement de la température extérieure, au-dessus de 26°C).

Une simulation faite sur un immeuble de bureau moderne type a montré également qu'en remontant la consigne de climatisation de 24°C à 25°C, on réduit la demande de froid des locaux de 23%.

3.2.7. EXIGÉ : Dans les systèmes à débit variable, la régulation du débit pulsé entraînera véritablement une diminution de l'air traité et une diminution de la vitesse de rotation des ventilateurs. Le by-pass de l'air non pulsé n'est pas autorisé.

3.2.8. EXIGÉ : Si l'installation dessert des locaux à occupation discontinue, elle comportera un dispositif de commande manuelle et de programmation automatique par une horloge, permettant :

- un régime « confort », « réduit », « hors gel » et « arrêt »,
- une commutation automatique entre ces allures.

Cette commutation devra se faire à puissance nulle (lors de la coupure) ou maximale (lors de la relance) de façon à minimiser les durées des phases de transition et prendra en compte la température intérieure.

Le régulateur calculera automatiquement le moment de la coupure et de la relance en fonction de l'horaire d'occupation, de la température extérieure et de la température intérieure, de l'inertie du bâtiment et de la surpuissance disponible à la relance (optimisation).

En période de refroidissement, il est souhaitable d'assurer celui-ci en fin de nuit (période de relance) plutôt qu'en fin de journée, pour profiter du pouvoir rafraîchissant naturel de la nuit, de meilleures conditions de température aux condenseurs de groupes frigorifiques et d'un tarif électrique plus avantageux.

3.2.9. EXIGÉ : Conformément à l'article 8.7.6., la régulation permettra une relance des ventilateurs en période d'inoccupation du bâtiment, dans le but de le rafraîchir naturellement.

3.2.10. EXIGÉ : Dans les locaux où des activités sont organisées en dehors des heures d'occupation normales, il sera possible d'étendre la durée de fonctionnement de l'installation tout en assurant un retour automatique au mode de ralenti. Plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- horloge annuelle programmable,
- bouton poussoir avec temporisation,
- contact image de l'occupation (contact de porte, ...),
- ...

3.2.11. EXIGÉ : Conformément à l'article 1.3.1.1., l'apport d'air neuf devra pouvoir être arrêté automatiquement en période de relance.

Dans un bâtiment bien isolé, le chauffage de l'air neuf représente 50% environ des besoins. L'arrêt de l'apport d'air neuf au moment de la relance permet donc une diminution importante des besoins et assure au système de chauffage une surpuissance suffisante pour permettre une montée en température rapide des locaux après la coupure.

4. Climatisation à eau

Définition : On entend par "climatisation "à eau" (ou "air + eau"), une installation où le chauffage et le refroidissement des locaux est réalisé par préparation et transport d'eau, chaude ou glacée.

4.1. Règles communes aux différents systèmes

4.1.1. Type de système

4.1.1.1.1. CONSEILLÉ : Sur le plan énergétique, on privilégiera un système de refroidissement dont l'unité terminale travaille à la plus haute température d'eau froide et sans consommation de ventilateur auxiliaire.

La « haute température » d'eau froide a comme avantages :

- de diminuer les pertes de distribution,
- d'augmenter les performances de la production de froid,
- de diminuer les pertes par déshumidification excessive,
- de permettre une éventuelle récupération de la chaleur évacuée des locaux (préchauffage de l'air neuf, ...)
- de permettre un éventuel refroidissement direct de l'eau par l'air extérieur sans utiliser la machine frigorifique en mode compression (technique du « free chilling »)

4.1.1.2. EXIGÉ : Si le bâtiment présente des besoins en refroidissement permanents (local informatique, locaux intérieurs, ...), le concepteur étudiera l'intérêt, en association avec des unités terminales travaillant à "haute" température d'eau froide :

- de récupérer la chaleur présente sur le retour de la boucle d'eau, par exemple pour participer au préchauffage de l'air neuf hygiénique du bâtiment.
- de refroidir naturellement, durant une partie de l'année, l'eau du circuit sans utiliser la machine frigorifique, par exemple au moyen d'une tour de refroidissement fermée, ou d'un aérorefroidisseur (free-chilling).

Lorsque la température extérieure descend sous les 8 à 10°C, voire 14°C, l'eau glacée sera directement refroidie par l'air extérieur et la machine frigorifique sera mise à l'arrêt ou fonctionnera à régime partiel.

L'intérêt est augmenté si les échangeurs des unités terminales travaillent à "haute" température : plafonds froids (régime : 15-17°C ou mieux encore 17-19°C), poutres froides ou ventilo-convecteurs surdimensionnés pour travailler au régime 12-16°C ou 14-19°C,...

4.1.1.3. CONSEILLÉ : Le système dit "éjecto-convecteur", où le flux d'air neuf primaire induit le passage d'air secondaire dans les batteries terminales, est à éviter de part le manque de flexibilité (si modification ultérieure de l'occupation) et le risque de voir le débit d'air neuf majoré pour augmenter la puissance frigorifique. Un bilan similaire peut être fait pour les poutres froides dynamiques.

4.1.2. Régulation des circuits de distribution

4.1.2.1. EXIGÉ : Chaque zone de besoin homogène disposera d'une possibilité de régulation (gestion de la température ambiante et de l'intermittence) qui lui est propre. Par zone de besoin homogène, on entend :

- un même type d'unité terminale,
- un même horaire d'occupation,

- une même nécessité de dérogation,
- le même utilisateur (propriétaire ou locataire).

4.1.2.2. CONSEILLÉ : Une zone ne devrait pas dépasser une surface climatisée de 2500 m².

La surface maximale gérable de 2500 m² a été choisie de manière à éviter qu'une mise en dérogation locale n'implique la relance inutile d'une zone trop importante.

4.1.2.3. EXIGÉ : Règle générale : La température de départ d'eau chaude et d'eau froide vers les unités terminales et les corps de chauffe (circuits secondaires) sera régulée par vanne mélangeuse en fonction d'un capteur sensible aux besoins thermiques des locaux (suivant les cas, en fonction de la température extérieure, de l'ensoleillement, de la température intérieure, ...) et si nécessaire (en cas d'absence de gestion horaire locale), en fonction de l'occupation (gestion de l'intermittence).

La présence d'une régulation de l'émission de chaleur ou de froid local par local ne dispense pas de gérer également la température de l'eau distribuée, pour plusieurs raisons :

- pour permettre un fonctionnement correct des vannes de réglage locales,
- pour diminuer les pertes de distribution,
- pour éviter de consommer de l'énergie froide (latente) par condensation inutile et non contrôlable,
- pour permettre une gestion centralisée de l'intermittence lorsque celle-ci n'est pas réalisable avec la régulation locale.

Dérogation à la règle générale : Si tous les utilisateurs du bâtiment demandent une température d'eau froide semblable, cette régulation se fera directement sur la température de de sortie du groupe d'eau glacée. Celui-ci sera alors choisi en conséquence.

Si la température d'eau à la sortie du groupe peut être régulée également, cela permet une augmentation de son rendement (gain moyen de 3% par degré d'augmentation de la température d'évaporation). Exemple : certaines machines frigorifiques permettent une régulation de la température de départ d'eau glacée en fonction de la température extérieure, de l'écart de température départ-retour de l'eau, etc...

4.1.3. Régulation locale

4.1.3.1. CONSEILLÉ : L'installation doit au minimum comporter par local desservi un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel.

4.1.3.2. EXIGÉ : Lorsque dans un même local une émission de chaud et de froid est prévue (au moyen d'un système unique ou de systèmes séparés) :

- la régulation devra empêcher le fonctionnement simultané de l'émission de chaud et de froid,
- la régulation comprendra une plage neutre minimale de 2 degrés entre les commandes d'enclenchement de l'émission de chaud et de l'émission de froid (conseillé : 3 degrés).

Cela peut se faire par un régulateur commun aux deux systèmes ou par des régulateurs ou dispositifs automatiques séparés dont un blocage des consignes empêche un recouvrement des plages de fonctionnement.

- 4.1.3.3. EXIGÉ :** Le débit d'eau chaude et d'eau froide des unités terminales sera régulé en fonction de la température intérieure de chaque local au moyen de vannes 2 voies (à fonctionnement modulant ou assimilé). Le débit de chaque circuit de distribution secondaire sera simultanément et automatiquement adapté au moyen d'un circulateur à vitesse variable (contrôle de pression différentielle, arrêt programmé,...).
- 4.1.3.4. EXIGÉ :** L'emplacement des sondes de température ambiante intérieures sera représentatif de l'ambiance à mesurer. De préférence, elles seront disposées sur une paroi intérieure, à environ 150 cm du sol, dans un endroit dégagé, à l'abri de la chaleur ou du froid directs émis par les unités terminales, l'éclairage, le matériel de bureautique ou l'ensoleillement direct.
- 4.1.3.5. EXIGÉ :** Un contact de fenêtre commandera l'arrêt de la fourniture de chaud et de froid lors de l'ouverture des fenêtres par les occupants : fermeture des vannes d'alimentation en eau et arrêt des ventilateurs éventuels (avec maintien d'une sécurité antigel).
- 4.1.3.6. CONSEILLÉ :** L'ensemble des unités terminales (ventilo-convecteurs, plafonds froids,...) seront supervisées par un système de gestion centralisée qui permettra de fixer la température ambiante de consigne et l'horaire de fonctionnement dans chaque local. Une commande locale permettra à l'utilisateur de modifier cette consigne dans une plage réduite.
- 4.1.3.7. CONSEILLÉ :** Le système de Gestion centralisée permettra une adaptation de la consigne de température intérieure de refroidissement en fonction de la température extérieure.

Un choc thermique trop important entre intérieur et extérieur est inconfortable et énergivore. L'exploitant doit pouvoir adapter la consigne de température intérieure :

- soit en fixant un écart maximum entre la consigne intérieure et la température extérieure (par exemple 5 K).
- soit en organisant une augmentation progressive de la consigne intérieure et lors de l'augmentation de la température extérieure (par exemple, une augmentation de 1K de la consigne intérieure par 2K d'accroissement de la température extérieure, au-dessus de 26°C).

4.1.4. Gestion de l'intermittence

- 4.1.4.1. EXIGÉ :** Si l'installation de chauffage ou de refroidissement dessert des locaux à occupation discontinue, elle comportera un dispositif de commande manuelle et de programmation automatique par une horloge, permettant :
- un régime « confort », « réduit », « hors gel » et « arrêt »,
 - une commutation automatique entre ces allures.

Cette commutation devra se faire à puissance nulle des unités terminales (lors de la coupure) ou maximale (lors de la relance) de façon à minimiser les durées des phases de transition et prendra en compte la température intérieure.

Le régulateur calculera automatiquement le moment de la coupure et de la relance en fonction de l'horaire d'occupation, de la température extérieure et de la température intérieure, de l'inertie du bâtiment et de la surpuissance disponible à la relance (optimisation).

Pendant les périodes de coupure hivernale, une protection contre le gel du bâtiment et des installations sera assurée. Celle-ci consiste en la remise en service intermittente du circulateur de distribution d'eau chaude, de la régulation et de la chaudière pour le contrôle et le maintien d'une température d'eau minimale.

En période de refroidissement, il est souhaitable d'assurer celui-ci en fin de nuit (période de relance) qu'en fin de journée, pour profiter du pouvoir rafraîchissant naturel de la nuit et d'un tarif électrique plus avantageux.

4.1.4.2. EXIGÉ : Dans les locaux où des activités sont organisées en dehors des heures d'occupation normales, il sera possible d'étendre la durée de fonctionnement de l'installation tout en assurant un retour automatique au mode de ralenti. Plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- horloge annuelle programmable,
- bouton poussoir avec temporisation,
- contact image de l'occupation (contact de porte, ...),
- ...

4.1.4.3. EXIGÉ : Conformément à l'article 1.3.1.1., si le bâtiment est équipé d'un système de ventilation mécanique, l'apport d'air neuf devra pouvoir être arrêté automatiquement en période de relance.

Dans un bâtiment bien isolé, le chauffage de l'air neuf représente 50% environ des besoins. L'arrêt de l'apport d'air neuf au moment de la relance permet donc une diminution importante des besoins et assure au système de chauffage une surpuissance suffisante pour permettre une montée en température rapide des locaux après la coupure.

4.2. Ventilo-convecteurs

4.2.1. Dimensionnement

4.2.1.1. CONSEILLÉ : Les ventilo-convecteurs seront sélectionnés pour travailler avec un régime de température d'eau glacée le plus élevé possible. Par exemple, au régime 12-16°C au lieu du régime 6-12°C.

Ceci permet de limiter les pertes de distribution, d'améliorer le COP de la machine frigorifique (gain de 3% par degré d'augmentation de la température d'évaporation), de diminuer la consommation d'énergie latente dans le local, de diminuer la puissance et le prix du groupe frigorifique nécessaire et d'envisager la récupération de chaleur la chaleur pour préchauffer l'air neuf, ... Mais à puissance sensible égale, la taille et le prix des ventilo-convecteurs est plus élevé.

En fonction d'une humidité maximale éventuellement prescrite, il faudra traiter l'air neuf de telle manière que cette performance soit atteinte.

4.2.2. Choix de l'équipement

4.2.2.1. EXIGÉ : Les ventilo-convecteurs présenteront un rapport "puissance électrique / puissance frigorifique sensible" minimal donné dans le tableau ci-dessous :

	Exigé	Conseillé
Ventilo 2 tubes		
▪ froid seul	2,3 %	2,1 %
▪ froid et chaud	3,4 %	2,6 %
Ventilo 4 tubes	3,5 %	2,7 %

Cette performance sera mesurée selon la norme Eurovent 6/3.

*La performance "exigée" correspond à la performance atteinte par 2/3 des équipements du marché, la performance "conseillée" correspond à la performance atteinte par seulement 1/3 des équipements du marché
Ces valeurs ont été établies sur base d'une analyse statistique des données contenues dans le catalogue Eurovent.*

4.2.2.2. EXIGÉ : Les ventilo-convecteurs « 2 tubes – 2 fils » ne pourront être utilisés sauf si la consommation électrique de chauffage, évaluée par un programme de simulation dynamique est jugée tout à fait marginale (suite à l'isolation élevée des parois et/ou aux apports internes élevés), c'est-à-dire inférieure à 10 kWh/m²/an. Par « m² », on entend, la surface totale brute du bâtiment chauffé. Ce bilan sera fortement dépendant de l'importance des apports internes qu'il ne faudra pas surestimer.

4.2.2.3. CONSEILLÉ : Lorsque le ventilo-convecteur est équipé d'un habillage décoratif non conçu par le fabricant le recours à un manchon de raccord entre la batterie et la grille de diffusion est recommandé.

Le rôle du manchon est également d'éviter le recyclage d'air au sein de l'habillage et donc d'éviter une perte de puissance qui sera compensée par le gestionnaire par une diminution des consignes de température d'eau. Et aussi pour des raisons acoustiques.

4.2.3. Régulation

4.2.3.1. EXIGÉ : La régulation des ventilo-convecteurs permettra l'arrêt automatique des ventilateurs et de la circulation des réseaux d'eau en dehors des périodes d'occupation, avec maintien d'une sécurité antigel.

4.2.3.2. CONSEILLÉ : La sonde d'ambiance commandant les ventilo-convecteurs sera de préférence disposée dans l'ambiance (par opposition à une disposition dans la reprise d'air), de manière à pouvoir mesurer la température ambiante, sans nécessiter le fonctionnement permanent du ventilateur des unités terminales (par exemple, lorsque l'on se situe dans la zone neutre).

4.2.3.3. EXIGÉ : Dans le cas de ventilo-convecteurs destinés à produire du chaud et du froid :

- la régulation de l'ensemble des unités d'un même local se fera à partir d'une commande et d'une mesure unique (technique du "maître – esclaves");
- si le nombre d'esclaves dépasse la capacité de régulation du maître, et si plusieurs maîtres sont présents dans le même local, la zone neutre entre chauffage et refroidissement devra être volontairement agrandie pour éviter tout fonctionnement simultané des batteries chaudes et froides.

Ce système "maître-esclaves" permet d'éviter que des consignes différentes en fonction des appareils ou que des plages de précision différentes des sondes ne génère simultanément du chaud et du froid sur des appareils différents.

4.3. Poutres et plafonds froids

4.3.1. Dimensionnement

- 4.3.1.1. CONSEILLÉ :** Les plafonds froids seront sélectionnés pour travailler avec un régime de température d'eau glacée le plus élevé possible. Par exemple, au régime 17-19°C au lieu du classique régime 15-17°C.

Ceci permet de limiter les pertes de distribution, d'améliorer le COP de la machine frigorifique, de diminuer le besoin de déshumidification de l'air neuf, de favoriser le fonctionnement en free-chilling (possibilité de bypass des installations frigorifiques), de récupérer la chaleur pour préchauffer l'air neuf, ... mais la puissance frigorifique risque de manquer dans les locaux, ce qui impose une évaluation et une maîtrise très strictes des apports de chaleur (qualité de l'éclairage, protections solaires, ...).

- 4.3.1.2. EXIGÉ :** Le calcul de la puissance frigorifique nécessaire des poutres et plafonds froids ne tiendra pas compte des apports de chaleur latente dans les locaux.

La température de régime des plafonds froids est telle que le système n'entraînera pas de déshumidification de l'air ambiant.

- 4.3.1.3. EXIGÉ :** La puissance annoncée par le fabricant de plafond froid sera attestée par un laboratoire indépendant suivant la procédure décrite dans la norme DIN 4715.

Si la puissance réelle fournie est inférieure à la puissance annoncée, l'exploitant risque, pour fournir le confort, d'abaisser la température d'eau froide, entraînant une surconsommation.

4.3.2. Choix de l'équipement

Les exigences communes du point 8.7 « Régulation d'un groupe de traitement d'air » sont d'application en complément des clauses suivantes :

- 4.3.2.1. CONSEILLÉ :** On sélectionnera l'équipement fournissant la puissance attendue avec le régime de température d'eau froide le plus élevé.

A puissance frigorifique égale, si l'échange thermique entre l'eau froide et la surface émettrice (en contact avec l'ambiance) est difficile, la température de l'eau de refroidissement devra être plus basse, ce qui pénalise la performance de la machine frigorifique.

- 4.3.2.2. EXIGÉ :** Si la présence de plafonds froids impose une déshumidification de l'ambiance et nécessite d'abaisser très fortement la température de l'air neuf (pour supprimer le risque de condensation sur des plafonds à basse température, par exemple), une alternative à la postchauffe de cet air avec énergie thermique sera trouvée afin d'éviter toute destruction d'énergie, conformément aux exigences générales « Régulation d'un groupe de traitement d'air » (voir 8.7).

- 4.3.2.3. CONSEILLÉ :** Si la puissance fournie par les plafonds froids choisis risque d'être insuffisante, il est recommandé de pulser l'air neuf hygiénique du local au moyen de bouches à forte induction (bouches à jet torique) de manière à augmenter l'échange convectif avec le plafond.

Des essais menés par l'ULg ont permis d'augmenter fortement la puissance frigorifique des plafonds par le choix de telles bouches de pulsion.

4.3.2.4. EXIGÉ : Si le débit d'air neuf défini au chapitre 1 est majoré pour augmenter la puissance frigorifique de l'installation de climatisation, ce débit devra pouvoir être réduit en période de chauffe (ventilateur à deux vitesses ou à vitesse variable).

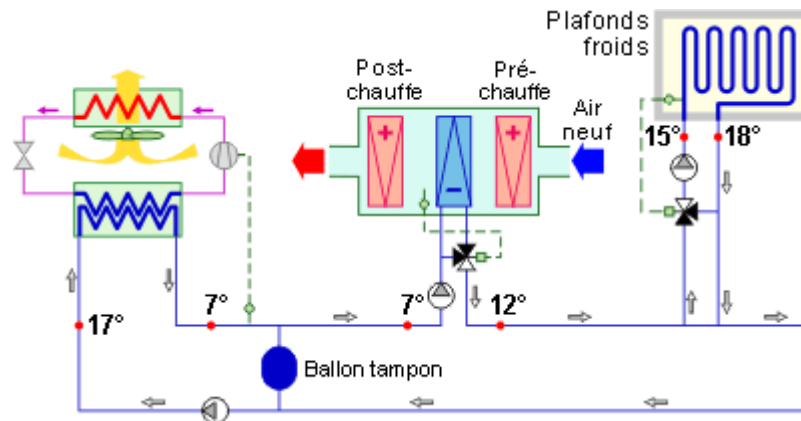
On sera particulièrement attentif au dimensionnement du débit d'air primaire des poutres froides.

4.3.2.5. EXIGÉ : Si pour des raisons spécifiques, le débit d'air neuf dépasse en permanence la valeur minimale exigée au chapitre 1, un récupérateur de chaleur sur l'air extrait sera installé.

4.3.2.6. EXIGÉ : Si, en plus des plafonds froids, le réseau de distribution d'eau glacée alimente des équipements devant fonctionner avec une température d'eau plus basse (groupes de traitement d'air, ventilo-convecteurs), le concepteur concevra une installation qui favorise le travail de l'évaporateur à haute température. Par exemple, il étudiera la faisabilité :

- de raccorder le circuit des plafonds froids en série, à la suite des circuits alimentant ces autres équipements,
- ou de dissocier la production de froid au moyen de groupes travaillant à des températures d'eau différentes.

Par exemple, le schéma hydraulique ci-dessous permet d'augmenter la température d'évaporation du groupe frigorifique et donc son rendement.



Il faut cependant rester attentif au débit d'eau minimal à assurer au niveau du groupe frigorifique (l'augmentation du ΔT° entraîne la diminution du débit dans l'évaporateur).

4.3.2.7. EXIGÉ : Si les locaux traités ont des besoins de refroidissement pour des températures extérieures inférieures à 14°C, la possibilité de refroidir naturellement l'eau des unités terminales sans l'intervention du groupe frigorifique (free chilling) sera étudiée, conformément à l'article 4.1.1.2.

C'est particulièrement intéressant pour les émetteurs à haute température (plafonds froids, ventilo-convecteurs dimensionnés en régime 12-16°, ...)

LES COMPOSANTS COMMUNS

5. Production de chaleur

5.1. Vecteur énergétique

- 5.1.1. **CONSEILLÉ : Règle générale** : Sur base des émissions liées à la combustion, le gaz naturel est recommandé.

Actuellement, le gaz est le combustible dont la combustion a le moins d'impact local sur l'environnement (moins d'émission de CO₂, de NO_x, de suies et de SO₂). D'autant plus que le gaz permet l'utilisation de chaudières à condensation ayant les meilleurs rendements.

Si la priorité est donnée à la rentabilité de l'investissement, le fuel se défend. Il a été, ces dernières années, en moyenne, moins cher que le gaz.

Le choix dépend également de la facilité et du coût de raccordement, en comparaison au coût du stockage de fuel qui, par ailleurs est peut-être déjà existant.

Dérogations à la règle générale :

- en fonction des situations, la possibilité de recours à des énergies renouvelables comme le bois doit être étudiée.
- pour des raisons stratégiques ou de sécurité d'approvisionnement, l'installation de brûleurs mixtes "gaz + fuel" peut être envisagée.
- s'il existe, le raccordement à un réseau de chaleur urbain performant est conseillé.

- 5.1.2. **CONSEILLÉ** : Si le fuel est utilisé, ce sera du « Gasoil Extra » dont la teneur en soufre s'élève à 50 mg/kg (50 ppm) au maximum.

Ce fuel plus cher permet une diminution des émissions de SO₂ et ouvre une porte à l'utilisation de chaudières à condensation fonctionnant au fuel.

- 5.1.3. **EXIGÉ** : Suite au faible rendement actuel de production en centrale électrique, l'utilisation de l'électricité comme énergie de chauffage par effet Joule (chauffage direct ou à accumulation) sera limitée à des appoints décentralisés ou limités dans le temps, dont la consommation est jugée tout à fait marginale, c'est-à-dire inférieure à 10 kWh/m²/an. Par « m² », on entend, la surface totale du bâtiment chauffé. Par contre, l'électricité pourra être valorisée dans une pompe à chaleur.

On sera particulièrement attentif aux batteries de chauffage électrique équipant les unités terminales. Dans de nombreux cas, lors du dimensionnement, on surestime les apports internes. On en déduit que l'appoint de chauffage sera négligeable et que des batteries électriques peuvent se justifier. La pratique montre que les consommations réelles sont souvent plus élevées.

Les pompes à chaleur peuvent être utilisées par exemple pour la récupération d'énergie sur l'air extrait, pour le chauffage de locaux au moyen de climatiseurs réversibles, ...

5.2. Dimensionnement

5.2.1. Puissance utile totale

- 5.2.1.1. **EXIGÉ** : La puissance utile P_{ut} des chaudières sera sélectionnée, en fonction des besoins calorifiques à satisfaire Q_{tot} et en fonction du nombre de chaudières choisies (voir 5.2.2), selon la règle suivante :

Nombre de chaudières	P_{ut} des chaudières
1	$1,1 \times Q_{tot}$
2	$0,6 \times Q_{tot}$ et $0,6 \times Q_{tot}$
3	$0,33 \times Q_{tot}$, $0,33 \times Q_{tot}$ et $0,5 \times Q_{tot}$ ou $0,39 \times Q_{tot}$, $0,39 \times Q_{tot}$ et $0,39 \times Q_{tot}$

Des circonstances particulières peuvent justifier une subdivision différente, comme lorsque certains besoins calorifiques sont permanents et d'autres intermittents. Dans ce cas, une chaudière peut être dimensionnée pour couvrir les besoins permanents.

Avec les chaudières modernes à brûleur pulsé (dont le brûleur est vendu séparément de la chaudière), le surdimensionnement de la chaudière n'est plus à combattre à tout prix. En effet, l'isolation est devenue telle que ce surdimensionnement n'apporte guère de pertes supplémentaires. Au contraire, un corps de chaudière surdimensionné par rapport à la puissance du brûleur entraîne une augmentation du rendement de combustion. Le surdimensionnement peut ainsi être bénéfique si le brûleur est un brûleur 2 allures ou modulant. Cependant le surdimensionnement du corps de chaudière a des limites, pour une question d'investissement et de condensation.

- 5.2.1.2. **EXIGÉ** : Dans le cas d'une installation destinée au chauffage de locaux, les besoins calorifiques totaux Q_{tot} servant de base au calcul de la puissance utile totale des chaudières correspondront aux déperditions calculées suivant les normes NBN B62-003 (calcul des déperditions) et B62-002 (coefficients de transmission thermique) moyennant les adaptations des points 5.2.1.3., 5.2.1.4. et 5.2.1.5. Le cas échéant, le calcul s'effectuera suivant les normes européennes qui remplacent les normes NBN B62-003 et B62-002.

Dans des locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou ont activité physique très légère, comme les bureaux, la norme NBN B62-003 recommande de dimensionner les installations pour une température intérieure de 20°C.

Les méthodes empiriques basées sur l'addition des puissances des corps de chauffe ou sur des ratios de puissance fonction du volume ou de la surface à chauffer sont à exclure. Ces méthodes conduisent à des surdimensionnements trop importants.

- 5.2.1.3. **EXIGÉ** : Infiltrations : conformément au rapport n°1 du CSTC (1992), les déperditions calorifiques totales du bâtiment ne comprendront pas la totalité des pertes par infiltration normalisées. On considère que dans les circonstances normales, la moitié du volume du bâtiment subit une déperdition par infiltration.

En présence d'une ventilation mécanique, il faut tenir compte lors du calcul des déperditions totales de la totalité des déperditions par ventilation mécanique de tous les locaux ventilés mécaniquement.

- 5.2.1.4. **CONSEILLÉ** : lorsque le bâtiment est mis en surpression par le système de ventilation mécanique et que le débit excédentaire de la pulsion par rapport à l'extraction dépasse le débit d'infiltration, celui-ci ne doit pas être pris en compte dans le calcul des déperditions globales par renouvellement d'air. C'est le cas pour les enveloppes de bâtiment dont le degré d'étanchéité à l'air est élevé, c'est-à-dire $n_{50} < 2$ (n_{50} est le taux horaire de

renouvellement d'air résultant d'une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur).

5.2.1.5. CONSEILLÉ : Supplément de puissance de la chaufferie pour la relance : les déperditions du bâtiment (calculées en régime statique) ne seront pas majorées pour tenir compte des possibilités de chauffage intermittent :

- si la puissance de la chaudière prend en compte la puissance nécessaire au chauffage de l'air neuf,
- et si ces apports d'air neuf peuvent être diminués en période de relance.

Dans le cas contraire, une majoration pour surpuissance sera adoptée dans les bâtiments à occupation discontinue, majoration proportionnelle à l'inertie du bâtiment, conformément à la norme EN 12831.

Avec le renforcement de l'isolation des bâtiments, la puissance de déperdition du bâtiment devient nettement plus faible par rapport à la puissance nécessaire à la relance en cas de coupure. Cependant, l'application des normes NBN B62-003 et du tableau de point 5.2.1.1. (inspiré de la norme D30-001), conduit à un surdimensionnement suffisant des chaudières pour permettre une relance en cas de chauffage intermittent.

Cet effet sera en outre renforcé par :

- un dimensionnement des corps de chauffe en régime 80/60°C,
- un apport d'air neuf hygiénique pouvant être arrêté en période de relance (fonctionnement en recyclage ou arrêt des ventilateurs),
- les sécurités prises dans le choix des coefficients k , dans les mesures des parois,...

Il ne sert donc à rien de prévoir une réserve de puissance complémentaire pour la chaufferie (chaudière(s) et brûleur(s)) : dans la pratique, une installation dimensionnée suivant les règles de l'art sera déjà surdimensionnée.

La norme EN 12831 dit qu'une surpuissance de relance n'est pas nécessaire si les pertes par renouvellement d'air peuvent être diminuées en période de ralenti.

Dans le cas contraire, la norme EN 12831 propose des valeurs par défaut de surpuissance en fonction du type d'enveloppe et du temps de relance souhaité. Cette surpuissance varie entre 4 et 39 W/m² (moyenne de 20W/m²).

5.2.1.6. CONSEILLÉ : Supplément de puissance de la chaufferie pour la production d'eau chaude sanitaire : la puissance de chauffage du bâtiment ne sera augmentée que de la différence entre :

- la puissance calculée du chauffage de l'eau chaude sanitaire
- et celle du surdimensionnement éventuel lié à la relance et au découpage de la puissance de chauffe en plusieurs chaudières.

Les surdimensionnements peuvent déjà couvrir une bonne part de la demande d'eau chaude sanitaire et le cumul serait abusif.

Par exemple : le calcul des déperditions prévoit 175 kW, 15% de relance sont ajoutés (→ 201 kW), deux chaudières de 120 kW sont installées → surdimensionnement réel de 65 kW (soit 37% effectifs).

Si la puissance de chauffage de l'ECS est de 85 kW, le supplément de puissance à prévoir sera de 85 kW - 65 kW = 20 kW. On installera deux chaudières de 130 kW.

En pratique, aucun surdimensionnement ne sera à prévoir tant que la puissance du chauffage de l'eau chaude sanitaire ne dépasse pas 25% de la puissance de chauffage du bâtiment.

5.2.2. Nombre de chaudières

5.2.2.1. CONSEILLÉ : la dissociation de la puissance à installer en plusieurs chaudières ne s'imposera d'office que

- si une sécurité d'approvisionnement est indispensable en cas de panne d'une chaudière ou en raison des dimensions de la chaufferie.
- si des utilisateurs spécifiques demandent de la chaleur en dehors de la saison de chauffe (exemples : production d'eau chaude sanitaire ou la batterie de post-chauffe en été). Dans ce cas, les unités de puissance seront adaptées aux différents usages.

Les pertes à l'arrêt des nouvelles chaudières sont telles qu'il n'existe plus d'intérêt énergétique flagrant à dissocier la puissance des chaudières en plusieurs unités. Cet intérêt est quasi inexistant en présence de brûleurs modulants sur une grande plage de puissance avec un bon contrôle de la combustion (chaudières à condensation).

Le surcoût d'un découpage de la puissance en deux (et a fortiori en trois) chaudières (coût de la chaudière, du génie civil, de l'hydraulique, de la régulation) ne sera donc jamais amorti par les économies d'énergie.

Dès lors, il peut être opportun d'investir cet argent supplémentaire dans un poste à plus haut potentiel d'économie, comme, par exemple, la régulation de l'installation.

5.2.2.2. CONSEILLÉ : Si une extension du bâtiment est prévisible, le local chaufferie sera dès le départ conçu pour une adaptation de la puissance de chauffe basée sur le placement futur d'une chaudière supplémentaire.

5.2.2.3. CONSEILLÉ : Si une partie du bâtiment doit être chauffée en dehors des heures d'occupation du reste du bâtiment (conciergerie, corps de garde,), une production spécifique (convecteurs gaz indépendants, chaudière indépendante) sera envisagée.

5.3. Technologie

5.3.1. Type de chaudière

5.3.1.1. EXIGÉ : Si le combustible utilisé est le gaz naturel, au moins une des chaudières de l'ensemble de production de chaleur sera une chaudière à condensation, excepté dans le cas d'une installation de chauffage existante où les émetteurs ne peuvent pas travailler à basse température.

La chaudière gaz à condensation est de loin la chaudière ayant le meilleur rendement. Elle permet un gain de 6 .. 9% par rapport aux technologies traditionnelles. Pour atteindre ces performances, elle sera utilisée avec des corps de chauffe travaillant à basse température.

Mais des solutions peuvent également être trouvées si certains utilisateurs demandent une température élevée.

Exemples :

- le choix d'une chaudière à condensation n'est pas incompatible avec l'obligation de produire de l'eau chaude sanitaire en combinaison avec le chauffage. Il faudra cependant être particulièrement attentif au type de chaudière choisi (chaudières à 2 retours dans le cas d'une production avec ballon de stockage) ou au dimensionnement de l'échangeur (en régime 70°/40° dans le cas d'un échangeur instantané) et à la configuration du circuit hydraulique associé (voir paragraphe 7.4.).
- de même, si des radiateurs existants demandent une température de 90°C par les plus grands froids, une régulation en température glissante permettra de condenser au niveau de la chaudière durant une bonne partie de la saison de chauffe..

- avec une chaudière à condensation à 2 retours, la condensation pourra être valorisée si les utilisateurs à basse température totalisent au moins 15% de la puissance de l'installation.

5.3.1.2. CONSEILLÉ : En vue de diminuer les risques liés à une régulation ou une hydraulique incorrectes, les chaudières autres que les chaudières à condensation peuvent être des chaudières pouvant fonctionner avec une très basse température d'eau sans subir de dommage.

L'intérêt des chaudières pouvant fonctionner à très basse température se situe au niveau :

- des pertes des collecteurs,
- des pertes à l'arrêt des chaudières (mais celles-ci sont devenues négligeables),
- de la diminution des risques de dommage lié à une régulation ou une hydraulique incorrectes,

Le gain de rendement de combustion lié à la diminution de la température de l'eau est négligeable du fait de la technologie des chaudières à très basse température d'eau.

5.3.2. Rendement minimal

5.3.2.1. EXIGÉ : Les chaudières choisies seront au minimum des chaudières « basse température » au sens de la définition de la directive 92/42/CEE, c'est-à-dire qu'elles devront avoir un rendement minimal, fonction leur puissance nominale Pn, de :

	Pleine charge	Charge partielle
	Temp moy eau 70°C	Temp moy eau 40°C
Chaudière traditionnelle	$87,5 + 1,5 * \text{Log}(Pn)$	$87,5 + 1,5 * \text{Log}(Pn)$

Cette exigence reste cependant faible. Les chaudières traditionnelles (sans condensation) les plus performantes sur le marché permettent des rendements nettement plus élevés que ces exigences. L'exigence telle que décrite dans la clause ci-dessus permet seulement d'éliminer les plus mauvaises chaudières. Elle est cependant la seule exigence concrètement vérifiable (l'ARGB édite une liste des chaudières « basses température »).

5.3.3. Type de brûleur

5.3.3.1. EXIGÉ : Règle générale : Dans le cas des chaudières traditionnelles (non à condensation) à brûleur pulsé, les brûleurs seront des brûleurs "tout ou peu" ou "tout ou peu progressifs", à partir d'une puissance de chaudière de 70 kW. Ils seront modulants au-delà d'une puissance de 1000 kW. L'enclenchement successif des allures de brûleur sera commandé en fonction des besoins du bâtiment.

Attention cependant, la pratique montre que la présence d'un brûleur 2 allures n'est pas une garantie de disposer d'un matériel optimisé. Encore faut-il que l'installation soit correctement raccordée, réglée et régulée.

Dérogation à la règle générale : Lorsque l'installation est équipée d'une chaudière à condensation et d'une chaudière traditionnelle régulées en cascade, le brûleur de cette dernière peut être un brûleur tout ou rien.

5.3.3.2. CONSEILLÉ : Les chaudières à condensation seront de préférence équipées d'un brûleur modulant dans la plus grande plage de puissance possible (de 10 à 100%) avec une adaptation automatique du débit d'air comburant nécessaire.

- 5.3.3.3. EXIGÉ :** Les brûleurs ou les chaudières seront conçues de telle sorte que toute circulation d'air dans la chaudière soit éliminée lors de l'arrêt du brûleur.

Par exemple, cela signifie, un volet se refermant automatiquement à l'arrêt du brûleur (pour les brûleurs pulsés, cette exigence n'est nécessaire que pour les petits brûleurs parfois dépourvus de cette caractéristique). Pour les chaudières gaz à prémélange assistées par un ventilateur, cela peut signifier l'arrêt du ventilateur et une configuration de foyer telle que le tirage naturel dans la chaudière est supprimé (par exemple évacuation des fumées par le bas de la chaudière).

- 5.3.3.4. EXIGÉ :** Les chaudières à veilleuse permanente seront exclues.

- 5.3.3.5. EXIGÉ :** Les brûleurs fuel seront équipés d'un ou de plusieurs compteurs horaires de fonctionnement (un par allure).

Un compteur horaire, associé à la connaissance des caractéristiques des gicleurs permet de suivre la consommation de fuel. Ce comptage pourrait être plus direct avec un compteur volumétrique de fuel placé sur la ligne gicleur pour les brûleurs une ou deux allures (2 compteurs sont nécessaires pour les brûleurs modulants). Cependant, le coût de ce compteur fuel est important (entre 10 et 30% du coût du brûleur).

5.4. Evacuation des fumées

- 5.4.1. EXIGÉ :** Le conduit d'évacuation des fumées d'une chaudière à brûleur pulsé sera équipé d'un régulateur de tirage, sauf dans le cas d'une chaudière à combustion étanche.

*Le régulateur de tirage permet de stabiliser le tirage de la cheminée et d'éviter ainsi qu'un tirage excessif ne fasse chuter le rendement de combustion.
De plus le régulateur de tirage diminue les risques de condensation dans la cheminée.*

5.5. Régulation des chaudières

- 5.5.1. EXIGÉ :** La température de départ du collecteur primaire sera automatiquement réglée à la valeur de la température de consigne du circuit secondaire le plus demandeur.

Cette régulation tiendra compte également de la demande de la production d'eau chaude sanitaire combinée éventuelle.

- 5.5.2. EXIGÉ :** Pour éviter tout risque de température insuffisante pour les circuits secondaires, la sonde de température de départ du collecteur doit être placée en un endroit où la température d'un éventuel mélange entre de l'eau chaude de départ et de l'eau froide de retour peut être mesurée. Par exemple, dans la bouteille casse-pression au niveau du départ du collecteur.

- 5.5.3. EXIGÉ :** L'auteur de projet vérifiera que les exigences du fabricant de chaudières en matière de débit et de température de retour minimaux acceptables par celles-ci ne sont pas en contradiction avec la configuration du circuit primaire et sa régulation.

- 5.5.4. EXIGÉ :** Si la chaufferie comporte plusieurs générateurs ou si les brûleurs comportent plusieurs allures de fonctionnement, un régulateur commandera l'enclenchement de chaque étage de puissance en fonction des besoins. Un même régulateur commandera les allures des brûleurs et la cascade de chaudières.

Cette imposition pourrait paraître triviale. Cependant la pratique montre que dans de nombreux cas, souvent en rénovation, des chaudières multiples sont installées et fonctionnent en parallèle ou des brûleurs 2 allures fonctionnent en permanence en 2^{ème} allure.

5.5.5. CONSEILLÉ : Règle générale : L'ordre d'enclenchement des étages de puissance conseillé est le suivant :

- Le démarrage se fait à l'allure la plus réduite de la première chaudière. Ensuite, soit la première allure de la seconde chaudière, soit la deuxième allure de la première chaudière s'enclenche.
- Lors d'une décroissance de la demande de chaleur, la puissance de chaque chaudière en fonctionnement sera diminuée, à commencer par la dernière. Seulement quand toutes les chaudières fonctionnent à allure réduite, la dernière chaudière est déclenchée et ensuite les suivantes.

5.5.6. EXIGÉ : Dérogation n°1 à la règle générale : Dans le cas d'une chaufferie mixte comprenant une chaudière à condensation et une chaudière traditionnelle, la chaudière traditionnelle ne pourra s'enclencher que lorsque la chaudière à condensation aura atteint sa pleine puissance.

5.5.7. EXIGÉ : Dérogation n°2 à la règle générale : Dans le cas d'une chaufferie composée de plusieurs chaudières à condensation équipées d'un brûleur modulant les chaudières fonctionneront en parallèle, augmentant simultanément leur puissance en fonction des besoins.

Ces 3 clauses se justifient par le fait qu'il faut favoriser le fonctionnement des chaudières en petite allure car cela permet une augmentation du rendement de combustion de l'ordre de 2..3%. Avec les chaudières modernes, ce gain compense largement l'augmentation des pertes à l'arrêt due à la mise en température plus longue des différentes chaudières. Le choix de l'ordre d'enclenchement ne peut cependant pas être tranché car il faut également tenir compte que les démarrages en petite flamme sur une chaudière froide peuvent être sources de mauvaise combustion. La perte encourue est malheureusement difficilement chiffrable.

Attention, ces exigences ne sont pas valables pour les chaudières gaz atmosphériques pour lesquelles les pertes à l'arrêt sont plus importantes et pour lesquelles le rendement de combustion en petite allure est souvent inférieur au rendement de combustion en grande allure du fait de l'impossibilité de réglage de l'air comburant.

5.5.8. EXIGÉ : Si la chaufferie comporte plusieurs générateurs régulés en cascade, les générateurs inutilisés doivent pouvoir être isolés hydrauliquement au moyen d'une vanne motorisée ou l'arrêt de sa pompe de charge (associée à un clapet anti-retour). La circulation dans la chaudière prioritaire de la cascade (par exemple, la chaudière à condensation de la chaufferie composée) ne sera arrêtée qu'en cas d'absence de besoins des circuits desservis. La vanne d'isolement utilisée sera à ouverture lente de manière à éviter tout choc thermique dans la chaudière et dans les circuits de distribution au moment de l'ouverture.

5.5.9. EXIGÉ : Le régulateur de cascade permettra aussi :

- une inversion de l'ordre d'enclenchement des chaudières, soit manuellement, soit automatiquement. Cette inversion ne doit pas être prévue dans le cas d'un ensemble de production composé d'une chaudière à condensation et de chaudières traditionnelles,
- une commutation automatique de l'ordre d'enclenchement des chaudières en cas de panne d'une de celles-ci,
- la possibilité de programmer un ordre d'appel des étages de puissance qui donne la priorité à l'enclenchement des petites allures de brûleur de toutes les chaudières avant le passage de la première chaudière en grande puissance,
- une temporisation à l'enclenchement de chaque chaudière pour éviter tout démarrage intempestif de courte durée (jusqu'à 30 minutes pour les chaudières fortement inertes),

- une temporisation à l'arrêt des circulateurs de charge et à la fermeture des vannes d'isolement pour permettre à la chaleur résiduelle des chaudières mises à l'arrêt d'être valorisée, particulièrement dans le cas des chaudières à faible capacité en eau.
- l'interdiction de l'enclenchement de certaines chaudières de l'ensemble en fonction de la température extérieure.

5.6. Suivi de la consommation

- 5.6.1. EXIGÉ :** Si la surface chauffée dépasse 400 m², un ou des dispositifs devront permettre de suivre la consommation de combustible de la chaufferie.

6. Production d'eau froide (ou "eau glacée")

6.1. Conception

- 6.1.1. CONSEILLÉ : Règle générale :** Si un ou plusieurs locaux présentent un besoin de refroidissement permanent (ex : petite salle informatique, locaux intérieurs,...), il est conseillé de leur prévoir une production de froid spécifique pour assurer un fonctionnement adapté et économique en période d'arrêt de la centrale de base (hiver, nuit, WE, jours fériés, ...). La décision sera fonction de la puissance demandée par ces locaux, de la puissance de l'installation de refroidissement de l'ensemble du bâtiment et de son mode de régulation (présence d'une cascade et possibilité de modulation).

Dérogation à la Règle générale : Lorsque le traitement du local ne peut connaître de défaillance (sécurité de fonctionnement des locaux informatiques ou d'un dispatching, par exemple), il est possible d'en dédoubler la production frigorifique : une production autonome sera également installée dans le local. En été, elle sera arrêtée au profit de l'installation centrale; en hiver, cette dernière sera conservée en réserve.

Il est imaginé que l'installation principale est mise à l'arrêt en période hivernale, mais qu'elle puisse assurer une réserve en cas de défaillance du système de climatisation local.

- 6.1.2. EXIGÉ :** Conformément à l'article 4.1.1.2., si un fonctionnement de la machine frigorifique à eau glacée est prévu en période hivernale, le système installé et sa régulation permettront le fonctionnement en "free chilling" lorsque les conditions extérieures le permettent, c'est-à-dire un refroidissement direct de l'eau glacée par l'air extérieur, sans fonctionnement du compresseur.

On pense, par exemple, au placement d'un dry-cooler en parallèle à l'évaporateur. Ce mode de fonctionnement sera d'autant plus performant qu'il sera complété par un choix d'unités terminales à haute température (voir 4.2.1 et 4.3.1, par exemple).

6.2. Dimensionnement

- 6.2.1. EXIGÉ :** Le concepteur utilisera une méthode d'évaluation informatisée de la puissance frigorifique, capable de prendre en compte l'inertie réelle du local et le lissage des charges thermiques qui en résulte. Il doit être possible également d'y introduire le profil d'occupation des locaux, pour évaluer au plus juste les apports internes.

- 6.2.2. CONSEILLÉ :** Les consignes intérieures d'été prises en compte pour le dimensionnement des installations frigorifiques de climatisation de bâtiment dans les conditions extrêmes d'été seront : température 25°C (26°C si plafonds froids), humidité relative maximale 60%.

On notera que la SIA V382/1 (Suisse) monte à 65 % HR.

- 6.2.3. CONSEILLÉ :** Lorsque la climatisation est destinée à maintenir des conditions intérieures strictes (par exemple dans un central informatique), la consigne d'humidité à respecter sera étudiée de façon à limiter au maximum la destruction d'énergie liée aux humidification et déshumidification successives de l'air. Elle sera la plus faible possible. (Voir aussi 4.1.1.1 et 8.7.7).

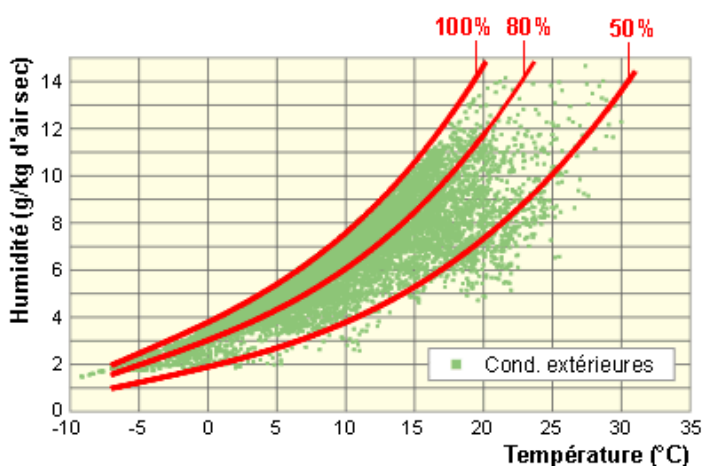
Si la consigne d'humidité est fixée à une valeur élevée (50%), l'air sera réhumidifié après sa déshumidification dans la batterie froide.

6.2.4. CONSEILLÉ : Pour limiter le surdimensionnement et les pertes énergétiques qui y sont liées,

- la puissance frigorifique des installations de climatisation de bâtiment sera calculée sur base les conditions extérieures suivantes : température = 30 °C, humidité relative = 40%.
- la machine frigorifique sera sélectionnée pour ne pas déclencher pour une température extérieure de 35°C. Si l'installation comporte des salles informatiques, ce seuil peut être augmenté de 2 K, tout en sachant que ceci dégrade quelque peu la performance de la machine frigorifique.

Il n'est pas nécessaire de prendre une température de dimensionnement plus élevée car :

- cette température est rarement dépassée dans nos régions (voir graphe des conditions climatiques d'une année moyenne-type à Uccle)



- si elle est dépassée, l'humidité relative diminue parallèlement (or c'est l'enthalpie qui est déterminante)
- les charges maximales liées au refroidissement de l'air neuf ne se produisent pas simultanément à celles des apports solaires maxima, or la méthode d'évaluation cumule l'ensemble des charges,
- l'inertie du bâtiment lisse les pointes de charge ponctuelles.

Si la température extérieure dépasse les normes saisonnières, la machine doit pouvoir poursuivre son fonctionnement, tout en laissant quelque peu monter la température intérieure. Ainsi, l'appareil dimensionné pour 30° fonctionnera pour une température extérieure de 35° en ne fournissant pas temporairement toute la puissance requise.

6.2.5. EXIGÉ : En étroite concertation avec le Maître d'Ouvrage, le bureau d'études dimensionnera la puissance frigorifique sur base d'apports internes (importance des équipements bureautiques, éclairage, ...) et de coefficients de simultanéité (taux d'occupation des locaux, taux d'utilisation dans le local occupé, ...) réalistes.

Si le calcul est confié aux fabricants, les soumissionnaires joindront à leur offre les hypothèses de dimensionnement de la machine frigorifique, les apports internes et les facteurs de simultanéité pris en compte.

A défaut, les valeurs proposées par la prEn 13779 peuvent servir de référence.

- 6.2.6. CONSEILLÉ :** Les autres équipements informatiques et bureautiques (serveurs, imprimantes laser, photocopieuses, fax,...) seront de préférence concentrés dans des locaux séparés dans lesquels on peut concentrer l'extraction d'air et éventuellement prévoir une climatisation indépendante si les apports de chaleur sont trop importants à ces endroits.

Les installations de climatisation sont très souvent surdimensionnées suite au cumul de toutes les situations extrêmes... qui dans la pratique ne se superposent pas forcément. Or les auxiliaires (pompes, ventilateurs, ...) sont dimensionnés pour la puissance maximale. On a donc tout intérêt à évaluer les charges au plus juste. L'argument de "prévoir le futur" ne tient plus aujourd'hui car nous sommes dans une période de déflation des charges électriques ramenées au m² (réduction des puissances de bureautique, d'éclairage, ...).

Par contre, la prévision du futur implique de réserver de la place pour installer éventuellement une machine frigorifique et des pompes supplémentaires : c'est hydraulique qui sera conçue en ce sens.

- 6.2.7. CONSEILLÉ :** Le concepteur établira la puissance frigorifique à installer sur base d'un fonctionnement 24/24h de la machine frigorifique en période de canicule.

En été, le déplacement des charges frigorifiques vers la nuit est bénéfique : la température extérieure est plus basse (meilleur COP), le kWh électrique est moins cher, la machine frigorifique est plus petite (investissement plus faible) et son rendement est meilleur toute l'année. Ceci sous-entend une inertie suffisante du local, tout particulièrement au niveau du sol si les charges sont solaires, car ce sont les matériaux inertes qui déchargeront durant la nuit, la chaleur accumulée le jour.

- 6.2.8. EXIGÉ :** La machine frigorifique sera sélectionnée pour pouvoir produire une eau à la température de l'unité terminale demandant l'eau la plus froide.

Si les unités terminales ont été choisies pour travailler à haute température, cette option doit être valorisée par une machine frigorifique qui travaille elle-même à haute température.

- 6.2.9. CONSEILLÉ :** S'il existe des usages significatifs à des niveaux de température différents, des machines spécifiques seront choisies pour répondre séparément aux besoins.

Par exemple, un départ vers les plafonds froids à 15°C et un départ vers la batterie froide du groupe de préparation d'air neuf pourraient être connectés sur deux machines frigorifiques distinctes. Ceci n'empêche pas de pouvoir occasionnellement connecter entre eux les réseaux, afin qu'une machine puisse servir de secours à l'autre en cas de panne.

6.3. Performance globale de la machine frigorifique

- 6.3.1. EXIGÉ :** Le concepteur justifiera auprès du Maître d'Ouvrage le choix de la machine frigorifique (et tout particulièrement du type de compresseur et du mode de refroidissement du condenseur) en fonction de l'application et en fonction de la rentabilité des différents investissements.

La performance énergétique des machines frigorifiques varie du simple au double, voir au triple. Mais le prix varie lui aussi ! Seul un bilan du temps de retour du surinvestissement permet d'optimiser l'investissement.

- 6.3.2. EXIGÉ :** En fonction du type de machine frigorifique choisi, l'efficacité frigorifique (EER), ou coefficient de performance en mode refroidissement (COP_{froid}), de la machine frigorifique sera maximale et supérieure à :

Equipement	"Exigé"	"Conseillé"
Groupe de production d'eau glacée		
• Condenseur à air / Monobloc / Refroidissement seul ou réversible	2,30 2,95	2,60 3,25
• Condenseur à air à distance / Refroidissement seul	3,50	4,00
• Condenseur à eau / Monobloc / Refroidissement seul		
• Condenseur à eau / Monobloc / Réversible	3,40	3,70
• application eau glacée 12°C / 7°C	4,45	4,80
• application eau glacée 23°C / 18°C (refroidissement de sols)		

L'EER sera évalué dans les conditions Eurovent (norme européenne pr EN 12055).

La performance "conseillée" correspond à la performance atteinte par seulement 1/3 des équipements du marché, la performance "exigée" correspond à la performance atteinte par 2/3 des équipements du marché.

Ces valeurs ont été établies sur base d'une analyse statistique des données contenues dans le catalogue Eurovent, en écartant les équipements fonctionnant au R22.

On s'assurera que la performance annoncée dans les conditions Eurovent correspond bien à celle de la machine elle-même et non d'un autre modèle de la série.

Il est aussi possible de faire effectuer par un organisme agréé le test de performance du refroidisseur afin de vérifier la correspondance des données fournies par le constructeur. En cas de divergence (par exemple de plus de 5% pour les puissances et consommations, ou de 15 % pour les pertes de charges, ou de 3 dB(A) pour la nuisance acoustique), il sera réclamé soit la mise en conformité, soit le dédommagement proportionnel à la perte encourue lors de l'achat et pendant 10 ans d'exploitation.

6.3.3. CONSEILLÉ : L'installateur précisera les conditions de fonctionnement de mi-saison : la pression de condensation minimale admise par le détendeur, la température correspondante du fluide frigorigène et la performance frigorifique de la machine (EER ou COPfroid) à ce point de fonctionnement. Les caractéristiques à l'évaporateur seront celles de l'évaluation Eurovent.

Le concepteur disposera alors

- de la performance d'été (dans les conditions Eurovent, l'air extérieur pénètre dans le condenseur à 35°C)
- et de la performance de mi-saison (puisque le seuil de pression minimal correspond à la température de condensation minimale acceptée par la machine en mi-saison)

6.3.4. CONSEILLÉ : S'il existe des besoins de préchauffage de l'air neuf des locaux ou de l'eau chaude sanitaire lorsque la machine frigorifique fonctionne, on étudiera l'intérêt de récupérer de la chaleur :

- sur la désurchauffe des gaz refoûlés par le compresseur,
- sur l'air ou l'eau du condenseur,
- sur le refroidisseur d'huile des compresseurs à vis.

6.3.5. CONSEILLÉ : Si l'inertie thermique du circuit d'eau froide est jugée trop faible, et si la technologie du compresseur ne permet pas une adaptation modulante de la puissance, le bureau d'études étudiera l'intérêt de placer un ballon tampon complémentaire.

Lorsque les charges thermiques sont trop faibles par rapport à la puissance installée, le groupe démarre et s'arrête trop fréquemment, ce qui est préjudiciable à la durée de vie du matériel.

6.4. Choix du détendeur

- 6.4.1. EXIGÉ :** Toute machine frigorifique de plus de 200 kW sera équipée d'un détendeur électronique. Il permettra un fonctionnement avec une Haute Pression (et donc une température de condensation) la plus basse possible. Tout autre système de détendeur permettant d'atteindre des pressions équivalentes sera admis.

Si le détendeur thermostatique travaille généralement avec une température minimale de condensation de 35°C, le détendeur électronique peut travailler avec une température minimale de condensation de 20°C !

6.5. Choix du condenseur et du mode de refroidissement

- 6.5.1. CONSEILLÉ :** L'emplacement et l'environnement des condenseurs favoriseront le refroidissement, et de là, la basse pression de condensation : limitation de l'ensoleillement direct des condenseurs, écartement suffisant des parois autour de ceux-ci pour éviter la recirculation d'air chaud, ...

Il s'agit d'un compromis difficile à trouver entre le besoin d'ombrage, la limitation des nuisances acoustiques et la nécessité de ventiler. Idéalement des pare-soleils à claires voies seront prévus et la surface horizontale proche du condenseur sera de couleur claire (lestage par des graviers blancs des toitures horizontales, par exemple).

- 6.5.2. EXIGÉ :** La régulation des condenseurs à air et des tours de refroidissement respectera les exigences suivantes :

- le seuil de pression choisi correspondra au minimum de pression admis pour le bon fonctionnement du détendeur.
- dans les installations à ventilateur unique, le ventilateur du condenseur (cas d'un condenseur à air) ou de la tour de refroidissement devra au minimum comporter deux vitesses (**CONSEILLÉ** : le ventilateur sera commandé par variateur de vitesse).
- dans les installations à ventilateurs multiples, l'enclenchement des ventilateurs (et de leurs vitesses éventuelles) sera régulé en cascade pour tenir compte de la charge thermique et des conditions climatiques.

- 6.5.3. EXIGÉ :** Une sonde de conductivité contrôlera la salinité de l'eau des tours de refroidissement et réglera l'apport en eau neuve du système.

Le coût de la consommation en eau de déconcentration justifie cette régulation.

6.6. Choix du fluide frigorigène

- 6.6.1. CONSEILLÉ :** Le choix du fluide frigorigène tiendra compte de son impact environnemental et des réglementations en vigueur.

L'investissement dans une machine équipée du R22 ne paraît pas judicieux puisque ce fluide, toléré actuellement, disparaîtra en 2015. En région de Bruxelles Capitale, le R22 est déjà interdit par l'IBGE.

A priori, le fluide frigorigène sera choisi parmi les HFC ou le R717 (ammoniac). L'usage de l'eau ou des hydrocarbures (butane, propane, ...) est en développement.

Le gestionnaire sera également soucieux d'uniformiser les fluides présents dans son parc de machines, ce qui peut l'amener à imposer le fluide dans le cahier des charges.

6.7. Régulation de la production d'eau froide

- 6.7.1. EXIGÉ : Règle générale :** Toute machine de production d'eau glacée de plus de 50 kW frigorifique sera au minimum équipée d'une régulation de la puissance en fonction de la charge par plusieurs étages de puissance différents ou, de préférence, par une variation continue de puissance.

La régulation de puissance du compresseur en fonction de la charge permet de travailler en moyenne avec un condenseur et un évaporateur surdimensionné, ce qui est favorable à la diminution des pressions de condensation et d'évaporation et donc à l'amélioration de l'efficacité énergétique de la production. Par exemple, pour un compresseur travaillant en moyenne à 30% de charge, la variation continue de la puissance par rapport à une régulation en tout ou rien permet une économie de l'ordre de 37 %.

Dérogation aux règles générales : Cette clause n'est pas d'application lorsque l'installation de production de froid est destinée à combattre une charge thermique constante (par exemple, un central informatique).

- 6.7.2. EXIGÉ :** En fonction du type de compresseur la régulation de puissance du compresseur se fera :

- soit par variation de la vitesse de rotation du moteur, par variation de fréquence pour les moteurs asynchrones ,
- soit par déplacement d'un tiroir de contrôle de débit (pour les compresseurs à vis),
- soit par prérotation du fluide frigorigène (pour les compresseurs centrifuges),
- soit, pour les batteries de compresseurs à piston de moins de 100 kW, suivant un étagement des pistons en fonctionnement,
- soit par variation de tension pour les moteurs à aimant permanent,
- soit par tout autre procédé permettant la variation de puissance d'une manière progressive, pour autant que ce procédé soit au moins autant économiseur d'énergie que les autres procédés ci-dessus.

Dans une installation comprenant plusieurs compresseurs, au moins un des compresseurs sera équipé d'une telle régulation. La régulation en cascade de l'ensemble permettra une variation progressive de la puissance sur toute la plage de puissance de l'installation.

Ces régulations prendront en compte les exigences de lubrification minimales des compresseurs.

Les régulations par action sur les pressions extérieures de la machine et par injection de gaz chauds à l'aspiration du compresseur sont exclues.

- 6.7.3. EXIGÉ :** Chaque compresseur sera équipé d'un dispositif « anti courts cycles ». Les schémas électriques seront cependant conçus pour que les protections de sécurité puissent arrêter la machine et déroger au dispositif « anti courts cycles ».

Chaque démarrage de compresseur est source de pertes énergétiques : réchauffement de l'huile, du métal, mauvaise lubrification au démarrage, pointes de courant, remise en température du réseau d'eau, vidange de la vapeur résiduelle de fluide frigorigène à l'aspiration du compresseur et à l'évaporateur, pertes par remplissage du condenseur en vapeur comprimée, Le rendement global se détériore en fonction du taux de fonctionnement du compresseur. C'est surtout le volume d'eau actif du circuit qui doit être suffisant. Une durée minimale de fonctionnement du compresseur de 5 minutes est recommandée.

6.7.4. EXIGÉ : Quel que soit le nombre de compresseurs déjà en fonctionnement, le démarrage du compresseur supplémentaire se fera à puissance minimale. Dans une centrale de compresseurs, il n'y aura démarrage que d'un seul compresseur à la fois. Le temps minimal entre 2 démarrages de compresseur sera de 2 minutes.

6.7.5. EXIGÉ : Le système de gestion installé permettra à l'exploitant de n'autoriser l'enclenchement de la production d'eau glacée qu'en fonction du dépassement d'un seuil de température extérieure et/ou en fonction de l'horaire d'occupation du bâtiment.

Ceci permet, par exemple, d'éviter ou de limiter le gaspillage par fonctionnement simultané du chaud et du froid, ainsi que d'arrêter le fonctionnement de la machine frigorifique durant le WE.

6.7.6. EXIGÉ : lorsque la production de froid est composée de plusieurs machines frigorifiques, un système automatique empêchera le démarrage simultané des machines. Un décalage minimum de 15 minutes est exigé.

Temporisation à l'enclenchement de la machine supplémentaire et meilleure gestion de la pointe quart-horaire électrique.

6.7.7. EXIGÉ : Si tous les utilisateurs ont une demande variable dans le temps, la régulation de la machine frigorifique permettra un réglage de la température de départ ou de retour de l'eau glacée en fonction des besoins réels du bâtiment.

Exemple : prévoir une production de froid dont la température de départ varie en fonction de la saison (ex : 6° en été, 9°C en mi-saison et 12°C en hiver) permet d'augmenter la température d'évaporation et donc de diminuer la consommation du compresseur (3% de gain par élévation d'un degré, en moyenne). Ce mode de régulation de la machine frigorifique sera idéalement synchronisé avec un choix d'unités terminales à haute température (voir 4.2.1 et 4.3.1, par exemple).

7. Distribution d'eau

7.1. Dimensionnement des tuyauteries

7.1.1. **EXIGÉ : Règle générale** : La conception du réseau de distribution sera étudiée de manière à limiter la puissance des pompes et circulateurs. Cela signifie limiter les pertes de charge par des circuits les plus courts possibles, rectilignes et véhiculant le fluide à faible vitesse. Le dimensionnement veillera également au bon équilibre entre les différentes branches des circuits.

7.1.2. **EXIGÉ** : Les tuyauteries de distribution seront dimensionnées en tenant compte des règles suivantes :

- pour les diamètres réduits (DN10-20), limiter la vitesse de l'eau à 0,4 m/s pour des raisons acoustiques,
- ne pas dépasser une perte de charge maximale de 120 Pa/m (conseillé, 100 Pa/m) pour les tronçons de diamètre supérieur à DN 20 pour limiter les pertes de charge.
- ne pas dépasser les vitesses de
 - o 1 m/s pour un diamètre inférieur ou égal à DN100
 - o 1,5 m/s pour un diamètre inférieur ou égal à DN150
 - o 2 m/s pour un diamètre supérieur à DN150

En outre, la vitesse de l'eau sera limitée à 0,3 m/s dans le collecteur primaire de manière à éviter les interférences hydrauliques entre les circuits secondaires.

Résumé	
Diamètre de la tuyauterie	Critères de dimensionnement :
> DN 20	◇ "exigé" eau chaude : max 120 Pa/m ◇ "conseillé" pour l'eau chaude, "exigé" pour l'eau glacée : max 100 Pa/m
	Limité par les valeurs maximales :
<= DN 20	Max 0,4 m/s
DN 20 < ... <= DN 100	Max 1 m/s
DN 100 < ... <= DN 150	Max 1,5 m/s
> DN 150	Max 2 m/s
Collecteur primaire	Max 0,3 m/s

On notera que la limitation des pertes de charge a un impact énergétique plus grand en distribution de froid qu'en distribution de chaud. En effet, une partie importante de l'électricité consommée par les circulateurs se retrouve transférée sous forme de chaleur dans l'eau. En froid, il s'agit d'une charge thermique supplémentaire qu'il faut vaincre par la production de froid. Les coûts de pompage doivent donc approximativement être multipliés par 1,3. La réduction de la vitesse de l'eau glacée se justifie encore davantage.

7.2. Isolation des réseaux de distribution

7.2.1. Isolation de la distribution d'eau chaude

7.2.1.1. **EXIGÉ** : Les conduites (tronçons droits, courbes et branchements) suivantes doivent être isolées :

- Toutes les conduites de chauffage se trouvant dans le sol, à l'extérieur ou dans des espaces ne faisant pas partie du volume protégé (volume chauffé) du bâtiment (chaufferie, grenier, sous-sol, ...).
- Toutes les conduites de chauffage se trouvant dans les faux plafonds, les locaux techniques ou les gaines techniques, même si ceux-ci font partie du volume protégé du bâtiment.
- Toutes les conduites de chauffage traversant des locaux où un système de climatisation est prévu.
- Toutes les conduites de chauffage passant dans des locaux du volume protégé mais desservant d'autres locaux et non le local où elles passent. Cette dernière exigence est valable si :
 - o le diamètre de la conduite est supérieur à DN 40,
 - o si la longueur totale des conduites de ce type est supérieure à 6 m,
 - o et surtout si les déperditions des conduites sont telles qu'elles entraînent une surchauffe (donc une surconsommation) du local traversé.

7.2.1.2. **EXIGÉ** : Les réseaux de distribution d'eau de chauffage décrits au point 7.2.1.1. sont munis d'une épaisseur d'isolant respectant les exigences de la norme NBN D30-041.

Les tableaux suivants reprennent pour un type d'isolant et certaines conditions de fonctionnement, les épaisseurs commerciales répondant à ces exigences :

DN	Conduite extérieure (température ambiante : 0°C) Epaisseur d'isolant rapportée à un coefficient de conductivité de 0,04 W/mK [en mm]	
	T° _{eau} : 45 °C (*)	T° _{eau} : 80°C
10	25	40
15	25	40
20	30	40
25	30	50
32	40	50
40	40	50
50	40	50
65	40	60
80	50	60
100	50	80
125	60	80
150	60	80
200	60	80
250	60	80
300	80	100
350	80	100
400	80	100

(*) température équivalente à un fonctionnement en température glissante en fonction de la température extérieure

Conduite intérieure (température ambiante : 15°C) Épaisseur d'isolant rapportée à un coefficient de conductivité de 0,04 W/mK [en mm]		
DN	T° _{eau} : 45 °C (*)	T° _{eau} : 80°C
10	25	30
15	25	30
20	25	40
25	25	40
32	30	40
40	30	50
50	30	50
65	40	50
80	40	60
100	40	60
125	50	60
150	50	80
200	50	80
250	60	80
300	60	80
350	60	80
400	60	80

(*) température équivalente à un fonctionnement en température glissante en fonction de la température extérieure

Dispositions particulières	Épaisseur d'isolant
Tuyaux pour les percements dans les planchers et les murs et pour les croisements	La moitié des exigences ci-dessus
Tuyaux situés dans des éléments constructifs entre locaux chauffés et occupés par des utilisateurs différents	La moitié des exigences ci-dessus
Tuyauteries dans la dalle entre locaux chauffés et occupés par des utilisateurs différents	6 mm
Tuyaux entre locaux chauffés et occupés par le même utilisateur	Aucune

Si l'isolation des tuyauteries est constituée de plusieurs couches successives, celle-ci sera réalisée à joints alternés.

Ces valeurs sont basées sur le niveau d'exigence de la norme NBN D30-041, mais adaptée à des épaisseurs standards d'isolant présentes sur le marché, pour une meilleure lisibilité.

- 7.2.1.3. EXIGÉ :** Les tuyauteries dans lesquelles circulent des fluides à des températures différentes sont à isoler de façon entièrement indépendante. La distance entre les surfaces des calorifuges de tuyauteries isolées juxtaposées est de 25 mm au minimum.
- 7.2.1.4. EXIGÉ :** Lorsque les tuyauteries juxtaposées véhiculent des fluides aux mêmes températures et régime horaire, la distance minimale de 25 mm entre ces tuyauteries n'est pas exigée, et le revêtement des calorifuges de ces tuyauteries peut être commun.
- 7.2.1.5. EXIGÉ :** Pour l'isolation de coudes au moyen de coquilles, on fait usage de coudes spéciaux en forme de coquilles ou, si ceux-ci n'existent pas, on utilise des segments de coquille découpés sur mesure.

- 7.2.1.6. EXIGÉ :** Tous les robinets, filtres, clapets anti-retour, pièce d'assemblage (y compris les brides) de diamètre supérieur à DN40 seront isolés. Seuls les organes de commande resteront découverts. Le calorifuge couvrant les organes à contrôler en exploitation et les organes à démonter pour l'entretien sera amovible. L'enveloppe isolante doit pouvoir être posée et démontée très rapidement sans outil. Elle aura une résistance mécanique suffisante pour supporter de nombreux démontages et poses sans perdre son aspect original et son efficacité.
- L'enveloppe isolante doit entourer entièrement l'élément à isoler et recouvrir le calorifuge de la tuyauterie sur une distance d'au moins 10 cm.
- L'enveloppe isolante aura une résistance thermique minimale de 1,5 m²K/W (équivalente à une épaisseur de laine minérale d'environ 6 cm).

7.2.2. Isolation de la distribution d'eau froide

- 7.2.2.1. EXIGÉ :** Conformément à la norme NBN D30-041, les conduites (tronçons droits, courbes et branchements) suivantes seront isolées :
- Toutes les conduites d'eau glacée,
 - Les conduites d'eau de refroidissement (de et vers les tours de refroidissement) aux endroits où il y a danger de gel.
- 7.2.2.2. EXIGÉ :** L'épaisseur d'isolation sera calculée suivant la norme NBN D30-041 de manière à minimiser les pertes énergétiques et le risque de condensation superficielle.

A titre d'exemple, voici les épaisseurs standards d'un fabricant répondant à ces exigences pour un réseau d'eau glacée, avec un isolant ayant une conductivité thermique de 0,036 W/mK à 0°C et un coefficient d'échange superficiel de 9 W/m²K :

<i>DN</i>	<i>Epaisseur minimale en mm</i>
<i>De 10 à 65</i>	<i>De 13 à 16 mm</i>
<i>De 80 à 150</i>	<i>De 19 à 26 mm</i>
<i>De 150 à 350</i>	<i>De 26 à 32 mm</i>

- 7.2.2.3. EXIGÉ :** Le calorifuge sera entouré d'une barrière pare-vapeur, à moins qu'il ne constitue lui-même cette barrière. L'épaisseur équivalente du frein à la diffusion de la vapeur d'eau (μ d) sera de 65,6 m minimum.
- Tous les joints du pare-vapeur seront rendus parfaitement étanches à l'humidité, aussi bien entre éléments du pare-vapeur qu'entre celui-ci et le tuyau, là où le calorifuge se termine.

L'humidification dans le temps de l'isolant diminue ses propriétés isolantes.
A titre d'exemple un μ d de 65,6 m peut être atteint par un isolant d'épaisseur :

<i>μ de l'isolant</i>	<i>Epaisseur minimale en mm</i>
<i>> 2000</i>	<i>33 mm</i>
<i>> 2500</i>	<i>26 mm</i>
<i>> 3000</i>	<i>22 mm</i>
<i>> 4000</i>	<i>17 mm</i>
<i>> 5000</i>	<i>13 mm</i>
<i>> 7000</i>	<i>10 mm</i>

Pour le recouvrement entre éléments, la NBN D30-041 recommande le placement d'une bande en aluminium auto-collante d'une largeur de 50 mm.

- 7.2.2.4. **EXIGÉ** : Conformément à la norme NBN D30-041, tous les robinets, filtres, clapets antiretour, pièces d'assemblages... seront calorifugés, y compris les brides. Seuls les moteurs des organes de commande restent découverts. On utilise une mousse synthétique souple à cellules fermées et paroi extérieure lisse.

Diamètre de l'élément	Type d'isolation
< DN 20	ruban auto-collant d'une épaisseur minimale de 3 mm enroulé jusqu'à une épaisseur minimale de 9 mm
DN 20 à DN 40	ruban auto-collant d'une épaisseur minimale de 3 mm enroulé jusqu'à une épaisseur minimale de 12 mm
DN 50 à DN 100	boîte constituée de panneaux isolant d'une épaisseur de 18 mm
DN 125 à DN 250	boîte constituée de panneaux isolant d'une épaisseur de 24 mm
DN 300 à DN 500	boîte constituée de panneaux isolant d'une épaisseur de 30 mm

7.3. Circuit primaire

- 7.3.1. **EXIGÉ** : Circuit de réserve : l'emplacement pour un ou plusieurs circuits supplémentaires est à prévoir sur la boucle primaire afin d'éviter des "repiquages" d'installations ultérieures. Le dimensionnement du circuit primaire ne prendra pas en compte le débit probable de ces réserves.

Cela permet de faire ultérieurement des extensions au réseau sans perturber l'ensemble de la distribution et de la régulation.

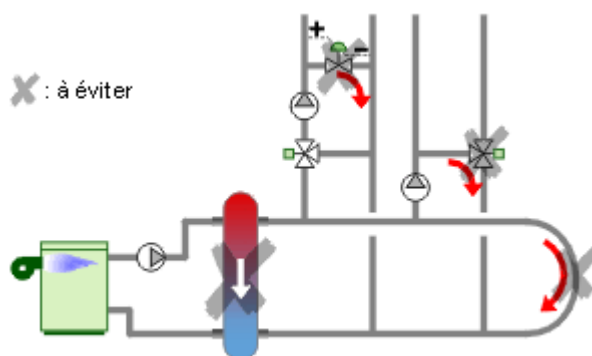
7.4. Circuit hydraulique associé à une chaudière à condensation

- 7.4.1. **EXIGÉ** : En cas de présence d'une chaudière à condensation, le circuit hydraulique et le choix des régimes de température des consommateurs de chaleur seront étudiés pour permettre des températures d'eau de retour minimales.

→ **Objectif 1** : Le circuit hydraulique devra limiter le recyclage direct d'eau chaude du départ de la chaudière vers le condenseur de fumées.

En pratique, le recyclage d'eau chaude via une bouteille casse-pression, un collecteur bouclé, des soupapes de pression différentielle, ... doit être évité.

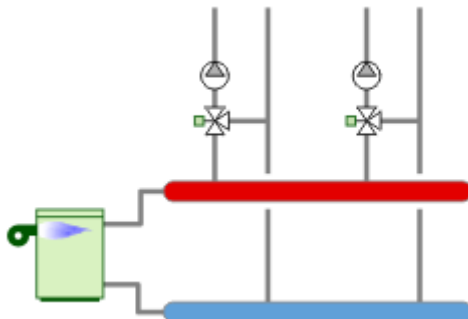
La régulation de la puissance des corps de chauffe et des batteries de chauffage au moyen de vannes 3 voies diviseuses est interdite.



Cumul imaginaire de recyclages d'eau de chaudière à éviter

Exemples d'application :

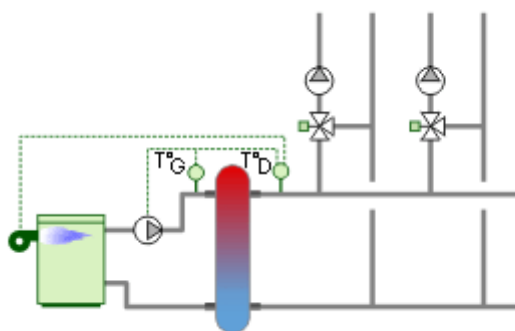
- **Réponse à l'objectif 1** : Une première solution consiste à sélectionner une chaudière avec condenseur en série qui ne demande pas de débit minimal et qui sera raccordée à un collecteur primaire non bouclé.



Collecteur non bouclé

- **Variante 1 dans le cas d'une chaudière demandant un débit minimal** : Le constructeur de chaudières avec condenseur en série dont un débit minimal est à respecter en permanence proposera une solution permettant d'atteindre une performance énergétique identique.

Par exemple, en présence de plusieurs circuits d'utilisateurs fonctionnant à des températures de consigne d'eau différentes, les circuits de la chaudière et les circuits secondaires peuvent être séparés par une bouteille casse-pression et le circuit de la chaudière pourra être équipé d'un circulateur à vitesse variable commandée en fonction de la différence de température de part et d'autre de la bouteille, entre le départ de la chaudière et le départ vers le circuit primaire.



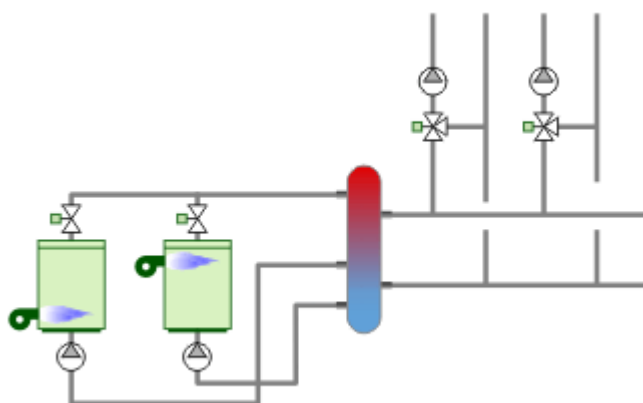
*Commande de la vitesse du circulateur,
afin d'éviter un retour d'eau chaude vers la chaudière*

Par exemple, la régulation de la vitesse du circulateur peut être réalisée comme suit : la vitesse est augmentée si la température en amont de la bouteille ($T^{\circ}G$) est supérieure à la température en aval de la bouteille ($T^{\circ}D$) augmentée de 2 K. Inversement, elle sera diminuée si la $T^{\circ}G$ est inférieure à $T^{\circ}D + 2$ K. De la sorte, on est assuré du fait que l'eau de retour remontera en faible quantité dans la bouteille et que l'eau de chaudière ne sera jamais recyclée.

Lors du dimensionnement d'une telle installation et de la sélection des équipements, le concepteur sera attentif à ce que le débit du circuit de la chaudière soit juste égal à la somme des débits des circuits secondaires.

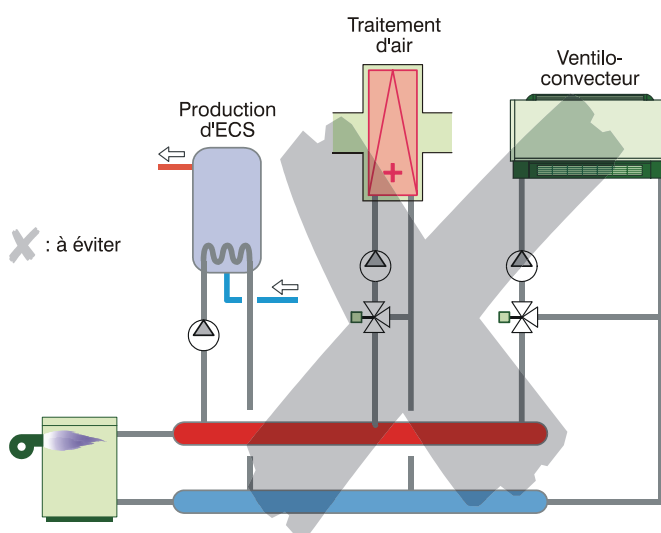
De même, dans le cas d'une chaudière alimentant en direct (sans vanne mélangeuse) un circuit unique équipé de régulations de débit locales (vannes thermostatiques, ...), la soupape de pression différentielle sera remplacée par un circulateur à vitesse variable.

- **Variante 2 dans le cas d'une cascade de chaudières comprenant une chaudière à condensation demandant un débit minimal.** Lorsqu'on est en présence de plusieurs chaudières dont une comprend un condenseur en série et demande un débit minimal, le raccordement du retour vers les chaudières se fera séparément au départ d'une bouteille casse-pression verticale. Le retour vers les chaudières traditionnelles se raccordera plus haut que le retour des circuits secondaires, qui lui-même sera plus haut que le retour vers la chaudière à condensation.



Raccordements distincts des deux chaudières

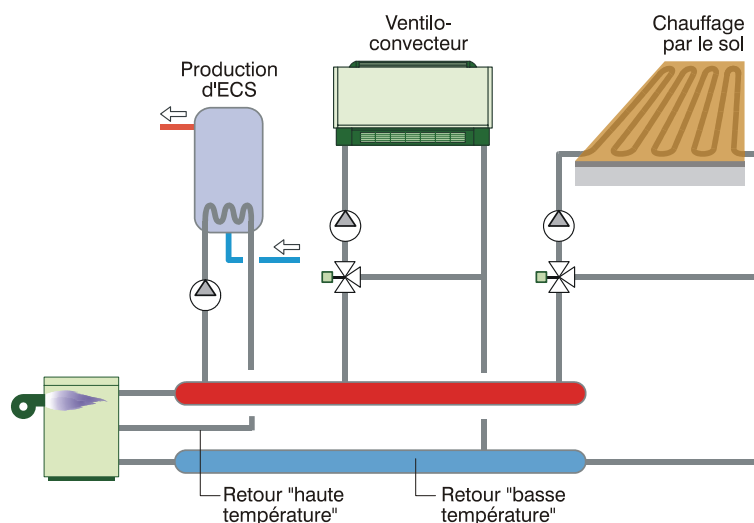
→ **Objectif 2** : Le mélange des retours d'eau chaude venant d'utilisateurs demandant des températures de consigne d'eau fort différentes (circuits radiateurs sur des façades différentes, circuits radiateurs et chauffage par le sol, circuits avec production d'eau chaude sanitaire) doit être évité.



Mélange à éviter de retours à différentes températures

- **Réponse à l'objectif 2** : Une solution consiste à favoriser l'emploi d'un condenseur raccordé en parallèle (condenseur séparé de la chaudière ou chaudière avec condenseur intégré comprenant 2 retours, un pour les basses températures et un pour les hautes températures). Le condenseur sera alors raccordé sur un circuit alimenté par

le ou les circuits secondaires ayant les retours à la température la plus faible. La puissance de ces circuits doit au minimum être de 15% de la puissance de l'ensemble des circuits.



Utilisation de chaudières à deux retours

7.4.2. EXIGÉ : L'auteur de projet vérifiera que le circuit hydraulique ne soit pas en contradiction avec exigences du fabricant de la chaudière en matière de débit acceptable par celle-ci.

7.5. Auxiliaires de distribution

7.5.1. Circulateurs

7.5.1.1. CONSEILLÉ : Ordre de grandeur : la puissance électrique absorbée par l'ensemble des circulateurs d'une installation de distribution performante à leur point de fonctionnement théorique sera voisine du millième de la puissance utile totale des chaudières. Dépasser deux millièmes peut être synonyme d'installation énergivore.

Il s'agit ici d'un ratio indicatif et non d'une exigence stricte. En effet, un dépassement du ratio signifie que :

- soit les pertes de charge du circuit sont trop importantes,
- soit le circulateur est surdimensionné,
- soit le circulateur choisi a un rendement particulièrement mauvais.

L'auteur de projet assurera la qualité du circuit et vérifiera de la qualité de la sélection de l'équipement par l'installateur.

7.5.1.2. EXIGÉ : En chaud comme en froid, dans le cas d'unités terminales, de batteries ou de circuits secondaires équipés d'une régulation du débit (régulation par vannes thermostatiques, vannes 2 voies modulantes), la régulation de la pression se fera au moyen d'un circulateur à vitesse variable et non d'une soupape de pression différentielle. Le circuit hydraulique primaire d'eau glacée sera conçu pour assurer, au niveau de l'évaporateur du groupe frigorifique, le débit minimal imposé par le fabricant.

Cette clause n'est pas d'application lorsque l'installation est composée d'un circuit unique (un seul ensemble de pompes) distribuant l'eau dans les évaporateurs et vers les consommateurs : même avec des distributions à débits variables vers les consommateurs, les pompes resteront alors à débit constant.

- 7.5.1.3. EXIGÉ :** Un circulateur sera choisi et réglé in situ de telle sorte qu'il fournisse le débit nominal calculé. Ce débit ne pourra être obtenu au moyen d'une vanne de réglage.

Cela implique le placement d'un circulateur à vitesse variable ou d'une pompe dont la roue peut être adaptée sur chantier.

Le placement d'un circulateur à vitesse variable permet une adaptation directe de la vitesse et du débit nominal du circulateur sans recourir à une vanne de réglage complémentaire. On évite ainsi le surdimensionnement et la surconsommation électrique liée au choix imprécis d'un circulateur à une ou plusieurs vitesses. Cette possibilité de réglage de la vitesse nominale justifie à elle seule le choix d'un circulateur à vitesse variable, même si l'installation travaille à débit constant.

Les possibilités de réglage ne dispensent cependant pas d'un dimensionnement correct. Le calcul des pertes de pression doit toujours être réalisé avec soin afin d'éviter qu'un circulateur surdimensionné ne fonctionne, dans les conditions nominales à un débit trop partiel, pénalisant la plage de variation utile du débit lorsque celui-ci doit varier en fonction des besoins.

- 7.5.1.4. EXIGÉ :** Un circulateur sera choisi pour que son point de fonctionnement se situe dans sa zone de rendement maximal.

- 7.5.1.5. CONSEILLÉ :** Si le circuit alimenté par le circulateur est à débit variable (présence d'une régulation de débit (vannes thermostatiques, vannes 2 voies modulantes, ...), le circulateur sera choisi de telle sorte que son rendement maximal se situe aux environs de 70% du débit nominal, pour se rapprocher des caractéristiques moyennes du réseau de distribution en fonctionnement.

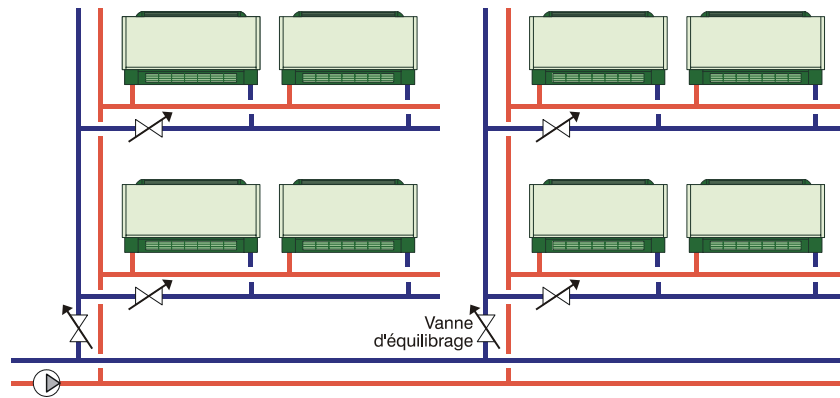
La valeur ne correspondra jamais à la réalité de chaque situation particulière. Mais il est impossible de définir une valeur précise. En choisissant 70%, on est certainement plus proche de la situation réelle en fonctionnement qu'en choisissant le circulateur pour ses performances au débit nominal.

- 7.5.1.6. EXIGÉ :** Les circulateurs à rotor noyé seront munis d'une coquille isolante prévue par le fabricant de circulateurs.

- 7.5.1.7. EXIGÉ :** Lorsqu'un circuit de distribution d'eau chaude ou froide n'est plus en demande, son circulateur doit pouvoir être mis à l'arrêt automatiquement, par exemple en fonction de la fermeture des vannes de régulation du circuit, en fonction d'une consigne de température extérieure ou en fonction d'un horaire.

7.5.2. Organes d'équilibrage

- 7.5.2.1. EXIGÉ :** Lorsqu'un circulateur ou une pompe dessert un circuit composé de plusieurs branches, chacune de ces branches doit comporter un organe d'équilibrage. Préalablement à son installation, l'auteur de projet en aura défini la position de réglage par calcul. Après mise au point, un organe d'équilibrage au moins sera totalement ouvert.



Les organes d'équilibrage sont d'abord nécessaires pour répartir correctement des débits entre les différentes branches du circuit. Ils constituent aussi le meilleur moyen de mesurer le débit circulant réellement dans l'installation et permettent un réglage correct de la hauteur manométrique de référence des circulateurs à vitesse variable.

7.5.2.2. EXIGÉ : Chaque unité terminale sera équipée d'un organe d'équilibrage.

8. Traitement de l'air

Définition : Un groupe de traitement d'air a pour mission de donner à l'air distribué les caractéristiques thermiques et hygiéniques nécessaires au confort des occupants. Il peut s'agir d'un groupe servant uniquement au traitement de l'air hygiénique de ventilation ou d'un groupe, composant d'un système de climatisation à air qui garantit les exigences de climat intérieur prescrites par la programmation. Dans le premier cas, les clauses reprises ici viennent en complément des exigences du chapitre 1 et dans le deuxième cas, en complément des exigences du chapitre 5.

Un groupe de traitement d'air peut comprendre tout ou partie des équipements suivants :

- un système de registres modulants AN/AR,
- un filtre,
- une batterie de préchauffe,
- une batterie de refroidissement,
- une batterie de chauffe,
- un système de récupération de chaleur,
- un système d'humidification.

En absence d'un équipement, les clauses s'y rapportant ne sont évidemment pas d'application.

8.1. Filtres

- 8.1.1. **EXIGÉ :** La perte de charge initiale du filtre en utilisation sera la plus basse possible et ne dépassera pas les valeurs suivantes.

Classe de filtre (suivant les normes NBN EN 779 et NBN EN 1822)	Perte de charge initiale maximale au débit d'utilisation ΔP_i [Pa]
G1, G2	40
G3, G4	50
F5	80
F6	100
F7	150
F8, F9	180
H10 à H14	250
U15 à U17	250

Le filtre choisi aura également la perte de charge finale, conditionnant le remplacement du filtre et recommandée par le fabricant, la plus faible possible.

- 8.1.2. **EXIGÉ :** Conformément à la norme NBN EN 13053, la valeur de chute de pression du filtre pour le débit volume de conception, considérée pour la sélection du ventilateur doit être égale à la moyenne des pertes de pression initiale (filtre propre) et finale (filtre couvert de poussière), sauf pour certains cas spécifiques (exigences hygiéniques particulières) pour lesquels le débit nominal constant est à garantir jusqu'à la perte de charge maximale finale du filtre.

- 8.1.3. **EXIGÉ :** Un manomètre différentiel permettra de lire à tout moment la perte de charge du filtre. Les prises de pression devront autant que possible être localisées dans des zones où le flux d'air est uniforme. La perte de charge choisie pour le remplacement de l'élément

filtrant atteinte est signalée par l'allumage d'une lampe. Le rapatriement de ces données vers une supervision centralisée est également possible.

- 8.1.4. CONSEILLÉ :** Les filtres des groupes G et F seront de préférence du type « à poches » ou de type « compact »

Pour une même efficacité, les filtres à poches et les filtres compacts offrent un coût global (investissement + exploitation) nettement moindre, du fait de leur surface filtrante plus grande.

- 8.1.5. EXIGÉ :** Pour les filtres du groupe F, la surface développée du médium filtrant sera au moins égale aux valeurs suivantes :

Classe de filtre	Surface développée minimale du médium filtrant [m ² pour 1000 m ³ /h]	
	Concentration en poussières de l'air extérieur < ou = 0,1 mg/m ³ (cas de la plupart des villes belges)	Concentration en poussières de l'air extérieur > 0,1 mg/m ³
F5	1,45	2
F6	1,65	2,4
F7	1,85	2,8
F8 et F9 avec préfiltre F7	2,4	3,8

Plus la surface filtrante est grande, pour une même efficacité, moins les pertes de charge sont importantes et plus grande sera la durée de vie du filtre.

- 8.1.6. CONSEILLÉ :** Le choix de la classe de filtre pourra se baser sur les indications suivantes :

Classe	Applications types
G1 ou G2	Cette classe ne sera admise qu'exceptionnellement, par exemple pour les aérothermes d'un garage, où la filtration ne doit pas être très poussée, si des filtres plus fins posent des problèmes de perte de charge
G3 ou G4	Pour les ventilo-convecteurs, on peut admettre ce type de filtres, pour des raisons d'encombrement
F5 ou F6	Locaux où la pureté de l'air pulsé n'est pas primordiale, c'est-à-dire locaux faciles à nettoyer et ne contenant pas d'objets sensibles à la poussière : halls d'exposition, salles de sport, piscines.
F7	Locaux où une pureté suffisante de l'air pulsé est nécessaire pour protéger les revêtements (tapis, papiers peints, ...), les objets exposés à l'air (objets d'art, ...) ou les produits fabriqués : bureaux, salles de conférence, bibliothèques, musées, salles de cours et amphithéâtres dont le matériel doit être protégé, laboratoires, cuisines et restaurants.
F8 ou F9	Locaux où la pureté de l'air revêt une importance essentielle : salles d'ordinateurs, animaleries (animaux sous incubation), hôpitaux (locaux abritant des patients, à l'exclusion des salles d'opération et autres locaux "propres" ou stériles).
H10 à H14	Ce groupe de filtres a une grande efficacité à l'égard des bactéries, de la poussière radioactive ainsi que de la fumée et des aérosols de toute nature. Ces filtres sont utilisés pour des salles à empoussièremement contrôlé : laboratoires exigeant de l'air très pur, salles d'opération ou de stérilisation, salles blanches, centrales nucléaires.
U15 à U17	Ce groupe de filtres au pouvoir séparateur maximal convient à des cas particuliers dans lesquels la pureté de l'air est de la plus haute importance : salles stériles, salles blanches, centrales nucléaires,...

L'installation ne comprendra en principe pas de préfiltre. Celui-ci peut cependant être installés dans les cas suivant :

- les filtres des groupes H et U et à charbon actif seront toujours précédés d'un filtre de classe minimale F7 (sur l'air frais).
- lorsque l'air à filtrer contient des quantités importantes de grosses particules, un préfiltre F5 se justifie.
- un filtre F8 ou F9 en pulsion sera généralement précédé d'un filtre F7 sur l'air frais.

Des filtres trop grossiers vont entraîner la propagation des poussières au travers de l'installation, nuisant aux équipements (augmentation des pertes de charge des batteries) et au confort.

A l'inverse, une classe de filtre trop élevée entraînera aussi des pertes de charges plus importantes.

Un préfiltre grossier n'arrête que les particules grossières très peu présentes dans l'air extérieur. Il a donc une efficacité très limitée, est coûteux et entraîne des pertes de charge importantes. Il est donc à éviter, sauf dans des ambiances particulières.

- 8.1.7. EXIGÉ :** Conformément à la norme NBN EN 13053, les données suivantes doivent être affichées sous une forme clairement visible sur la section de filtrage du caisson de traitement d'air : classe du filtre, type de moyen de filtrage, perte de charge finale.

8.2. Batteries

8.2.1. Vecteur énergétique pour le chauffage de l'air

- 8.2.1.1. EXIGÉ :** Suite au faible rendement de production actuel en centrale électrique, l'utilisation de batteries électriques sera limitée à des appoints décentralisés ou limités dans le temps, dont la consommation, évaluée par un programme de simulation dynamique, est jugée tout à fait marginale (suite à l'isolation élevée des parois et/ou aux apports internes élevés), c'est-à-dire inférieure à 10 kWh/m²/an. Par « m² », on entend, la surface totale brute du bâtiment chauffé. Par contre, l'électricité pourra être valorisée dans une pompe à chaleur pour la récupération d'énergie, par exemple sur l'air extrait.

On sera particulièrement attentif aux batteries de chauffage électrique équipant les unités terminales. Dans de nombreux cas, lors du dimensionnement, on surestime les apports internes. On en déduit que l'appoint de chauffage sera négligeable et que des batteries électriques peuvent se justifier. La pratique montre que les consommations réelles sont souvent plus élevées.

8.2.2. Raccordement hydraulique des batteries de chauffe

- 8.2.2.1. EXIGÉ :** Lorsque la production de chaleur est assurée par une chaudière à condensation, les batteries à eau chaude ne pourront être régulées au moyen d'une vanne 3 voies fonctionnant en division. Seule l'utilisation d'une vanne 2 voies ou d'une vanne 3 voies mélangeuse est permise.

Une vanne diviseuse constitue un by-pass susceptible de provoquer un retour d'eau chaude directement vers le condenseur et en diminue donc les performances.

8.2.3. Bypass des batteries

8.2.3.1. **CONSEILLÉ** : Lorsqu'il est prévu l'utilisation du groupe pour un rafraîchissement nocturne du bâtiment par de l'air extérieur (voir 8.7 6.), les batteries du groupe seront bypassées.

8.2.4. Dimensionnement

8.2.4.1. **CONSEILLÉ** : La perte de charge côté air des batteries doit être limitée au maximum. Il est recommandé de viser la catégorie « faibles pertes de charge » des tableaux suivant (extrait de la pr EN 13779 pour les batteries chaudes) :

Pertes de charge maximales			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Batterie chaude	40	80	120
Batterie froide	100	140	180

Une batterie de chaud ou de froid est choisie pour minimiser les pertes de charge coté "air"; en effet, la consommation du ventilateur sera toujours nettement plus importante que la consommation de la pompe faisant circuler l'eau chaude ou froide.

Bonne pratique : la vitesse frontale de passage de l'air dans les échangeurs devrait rester dans une plage de 2 à 3,5 m/s.

8.2.4.2. **EXIGÉ** : Lorsque le retour d'une batterie chaude est raccordé au circuit du condenseur d'une chaudière à condensation, la batterie sera dimensionnée au régime d'eau 60°C/40°C. Dans les autres cas, la batterie chaude sera dimensionnée pour un régime d'eau de 80°C/60°C ou plus élevé, de manière à limiter les pertes de charge du côté « air » de la batterie.

Augmenter le régime de dimensionnement de la batterie diminue ses pertes de charge du côté de l'air (les pertes de charge doublent du fait de l'augmentation du nombre de rangs et/ou diminution du pas des ailettes).

Cependant, l'augmentation de rendement de la chaudière à condensation grâce à un retour d'eau à 40°C maximum compense largement ces pertes. Le temps de retour du surcoût de la batterie dimensionnée en régime 60°C/40°C (coût supérieur de 30% par rapport au régime 80°C/60°C). varie entre 1 et 6 ans, compte tenu de l'augmentation de la consommation électrique du ventilateur.

Notons que les catégories « faibles pertes de charge » ou « pertes de charge moyenne » sont difficilement atteignables avec des batteries dimensionnées en régime 60°/40°.

8.3. Humidification

8.3.1. Généralité

8.3.1.1. **EXIGÉ** : L'air hygiénique alimentant des locaux à forte production d'humidité (restaurants, cafétéria, ...) ou des locaux à occupation occasionnelle (archives, ...), ne pourra être humidifié.

L'humidification est inutile (donc autant ne pas investir) et elle risque de fonctionner en dehors des périodes d'occupation (en journée dans la cafétéria, par exemple). Cela signifie qu'il faut que ces locaux disposent de leur propre groupe de traitement d'air, indépendant de

la ventilation des locaux demandant une humidification ou que les locaux à humidifier disposent d'une humidification décentralisée sur leur conduit.

8.3.2. Dimensionnement

8.3.2.2. **EXIGÉ** : Le dimensionnement de l'humidificateur sera basé sur les conditions extérieures et intérieures suivantes :

	Température	Humidité relative
Conditions extérieures	Température de base suivant la norme NBN B62-003	90%
Conditions intérieures (locaux sans maintien strict de l'ambiance)	Température intérieure suivant la norme NBN B62-003	40%

Dans des locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou ont activité physique très légère, comme les bureaux, la norme NBN B62-003 recommande de dimensionner les installations pour une température intérieure de 20°C.

8.3.3. Choix de la technologie

8.3.3.1. **CONSEILLÉ** : Suite au faible rendement de production actuel en centrale électrique, l'utilisation d'humidificateurs à vapeur électriques sera limitée aux applications de faible débit ou demandant une qualité d'air très stricte.

Il s'agit d'une utilisation par effet Joule de l'énergie électrique, au tarif de jour, donc une énergie coûteuse et produite avec un mauvais rendement.

8.3.3.2. **CONSEILLÉ** : L'alimentation en eau du système d'humidification sera équipée d'un compteur volumétrique.

La consommation en eau d'un humidificateur est de 10 .. 15 m³ d'eau par an pour un débit d'air neuf de 1000 m³/h. A cette consommation d'eau vient s'ajouter le coût énergétique de l'humidification (25% de la consommation nécessaire pour le chauffage de l'air), le coût de l'adoucissement de l'eau, de l'eau de déconcentration, ... Ces dépenses importantes justifient amplement le suivi du fonctionnement de l'humidification.

8.4. Isolation

8.4.1. **EXIGÉ** : Les parois des groupes de traitement d'air seront isolées. La classe d'isolation du caisson, établie conformément à la norme NBN EN 1886 sera au minimum de :

Type de groupe de traitement d'air	Classe d'isolation minimale suivant la NBN EN 1886	Transmittance thermique minimale U [W/m ² K]
Unité de toiture	T2	0,5 < U <= 1
Autres groupes	T4	1,4 < U <= 2

Ces exigences doivent, le cas échéant, être augmentées pour supprimer tout risque de condensation sur la paroi extérieure du caisson (cas des caissons comprenant une batterie froide et un humidificateur à eau) et sur la paroi intérieure (cas des caissons comprenant un humidificateur à vapeur).

- 8.4.2. EXIGÉ :** La classe de pontage thermique du caisson de traitement d'air sera minimale et ne pourra dépasser la classe TB3, ce qui signifie que le facteur de pontage thermique k_b de l'enveloppe du caisson de traitement d'air, établi conformément à la norme NBN EN 1886 ne pourra être inférieur à 0,6.

8.5. Etanchéité

- 8.5.1. EXIGÉ :** L'étanchéité des caissons de traitement d'air respectera au minimum les classes d'étanchéité, définies selon la norme NBN EN 1886, suivantes :

Classe A	Pour les caissons de ventilation.
Classe B	Pour les caissons de climatisation et pour les centrales de toiture.

- 8.5.2. CONSEILLÉ :** Le respect de ces niveaux d'étanchéité sera mesuré sur chantier suivant les prescriptions des normes EN 1886 et attesté par un procès verbal d'essai conforme à cette norme.

Ces exigences sont supérieures aux exigences de la norme prEN13779

8.6. Récupérateur de chaleur

- 8.6.1. CONSEILLÉ :** Lorsque le traitement de l'air comprend une humidification et si les exigences de qualité d'air admettent un léger risque de contamination de l'air neuf par l'air extrait, les récupérateurs de chaleur de type « régénératif » (régénérateurs statiques ou rotatifs) seront préférés.

Ces récupérateurs (roues, régénérateurs à clapet, ...) permettent une récupération de l'humidité (50 .. 90%), diminuant les coûts liés à l'humidification (investissement dans l'humidificateur et exploitation)..

- 8.6.2. CONSEILLÉ :** Le choix du type de récupérateur de chaleur sera le résultat d'un comparatif technico-économique des différents systèmes possibles, établi sur une année type par le concepteur.

Ce comparatif tiendra compte :

- de la disposition des gaines de pulsion et d'extraction ;
- du risque de contamination admis entre l'air neuf et l'air vicié ;
- du rendement de récupération tant en température qu'en humidité. Le rendement considéré sera établi suivant la norme EN 308 et correspondra au matériel réellement installé ;
- du mode de régulation de la récupération ;
- du risque de givre côté air extrait et du mode de dégivrage appliqué ;
- de la possibilité de réduire la puissance de production de chaud, de froid et d'humidité et de réduire la puissance des batteries de chaud et de froid. Cette possibilité dépend du rendement du récupérateur et de son mode de régulation (régulation modulante ou tout ou rien), de la régulation de vitesse du ventilateur ;
- de la perte de charge supplémentaire du récupérateur et de la consommation électrique qui en résulte ;
- de l'encombrement dû au récupérateur et du surinvestissement qu'il entraîne ;
- du coût du récupérateur.

- 8.6.3. CONSEILLÉ :** La régulation de la récupération de chaleur (par by-pass, par recyclage, par variation de vitesse, ...) sera de préférence modulante. Elle tiendra compte des risques admis de contamination de l'air pulsé par l'air vicié, des possibilités de free cooling en fonction des températures intérieure et extérieure (conformément à l'article 3.2.1.) et du risque éventuel de givre du côté de l'air extrait.

De préférence, la régulation de la récupération sera associée à une régulation de la vitesse du ventilateur (ventilateur à 2 vitesses ou à vitesse variable).

En hiver, lorsque la température extérieure devient négative, il y a risque de givre du récupérateur du côté de l'air extrait (sauf dans le cas des récupérateurs par accumulation). Il faut donc réduire la récupération. Si cette régulation se fait en tout ou rien, il est impossible de réduire la taille des autres équipements de chauffe en tenant compte de la performance du récupérateur. Si, par exemple, le degré de récupération est réduit durant les courtes périodes de dégivrage et que le débit d'air est réduit en conséquence, une diminution de la taille de la batterie de chauffe et de la chaudière peut être envisagée pour tenir compte du récupérateur, améliorant la rentabilité du système.

De même en lorsque des besoins en refroidissement se font ressentir pour des températures extérieures relativement fraîche, il est intéressant de réduire la récupération de chaleur pour profiter au maximum du free cooling. Si on veut réduire la puissance des batteries de chauffe, voire les supprimer, la récupération ne peut pas être mise purement et simplement à l'arrêt en fonction de la température extérieure. Dans ce cas, en fonction de celle-ci l'air neuf, pulsé à trop basse température risque de provoquer un inconfort et imposer le recours à une batterie de chauffe. La régulation doit donc être modulante pour augmenter la période de récupération possible sans utilisation de batterie de post-chauffage.

8.7. Régulation du groupe de traitement d'air

8.7.1. EXIGÉ : Règles générale de non-destruction de l'énergie : Avant émission finale dans le local, et après avoir été refroidi, l'air ne peut être réchauffé par un dispositif générant une consommation d'énergie.

Exemple 1 :

Lorsque le besoin de déshumidifier l'ambiance nécessite d'abaisser très fortement la température de l'air neuf (pour éviter le risque de condensation sur des poutres ou plafonds froids à basse température, par exemple), une alternative à la postchauffe de cet air avec une énergie thermique générant une consommation supplémentaire sera trouvée.

Par exemple :

- soit l'emplacement et la forte induction des bouches autoriseront la pulsion de l'air sans postchauffe,
- soit une postchauffe sera organisée sur base de la récupération de chaleur au condenseur de la machine frigorifique ,
- soit une postchauffe sera organisée sur base de la récupération de chaleur sur l'air extrait,
- ou tout autre moyen.

A titre d'exemple, une augmentation de la température des plafonds froids peut solutionner ce problème, en demandant en parallèle une plus stricte gestion des charges.

Exemple 2 :

Système de climatisation à air : voir 3.1.2

8.7.2. EXIGÉ : Lorsque une batterie de chauffe et une batterie de refroidissement sont commandées en cascade en fonction d'une même sonde de régulation d'ambiance, une plage morte de minimum 2 degrés doit exister entre l'enclenchement du chauffage et l'enclenchement du refroidissement (conseillé : 3 degrés).

Dérogation à la règle générale : les deux mesures ci-dessus ne s'appliquent pas aux locaux avec nécessité d'un respect strict des consignes de température et d'humidité (salles blanches ou salles d'opération, par exemple).

8.7.3. EXIGÉ : Lorsque le groupe est équipé d'un humidificateur de type adiabatique ("laveur d'air") :

- La batterie de préchauffe sera commandée par un régulateur en fonction de l'humidité relative de l'air repris ou de l'air ambiant, sans que l'humidité de l'air pulsé ne dépasse pour autant une valeur limite.
- La batterie de post-chauffe sera commandée en fonction de la température de pulsion ou de la température ambiante ou de la température de reprise.
- La batterie de refroidissement sera également commandée en fonction de la température de pulsion ou de la température ambiante ou de la température de reprise.

Cette dernière clause ne sera pas d'application lorsque le besoin de déshumidifier l'ambiance nécessite d'abaisser très fortement la température de l'air neuf (pour éviter le risque de condensation sur des poutres ou plafonds froids à basse température, par exemple) et que la post-chauffe est issue d'une récupération de chaleur (voir 8.7.1).

Cette exigence signifie qu'il n'est pas permis de réguler le fonctionnement de la batterie de refroidissement au moyen d'une consigne de point de rosée car, si l'alimentation simultanée du groupe en chaud et en froid est permise, cela entraîne des risques de fonctionnement simultané de la batterie de refroidissement et de postchauffe.

8.7.4. EXIGÉ : Le fonctionnement de l'humidificateur sera asservi à une sonde d'humidité ambiante ou située dans la gaine de reprise commune. Cet asservissement se fera en tout ou rien, de façon modulante ou par palier, en fonction du type d'humidificateur.

Si la température de l'air extrait risque d'être supérieure à la température ambiante (par exemple, si l'extraction se fait au travers des luminaires), la mesure d'humidité dans la gaine de reprise est déconseillée.

La consigne d'humidité sera abaissée au maximum. Une valeur de 40% pour 20°C ambiant est recommandée.

8.7.5. EXIGÉ : Conformément au paragraphe 1.3.1.1., tout groupe de traitement d'air devra pouvoir être mis automatiquement à l'arrêt en fonction d'un horaire d'occupation du bâtiment. Les commandes des groupes de pulsion et d'extraction seront coordonnées. En particulier, l'humidification et l'apport d'air neuf devront pouvoir être arrêtés automatiquement en période d'inoccupation, y compris en période de remise en température du bâtiment. L'arrêt du ventilateur de pulsion sera temporisé par rapport à l'arrêt de l'humidification de manière à ne pas provoquer d'accumulation d'humidité dans le réseau de distribution.

8.7.6. EXIGÉ : La régulation permettra une relance des ventilateurs en période d'inoccupation du bâtiment, dans le but de le rafraîchir. Dans ce cas, les batteries de chaud et de froid, ainsi que l'humidification seront mises à l'arrêt. La mise en marche des ventilateurs et l'ouverture totale des volets d'aspiration de l'air neuf seront commandées en fonction la température intérieure et de la température extérieure.

Par exemple, l'enclenchement se fera à partir de minuit, lorsque la température intérieure dépasse 23°C et que la température extérieure est inférieure d'au moins 6 °C par rapport à la température intérieure. Le déclenchement se fera lorsque la température sera redescendue à 21° et au minimum une heure avant l'arrivée des occupants..

Rappelons qu'à ce moment les unités terminales (ventilo-convecteurs) doivent également être à l'arrêt, ainsi que les pompes de circulation d'eau froide.

8.7.7. EXIGÉ : Lorsque la climatisation est destinée à maintenir un taux d'humidité strict (par exemple dans un central informatique), la régulation de la batterie de refroidissement limitera autant que possible la déshumidification de l'air, par exemple via une température d'eau glacée adaptée aux besoins réels du local. (Voir aussi 4.1.1.1 et 6.2.3).

9. Distribution d'air

9.1. Conduits de distribution

9.1.1. Type de conduit

- 9.1.1.1. CONSEILLÉ :** Lorsque l'encombrement le permet, il est recommandé d'assurer la distribution au moyen de conduits circulaires avec joints doubles aux raccords, de manière à limiter les risques de fuite et à réduire les pertes de charge.

Si on passe d'une gaine circulaire à une gaine rectangulaire dont la rapport des côtés est égal à 4, la perte de charge est augmentée d'environ 30 %.

De plus, ces conduits circulaires permettent d'atteindre les exigences d'étanchéité sans recours à une étanchéification complémentaire, ce qui diminue les coûts de main d'œuvre.

- 9.1.1.2. CONSEILLÉ :** Si des conduits de section rectangulaire sont choisis, le rapport largeur/hauteur doit être le plus proche possible de 1.

Plus le rapport largeur/hauteur du conduit rectangulaire augmente, plus celui-ci sera défavorable au niveau des pertes de charge. Un rapport de plus de 5 :1 doit absolument être évité.

9.1.2. Tracé des circuits et des conduits

- 9.1.2.1. CONSEILLÉ :** Le réseau de distribution sera dessiné de manière à ce que la distance entre le ventilateur et la bouche la plus éloignée soit la plus courte possible.

- 9.1.2.2. CONSEILLÉ :** L'étude du tracé des réseaux de distribution tiendra compte des impératifs liés à la présence éventuelle d'une récupération de chaleur sur l'air extrait.

- 9.1.2.3. CONSEILLÉ :** Les brusques changements de direction ou de section sont à éviter. Le cas échéant, il faudra recourir par exemple à des raccords convergents ou divergents, à d'ailettes directionnelles.

- 9.1.2.4. EXIGÉ :** Chaque branche principale du réseau de distribution comprendra une section droite accessible d'une longueur suffisante pour permettre une mesure de débit à une distance « a » minimale équivalente à $(3 U / 4 A)$ mètres en aval d'une perturbation où :
- a = distance entre la section de mesure et la perturbation amont,
 - U = le périmètre de la conduite,
 - A = la section de la conduite

Cette distance est issue de la norme NBN EN 12599. Elle correspond à une distance « a » ne demandant pas un nombre de points de mesure excessif sur la section, tout en gardant une incertitude de mesure correcte.

9.1.3. Dimensionnement

- 9.1.3.1. EXIGÉ :** La perte de charge dans les tronçons linéaires ne dépassera pas 1 Pa/m et la vitesse ne dépassera pas 7 m/s.

Cette valeur sera respectée également pour les vitesses maximales des réseaux VAV (Volume d'Air Variable) en tenant compte des facteurs de simultanéité, afin que l'économie d'énergie résultant de la modulation des débits d'air ne soient pas détruite par une diminution des sections des conduits.

- 9.1.3.2. CONSEILLÉ :** La perte de charge dans les tronçons linéaires ne dépassera pas 0,5 Pa/m.

Le surcoût entre le niveau « exigé » et « conseillé » (uniquement coût des conduites) est remboursé en 6 ans environ.

- 9.1.3.3. CONSEILLÉ :** La perte de charge des équipements inclus dans la distribution d'air doit être limitée au maximum. Il est recommandé de viser la catégorie « faibles pertes de charge » des tableaux suivant :

Pertes de charge maximales: réseau de pulsion			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Conduits	100	200	300
Batterie chaude	40	80	120
Batterie froide	100	140	180
Silencieux	30	50	80
Bouche de pulsion	30	50	100
Prise d'air extérieur	20	50	70

Pertes de charge maximales: réseau d'extraction			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Conduits (y compris bouche)	100	200	300
Grille extérieure	20	40	60

9.1.4. Isolation

- 9.1.4.1. EXIGÉ :** Conformément à la norme NBN D30-041, tous les conduits d'air neuf (avant traitement) et d'air pulsé (après traitement) seront calorifugés.

L'isolation des conduits d'air neuf se justifie par les risques de condensation encourus sur les parois extérieures du conduit et l'isolation des conduits d'air pulsé se justifie pour éviter le refroidissement significatif de l'air transporté depuis la sortie du groupe jusqu'au local à chauffer (surtout si le conduit traverse des locaux non chauffés).

- 9.1.4.2. EXIGÉ :** Les conduits d'air extrait raccordés à un récupérateur de chaleur et les conduits d'air recyclé seront isolés s'ils traversent des locaux non traités ou s'ils sont insérés dans une trémie en contact avec l'extérieur.

9.1.4.3. EXIGÉ : Conformément à la norme NBN D30-041, le calorifuge des conduits aura une résistance thermique minimale de :

Type de conduit	Résistance thermique minimale [m ² K/W]	Epaisseur approximative de laine minérale [cm]
Conduits d'air pulsé, d'air extrait et d'air recyclé soumis aux influences extérieures ou situés dans des espaces non chauffés dont la température peut descendre sous 10°C.	1,5	6
Conduits d'air pulsé, d'air extrait et d'air recyclé non soumis aux influences extérieures	0,65	2,6
Conduits d'air neuf (pour éviter la condensation)	0,5	2

9.1.4.4. EXIGÉ : L'isolation des conduits par l'intérieur n'est pas autorisée.

Les conduits isolés intérieurement, une rugosité 1,5 à 2 fois supérieure aux conduits en acier galvanisé, ce qui augmente les pertes de charge. Un recouvrement de protection n'est pas une garantie suffisante de non déplacement de fibres (déchirure durant la pose, vieillissement, ...) et le nettoyage des conduites est impossible.

9.1.4.5. EXIGÉ : Le calorifuge en laine minérale isolant les conduits d'air neuf ou pulsant de l'air froid ou refroidi sera entouré d'une feuille d'aluminium et d'un treillis de renforcement. Ce revêtement aura une épaisseur équivalente de diffusion μd de 1312 m. Tous les joints seront rendus parfaitement étanche à l'humidité au moyen d'une bande en aluminium autocollante d'une largeur minimale de 50 mm.

Sur base de la NBN D30-041.

9.1.5. Etanchéité

9.1.5.1. EXIGÉ : L'étanchéité des réseaux de distribution d'air devra au minimum respecter les classes d'étanchéité suivantes, définies par les normes NBN EN 12237 (conduits circulaires en tôle) et prEN 1507 (conduits rectangulaires en tôle) :

Classe A	- pour les conduits apparents situés dans les locaux qu'ils desservent et pour lesquelles la différence de pression relative avec l'ambiance ne dépasse pas 150 Pa.
Classe B	- pour les conduits non situés dans les locaux qu'ils desservent, pour les conduits non apparents et pour les conduits pour lesquelles la différence de pression relative avec l'ambiance dépasse 150 Pa. - pour tous les conduits d'extraction pouvant être soumis à une surpression à l'intérieur du bâtiment, à l'exception des locaux techniques
Classe C	- à étudier au cas par cas. Par exemple, si la pression dans le conduit est exceptionnellement élevée et si les inétanchéités peuvent avoir des conséquences sur la qualité de l'air ambiant, sur le maintien de conditions strictes de pression ambiante ou sur le fonctionnement du système de ventilation.

Le respect de ces niveaux d'étanchéité devra être mesuré sur chantier suivant les prescriptions des normes EN 12237 et prEN 1507 et attesté par un procès verbal d'essai conforme à ces normes. Un simple contrôle visuel est cependant suffisant dans le cas de conduits circulaires avec raccords équipés de joints.

Une vérification par test sur un tronçon dès le départ du chantier permet d'éviter la généralisation d'un défaut de mise en œuvre.

9.2. Ventilateurs

9.2.1. Type de ventilateur

9.2.1.1. EXIGÉ : Les ventilateurs centrifuges équipés d'aubes inclinées vers l'avant ne sont tolérés que pour des débits d'air inférieurs à 3000 m³/h et une pression totale inférieure à 600 Pa. Les ventilateurs de désenfumage ne devant fonctionner qu'épisodiquement ne sont pas concernés par cette exigence.

Les ventilateurs à aubage arrière ont un bien meilleur rendement que les ventilateurs à aubage avant.

Un exemple calculé sur base de 2 ventilateurs (pulsion/extraction) véhiculant 4320 m³/h sous 1500 Pa (1000 à la pulsion et 500 à l'extraction) montre que le surcoût du ventilateur à aubes arrières (rend = 84%, rend gl = 64%) de 225 €/ventilateur par rapport à un ventilateur à aubes avant (rend = 67%, rend gl = 51%) est remboursé en 2,6 ans par les économies (170 €/an), sachant que l'installation ne tourne que 2600 h/an, qu'une partie de la consommation électrique est récupérée sous forme de chaleur dans l'air neuf à chauffer et que l'air est uniquement réchauffé (le gain serait encore plus rapide si l'air était refroidi en été).

Autre exemple : 2 ventilateurs (pulsion/extraction) véhiculant 3000 m³/h sous 600 Pa montre que le surcoût du ventilateur à aubes arrières (rend = 73%, rend gl = 51%) de 157 € par rapport à un ventilateur à aubes avant (rend = 61%, rend gl = 43%) est remboursé en 3,7 ans par les économies (43 €/an), sachant que l'installation ne tourne que 2600 h/an, qu'une partie de la consommation électrique est récupérée sous forme de chaleur dans l'air neuf à chauffer et que l'air est uniquement réchauffé (le gain serait encore plus rapide si l'air était refroidi en été).

9.2.1.2. CONSEILLÉ : La pression dynamique du ventilateur au point de fonctionnement ne pourra dépasser les valeurs suivantes :

Type de ventilateur	Pression dynamique max (% de la pression totale à fournir)
Centrifuge à aubes avant	20 %
Centrifuge à aubes arrières	10 %

9.2.1.3. EXIGÉ : Les ventilateurs rejetant l'air directement à l'extérieur, tels que ventilateurs hélicoïdes du type mural et ventilateurs de toitures seront, équipés d'un dispositif qui empêche automatiquement l'entrée ou l'évacuation d'air du bâtiment à l'arrêt de l'appareil.

9.2.1.4. CONSEILLÉ : Lors du choix du ventilateur, l'installateur proposera une variante basée sur un ventilateur à entraînement direct et équipé d'une régulation de vitesse, en lieu et place d'un ventilateur entraîné par courroies. L'offre comportera une comparaison technico-économique des puissances électriques absorbées.

Cela permet d'éviter les pertes par transmission qui varient de 2 à 13%.

9.2.2. Rendement

Le ventilateur centrifuge aura un rendement aéraulique (rapport de la puissance utile fournie à l'air à la puissance transmise à l'axe du ventilateur) minimal de :

Débit Q [m ³ /h]	Rendement	Rendement CONSEILLE
	EXIGE	
Q > 20.000	80 %	82 %
20.000 > Q > 10.000	78 %	80 %
10.000 > Q > 6.000	75 %	77 %
6.000 > Q > 3.000	70 %	72 %
Q < 3.000	60 %	60 %

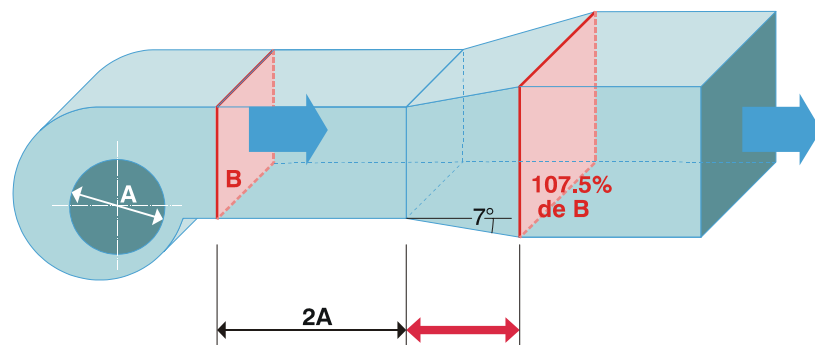
Ces rendements seront obtenus au point de fonctionnement.

Pour les ventilateurs à débit variable, cette performance sera vérifiée pour deux points de fonctionnement : débit maximal et 60% de celui-ci.

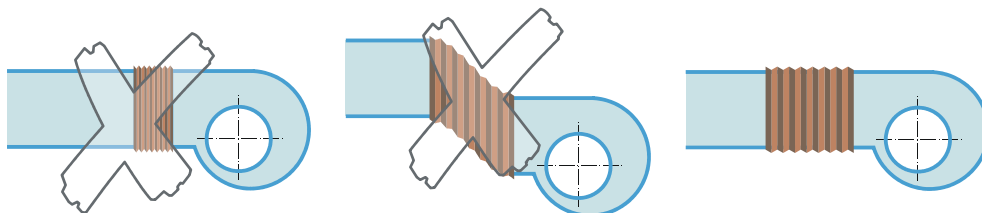
Pour les ventilateurs dont le circuit d'air comprend un filtre, tous les points de fonctionnement, du filtre propre au filtre sale seront envisagés.

9.2.3. Installation

- 9.2.3.1. **EXIGÉ** : Le raccord entre la sortie du ventilateur et un réseau de distribution ne peut entraîner un brusque changement de section. La section du réseau raccordé doit être comprise entre 87,5 % et 107,5 % de la section de sortie du ventilateur et l'angle du raccord ne peut dépasser 15° pour un convergent et 7° pour un divergent. L'éventuelle pièce de transformation nécessaire, ainsi que tout changement de direction doit être placé à une distance du ventilateur supérieure à deux fois le diamètre de sa roue.



- 9.2.3.2. **EXIGÉ** : Les manchettes souples de raccord du ventilateur au réseau de distribution ne peuvent pas être montées de manière comprimée ou décentrée.



Tout changement de section ou de direction constitue une perte de charge singulière. De plus, si un brusque changement de section apparaît à la sortie du ventilateur, la pression dynamique disponible à la sortie (dépendant de la vitesse du fluide) est totalement perdue et non transformée en pression statique, à cause de l'absence de contraction des veines d'air. Cette perte de pression dynamique constitue une perte de charge supplémentaire du caisson.

9.2.3.3. EXIGÉ : Lorsque l'ouïe d'aspiration d'un ventilateur est placée le long d'une paroi plane (paroi d'un caisson de traitement d'air), la distance à la paroi sera au moins égale au diamètre d'ouïe d'aspiration.

9.2.3.4. CONSEILLÉ : Dans le cas de transmission par courroies, il est fait usage d'un minimum de 2 courroies par commande, le fonctionnement étant assuré avec (n-1) courroies. On veillera cependant à limiter au maximum le nombre n de courroies et on favorisera le choix de poulies de grand diamètre, de manière à obtenir le meilleur rendement de transmission.

Un diamètre important entraîne une surface de frottement de la courroie élevée et donc diminue le risque de glissement.

9.2.4. Régulation

9.2.4.1. EXIGÉ : Lorsque le mode de régulation de l'installation de traitement d'air prévoit une régulation du débit d'air véhiculé par un ventilateur, celle-ci se fera de préférence par gestion de la vitesse de rotation du ventilateur (en continu ou par pallier). L'utilisation d'aubages de prérotation pour les ventilateurs centrifuges, ou la gestion de l'angle de calage des aubes pour les ventilateurs hélicoïdes, sont également permis. La régulation par étranglement ou by-pass n'est pas admise.

9.3. Clapets de commande

9.3.1. EXIGÉ : Les clapets d'isolement ("tout ou rien") seront construits pour garantir une perte de charge minimale à pleine ouverture ainsi qu'une répartition optimale de flux d'air sur les composants en aval du clapet.

9.3.2. EXIGÉ : Les servo-moteurs des clapets de commande seront équipés d'un relevé de position permettant un contrôle permanent du bon fonctionnement de la régulation. Le cas échéant, cette donnée pourra être contrôlée au niveau du système de gestion centralisée.

9.4. Bouches de distribution

9.4.1. Bouches de pulsion et unités terminales

9.4.1.1. EXIGÉ : Chaque bouche de pulsion sera munie d'un dispositif de réglage du débit simple et efficace, d'un type entraînant un minimum de modification dans la direction des filets d'air. Ce dispositif sera destiné à être réglé et calé en position après placement de la bouche, mais doit rester réglable pour permettre d'équilibrer les débits des différentes bouches. Les dispositifs de manœuvre seront tels que l'indication du sens et du degré d'ouverture et de fermeture soit claire et que le personnel chargé du réglage puisse facilement repérer la position des dispositifs de réglage et les caler dans la position voulue.

- 9.4.1.2. CONSEILLÉ :** Dans un réseau de distribution d'air au sein duquel des bouches sont susceptibles d'être fermées, par exemple en fonction de l'occupation, une solution se trouve pour garantir le maintien du débit au travers des bouches restées ouvertes. Par exemple : organe auto-réglable placé sur chaque bouche, variation de vitesse du ventilateur en fonction de la pression dans le réseau de distribution.

Cette recommandation a pour but de maintenir automatiquement un débit constant dans les bouches restées ouvertes.

Pour les petites installations ou lorsque la probabilité de fermeture simultanée de bouches est faible, de tels systèmes peuvent être évités si une vérification est faite que l'augmentation de pression différentielle aux bouches restées ouvertes ne perturbe pas leur fonctionnement et que le débit de fuite des bouches fermées soit suffisamment faible et n'entraîne pas de sifflement gênant

- 9.4.1.3. EXIGÉ :** Lorsque le refroidissement de l'ambiance est assuré par des appareils indépendants du réseau d'amenée d'air hygiénique (refroidissement par ventilo-convecteurs, climatiseurs locaux,...), les bouches seront choisies de telle sorte que la température de pulsion puisse être abaissée le plus bas possible, sans créer d'inconfort. La température de pulsion sera la plus faible possible et, en tous les cas, égale ou inférieure à 16°C. Le gestionnaire de l'installation sera informé de la température maximale de pulsion qu'il devra respecter.

Cette exigence permet de valoriser au maximum le pouvoir rafraîchissant de l'air extérieur en mi-saison et de limiter les périodes où l'air neuf doit être préchauffé alors que l'ambiance est refroidie.

Des simulations effectuées sur un bâtiment de bureaux ont montré qu'abaisser la température de pulsion d'air de ventilation à 16°C au lieu de 21°C, en période de refroidissement permettait de diminuer la demande thermique totale (chaud+froid) de 10%.

- 9.4.1.4. EXIGÉ :** Le concepteur étudiera la disposition des entrées et sorties d'air du local et le choix du type de bouche, de telle manière que l'ensemble de la zone d'occupation soit correctement balayé par le flux d'air.

- 9.4.1.5. CONSEILLÉ :** La perte de charge des bouches doit être limitée au maximum. Il est recommandé de viser la catégorie « faibles pertes de charge » du tableau suivant :

Pertes de charge maximales			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Bouche de pulsion	30	50	100

Cette performance (extraite de la pr EN 13779) garantit simultanément une faible nuisance sonore.

9.4.2. Prise d'air neuf

- 9.4.2.1. EXIGÉ :** La prise d'air neuf sera munie d'un treillis à mailles empêchant le passage des feuilles, oiseaux, gros insectes, ... Ce treillis sera composé de lanières d'une épaisseur maximale de 0,5 mm, formant des mailles de maximum 5 mm de côté.

Cette exigence n'est pas anodine en matière d'énergie. Un grillage de fils ronds de 1 mm de diamètre crée une perte de puissance trois fois supérieure à un grillage composé de fils de 0,5 mm.

- 9.4.2.2. CONSEILLÉ :** La perte de charge des prises d'air extérieur (incluant les ventelles et le treillis) doit être limitée au maximum. Il est recommandé de viser la catégorie « faibles pertes de charge » du tableau suivant (extrait de la pr EN 13779) :

Pertes de charge maximales			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Prise d'air extérieur	20	50	70

9.5. Silencieux

- 9.5.1. CONSEILLÉ :** La perte de charge des silencieux inclus dans la distribution d'air doit être limitée au maximum. Les silencieux de section circulaire seront préférés aux silencieux de section rectangulaire et il est recommandé de viser la catégorie « pertes de charge faibles » du tableau suivant (extrait de la pr EN 13779) :

Pertes de charge maximales			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Silencieux	30	50	80

10. Corps de chauffe statiques

10.1. Dimensionnement

- 10.1.1. EXIGÉ :** Le dimensionnement des corps de chauffe se fera sur base d'une température de retour maximale de 60°C.

Travailler à plus basse température au niveau des radiateurs permet d'augmenter les performances des chaudières à condensation.

Par exemple, pour des radiateurs en raccordement bitube, le régime de température d'eau de 80°/60° est au minimum exigé au lieu de 90°/70°.

Un surdimensionnement plus important des radiateurs (par exemple, un dimensionnement en régime 70°/50°) favoriserait encore plus la condensation mais génère un surinvestissement difficilement rentable (un radiateur dimensionné en régime 70°/50° coûte environ 69% plus cher qu'un radiateur dimensionné en 90°/70°). Dimensionner les radiateurs en régime 80°/60° est donc suffisant, d'autant que le calcul traditionnel entraîne déjà souvent un surdimensionnement, que les apports internes et externes ne sont pas pris en compte,...

10.2. Emplacement

- 10.2.1. EXIGÉ :** Un radiateur ne pourra être placé devant une paroi extérieure ayant un coefficient de transmission thermique U supérieure à 1 W/m²K.

Pour empêcher la présence d'un radiateur devant une paroi vitrée.

- 10.2.2. EXIGÉ :** Un chauffage par le sol ne pourra être installé dans un local situé au dessus de la terre ou d'un local non-chauffé que si la résistance thermique de la paroi comprise entre le corps de chauffe et l'extérieur (sol, air, local non chauffé, ...) est supérieure à 2,86 m²K/W. On entend par résistance thermique de la paroi, la somme des résistances thermiques de toutes les couches composant le plancher sous les tuyaux de chauffage et de la résistance de transfert de la surface extérieure du plancher. Cette dernière sera prise égale à :
- 0,17 m²K/W vers les locaux non chauffés,
 - 0,04 m²K/W vers l'air extérieur,
 - non prise en compte vers le sol.

Avec cette règle, la perte de chaleur vers le bas du chauffage par le sol est de l'ordre de 8..9% de la puissance totale émise.

11. Suivi des installations

- 11.1. EXIGÉ :** Si la surface traitée dépasse 400 m², un ou des dispositifs permettront de mesurer la température intérieure d'au moins un local témoin représentatif par partie de réseau de distribution.
- 11.2. EXIGÉ :** Si la surface climatisée dépasse 400 m², un ou des dispositifs permettront de suivre les consommations électriques de climatisation.
- 11.3. CONSEILLÉ :** Si l'installation est susceptible de desservir des zones de bâtiment occupées par des propriétaires ou des locataires différents, il doit être possible de mesurer les consommations thermiques et électriques propre à chacune de ces zones (exemple : placement d'un compteur d'énergie thermique sur l'eau chaude et l'eau glacée).

Cette mesure qui paraît coûteuse est pourtant souvent d'application dans le logement. Pourquoi pas dans le tertiaire ?

- 11.4. CONSEILLÉ :** Au-delà d'une puissance frigorifique de 150 kW, la centrale de production de froid avec évaporateur à eau sera munie d'un dispositif permettant de mesurer en permanence leurs performances : compteur d'électricité sur l'alimentation de la machine et compteur d'énergie entre l'entrée et la sortie du réseau d'eau glacée.
- 11.5. EXIGÉ :** Au minimum, l'emplacement de ces équipements sera prévu dès l'origine (présence de doigts de gant sur les circuits départ/retour de l'évaporateur et une partie démontable sur le circuit de manière à y insérer un compteur d'eau), permettant alors leur intégration aisée par la société chargée de l'exploitation.

Il s'agit là d'un outil d'exploitation très utile, le gestionnaire pouvant exiger un respect du coefficient de performance de la machine au sein du cahier des charges de maintenance. Dès 2006, les machines frigorifiques feront d'ailleurs l'objet d'une évaluation de la performance en exploitation, d'après la nouvelle Directive Européenne en matière d'Evaluation de la Performance Energétique.

Avec un tel outil de mesure, il sera également possible de suivre l'évolution de la charge du bâtiment (en fonction du climat), de mieux gérer un délestage de pointe quart-horaire, de facturer les charges des locataires, d'évaluer la réserve de puissance lors d'une extension de bâtiment, ...

- 11.6. CONSEILLÉ :** Le(s) compresseur(s) de la machine frigorifique seront équipés d'un compteur d'heure de fonctionnement.

Un compteur d'heures permet (pour peu qu'un relevé régulier soit effectué) de repérer la présence d'un dysfonctionnement comme :

- *l'ajustement des heures de fonctionnement entre les compresseurs*
- *le manque de fluide frigorigène,*
- *l'encrassement des échangeurs (condenseur et évaporateur),*
- *le mauvais état du compresseur.*

- 11.7. CONSEILLÉ :** En vue de faciliter le suivi des équipements, le constructeur de la machine frigorifique mentionnera, parmi les spécifications techniques, l'écart de température entre la température de condensation et la température d'entrée du fluide refroidisseur (air ou eau). Pour le fonctionnement nominal dans l'évaporateur (température et débit d'eau), cet écart sera donné pour plusieurs températures du fluide refroidisseur et plusieurs niveaux de charge thermique.

L'évaluation de la performance de la machine durant son exploitation sera grandement facilitée par ces données (encrassement éventuel des échangeurs, dégradation du compresseur, etc.).

12. Préparation de la mise en service

- 12.1. EXIGÉ :** Lors de la réception de l'installation, il sera fourni :
- un dossier technique descriptif (plans, schémas, notice des appareils, paramètres de réglage),
 - les instructions d'utilisation compréhensibles par une personne non spécialisée,
 - les instructions de maintenance (précisant notamment les conditions de garantie)

- 12.2. CONSEILLÉ :** Un personnel technique désigné par le maître d'ouvrage suivra une formation dispensée par l'auteur de projet (information sur les différents systèmes mis en œuvre) et par la société de régulation (gestion des équipements). L'apprentissage se fera « in situ » par un formateur qualifié et ayant des aptitudes pédagogiques. La formation en régulation comprendra :

- a. l'apprentissage de la lecture et du paramétrage des régulateurs locaux et centralisés,
- b. des exercices pratiques, simulations et réponses aux diverses questions posées.

L'ensemble de la formation sera résumé dans un syllabus pouvant servir de mode d'emploi des équipements (différent d'une compilation des notices techniques des équipements).



>> Toute l'information sur l'énergie en Wallonie sur <http://energie.wallonie.be> (publications, services d'aide, outils techniques, actualités, séminaires, aides financières, ...).



Le REactif, un Trimestriel gratuit d'information sur l'énergie en région wallonne : l'actualité, les nouveautés, des réussites dans l'industrie et le tertiaire, la cogénération et les énergies renouvelables. Abonnement sur <http://energie.wallonie.be>.