

# Thème Confort hygrothermique

Présence du thème dans les référentiels suivants :

HQE BD				HQE B			
Construction	Rénovation	Exploitation Axe B	Exploitation Axe G	Construction	Rénovation	Exploitation Axe B	Exploitation Axe G
x	x	x	x	x	x	x	x

Introduction .....	2
Applicabilité des exigences et nombre de points .....	4
Échelles d'agrégation .....	6
ELABORATION DES BLOCS HOMOGENES (BH) .....	6
AGREGATION DES INDICATEURS PAR BH .....	7
AGREGATION DES BLOCS HOMOGENES .....	7
LOCAUX CARACTERISTIQUES A OCCUPATION AUTRE QUE PASSAGERE .....	8
Exigences .....	9
HYGR I PERFORMANCE EN CONFORT HYGROTHERMIQUE DANS LES BLOCS HOMOGENES (BH) .....	9
HYGR I.1 Performance en confort visuel dans les blocs homogènes (BH) .....	9
Indicateurs de performance du confort hygrothermiques .....	14
INDICATEURS POUR LA FRANCE METROPOLITAINE .....	14
HYGR2.1 Calcul de la performance .....	14
INDICATEURS POUR L'ILE DE LA REUNION .....	38
HYGR2.1-REU Calcul de la performance .....	38
HYGR2.2-REU Temps de dépassement de la plage de confort .....	55
Annexe du Thème Confort hygrothermique : Modalités de calcul de l'indicateur PPD pour la détermination de températures ou de plages de consigne .....	62

# INTRODUCTION

---

La notion de confort hygrothermique est relative à la nécessité de maîtriser les paramètres qui influencent l'équilibre thermique d'un individu par échanges de chaleur et d'eau avec le milieu dans lequel il évolue.

Les paramètres principaux qui influencent le confort sont les suivants :

- la **température résultante** (demié somme de la température de l'air et de la température moyenne de rayonnement);
- la vitesse résiduelle de l'air **au contact des occupants**;
- l'**hygrométrie**, essentiellement dans certains espaces particulièrement sensibles (espaces de baignade notamment) ou en milieu tropical humide ;
- Le **métabolisme énergétique** de l'individu, caractérisé par son niveau d'activité (allongé, assis, debout,...)
- les caractéristiques thermiques de la tenue vestimentaire,

D'autres considérations, telles que la différence de température d'air verticale entre la tête et les pieds provoquée par les gradients de température, la différence de température moyenne de rayonnement entre deux faces opposées de la silhouette, provoquée par les asymétries de rayonnement, ou les courants d'air locaux influencent également la notion de confort même en situation d'équilibre moyen neutre. Elles ne sont cependant pas prises en compte dans ce référentiel.

Les températures de consigne ou plages de températures de confort doivent être adaptées aux différents types de locaux et aux activités qu'ils accueillent.

La maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers constitue un facteur psychologique positif et important dans la perception du confort par chaque individu. Les possibilités de réglages offertes à l'occupant doivent néanmoins rester dans des plages limitées, afin d'éviter les dérives énergétiques dues à des comportements inadaptés (trop fort décalage du point de consigne par exemple)

Le recours à un système de refroidissement dans l'objectif de contrôler les consignes de température dans les locaux notamment en période estivale (i.e. avec un dispositif de régulation pilotant des émetteurs terminaux alimentés par une machine thermodynamique) est fortement consommateur d'énergie.

Il est donc important au préalable de développer une approche bioclimatique de l'enveloppe du bâtiment (compacité, inertie, isolation thermique, ratio et positionnement des surfaces vitrées par orientation, typologie et efficacité des protections solaires, ...) et de trouver des solutions passives, permettant de minimiser le recours à un tel système, tout en répondant aux exigences de confort des occupants.

Ce thème considère deux types de locaux :

- **Les locaux refroidis** : il s'agit des locaux disposant d'un système actif dédié de conditionnement d'air, climatisation ou rafraîchissement, avec consignes de température individuelle ou par zone, permettant de contrôler l'atteinte de la température souhaitée.
- **Les locaux non refroidis** : Il s'agit des locaux ne disposant d'aucun système terminal capable d'apporter directement des frigorifiques au local, ou bénéficiant d'une source de rafraîchissement passive. Sont inclus dans cette catégorie :

- les locaux disposant d'un apport d'air neuf rafraîchi par un système actif sans augmentation du débit d'air neuf hygiénique d'hiver, et sans contrôle terminal de la température atteinte,
- les locaux disposant d'un apport d'air neuf rafraîchi par un système adiabatique ou un échangeur géothermique direct avec ou sans augmentation du débit d'air neuf hygiénique d'hiver, sans contrôle terminal de la température atteinte,
- les locaux disposant d'émetteurs terminaux alimentés par un système de rafraîchissement à très basse énergie (géocooling, climatisation solaire,...), avec ou sans contrôle terminal de la température atteinte
- Les locaux ne disposant d'aucun apport de frigories de quelque sorte que ce soit.

Pour chacun des 4 cas précédents, il convient de distinguer si le local bénéficie ou pas d'un dispositif local d'agitation de l'air permettant d'assurer une vitesse résiduelle au contact des utilisateurs.

Le confort d'hiver en général, et le confort d'été pour les locaux refroidis, sont évalués selon les indicateurs de la norme NF ISO 7730 / NF X 35-203 (PMV - vote moyen prévisible et PPD - pourcentage prévisible d'insatisfaits).

L'évaluation du confort d'été pour les locaux non refroidis est basée sur la méthode de la norme NF EN 16798-1, dont le critère est la température résultante intérieure en fonction de la température extérieure en moyenne glissante.

Pour les opérations situées en zones tropicales humides, l'évaluation du confort s'établit au travers du diagramme de Givoni.

## APPLICABILITE DES EXIGENCES ET NOMBRE DE POINTS

Légende du tableau ci-dessous :

$x^1$  = Applicable uniquement à La Réunion

$x^2$  = Applicable si dans le périmètre des responsabilités

$x^3$  = Applicable si local sensible à l'humidité

$x^4$  = Applicable en Axe Bâtiment si dans le périmètre des responsabilités

$x^5$  = Applicable en locaux en statut mixte ou passif

$x^6$  = Applicable si systèmes présents en statut mixte et passif

$x^7$  = Applicable en statut refroidi et mixte

$x^8$  = Applicable en statut passif

$x^9$  = Applicable en statut refroidi

\* = Exigence HYGR2.2.2-REU applicable en fonction des cas :

$x^{10}$  = Applicable en statut passif

$x^{11}$  = Applicable en statut mixte

$x^{12}$  = Applicable en statut refroidi

BH = Calcul par le système des BH (voir fichier Excel du thème) qui donne le total de points attribué en HYGR1.1.3

Thème	Réf.	Exigences	Niveaux	Points	Neuf	Réno	Expl axe B	Expl axe G
HYGR	1.1.2	Engagement à créer des Blocs Homogènes (BH) et à respecter la règle « Somme des surfaces des BH >= 80% Surface totale des espaces caractéristiques de l'activité à occupation autre que passagère	PR	0	x	x	x	x
HYGR	1.1.3	Performance en confort hygrothermique (nombre de points obtenus)	A à F	0 à 20	x	x	x	x
HYGR	2.1.1	Limitation du facteur solaire pour toutes les baies des locaux à occupation autre que passagère	2	BH	x	x	$x^2$	-
HYGR	2.1.2	Vitesses d'air maximales tolérées en été et en hiver pour les espaces à occupation autre que passagère	2	BH	x	x	x	x
HYGR	2.1.3	Maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers	A / NA	BH	x	x	x	x
HYGR	2.1.4	Dispositions prises pour assurer le contrôle de l'humidité pour des espaces qui y sont sensibles	A / NA	BH	$x^3$	$x^3$	$x^3$	$x^3$
HYGR	2.1.5	Définition/obtention des températures de consigne ou des plages de températures de consigne adaptées aux différents espaces à occupation prolongée	A / NA	BH	x	x	x	x
HYGR	2.1.6a-S	Calcul de la température résultante pour les espaces où c'est un enjeu ( <b>LOCAUX REFROIDIS</b> )	A / NA	BH	x	x	x	-
HYGR	2.1.6b-S	Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu ( <b>LOCAUX NON REFROIDIS AVEC CREATION DE MOUVEMENT D'AIR</b> )	5	BH	x	x	x	-
HYGR	2.1.6c-S	Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu ( <b>LOCAUX NON REFROIDIS SANS CREATION DE MOUVEMENT D'AIR</b> )	5	BH	x	x	x	-
HYGR	2.1.6d-S	Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu ( <b>Pour les opérations situées en zone tropicale humide</b> )	5	BH	x	x	x	-

Thème	Réf.	Exigences	Niveaux	Points	Neuf	Réno	Expl axe B	Expl axe G
EVALUATION APPLICABLE A L'ÎLE DE LA REUNION								
HYGR	1.1.2	Engagement à créer des Blocs Homogènes (BH) et à respecter la règle « Somme des surfaces des BH >= 80% Surface totale des espaces caractéristiques de l'activité à occupation autre que passagère	PR	0	x	x	x	x
HYGR	1.1.3	Performance en confort hygrothermique (nombre de points obtenus)	A à F	0 à 20	x	x	x	x
HYGR	1.1.4-REU-	Dispositions architecturales adaptées au climat et au site (spécifique à La Réunion)	PR	0	x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>	x <sup>1</sup>
HYGR	2.1.1-REU	Limitation du facteur solaire des baies s< Sref sauf incompatibilité justifiée (sécurité...)	4	BH	x <sup>3</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	-
HYGR	2.1.2-REU	Optimiser les protections solaires des parois opaques et ombrage des façades	3	BH	x <sup>3</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	-
HYGR	2.1.3-REU	Assurer une ventilation naturelle efficace protections solaires déployées	4	BH	x <sup>5</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>5</sup>
HYGR	2.1.4-REU	Amélioration de l'efficacité des moyens et des systèmes ou équipements assurant une bonne ventilation de confort en l'absence de refroidissement	A / NA	BH	x <sup>6</sup>	x <sup>6</sup>	x <sup>6</sup>	x <sup>6</sup>
HYGR	2.1.5-REU	MAITRISE DE L'AMBIANCE THERMIQUE PAR LES USAGERS	A / NA	BH	x	x	x	x
HYGR	2.1.6-REU	EN CAS DE REFROIDISSEMENT : VITESSES D'AIR MAXIMALES SI CELA EST PERTINENT POUR L'USAGE_ STATUTS REFROIDI ET MIXTE	2	BH	x <sup>7</sup>	x <sup>7</sup>	x <sup>7</sup>	x <sup>7</sup>
HYGR	2.1.6d-S	Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu (Pour les opérations situées en zone tropicale humide)	00	00	00	00	00	00
HYGR	2.2.1-REU	Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local	5	BH	x <sup>8</sup>	x <sup>8</sup>	x <sup>8</sup>	-
HYGR	2.2.2a-REU*	Statut PASSIF: Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local suivant le scénario d'usage retenu	5	BH	x <sup>10</sup>	x <sup>10</sup>	x <sup>10</sup>	-
HYGR	2.2.2b-REU*	Statut MIXTE: Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local suivant le scénario d'usage retenu	5	BH	x <sup>11</sup>	x <sup>11</sup>	x <sup>11</sup>	-
HYGR	2.2.2c-REU*	Statut REFROIDI: Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local suivant le scénario d'usage retenu	A / NA	BH	x <sup>12</sup>	x <sup>12</sup>	x <sup>12</sup>	-

Le présent thème Confort visuel se compose d'un seul sous-thème performanciel sur la plateforme ISIA (exigences HYGR1.1.1 à 1.1.3 – 1.1.4 pour les opérations à La Réunion - du tableau ci-dessus).

Cependant, pour pouvoir renseigner la plateforme ISIA, il convient au préalable de préparer l'évaluation du thème Confort hygrothermique via un fichier Excel fourni en téléchargement sur la plateforme. Ce fichier Excel comporte des exigences référencées en « HYGR2.n.nn » (lignes HYGR2.1.1 à 2.1.6c du tableau ci-dessus – jusqu'à la ligne HYGR2.2.c pour les opérations à La Réunion) : il s'agit des indicateurs de performance en confort hygrothermique que le fichier Excel permet de combiner, en fonction des espaces évalués et de la phase du projet pour obtenir le score à reporter sur la plateforme ISIA.

# ÉCHELLES D'AGREGATION

---

## ELABORATION DES BLOCS HOMOGENES (BH)

On appelle « bloc homogène » (BH) un ensemble de locaux à occupation autre que passagère présentant des propriétés similaires (exposition, caractéristiques constructives, occupation). Il ne contient pas obligatoirement des locaux contigus.

Pour le confort hygrothermique, les propriétés à prendre en compte pour la définition des blocs homogènes sont les suivantes :

- L'usage des locaux.
- La densité d'occupation et le niveau d'apports internes (équipements, éclairage)
- L'orientation principale de la façade.
- L'homogénéité des surfaces vitrées.
- Les typologies et l'efficacité des protections solaires.
- La présence de dispositifs terminaux d'agitation de l'air.
- L'hygrométrie, essentiellement dans certains espaces particulièrement sensibles (balnéothérapie notamment).
- La maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers.
- Les températures de consigne ou plages de températures de confort qui doivent être adaptées aux différents types de locaux et aux activités qu'ils accueillent.

**POUR L'ILE DE LA REUNION :** Les points suivants sont également à prendre en compte :

- la potentialité en terme de ventilation naturelle (potentielle à l'admission, et à l'extraction)
- la porosité
- la maîtrise des apports solaires, source d'inconfort
- le niveau d'apports internes

A priori et par définition, tous les locaux d'un bloc homogène se comportent de façon similaire au regard du confort hygrothermique, c'est-à-dire qu'ils ont des résultats d'évaluation proches, aboutissant a minima à une même classe sur l'échelle d'évaluation.

Il convient donc de créer a minima un BH par types de locaux conçus de la même façon (propriétés similaires selon le paragraphe ci-dessus).

**Rappel important :** ce sont les caractéristiques de l'un des locaux (n'importe lequel) appartenant à chaque BH qui sont prises en compte pour l'évaluation de ce BH.

## AGREGATION DES INDICATEURS PAR BH

Il convient d'évaluer chaque BH créé en fonction des indicateurs qui s'appliquent à lui selon les tableaux donnés dans ce guide et de justifier les caractéristiques similaires en se reportant aux indications.

Pour chaque BH, la note est obtenue par évaluation de la note de chaque indicateur concernant l'espace, puis calcul de la note du BH avec le jeu de coefficients applicables à chaque indicateur, selon la typologie du BH. Ceci donne la classe du BH.

## AGREGATION DES BLOCS HOMOGENES

Il convient de remplir pour chaque BH, son évaluation dans le fichier Excel (fourni avec le référentiel) pour le thème Confort Hygrothermique. Ce fichier donne un nombre de points obtenu pour chaque Bloc Homogène (BH). Les nombres de points obtenus pour chaque BH sont pondérés\*, puis arrondis à l'entier le plus proche. C'est ce nombre de points pondéré global pour le thème qui doit être reporté dans ISIA et donne la note du thème.

\* Dans le cas du confort hygrothermique, la pondération entre BH se fait selon un pourcentage de représentativité incluant le nombre moyen d'occupants du BH et le pourcentage d'occupation de ce local.

Note : coefficient d'occupation moyen du local : Il s'agit ici d'un nombre relatant à la fois le nombre de personnes occupant le BH et de leur durée d'occupation.

Exemples :

- Une salle de réunion conçue pour 20 personnes, occupée 50% du temps donnera un "coefficient d'occupation" de 10.
- Un bureau individuel occupé 100% du temps par une personne donnera un "coefficient d'occupation " de 1.
- Un bureau individuel occupé 60 % du temps par une personne donnera un "coefficient d'occupation" de 0,6.
- Un open-space conçu pour 10 personnes, occupé à 80 % du temps donnera un "coefficient d'occupation" de 8.
- Un espace de coworking pour 30 personnes, occupé à 90% du temps donnera un "coefficient d'occupation" de 27.
- Etc.

Le Maître d'Ouvrage doit donc déterminer les scénarios d'occupation des locaux.

## LOCAUX CARACTERISTIQUES A OCCUPATION AUTRE QUE PASSAGERE

Le tableau ci-dessous liste les locaux caractéristiques à occupation autre que passagère par secteur d'activité, pour la prise en compte de ces locaux dans les BH des thèmes « Confort acoustique », « Confort visuel », « Confort hygrothermique » et « Qualité de l'Air Intérieur », et le calcul de la somme minimale de 80% des locaux caractéristiques à occupation autre que passagère.\*

\*Rappel : On entend par 'locaux à occupation autre que passagère' les locaux qui par destination impliquent une durée de séjour pour un occupant supérieure à une demi-heure.

Secteur	Locaux caractéristiques
Santé	Locaux d'hébergement, Locaux de soin, Salle d'examen et de consultation, Salle d'attente - hors celle des services d'urgence, Bureaux médicaux et soignants, Autres locaux où peuvent être présents des malades, Salles d'opération, d'obstétrique et salle de travail, Salle de repos du personnel, Cantine et espace de restauration Tous les locaux liés à l'activité de santé, et les halls occupés.
Bureau	Bureaux, salles de réunion, salle de formation ; Tous les locaux liés à l'activité de bureau, les halls occupés, les locaux de restauration, et les auditoriums / salles de conférence.
Enseignement	Crèche, garderies, pouponnières : Salle d'exercice, de jeux, d'activité, d'éveil ; Salle de change ; Salle de repos, de sommeil Enseignement autres activités : Salle d'enseignement, de travaux pratiques ; Salle de dessin, d'art ou de travaux pratiques de précision ; Salle de musique ; Salle de lecture Tous les locaux liés à l'activité d'enseignement, les halls occupés, les locaux de restauration, et les amphithéâtres / auditoriums / salles de conférence.
Commerce	Espaces dédiés à la vente Tous les espaces dédiés à la vente, les halls d'accueil occupés et les grands espaces dédiés à la circulation occupés.
Logistique	Zone « entrepôt », Bureau d'exploitation (logistique) Tous les locaux liés à l'activité logistique, dont les bureaux y compris les bureaux d'exploitation, et les entrepôts (hors entrepôts frigorifiques).
Restauration avec production de repas sur place	Cantine, espace de restauration Tous les locaux liés à l'activité de restauration, les halls d'accueil occupés, et les locaux de bureaux, salles de réunion, conférence s'ils existent.
Industrie	Aire de production, espace de process (dont le process n'exige pas un contrôle de la température, activité debout moyenne) Tous les locaux liés à l'activité industrielle, les halls d'accueil occupés, et les locaux de bureaux, salles de réunion s'ils existent.
Data center	Data center Les halls d'accueil occupés, et les locaux liés à l'activité de bureaux, espaces de détente, salles de réunion.
Autres	Autre Tous les locaux liés à l'activité "Autre", les halls d'accueil occupés, et les locaux de bureaux, salles de réunion s'ils existent.



## EXIGENCES

### HYGRI PERFORMANCE EN CONFORT HYGROTHERMIQUE DANS LES BLOCS HOMOGENES (BH)

Périmètre d'évaluation du sous-thème HYGRI

- Cas d'un bâtiment
  - Périmètre des responsabilités : L'évaluation porte sur le périmètre d'action du demandeur.
  - Périmètre spatial : L'évaluation se fait à l'échelle du sous-objet.
- Cas d'un site ou d'un parc : Dans le cas d'une demande portant sur un site avec plusieurs bâtiments, les exigences doivent se justifier bâtiment par bâtiment.

#### HYGRI.I PERFORMANCE EN CONFORT VISUEL DANS LES BLOCS HOMOGENES (BH)

HYGRI.I.I Surface totale des espaces caractéristiques de l'activité à occupation autre que passagère


**Pour être certifié, il est obligatoire de répondre à cette exigence.**

Il s'agit ici de déclarer la surface totale des locaux caractéristiques de l'activité, et à occupation autre que passagère, en m<sup>2</sup> de surface utile.

**Définition :** Locaux à occupation autre que passagère : Locaux qui par destination impliquent une durée de séjour pour un occupant supérieure à une demi-heure. La surface à prendre en compte ici est la surface utile.

La définition et la liste des espaces caractéristiques de l'activité est donnée dans le présent guide du thème, dans le [chapitre « Echelle d'agrégation »](#).

#### MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
 Toutes phases Plans.	<p>Phases Programme et Conception: Surfaces sur les plans et cohérence des blocs homogènes par rapport aux typologies de locaux et règles de définition des BH..</p> <p>Phases Réalisation et Exploitation: Surfaces sur les plans et visite in situ et cohérence des blocs homogènes par rapport aux typologies de locaux et règles de définition des BH..</p>

HYGRI.1.2 Engagement à créer des Blocs Homogènes (BH) et à respecter la règle « Somme des surfaces des BH  $\geq$  80% Surface totale des espaces caractéristiques de l'activité à occupation autre que passagère »

**Pour être certifié, il est obligatoire de répondre à cette exigence.**

Pour l'évaluation du confort hygrothermique, il est demandé de créer des Blocs Homogènes (BH) et de respecter la règle "Somme des surfaces des BH  $\geq$  80% Surface totale des espaces caractéristiques de l'activité à occupation autre que passagère ([cf la liste des espaces caractéristiques de l'activité par secteur](#)).

Les critères de détermination des "Blocs Homogènes" pour le confort hygrothermique sont disponibles dans le présent guide, dans le chapitre « [Echelle d'agrégation](#) ».

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► <b>Phase Programme</b></p> <p>Programme de l'opération.</p>	Description de la méthode de calcul par échantillonnage à réaliser en introduisant la notion de blocs homogènes (BH).
<p>► <b>Phases Conception et Réalisation</b></p> <p>Plans de repérage des blocs homogènes et des locaux types, Calcul des surfaces à l'échelle de l'ouvrage, Plans / Coupes / Façades du projet, CCTP.</p>	Cohérence de la détermination des blocs homogènes par rapport aux critères suivants : exposition solaire, inertie, apports internes, vitesses d'air, occupation (durée et densité), humidité intérieure, maîtrise des conditions hygrothermiques...
<p>► <b>Phase Exploitation</b></p> <p>Plans de repérage des blocs homogènes et des locaux types, Calcul des surfaces à l'échelle de l'ouvrage, Plans / Coupes / Façades du projet, DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence (durée de validité illimitée tant que le bâtiment n'a pas été modifié par rapport aux hypothèses de la preuve).</p>	

### HYGR1.1.3 Performance en confort hygrothermique



Il convient de reporter dans la plateforme ISIA, pour cette exigence, le nombre de points atteint dans le fichier de calcul fourni dans l'exigence IDEN1.1.3.

L'exigence consiste à évaluer le niveau atteint en confort hygrothermique sur la base des évaluations par BH. Pour cela, déclarer ici le nombre de points atteint dans le fichier de calcul fourni.

La méthode d'agrégation est disponible dans le présent guide, dans le chapitre [« Echelle d'agrégation »](#).

#### MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Toutes phases</p> <p>Se reporter au chapitre « Indicateurs » du présent guide (Sous-thème HYGR2, sous-thème HYGR2 pour l'île de La Réunion).</p>	

### HYGR1.1.4-REU Dispositions architecturales adaptées au climat et au site (spécifique à La Réunion)

**Applicabilité:** Cette exigence s'applique uniquement au territoire de La Réunion

Des dispositions architecturales adaptées au climat et au site sont prises pour se protéger de manière optimale du soleil et exploiter les caractéristiques aérauliques.

Cette exigence, commune à tous les locaux et statuts, vise à concevoir un bâtiment adapté au climat tropical humide, bioclimatique, justifiant les optimisations architecturales et techniques en fonction du site, du programme et de la politique environnementale du maître d'ouvrage, des attentes des parties intéressées et des modalités d'exploitation envisagées.

Le climat Réunionnais, très humide, nécessite de se protéger efficacement du soleil et d'exploiter au mieux le potentiel aéraulique.

Les données entrantes à considérer sont notamment :

- les données de l'analyse de site détaillées en SMR
- les abords : masques, végétalisation, bruit....
- les données météo adaptées au site et le cas échéant, celles d'une station météo implantée sur site dès l'élaboration du programme (en effet, les données météo Réunionnaises peuvent être rares et faussées), les données entrantes seront celles des fichiers de Météo France et celles réalisées dans le cadre de Perene par l'Université de la Réunion.

Les justifications de la conception seront appuyées sur toutes les données de l'analyse de site et restitueront notamment :

- héliodon ;

- analyse des données météorologiques afin de partager les hypothèses en indiquant les nombres d'heures au-dessus de 26°C, de 28°C, de 30°C ;
- analyse aéraulique ;
- plus globalement l'analyse du site et les contraintes ou nuisances pouvant influencer sur la capacité à fonctionner en ventilation naturelle : bruit, trafic, poussières, risques...

Ces analyses devront permettre de :

- favoriser des implantations optimisées vis-à-vis de la course du soleil : privilégier les orientations Sud et Nord, débords de toitures, de circulations...
- végétaliser les espaces et abords de bâtiments pour réduire les îlots de chaleur (sauf contrainte réglementaire justifiée) : Proposer des strates végétales en pied de façades : rampantes, couvrantes, arbustives et arborées pour réduire l'albédo et ombrager les façades - l'engazonnement ne sera pas considéré comme efficace en termes de confort.
- préciser les modalités de protection solaire : des toitures, des baies, des façades en privilégiant l'ombrage ;
- expliciter les dispositions liées à la ventilation naturelle : faible épaisseur de la trame bâtie, traversant, porosité, automatisée et asservie à la température, brassage d'air, surventilation nocturne... ;
- valider les conditions de confort, en exploitant les brises et les alizés, et/ou en générant des puits dépressionnaires ;
- préciser les propositions de recours au refroidissement en lien avec les objectifs énergétiques en optimiser les puissances et consommations énergétiques maximales par secteurs et statuts ;
- établir le zonage thermique du projet en identifiant sur plans les statuts, modes de fonctionnement et blocs homogènes, en regroupant autant que possible les statuts homogènes ;
- confirmer les bonnes dispositions architecturales avec une enveloppe thermiquement très performante avec une approche fine des baies et protections solaires : protections solaires adaptées aux orientations, mobiles éventuellement automatisées...

Le guide PREBAT précise que la ventilation naturelle peut être envisagée si la vitesse du vent est supérieure à 2,5m/s, 50% du temps à une hauteur de 10m. Dans le cas contraire, une conception thermique poussée par la mise en place de brasseurs d'air et de système de ventilation forcée est nécessaire.

Pour un bâtiment commercial, trois grands types d'espaces seront distingués : les espaces dédiés à la vente, les espaces associés, les espaces dédiés à la circulation des clients.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de site</li> <li>Plan du site et des abords avec repérage des données urbaines et climatiques connues</li> <li>Données météo connues</li> <li>Mesures effectuées sur site le cas échéant.</li> </ul>	Données climatiques et aérauliques incidentes.
<p>► Phase Conception</p> <p>Notice architecturale, technique, HQE, Plans, CCTP, dont synthèse sous forme de plan de masse climatique, urbain et environnemental et de note spécifique dans lesquels doivent figurer à minima :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les abords</li> <li>les nuisances acoustiques, autres</li> <li>les atouts du site</li> <li>la course du soleil</li> <li>les vents</li> <li>les mobilités : TC, 2 roues, piétons, VL et stationnements</li> <li>le projet végétal et perméable et la biodiversité : chemin de l'eau, strates végétales, continuités écologiques, réduction des îlots de chaleur...</li> <li>l'implantation des bâtiments</li> <li>les orientations privilégiées</li> <li>l'épaisseur des trames bâties</li> <li>leur caractère traversant</li> <li>les protections solaires proposées</li> </ul>	Cohérence du parti retenu vis-à-vis du confort thermique.
<p>► Phases Réalisation et Exploitation axes Bâtiment et Gestion</p> <p>Notice architecturale, technique, HQE, Plans, CCTP... dont synthèse sous forme de plan de masse climatique, urbain et environnemental et de note spécifique dans lesquels doivent figurer à minima les items listés en phase Conception ;</p> <p>DOE, Carnet de vie</p>	

# INDICATEURS DE PERFORMANCE DU CONFORT HYGROTHERMIQUE

---

## INDICATEURS GENERIQUES

### HYGR2.1 CALCUL DE LA PERFORMANCE

HYGR2.1.1 Limitation du facteur solaire pour toutes les baies des espaces caractéristiques de l'activité à occupation autre que passagère

#### Cas de non applicabilité :

Cette exigence peut être déclarée non applicable :

- en exploitation axe Bâtiment lorsque les facteurs solaires des baies sont hors du périmètre des responsabilités du demandeur,
- lorsqu'un axe Gestion seul est demandé.

Le but de cette exigence est de s'assurer que les apports solaires sont minimisés et n'occasionnent donc pas de surconsommations de refroidissement.

Il est demandé de limiter les facteurs solaires pour toutes les baies des locaux à occupation autre que passagère :

#### ► Niveau 1 :

- Pour les baies dont l'installation de protections solaires mobiles est impossible pour des raisons de sécurité :  $S \leq \max (S_{réf}; 0,45)$
- Pour toutes les autres baies :  $S \leq S_{réf}$ .

#### ► Niveau 2 :

- Orientées Sud, Est, Ouest :  $S \leq \max (S_{réf} ; 0,25)$
- Orientées Nord :  $S \leq S_{réf}$

Le facteur solaire des baies  $S$  doit être inférieur au  $S_{réf}$  pour toutes les baies des espaces caractéristiques à occupation autre que passagère. Dans le cas particulier où l'installation de protections solaires mobiles est impossible en raison de contraintes de sécurité (exemple : ouvrants pompier), il est demandé que le facteur solaire soit inférieur à la valeur maximale entre  $S_{réf}$  et 0,45.

**Rappel :** Les facteurs solaires de référence des baies sont donnés dans la réglementation thermique en vigueur. Le facteur solaire à considérer pour chaque baie est fonction de la zone climatique et de l'altitude du projet, mais aussi de la classe d'exposition au bruit BR de la baie, de son orientation et inclinaison, et enfin du type d'occupation du local (occupation passagère ou non).

## NOTES :

- Les facteurs solaires de référence des baies sont à considérer lorsque les protections solaires sont en place. Le facteur solaire de référence des baies s'applique donc au complexe vitrage/protections solaires.
- Les facteurs solaires des baies du projet peuvent être calculés à l'aide d'une simulation dynamique permettant de prendre en compte l'ensemble des masques et protections solaires impactant les caractéristiques de la baie. La réverbération éventuelle due aux façades des bâtiments environnants sera également prise en compte dans la simulation.
- L'objectif de cette exigence étant de limiter l'inconfort en été, les résultats de cette simulation sont observés sur la période de refroidissement uniquement.

Dans le cas où il existe de fortes incertitudes sur l'évolution des masques environnants (exemple : quartier en cours de construction) :

- Les protections mobiles peuvent être des solutions pertinentes à privilégier.
- Le calcul du facteur solaire se fait à l'aide du contexte connu. Pour cela, il est nécessaire de présenter les hypothèses liées au contexte ainsi que les éléments justificatifs.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
► Phase Programme Programme de l'opération.	Définition des objectifs à atteindre.
► Phase Conception Calcul des facteurs solaires en cas de protections solaires fixes ; CCTP ; Plans/Coupes/Façades.	Cohérence entre les hypothèses du calcul des facteurs solaires et les éléments du projet décrits et dessinés ; Description des objectifs des facteurs solaires.
► Phase Réalisation Mise à jour du calcul des facteurs solaires en cas de protections solaires fixes si le projet a été modifié ; DOE.	Cohérence entre les hypothèses du calcul des facteurs solaires et les éléments mis en œuvre sur le projet ; Caractéristiques techniques des vitrages et des protections solaires.
► Phase Exploitation axe Bâtiment Calcul des facteurs solaires en cas de protections solaires fixes ; DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence.	

## HYGR2.1.2-S Vitesses d'air maximales tolérées en été et en hiver pour les espaces caractéristiques à occupation autre que passagère

Le but de cette exigence est de s'assurer que la vitesse d'air (en hiver et en été), au niveau des zones d'occupation\* des différents espaces ne nuit pas au confort des occupants.

Cette exigence demande :

- L'identification des espaces sensibles aux vitesses d'air.
- Le respect, dans ces espaces, des moyennes des vitesses d'air maximales tolérées mentionnées dans le tableau des vitesses d'air en fonction des espaces (Cf tableau de la page 17 et suivantes)

Il est tout d'abord demandé d'identifier les espaces sensibles aux vitesses d'air en hiver et en été. Les espaces sensibles vis-à-vis de la vitesse d'air sont les espaces où les occupants sont gênés par une vitesse d'air excessive. Exemples : espaces de bureau, salles de réunion, espaces de restauration, espace de vente d'un bâtiment commercial, salle d'enseignement, etc.

Selon le cas dans lequel se trouve le local :

- **Local refroidi en été (et chauffé en hiver) :** Dans ce cas, il faut veiller à conserver les vitesses d'air dans certaines limites (voir les deux niveaux limites dans les tableaux par locaux) en hiver lorsque le système de chauffage est en fonctionnement, et il faut veiller à conserver les vitesses d'air dans certaines limites (voir les deux niveaux limites dans les tableaux par locaux) en été lorsque le système de refroidissement est en fonctionnement.
- **Local non refroidi AVEC création de mouvement d'air en été (et chauffé en hiver) :** Dans ce cas, il faut veiller à conserver les vitesses d'air dans certaines limites (voir les deux niveaux limites dans les tableaux par locaux) en hiver lorsque le système de chauffage est en fonctionnement, et en été lorsque le système de brassage d'air est en fonctionnement, seule une vitesse d'air maximale de 1,5m/s doit être respectée.
- **Local non refroidi SANS création de mouvement d'air en été (et chauffé en hiver) :** Dans ce cas, il faut veiller à conserver les vitesses d'air dans certaines limites (voir les deux niveaux limites dans les tableaux par locaux) en hiver lorsque le système de chauffage est en fonctionnement, et il faut veiller à conserver les vitesses d'air dans certaines limites (voir les deux niveaux limites dans les tableaux par locaux) en été lorsque le système de rafraîchissement est en fonctionnement.

**Rappel :** Cf. définition de système de refroidissement et de rafraîchissement en introduction du thème.

Les différentes moyennes de vitesse d'air maximales sont à considérer dans les zones d'occupation\*.

\* La zone d'occupation est la zone du local dans laquelle la diffusion d'air doit être confortable. Elle peut être définie conformément à la norme NF EN 16798-3 (août 2017) paragraphe 7.2. Ainsi, les zones au-dessus d'une hauteur d'homme (à 1,80m du sol) et les périphéries des locaux sont généralement exclues de la zone d'occupation.



## Vitesses d'air attendues par type d'espace pour le confort hygrothermique

Dans ces tableaux, les locaux *mentionnés en italique bleu* sont des exemples de locaux fonctionnant de la même façon que l'item en noir.

### ► Locaux refroidis et locaux non refroidis SANS création de mouvement d'air

Pour les vitesses d'air à respecter en été, les critères à retenir sont les suivants :

- **Locaux refroidis** : L'été, lorsque le système de refroidissement est en fonctionnement, pour une consigne proche de 26°C
- **Locaux non refroidis SANS création de mouvement d'air** : L'été, lorsque le système de rafraîchissement est en fonctionnement

Espaces	Niveau 1		Niveau 2	
	L'hiver	L'été	L'hiver	L'été
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultations</li> <li>• Salles d'attente, accueils secondaires (hors urgences)</li> <li>• Bureaux médicaux et soignants</li> <li>• Bureau</li> <li>• Bureau d'exploitation (logistique)</li> <li>• Salle de réunion, salle de formation (Espaces de détente)</li> <li>• Salle d'enseignement</li> <li>• Salle d'exercice, de jeux, d'activité, d'éveil</li> <li>• Hall d'accueil</li> <li>• Salles de conférence, auditorium, amphithéâtre</li> <li>• Cantine, espace de restauration (<i>Cafétéria, cuisine, etc.</i>)</li> </ul>	$V \leq 0,20 \text{ m/s}$	$V \leq 0,25 \text{ m/s}$	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$	$V \leq 0,20 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Locaux d'hébergement (Chambres patients...)</li> <li>• Infirmerie</li> <li>• Salle de repos du personnel</li> <li>• Salle de change</li> </ul>	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$	$V \leq 0,20 \text{ m/s}$	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$	$V \leq 0,12 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone "entrepôt" hors entrepôt frigorifique</li> <li>• Aire de production, espace de process (dont le process n'exige pas un contrôle de la température, activité debout moyenne)</li> <li>• Circulations</li> <li>• Espaces dédiés à la vente (Boutiques, etc.)</li> <li>• Grands espaces communs dédiés à la circulation</li> <li>• Autre</li> </ul>	$V \leq 0,40 \text{ m/s}$	$V \leq 0,80 \text{ m/s}$	$V \leq 0,30 \text{ m/s}$	$V \leq 0,30 \text{ m/s}$
Points disponibles :	3		6	

► Locaux refroidis et locaux non refroidis AVEC création de mouvement d'air

Pour les vitesses d'air à respecter en été, le critère à retenir est le suivant :

- **Locaux non refroidis AVEC création de mouvement d'air** : L'été, lorsque le système de brassage d'air est en fonctionnement.

Espaces	Niveau 1		Niveau 2	
	L'hiver	L'été	L'hiver	L'été
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultations</li> <li>• Salles d'attente, accueils secondaires (hors urgences)</li> <li>• Bureaux médicaux et soignants</li> <li>• Bureau</li> <li>• Bureau d'exploitation (logistique)</li> <li>• Salle de réunion, salle de formation (Espaces de détente)</li> <li>• Salle d'enseignement</li> <li>• Salle d'exercice, de jeux, d'activité, d'éveil</li> <li>• Hall d'accueil</li> <li>• Salles de conférence, auditorium, amphithéâtre</li> <li>• Cantine, espace de restauration (Cafétéria, cuisine, etc.)</li> </ul>	$V \leq 0,20 \text{ m/s}$	$V \leq 1,50 \text{ m/s}$	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$	$V \leq 1,50 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Locaux d'hébergement (Chambres patients...)</li> <li>• Infirmerie</li> <li>• Salle de repos du personnel</li> <li>• Salle de change</li> </ul>	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$	$V \leq 1,50 \text{ m/s}$	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$	$V \leq 1,50 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone "entrepôt" hors entrepôt frigorifique</li> <li>• Aire de production, espace de process (dont le process n'exige pas un contrôle de la température, activité debout moyenne)</li> <li>• Circulations</li> <li>• Espaces dédiés à la vente (Boutiques, etc.)</li> <li>• Grands espaces communs dédiés à la circulation</li> <li>• Autre</li> </ul>	$V \leq 0,40 \text{ m/s}$	$V \leq 1,50 \text{ m/s}$	$V \leq 0,30 \text{ m/s}$	$V \leq 1,50 \text{ m/s}$
Points disponibles :	3		6	

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre, identification des espaces sensibles aux vitesses d'air.</p>
<p>► Phase Conception</p> <p>CCTP (caractéristiques techniques et justification du positionnement des bouches de soufflage), et/ ou Etude numériques des vitesses d'air.</p>	<p>Description des vitesses d'air maximales et/ou cohérence des hypothèses de l'étude avec les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <p>DOE (caractéristiques techniques et justification du positionnement des bouches de soufflage) et/ou mesure des vitesses d'air.</p>	<p>Fiches de sélection des diffuseurs aérauliques et/ou Cohérence des points de mesure avec la définition de la zone de confort.</p>
<p>► Phase Exploitation axes Bâtiment et Gestion</p> <p>DOE (caractéristiques techniques et justification du positionnement des bouches de soufflage) ou tout autre document de justifier de l'atteinte de l'exigence et/ou mesure des vitesses d'air.</p>	<p>Critères de sélection des diffuseurs aérauliques.</p>

### HYGR2.1.3 Maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers

Un espace confortable est un espace où l'utilisateur peut régler l'ambiance à sa convenance.

Cette exigence demande donc :

- L'identification des espaces où il est pertinent que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique.
- La possibilité pour l'utilisateur de régler manuellement ou programmer la consigne de la fourniture de chaleur et/ou de froid en fonction de la température intérieure de ce local.

Les systèmes techniques sont mis en place pour répondre aux besoins des utilisateurs. Ici, nous souhaitons valoriser les installations qui permettent à l'utilisateur d'agir de manière limitée sur la fourniture de chaleur et/ou de froid, afin qu'il puisse l'adapter à ses besoins.

L'action sur la fourniture de chaleur et/ou de froid doit être limitée dans une fourchette de température déterminée. Elle peut s'opérer par un dispositif de réglage manuel avec possibilité d'arrêt du dispositif.

#### MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<b>► Phase Programme</b> Programme de l'opération.	Définition des objectifs à atteindre ; Identification des espaces où il est pertinent que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique.
<b>► Phase Conception</b> CCTP, plans techniques.	Description des dispositifs de réglage de la consigne de température ; Cohérence de la présence de dispositifs de réglage de la température avec la liste des espaces où il est pertinent que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique.
<b>► Phase Réalisation</b> DOE.	Description des dispositifs de réglage de la consigne de température ; Cohérence de la présence de dispositifs de réglage de la température avec la liste des espaces où il est pertinent que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique ;
<b>► Phase Exploitation axes Bâtiment et Gestion</b> DOE ou tout autre document permettant de justifier l'exigence. Validité du mode de preuve : illimitée, tant que le bâtiment n'a pas été modifié par rapport aux hypothèses de la preuve.	Constat in situ de la présence des dispositifs de réglage des consignes de température de manière limitée.

## HYGR2.1.4 Dispositions prises pour assurer le contrôle de l'humidité pour des espaces qui y sont sensibles

**Cas de non-applicabilité :** S'il n'y a pas d'espace sensible à l'humidité, l'exigence est considérée comme non-applicable, ses points seront déduits du total des points disponibles et l'évaluation n'en tiendra pas compte.

Il est demandé de prendre des dispositions pour assurer le contrôle de l'humidité dans les espaces où c'est un enjeu et de définir/d'obtenir un taux d'humidité (adapté aux conditions d'occupation) dans ces espaces. L'exigence est donc non applicable si le local n'est pas sensible à l'humidité.

Il convient donc :

- D'identifier les espaces sensibles à l'humidité (espaces de restauration et cuisines, salles de sport, espaces de baignade, etc.).
- De définir / obtenir un taux d'humidité en période chaude (adapté aux conditions d'occupation) dans ces espaces. A noter que le taux d'humidité visé doit être en cohérence avec la température de consigne de l'espace.
- De prendre des dispositions pour assurer le contrôle de l'humidité dans ces espaces.

L'humidité doit être régulée pour obtenir les points de cette exigence. Il s'agit ici de contrôler et maîtriser le taux d'hygrométrie dans une plage de confort autour de 40%. Un simple contrôle de l'humidité avec un air déshumidifié en centrale de traitement d'air, mais non régulé en fonction de la teneur effective de l'humidité n'est pas suffisant ici.

Les dispositions prises peuvent par exemple être :

- Déshumidification par ventilo-convecteurs, plafonds rayonnants froids.
- Systèmes avec des régimes de température des équipements permettant de limiter le risque de condensation, etc.

### IMPORTANT :

Le recours à de tels systèmes ne doit être envisagé que lorsqu'il est difficile de réduire la température dans les espaces. En effet, le simple abaissement de la température de consigne (en phase d'exploitation) permet d'améliorer le confort thermique en cas d'une trop forte humidité de l'air et c'est cette solution qui devra être privilégiée (beaucoup moins énergivore par ailleurs). En revanche, si un abaissement de la température est difficile, voire impossible, le recours à des solutions de déshumidification de l'air est valorisé ici.

Les espaces sensibles à l'humidité sont par exemple :

- Les espaces de restauration
- Les cuisines
- Les salles de sports
- Les espaces de baignades / balnéothérapie
- Etc.

### Cas particulier des espaces de baignade / balnéothérapie :

La sensation de confort hygrothermique dans ces espaces est liée à la température de l'air et à l'hygrométrie mais aussi aux facteurs tels que la température de l'eau, le taux de renouvellement d'air et les mouvements d'eau (brassage, remous, etc.). Il s'agit donc de définir et d'obtenir un taux d'humidité en cohérence avec ces autres facteurs. Le taux d'humidité doit être en cohérence avec la température de consigne visée. En effet, le confort hygrothermique d'un espace de baignade est défini grâce au couple hygrométrie/température.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
► Phase Programme Programme de l'opération.	Identification des espaces sensibles à l'hygrométrie.
► Phase Conception CCTP.	Cohérence entre les dispositions à prendre et les éléments du projet décrits ou dessinés.
► Phase Réalisation DOE, analyse fonctionnelle de la GTB (si présente).	Constat in situ des dispositions prises.
► Phase Exploitation axes Bâtiment et Gestion DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence, analyse fonctionnelle de la GTB (si présente).	

## HYGR2.1.5 Définition/obtention des températures de consigne ou des plages de températures de consigne adaptées aux différents espaces caractéristiques à occupation prolongée

**Cette exigence doit obligatoirement être atteinte.**

L'objectif de cette exigence est de définir des températures ou des plages de températures de consigne (en hiver et/ou en été) adaptées aux différents espaces caractéristiques et de s'assurer que des dispositions sont prises pour atteindre ces objectifs à l'intérieur de chaque espace caractéristique ou zone.

On distingue deux grands types d'espaces ou de zones. Selon le type d'espace, il n'est pas judicieux de définir une température de consigne. On définit alors une plage de température de consigne.

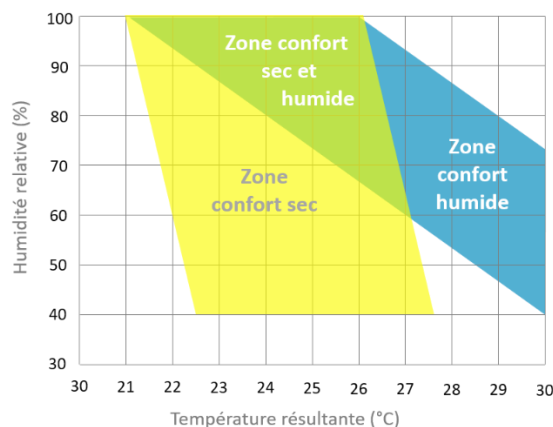
- Espaces ou zones de travail nécessitant une température stable : espaces fermés fréquentés par le personnel (bureaux, infirmerie, PC sécurité, etc.), éventuellement certaines zones bien délimitées (et seulement dans ce cas) des espaces dédiés à la circulation des clients (caisses, points d'accueil, kiosques, etc.), certains espaces dédiés à la vente (boutiques spécifiques, etc.) pour les bâtiments commerciaux.
- Les autres espaces, nécessitant une plage de température de confort : espaces dédiés à la circulation des clients, certains espaces dédiés à la vente (moyennes ou grandes surfaces, etc.) pour les bâtiments commerciaux. Dans ce cas, les espaces dédiés à la circulation des clients peuvent donc être considérés ici comme des espaces tampons permettant une harmonisation des températures du bâtiment. Dans des bâtiments commerciaux et logistiques, la notion de plage de température peut par exemple être applicable aux espaces dédiés à la circulation des personnes ou au stockage/entrepôt de produits.

On veillera aussi à traiter l'intermittence des espaces : une température de consigne minimale doit être définie dans les espaces, même en période d'inoccupation des espaces et des dispositions doivent être prises pour assurer le respect de cette température de consigne en période d'inoccupation.

**Définition :** Un local est défini comme servant à réunir de façon intermittente des personnes, si les modalités d'utilisation du local sont aléatoires en termes d'occupation ou de non occupation et en termes de nombre d'occupants. Exemples: Les salles de réunion des bâtiments de bureaux, les salles de réunion publiques sont considérées comme appartenant à cette catégorie. Les salles de spectacle, les bureaux paysagers, les salles de restaurant ne sont pas considérées comme y appartenant.

Aucune méthode particulière n'est imposée à ce niveau pour définir les températures de consigne ou plages de températures de consigne. Ces températures ou plages de températures doivent être définies en cohérence avec l'activité du local concerné.

Attention notamment aux bornes hautes des plages de températures qui seraient trop élevées, et qui occasionneraient des consommations énergétiques très importantes. De la même façon, une plage de température trop étendue peut-être source de consommations énergétiques importantes.



Pour les espaces où l'hygrométrie est maîtrisée, la température de consigne (ou plage de température) devra être en cohérence avec le taux d'humidité de l'espace car c'est alors le couple hygrométrie/température qui définit le confort hygrothermique. Cette remarque s'applique particulièrement aux espaces de baignade des bâtiments d'hôtellerie (voir graphique ci-dessus : Source : Guide technique des piscines publiques – 2003 réalisé par Electricité de France (EDF), l'association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF) et l'association des Techniciens supérieurs Territoriaux de France (ATTF).

#### Détermination des températures ou plages de températures de consigne :

Dans les espaces identifiés, il convient de définir des températures de consigne ou des plages de températures de consigne afin de ne pas dépasser un niveau d'inconfort thermique supérieur à 10% au sens de l'indice PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits), conformément à la norme NF EN ISO 7730.

Les modalités de calcul de l'indicateur PPD sont indiquées en [annexe du présent guide](#).

Dans tous les cas, les températures de consigne ou plages de températures de confort sont à justifier, et à apprécier par rapport à la norme ISO 7730 où la température résultante est fonction de l'activité et de la vêtue.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre ;</p> <p>Identification des espaces à occupation prolongée nécessitant une température stable.</p>
<p>► Phase Conception</p> <p>CCTP ; Justification de l'abaissement de la température de consigne en cas de valeurs inférieure à 26°C en été.</p>	<p>Cohérence de la description des températures de consigne ou des plages de température de consigne avec la liste des espaces à occupation prolongée nécessitant une température stable.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <p>DOE, analyse fonctionnelle de la GTB (si présente).</p>	<p>Dimensionnement des dispositifs de traitement climatique par rapport à la valeur de consigne.</p>
<p>► Phase Exploitation axes Bâtiment et Gestion</p> <p>Identification des espaces à occupation prolongée nécessitant une température stable ; DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence ; Justification de l'abaissement de la température de consigne en cas de valeur inférieure à 26°C en été ; mesures de température en cohérence avec la supervision de la GTB.</p>	



## HYGR2.1.6a-S Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu (Pour les locaux refroidis)

**Cas de non applicabilité :** Cette exigence est non applicable en exploitation lorsqu'un axe Gestion seul est demandé.

Cette exigence impose le calcul des températures résultantes dans les espaces où c'est un enjeu. Il convient donc dans un premier temps d'identifier les zones où des effets de parois froides par exemple peuvent induire un inconfort aux occupants. Un calcul sera ensuite effectué dans ces espaces afin de connaître les températures résultantes.

La température résultante\*, est un des paramètres qui influencent le confort d'hiver, en termes de niveau (selon l'usage réservé à chaque espace), et pour certains espaces, en termes de stabilité temporelle en période d'occupation (dans différentes conditions comme le lundi matin, après une période d'intermittence, ou lors d'apports gratuits).

\* La température résultante est aussi appelée température opérative "sèche". Sa définition est donnée dans la norme NF EN ISO 7726 : « Dans la plupart des cas en pratique, si la vitesse relative est peu élevée ( $<0,2\text{m/s}$ ) ou si la différence entre la température de l'air et la température moyenne de rayonnement est minime ( $<4^{\circ}\text{C}$ ), la température opérative peut être calculée avec une approximation suffisante comme la valeur moyenne de la température de l'air et de la température moyenne de rayonnement. » Cette simplification est faite dans la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur ; Cette simplification est donc également admise ici.

Classes	PMV	PPD	Plages de T° résultante ETE (*)	Plages de T° résultante HIVER (*)
A	$-0.2 < \text{PMV} < +0.2$	$< 6\%$	$24.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
B	$-0.3 < \text{PMV} < +0.3$	$< 8\%$	$24.5^{\circ}\text{C} \pm 1,2^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$
C	$-0.5 < \text{PMV} < +0.5$	$< 10\%$	$24.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
D	$-0.6 < \text{PMV} < +0.6$	$< 12\%$	$24.5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$
E	$-0.7 < \text{PMV} < +0.7$	$< 15\%$	$24.5^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
F	$\text{PMV} > +0.7$	-	-	-

### Rappel :

Dans les espaces identifiés, il convient d'obtenir des températures résultantes permettant de ne pas dépasser un niveau d'inconfort thermique supérieur à 10% au sens de l'indice PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits), conformément à la norme NF EN ISO 7730.

Les modalités de calcul de l'indicateur PPD sont indiquées en [annexe du présent guide](#).

Dans tous les cas, les températures de consigne ou plages de températures de confort sont à justifier, et à apprécier par rapport à la norme ISO 7730 où la température résultante est fonction de l'activité et de la vêtue.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre, identification des espaces où c'est un enjeu.</p>
<p>► Phase Conception</p> <p>Calcul de la température résultante ; CCTP, plans.</p>	<p>Cohérence entre les hypothèses du calcul de la température résultante et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <p>Mise à jour du calcul de la température résultante ; DOE.</p>	<p>Cohérence entre les hypothèses du calcul de la température résultante et les éléments mis en œuvre sur le projet.</p>
<p>► Phase Exploitation axe Bâtiment</p> <p>Identification des espaces où c'est un enjeu ; Calcul de la température résultante ; DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence.</p>	

HYGR2.1.6b-S Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu (Pour les locaux non refroidis AVEC mouvement d'air)

**Cas de non applicabilité :** Cette exigence est non applicable en exploitation lorsqu'un axe Gestion seul est demandé.

En présence de possibilité de mouvement d'air dans les locaux via un dispositif spécifique, et sous réserve que hors mouvement d'air, la température résultante intérieure soit supérieure à 25°C, les limites supérieures des différentes catégories peuvent être augmentées des valeurs de température suivantes, issues du tableau B.4 de la norme EN 16798-1.

Les deux conditions suivantes doivent être respectées et justifiées :

1. Dans tous les cas, la justification des vitesses d'air dans la zone d'occupation est demandée. Celle-ci ne doit jamais dépasser 1,5 m/s.
2. Il doit également être démontré que la consommation énergétique des systèmes spécifiques à la création de mouvements d'air doit rester inférieure à un système de refroidissement classique\*.

La création de mouvements d'air peut être réalisée par une ventilation naturelle nocturne couplée à l'inertie des locaux, ou par des systèmes d'agitation d'air intégrés au bâti. Si le choix de systèmes spécifiques (ex : type brasseurs d'air plafonniers) pour assurer les mouvements d'air en période d'occupation est fait, les systèmes mis en place doivent être fixes, liés au bâti. De plus, ces systèmes doivent être modulables, avec plusieurs régimes de vitesse sélectionnables par l'utilisateur. Enfin, la puissance unitaire de ces appareils est limitée à 60W.

Les appareils mobiles (appareils individuels au poste de travail par exemple) ne permettent donc pas de répondre à l'exigence.

L'encadré ci-dessous donne les modalités du calcul comparatif entre la consommation du dispositif d'agitation de l'air et celle d'un système de refroidissement.

Modalités du calcul comparatif entre la consommation du dispositif d'agitation de l'air et celle d'un système de refroidissement\* :

- Le brasseur d'air devient nécessaire dès que les conditions de température et d'humidité ne permettent plus d'assurer le confort à vitesse d'air nulle, c'est à dire dès qu'on sort de la zone de confort à vitesse d'air nulle sur le diagramme de l'air humide. Le calcul des consommations du dispositif d'agitation de l'air s'effectue donc en multipliant sa puissance moyenne (en W) par le nombre d'heures de fonctionnement. Ce dernier correspond au nombre de points horaires extérieurs à la zone de confort définie pour une vitesse d'air nulle sur le diagramme de l'air humide.
- Un système de refroidissement classique fonctionne dès que la température intérieure dépasse une température de consigne (habituellement 26°C). Sa consommation est donc à calculer, par un outil adapté, sur toute la plage de températures intérieures supérieure à cette consigne.

\* On appelle **système de refroidissement**, un système qui permet d'assurer dans un local des conditions de température (y compris en appoint) c'est à dire un équipement de production de froid (par exemple via des groupes froid, réseau de froid, système d'absorption) associé à des émetteurs de froid, destiné au confort des personnes. Cette notion ne doit pas être confondue avec le rafraîchissement qui est le fait d'assurer dans un local des conditions de températures sans recours à une production de froid, même si celle-

ci n'est qu'en appoint. Ainsi le rafraîchissement peut être obtenu via du free-cooling, de la ventilation naturelle, de la sur-ventilation nocturne, un puits canadien, un système direct sans production de froid, etc.

L'exigence s'appuie sur le pourcentage de temps d'occupation du local considéré durant lequel la température résultante dépasse les limites imposées par la catégorie auquel appartient le local selon la température extérieure en moyenne glissante, dans les limites définies au chapitre B.2.2 de la norme EN 16798-1.

Selon la catégorie applicable, l'exigence est graduée de la façon suivante :

Classes	% de dépassement autorisé		
	Locaux Catégorie I	Locaux Catégorie II	Locaux Catégorie III
A	0	0	0
B	0,5	1	1
C	1	1,5	1,5
D	2	2,25	2,25
E	3	3	3
F	>3	>3	>3

**IMPORTANT :** Pour réaliser ce calcul, CERTIVEA met à disposition un outil Excel "Confort HYGRO - Calcul selon Norme NF EN 16798\_1\_Juin\_2023", qui permet le post-traitement des sorties des simulations nécessaires. Cet outil a été développé avec le bureau d'études OASIIS.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► <b>Phase Programme</b></p> <p>Programme de l'opération.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre.</p>
<p>► <b>Phase Conception</b></p> <p>Simulation thermique dynamique ; CCTP ; Plans. Justificatif sur les vitesses d'air maximales.</p>	<p>Vérification que les scénarios d'usage pris en compte correspondent aux scénarios définis par le maître d'ouvrage ; Cohérence entre le fichier météo utilisé et la localisation du projet (même zone climatique) ; Cohérence entre les hypothèses de la simulation thermique dynamique et les éléments du projet décrits et dessinés, notamment sur les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractéristiques des parois opaques et vitrées.</li> <li>• Caractéristiques et fonctionnement des protections solaires.</li> <li>• Caractéristiques et fonctionnement des équipements techniques.</li> </ul> <p>Cohérence entre les hypothèses de vitesse d'air prises en compte et les caractéristiques des dispositifs d'agitation de l'air précisées dans les pièces écrites de conception</p>
<p>► <b>Phase Réalisation</b></p> <p>Mise à jour de la simulation thermique dynamique en cas de modification du projet ; DOE.</p> <p>Mise à jour du justificatif sur les vitesses d'air maximales en cas de modification du projet ; DOE et/ou Mesure des vitesses d'air.</p>	
<p>► <b>Phase Exploitation axe Bâtiment</b></p> <p>Simulation thermique dynamique ; DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence.</p> <p>Mise à jour du justificatif sur les vitesses d'air maximales en cas de modification du projet ; DOE et/ou Mesure des vitesses d'air.</p>	

## HYGR2.1.6c-S Calcul de la température résultante pour les espaces où c'est un enjeu (Pour les locaux non refroidis SANS mouvement d'air)

**Cas de non applicabilité :** Cette exigence est non applicable en exploitation lorsqu'un axe Gestion seul est demandé.

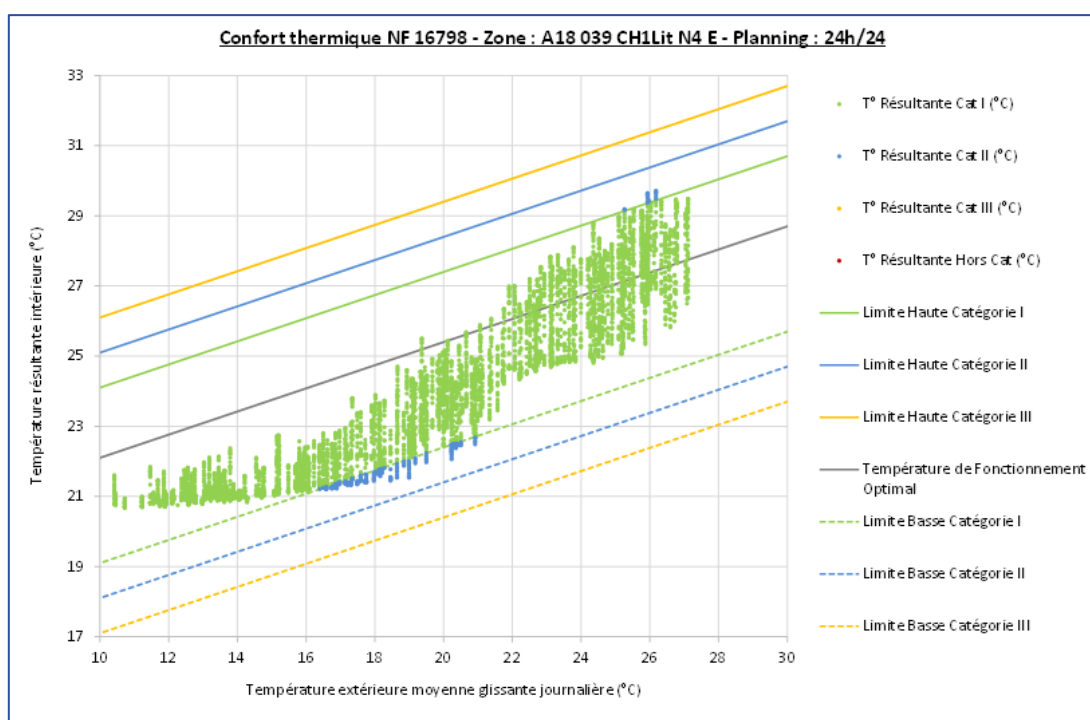
En l'absence de mouvement d'air dans les locaux, ces températures résultantes doivent être atteintes fenêtres fermées en zone de bruit BR2 ou BR3.

Le nombre d'heures dépassant les plages de température considérées s'entend sur l'année, mais uniquement pendant les périodes ou heures d'occupation. Ainsi, le maître d'ouvrage devra préciser les scénarios d'occupation choisis ainsi que les hypothèses de calcul associées à ces scénarios. La liberté est ici laissée au maître d'ouvrage de construire son scénario en fonction de l'occupation projetée des espaces, ce afin de coller le plus possible à la réalité.

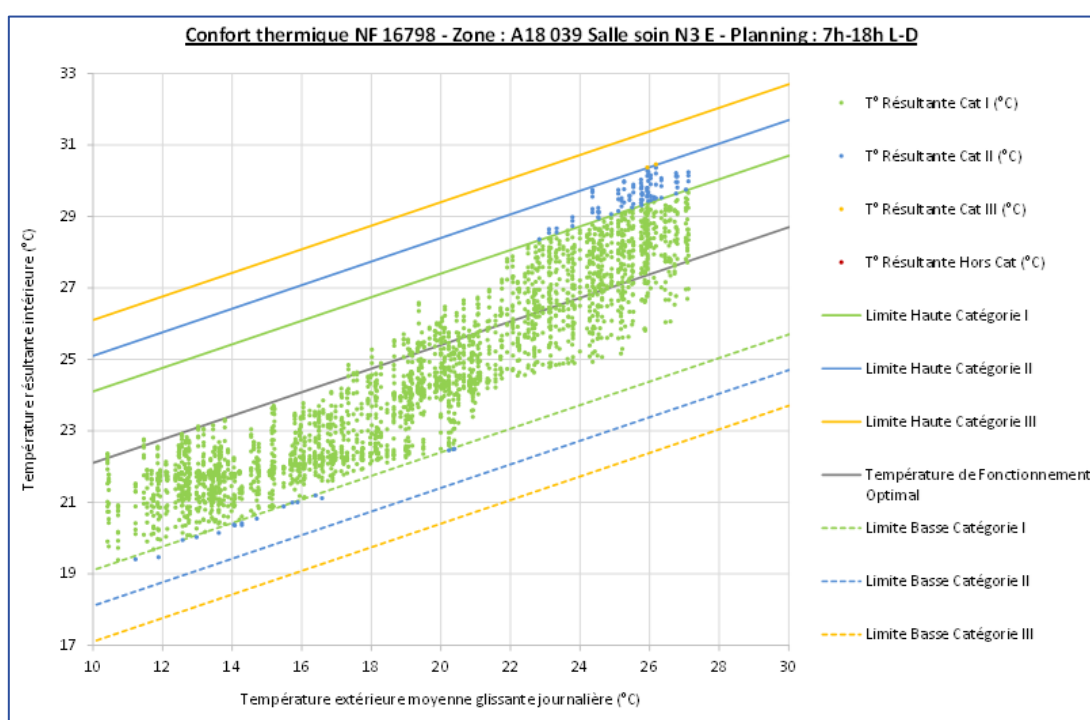
Il est donc demandé ici de faire une simulation énergétique dynamique respectant les principales caractéristiques minimales suivantes (voir aussi le document « Level(s) indicator 4.2: Time outside of thermal comfort range » - Version 1.1 de janvier 2021) :

- Outil de calcul utilisable : Un outil ayant été validé selon les normes EN ISO 52000-1, ISO 52016-1, EN 15265 ou ASHRAE 140. C'est par exemple le cas des outils /moteurs de calcul suivants : DOE2, BLAST, ESP, SRES/SUN (SERIRES/SUNCODE), SERIRES, S3PAS (LIDER/CALENER), TAS, TRNSYS et EnergyPlus. Le moteur de calcul de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur est également accepté.
- Méthode de calcul : Conforme aux hypothèses de la norme EN 16798-1 - Annexe A.2. La méthode de calcul de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur est également acceptée.
- Données d'entrée : Les valeurs réelles du projet, ou par défaut de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur peuvent être utilisées, ou celles de la norme EN ISO 13790 - Annexe G.
- Scénarios : Les scénarios d'occupation réels du bâtiment, ou les scénarios de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur peuvent être utilisés si les scénarios réels ne sont pas définis, ou les scénarios de la norme EN 16798-1.
- Météo : Le fichier météo disponible le plus représentatif du site d'implantation, ou par défaut le fichier météo de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur. Si un îlot de chaleur est à craindre sur l'opération (sites urbains denses artificialisés - voir le thème « Adaptation au changement climatique »), il convient également d'en tenir compte dans les fichiers météo utilisés dans la simulation.
- Plages de températures minimales à respecter : selon la typologie des locaux considérée, celles données pour les Catégories I, II et III dans la norme EN ISO 16798-1 (températures intérieures acceptables des bâtiments sans systèmes de refroidissement mécaniques) en fonction d'une moyenne glissante pondérée de la température extérieure.
- Le rapport de simulation fourni en mode de preuve doit répondre aux éléments mentionnés dans le rapport type fourni par CERTIVEA.

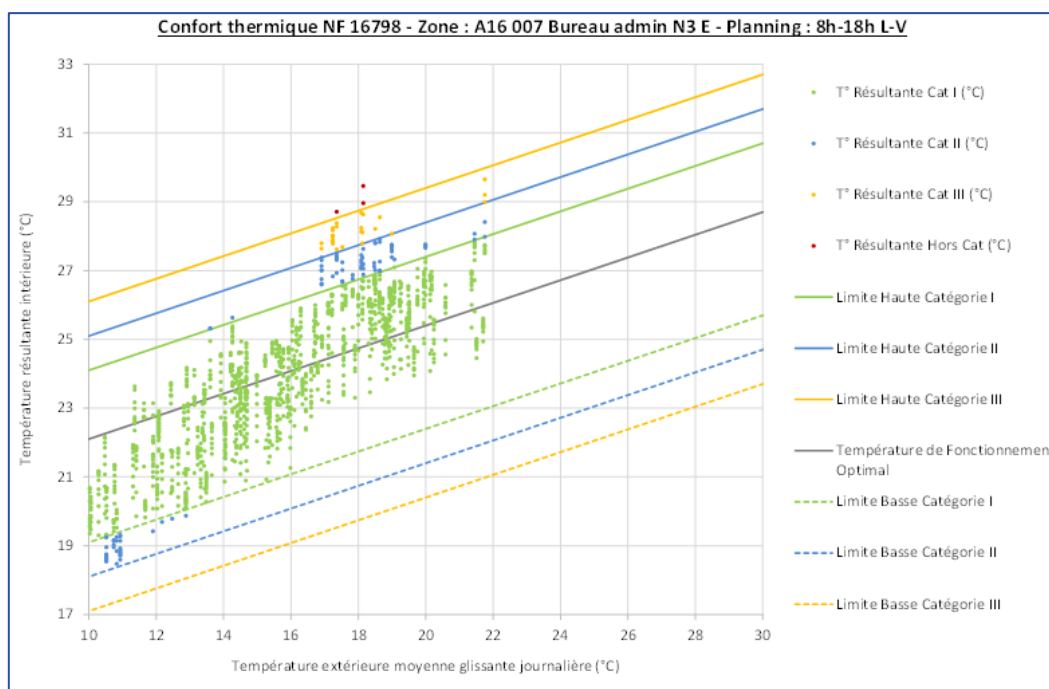
Exemple pour une chambre d'hébergement de médecine :



Exemple pour une salle de soins :



Exemple pour un bureau administratif :



Les catégories à retenir sont fonction de l'ancienneté du bâtiment et de la destination des locaux.

- Pour les bâtiments anciens, c'est à dire dont la réception remonte à 10 ans et plus, il convient d'utiliser les limites de températures de catégorie III comme point de référence.
- Pour les nouveaux bâtiments, c'est à dire les bâtiments neufs, bâtiments rénovés ou les bâtiments dont la réception est inférieure à 10 ans, il convient d'utiliser les limites :
  - de la catégorie I pour les locaux sensibles, c'est à dire tous les locaux de consultation, de soins ou d'hébergement
  - de la catégorie II pour tous les autres locaux



Selon la catégorie applicable, l'exigence est graduée de la façon suivante :

Classes	% de dépassement autorisé		
	Locaux Catégorie I	Locaux Catégorie II	Locaux Catégorie III
A	0	0	0
B	0,5	I	I
C	I	I,5	I,5
D	2	2,25	2,25
E	3	3	3
F	>3	>3	>3

**IMPORTANT :** Pour réaliser ce calcul, CERTIVEA met à disposition un outil Excel "Confort HYGRO - Calcul selon Norme NF EN 16798\_I\_Juin\_2023", qui permet le post-traitement des sorties des simulations nécessaires. Cet outil a été développé avec le bureau d'études OASIIS.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération.</p>	Définition des objectifs à atteindre.
<p>► Phase Conception</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation thermique dynamique ;</li> <li>CCTP ;</li> <li>Plans.</li> </ul>	<p>Vérification que les scénarios d'usage pris en compte correspondent aux scénarios définis par le maître d'ouvrage ; Cohérence entre le fichier météo utilisé et la localisation du projet (même zone climatique) ; Cohérence entre les hypothèses de la simulation thermique dynamique et les éléments du projet décrits et dessinés, notamment sur les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Caractéristiques des parois opaques et vitrées,</li> <li>Caractéristiques et fonctionnement des protections solaires,</li> <li>Caractéristiques et fonctionnement des équipements techniques.</li> </ul> <p>Cohérence entre les hypothèses de vitesse d'air prises en compte et les caractéristiques des dispositifs d'agitation de l'air précisées dans les pièces écrites de conception.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <p>Mise à jour de la simulation thermique dynamique en cas de modification du projet ; DOE.</p>	
<p>► Phase Exploitation axe Bâtiment</p> <p>Simulation thermique dynamique ; DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence.</p>	

## HYGR2.1.6d-S Calcul de la température résultante pour les espaces caractéristiques où c'est un enjeu (Pour les opérations situées en zone tropicale humide)

### Cas de non-applicabilité :

- Cette exigence n'est applicable qu'aux opérations situées en zone tropicale humide (notamment l'île de La Réunion).
- Cette exigence est non applicable en exploitation lorsqu'un axe Gestion seul est demandé.

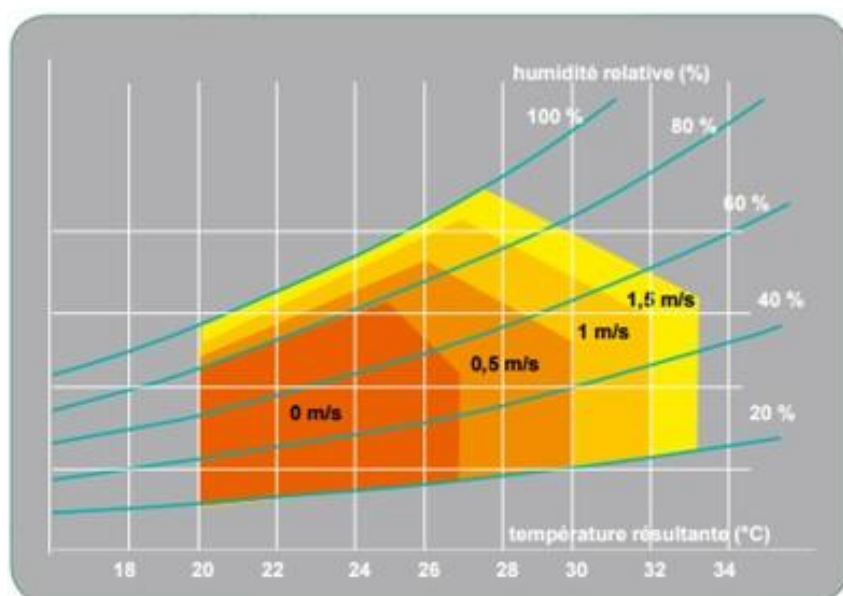
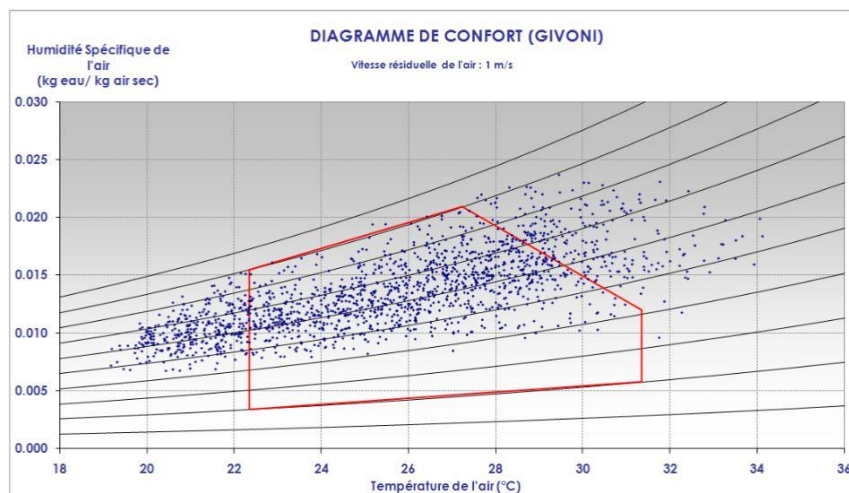
En cas d'opération situées en zone tropicale humide, où l'hygrométrie de l'air extérieur joue un rôle important dans l'équilibre hygrothermique d'un individu par la limitation des échanges hydriques entre le corps et le milieu ambiant qu'elle provoque, le modèle de GIVONI doit être utilisé. Cela concerne les locaux avec ou sans mouvements d'air créés.

Elle consiste à substituer, en alternative, pour valider l'atteinte du confort thermique, à l'exigence basée sur la limite isolée sur la seule température résultante, une exigence basée sur le respect des plages de confort atteignables sur l'opération sur la base des plages de confort du diagramme psychrométrique qui tiennent compte de la température, de l'humidité relative et de la vitesse d'air et d ( $T_r$ , HR% et  $V_{air}$ ). La corrélation entre ces trois paramètres permet donc bien de définir les plages de confort.

Il est donc demandé ici de faire une simulation thermique dynamique respectant les principales caractéristiques minimales suivantes (voir aussi le document « Level(s) indicator 4.2 : Time outside of thermal comfort range » - Version 1.1 de janvier 2021) :

- Outil de calcul utilisable : Un outil ayant été validé selon les normes EN ISO 52000-1, ISO 52016-1, EN 15265 ou ASHRAE 140. C'est par exemple le cas des outils /moteurs de calcul suivants : DOE2, BLAST, ESP, SRES/SUN (SERIRES/SUNCODE), SERIRES, S3PAS (LIDER/CALENER), TAS, TRNSYS et EnergyPlus.
- Méthode de calcul : Conforme aux hypothèses de la norme EN 16798-1 - Annexe A.2.
- Données d'entrée : Les valeurs réelles du projet, ou par défaut de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur peuvent être utilisées, ou celles de la norme EN ISO 13790 - Annexe G.
- Scénarios : Les scénarios d'occupation réels du bâtiment, ou les scénarios de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur peuvent être utilisés si les scénarios réels ne sont pas définis, ou les scénarios de la norme EN 16798-1.
- Météo : Le fichier météo disponible le plus représentatif du site d'implantation, ou par défaut le fichier météo de la réglementation thermique et/ou environnementale en vigueur. Si un îlot de chaleur est à craindre sur l'opération (sites urbains denses artificialisés - voir le thème "Adaptation au changement climatique"), il convient également d'en tenir compte dans les fichiers météo utilisés dans la simulation.
- Le rapport de simulation fourni en mode de preuve doit répondre aux éléments mentionnés dans le rapport type fourni par CERTIVEA.

- La plage 0 m/s correspond aux modèles de confort classiques (valables jusqu'à 0,20 m/s).
- La plage 0,5 m/s peut être atteinte avec des dispositions de ventilation naturelle.
- Les vitesses supérieures ne peuvent être atteintes que grâce à des dispositifs mécaniques (brasseurs d'air), dans le cadre des plages de vitesse confortables décrites plus haut.
- Les températures intérieures inférieures à 20°C ne sont pas à comptabiliser dans le nombre d'heures de dépassement des plages de confort.



Les deux conditions suivantes doivent être respectées et justifiées :

1. Dans tous les cas, la justification des vitesses d'air dans la zone d'occupation est demandée. Celle-ci ne doit jamais dépasser 1,5 m/s.
2. Il doit également être démontré que la consommation énergétique des systèmes spécifiques à la création de mouvements d'air doit rester inférieure à un système de refroidissement classique\*.

La création de mouvements d'air peut être réalisée par une ventilation naturelle nocturne couplée à l'inertie des locaux, ou par des systèmes de brassages d'air (brasseurs d'air plafonniers) intégrés au bâti. Si le choix de systèmes spécifiques de type brasseurs d'air plafonniers pour assurer les mouvements d'air en période d'occupation est fait, les systèmes mis en place doivent être fixes, liés au bâti, et intégrés dès la conception. De plus, ces systèmes doivent être programmables (sur horloge, détection de présence, température, etc.) pour ne fonctionner que lors des heures chaudes dépassant la limite de température retenue. Enfin, la puissance unitaire de ses appareils est limitée à 60W.

Les appareils fixes ou mobiles intégrés après la conception (appareils individuels au poste de travail par exemple) ne permettent donc pas de répondre à l'exigence.

L'encadré ci-dessous donne les modalités du calcul comparatif entre la consommation du dispositif d'agitation de l'air et celle d'un système de refroidissement.

Modalités du calcul comparatif entre la consommation du dispositif d'agitation de l'air et celle d'un système de refroidissement\* :

- Le brasseur d'air devient nécessaire dès que les conditions de température et d'humidité ne permettent plus d'assurer le confort à vitesse d'air nulle, c'est à dire dès qu'on sort de la zone de confort à vitesse d'air nulle sur le diagramme de l'air humide. Le calcul des consommations du dispositif d'agitation de l'air s'effectue donc en multipliant sa puissance moyenne (en W) par le nombre d'heures de fonctionnement. Ce dernier correspond au nombre de points horaires extérieurs à la zone de confort définie pour une vitesse d'air nulle sur le diagramme de l'air humide.
- Un système de refroidissement classique fonctionne dès que la température intérieure dépasse une température de consigne (habituellement 26°C). Sa consommation est donc à calculer, par un outil adapté, sur toute la plage de températures intérieures supérieure à cette consigne.

\* On appelle système de refroidissement, un système qui permet d'assurer dans un local des conditions de température (y compris en appoint) c'est à dire un équipement de production de froid (par exemple via des groupes froid, réseau de froid, système d'absorption) associé à des émetteurs de froid, destiné au confort des personnes. Cette notion ne doit pas être confondue avec le rafraîchissement qui est le fait d'assurer dans un local des conditions de températures sans recours à une production de froid, même si celle-ci n'est qu'en appoint. Ainsi le rafraîchissement peut être obtenue via du free-cooling, de la ventilation naturelle, de la sur-ventilation nocturne, un puits canadien, un système direct sans production de froid, etc.

L'exigence s'appuie sur le pourcentage de temps d'occupation du local considéré durant lequel les conditions du couple formé par la température résultante et l'humidité relative sortent du polygone de confort sur le diagramme de l'air humide.

Elle est déclinée en classes de performance selon l'échelle suivante :

Classes	% de dépassement autorisé
A	0,5
B	1
C	1,5
D	2,25
E	3
F	>3

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre.</p>
<p>► Phase Conception</p> <p>Simulation thermique dynamique ; CCTP ; Plans. Justificatif sur les vitesses d'air maximales.</p>	<p>Vérification que les scénarios d'usage pris en compte correspondent aux scénarios définis par le maître d'ouvrage ; Cohérence entre le fichier météo utilisé et la localisation du projet (même zone climatique) ; Cohérence entre les hypothèses de la simulation thermique dynamique et les éléments du projet décrits et dessinés, notamment sur les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractéristiques des parois opaques et vitrées.</li> <li>• Caractéristiques et fonctionnement des protections solaires.</li> <li>• Caractéristiques et fonctionnement des équipements techniques.</li> </ul> <p>Cohérence entre les hypothèses de vitesse d'air prises en compte et les caractéristiques des dispositifs d'agitation de l'air précisées dans les pièces écrites de conception</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <p>Mise à jour de la simulation thermique dynamique conformément aux DOE. Mise à jour du justificatif sur les vitesses d'air retenues en fonction des dispositifs mis en œuvre sur la base des DOE et/ou de mesures des vitesses d'air.</p>	
<p>► Phase Exploitation axe Bâtiment</p> <p>Simulation thermique dynamique ; DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'atteinte de l'exigence. Mise à jour du justificatif sur les vitesses d'air retenues en fonction des dispositifs mis en œuvre sur la base des DOE et/ou de mesures des vitesses d'air.</p>	

## INDICATEURS POUR L'ILE DE LA REUNION

### Applicabilité :

Sous-thème applicable uniquement aux opérations situées à La Réunion, en substitution au thème HYGR2.

### HYGR2.I-REU CALCUL DE LA PERFORMANCE

HYGR2.I.I-REU Limitation du facteur solaire des baies  $S < S_{ref}$  sauf incompatibilité justifiée (sécurité...)

**Cas de non applicabilité :** Cette exigence peut être déclarée non applicable :

- en exploitation axe BD lorsque les facteurs solaires des baies sont hors du périmètre des responsabilités du demandeur,
- lorsqu'un axe GD seul est demandé.

Le but de cette exigence est de s'assurer que les apports solaires sont minimisés et n'occasionnent pas de surconsommations de refroidissement, et de s'assurer de l'absence de zones d'inconfort par rayonnement direct.

Il est proposé de recourir pour cela à deux méthodes possibles :

- Valeurs forfaitaires PERENE par type de paroi : le facteur solaire des baies  $S$  doit être inférieur au  $S_{max}$  indiqué ci-dessous pour toutes les baies des locaux à occupation autre que passagère, sauf incompatibilité justifiée (sécurité...) :
  - Ouest :  $S \leq 0,25$
  - Est, Nord :  $S \leq 0,3$
  - Sud :  $S \leq 0,4$
- Valeurs suivant le guide PREBAT Livret 2 "Concevoir une enveloppe bioclimatique" qui indique les valeurs de facteurs solaires à mettre en place en fonction de l'orientation et de la surface de vitrage du local par rapport à sa surface de plancher.

L'exigence est graduée de la façon suivante:

- ▶ **Niveau 1** : Respect des Fs ET Brise-soleil extérieur non orientable fixe
- ▶ **Niveau 2** : Respect des Fs ET Brise-soleil extérieur non orientable mais relevable, ouvrant ou coulissant
- ▶ **Niveau 3** : Respect des Fs ET Brise-soleil extérieur orientable fixe
- ▶ **Niveau 4** : Respect des Fs ET Brise-soleil extérieur orientable, relevable ou ouvrant ou coulissant

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► <b>Phase Programme</b></p> <p>Programme de l'opération, exigences liées aux protections solaires.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de protection solaire.</p>
<p>► <b>Phase Conception</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP, Plans/Coupes/Façades</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Héliodon - étude de solarisation</li> <li>• Note de caractérisation des protections solaires</li> <li>• Calcul des facteurs solaires et vérification du respect des exigences</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des types de protection solaire.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des protections solaires, le calcul des facteurs solaires et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► <b>Phase Réalisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Héliodon - étude de solarisation</li> <li>• Note de caractérisation des protections solaires</li> <li>• Calcul des facteurs solaires et vérification du respect des exigences</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des types de protection solaire</li> <li>• Mesures de confort dans les locaux et report sur diagramme de Givoni</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les hypothèses du calcul de la température résultante et les éléments mis en œuvre sur le projet.</p>
<p>► <b>Phase Exploitation axe Bâtiment et Gestion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem phase Réalisation, le DOE pouvant être remplacé par tout document permettant de justifier l'exigence.</li> <li>• Enquête de satisfaction des usagers</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des protections solaires, le calcul des facteurs solaires et les éléments du projet réalisés ainsi qu'avec les modalités d'usage, les enquêtes de satisfaction et campagnes de mesures.</p>





## HYGR2.1.2-REU Optimiser les protections solaires des parois opaques et ombrage des façades

**Cas de non applicabilité :** Cette exigence peut être déclarée non applicable :

- en exploitation axe BD lorsque les facteurs solaires des baies sont hors du périmètre des responsabilités du demandeur,
- lorsqu'un axe GD seul est demandé.

Il s'agit ici :

d'optimiser les protections solaires des parois opaques suivant les orientations  
ET

de privilégier l'ombrage des façades par des doubles peaux / (espaces tampons) espacées de la façade de 3m, 1,5m, 0,8m.

Le choix des protections solaires doit être validé par le biais de l'étude de solarisation / héliodon afin de confirmer et de quantifier l'efficacité des protections solaires et de privilégier l'ombrage - elles doivent intégrer les dispositions fixes nécessaires à l'entretien maintenance des baies, façades et protections solaires.

Facteur solaire des toitures  $\leq 0,02$  (une surtoiture est considérée ventilée si les ouvertures représentent 20% de la surface de la toiture).

Le facteur solaire des façades requis par défaut est issu de :

- Perene  $\leq 0,05$  avec Cm 0,3
- ou du guide PREBAT (ci-dessous), en évitant les matériaux à forte inertie en façade et protection solaire (bois ou alu anodisé).

### PAROIS OPAQUES

Local en mode refroidi									
Objectif d'apports	Nord	Nord-est	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest	Nord-ouest	Horizontal
Apports: $<5W/m^2$	0.09	0.09	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09	0.02

Local en mode refroidi									
Objectif d'apports	Nord	Nord-est	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest	Nord-ouest	Horizontal
Apports: $<5W/m^2$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
Apports: $<10 W/m^2$	0.09	0.06	0.025	0.09	0.06	0.09	0.06	0.08	0.03

L'exigence est graduée de la façon suivante:

- Niveau 1 : Respect des facteurs solaires et distance entre protection solaire et façade : 0,8 m
- Niveau 2 : Respect des facteurs solaires et distance entre protection solaire et façade : 1,5 m
- Niveau 3 : Respect des facteurs solaires et distance entre protection solaire et façade : 3 m

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération, exigences liées aux protections solaires.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de protection solaire.</p>
<p>► Phase Conception</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP</li> <li>• Plans/Coupes/Façades</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Héliodon - étude de solarisation</li> <li>• Note de caractérisation des protections solaires</li> <li>• Calcul des facteurs solaires et vérification du respect des exigences</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des types de protection solaire.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des protections solaires, le calcul des facteurs solaires et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Héliodon - étude de solarisation</li> <li>• Note de caractérisation des protections solaires</li> <li>• Calcul des facteurs solaires et vérification du respect des exigences</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des types de protection solaire</li> <li>• Mesures de confort dans les locaux et report sur diagramme de Givoni</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des protections solaires, le calcul des facteurs solaires et les éléments du projet réalisés.</p>
<p>► Phase Exploitation axe Bâtiment et Gestion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem phase Réalisation, le DOE pouvant être remplacé par tout document permettant de justifier l'exigence.</li> <li>• Enquête de satisfaction des usagers</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des protections solaires, le calcul des facteurs solaires et les éléments du projet réalisés ainsi qu'avec les modalités d'usage, les enquêtes de satisfaction et campagnes de mesures.</p>

**Cas de non-applicabilité :** Cette exigence est non applicable pour le statut "REFROIDI".

Cette exigence vise à assurer une ventilation naturelle efficace protections solaires déployées, sans nuire au confort des occupants, notamment par création de locaux traversants et de porosité minimale, dont la définition est extraite de Perene et de la RTAADOM.

Le but de cette exigence est de s'assurer, si le confort est obtenu par des dispositifs permanents de ventilation naturelle ou l'ouverture des fenêtres, qu'une ventilation suffisante sera obtenue, avec une bonne maîtrise des débits d'air. Cette exigence s'applique aussi bien si une ventilation naturelle seule par des dispositifs permanents de ventilation naturelle ou l'ouverture des fenêtres seule est mise en place, que si elle complète l'effet d'une ventilation mécanique.

La création de mouvements d'air peut être réalisée par ventilation naturelle traversante, par ouverture des baies, puits dépressionnaires... ou systèmes intérieurs de brassages d'air (brasseurs d'air, plafonniers ou autres) intégrés au bâti. Les systèmes mécaniques doivent être fixes, liés au bâti, et intégrés dès la conception, peu énergivores et avoir des caractéristiques techniques définies (débits, niveau sonore...).

Exemples de dispositions :

- Créer des locaux traversants pour permettre la circulation de l'air de confort entre façades opposées, et des porosités minimales
- Les amenées d'air extérieur sont privilégiées sur des façades peu exposées au soleil et au bruit.
- Les éventuels espaces et fonctionnements pour lesquels la vitesse d'air devrait être plafonnée doivent être identifiés.
- Les bâtiments seront de préférence de trame étroite - ex 10m optimum pour la ventilation et l'éclairage naturels.
- Jalousies opaques ou vitrées, vantelles, fenêtres battantes à position intermédiaire, ouvrants à position intermédiaire, voire des coulissants s'ils permettent d'atteindre les porosités - La surface minimale de chaque prise d'air étant de 1 m².
- Prévoir le maintien des ouvrants en position ouverte réglable.
- Dispositifs mis en place pour pouvoir maintenir immobile l'ouverture de ces fenêtres dans une position donnée afin de moduler le débit d'air entrant.

#### CALCUL DE LA POROSITE

Chacune des deux façades principales de ventilation naturelle doit avoir une porosité moyenne totale P pour les pièces principales donnée par le tableau du corps du rapport.

$$Sp = \frac{Sp_1 + Sp_2}{2}$$
$$SO = P \times Sp$$

où :

- ... Sp1 est la surface de la façade principale 1
- ... Sp2 est la surface de la façade principale 2
- ... P est la porosité en % de paroi
- ... SO est la surface d'ouvrant minimum requise sur chacune des parois principales

Les pièces dites polluantes ne rentrent pas dans le calcul de la porosité. Il s'agit des salles de bain, cabinets d'aisance et cuisines (sauf dans le cas d'une cuisine intégrée au séjour ou cuisine "américaine").

Pour tenir compte du type de menuiserie dans le calcul de la porosité, il faut multiplier la surface d'ouvrant par un coefficient M compris entre 0 et 1 donné dans le tableau suivant :

Coefficient M en fonction du type de menuiserie :

Type de menuiserie	Coefficient M
Jalousie	0.8
Coulissant 2 vantaux	0.5
Coulissant 3 vantaux	0.67
Ouvrant à la française, fenêtre à galandage, porte intérieure et extérieure...	1

La surface d'ouvrant réelle est alors calculée selon :  $SO = M \times SO_{\text{réserve}}$

Où  $SO_{\text{réserve}}$  est la surface réservée dans la structure pour l'ouvrant.

L'exigence est graduée comme suit:

► Niveau 1 : Dispositions prises et Porosité  $\geq 20\%$

► Niveau 2 : Dispositions prises et Porosité  $\geq 25\%$

► Niveau 3 : Dispositions prises et Porosité  $\geq 30\%$

► Niveau 4 : Dispositions prises et Porosité  $\geq 30\%$

**ET** Simulation STD + maquette en soufflerie et étude CFD :

pour ce niveau, il convient de :

- simuler le confort par STD avec différents scénarios de renouvellement d'air : 5, 15, 30 vol/h et les corrélérer avec l'étude aéraulique
- Et retenir un scénario justifié notamment par maquette en soufflerie et/ou étude numérique CFD

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération, exigences liées à la ventilation naturelle, au caractère traversant et aux porosités.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de ventilation naturelle.</p>
<p>► Phase Conception</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP</li> <li>• Plans/Coupes/Façades</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Etude aéraulique</li> <li>• Note de caractérisation des porosités et flux dans le bâti</li> <li>• Simulations aéraulique</li> <li>• Maquette en soufflerie éventuelle</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des traversants, porosités et flux</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations de la ventilation naturelle et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Etude aéraulique</li> <li>• Note de caractérisation des porosités et flux dans le bâti</li> <li>• Simulations aéraulique</li> <li>• Maquette en soufflerie éventuelle</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des traversants, porosités et flux</li> <li>• Mesures de confort dont vitesse d'air dans les locaux et report sur diagramme de Givoni</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations de la ventilation naturelle et les éléments du projet réalisés.</p>
<p>► Phase Exploitation, axes Bâtiment et Gestion</p> <p>Idem phase Réalisation, le DOE pouvant être remplacé par tout document permettant de justifier l'exigence.</p>	<p>Cohérence entre les caractérisations de la ventilation naturelle et les éléments du projet réalisés ainsi qu'avec les modalités d'usage, les enquêtes de satisfaction et campagnes de mesures.</p>



## HYGR2.1.4-REU Amélioration de l'efficacité des moyens et des systèmes ou équipements assurant une bonne ventilation de confort en l'absence de refroidissement

### Cas de non applicabilité :

- Pour le statut "PASSIF", si aucun système de ce type n'est présent, l'exigence est atteinte.
- Pour le statut "MIXTE", si aucun système n'est présent, l'exigence est non applicable.
- Pour le statut "REFROIDI", l'exigence est non applicable.

Cette exigence vise à l'améliorer l'efficacité des moyens et des systèmes assurant une bonne ventilation de confort, en absence de refroidissement.

Les dispositions techniques pour le brassage de confort assurant une vitesse d'air de 1 m/s (brasseurs d'air, soufflage...) à 1,5 m/s doivent être décrites.

La réflexion est à mener pour positionner les systèmes de brassages d'air en fonction des postes de travail ou d'usage des locaux. Soit par simulation d'un scénario d'aménagement de référence, soit sur la base de l'aménagement conçu.

Les brasseurs d'air sont adaptés à la configuration des locaux concernés (volumes, sites, etc.).

Le système de brassage d'air doit satisfaire aux exigences suivantes :

- permet de réguler les vitesses d'air et les renouvellements d'air
- puissance unitaire limitée à 60W
- efficacité minimum de 400 m<sup>3</sup>/Wh à vitesse minimum et 140 m<sup>3</sup>/Wh à vitesse maximum (Guide des matériaux performants pour la construction à La Réunion).
- consommation plus faible qu'un système de refroidissement classique.

Les appareils fixes ou mobiles intégrés après la conception (appareils individuels au poste de travail par exemple) ne permettent donc pas de répondre à l'exigence.

En cas de soufflage, veiller à éviter l'inconfort lié à un flux trop fin.

Les brasseurs d'air en plafonniers doivent également satisfaire aux exigences suivantes :

- 1,2 mètres de diamètre
- plan horizontal des pales est au minimum à 0,3 mètres du plafond
- vitesse de rotation variable et réglable (en position confort, le « flux » vertical descendant ne dépassera pas 2 mètres par secondes à 1,5 mètres du sol),
- 1 brasseur/10 m<sup>2</sup>
- pales situées à plus de 1 m des murs
- performances acoustiques vérifiées, au regard du niveau visé sur le thème Acoustique.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Programme</p> <p>Programme de l'opération, exigences liées au brassage d'air.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de brassage d'air.</p>
<p>► Phase Conception</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP</li> <li>• Plans/Coupes/Façades</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Etude aéraulique</li> <li>• Note de caractérisation des systèmes de brassage d'air</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des systèmes de brassage d'air..</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations de la ventilation naturelle et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Etude aéraulique</li> <li>• Note de caractérisation des systèmes de brassage d'air.</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique des systèmes de brassage d'air.</li> <li>• Mesures de confort dont vitesse d'air dans les locaux et report sur diagramme de Givoni.</li> <li>• Mesures de performance des systèmes de brassage d'air.</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des systèmes de brassage d'air et les éléments du projet réalisés.</p>
<p>► Phase Exploitation, axes Bâtiment et Gestion</p> <p>Idem phase Réalisation, le DOE pouvant être remplacé par tout document permettant de justifier l'exigence.</p>	<p>Cohérence entre les caractérisations des systèmes de brassage d'air et les éléments du projet réalisés ainsi qu'avec les modalités d'usage.</p>



## HYGR2.1.5-REU Maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers

Un espace confortable est un espace où l'utilisateur peut régler l'ambiance à sa convenance.

L'exigence s'applique en construction neuve, rénovation, exploitation axes BD et GD, pour tous les statuts.

### ► En l'absence de refroidissement

Cette exigence impose :

- L'identification des espaces où il est pertinent que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique.
- La possibilité pour l'utilisateur de pouvoir agir sur :
  - les protections solaires : réglage des protections solaires extérieures
  - l'ouverture des baies indépendamment du fonctionnement des protections solaires : maintien en position souhaitée
  - le système de brassage de l'air

### ► En cas de refroidissement

Cette exigence impose :

- L'identification des espaces où il est pertinent que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique.
- La possibilité pour l'utilisateur de régler manuellement ou programmer la consigne de la fourniture de refroidissement.
- Les moyens mis en place pour limiter la fourniture de refroidissement dans une plage de température déterminée. Elle peut s'opérer par un dispositif de réglage manuel avec possibilité d'arrêt du dispositif.

S'il n'est pas pertinent, pour des raisons justifiées liées à l'usage, que les usagers puissent maîtriser individuellement l'ambiance thermique pour chaque espace, alors l'exigence est à considérer comme atteinte et les points sont octroyés.

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► <b>Phase Programme</b></p> <p>Programme de l'opération.</p> <p>Exigences liées à la maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées).</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées).</p>

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► Phase Conception</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP, Plans/Coupes/Façades</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Note de caractérisation des dispositifs permettant la maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées)</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs...</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des dispositifs de maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées), et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► Phase Réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Note de caractérisation des dispositifs permettant la maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées)</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des dispositifs de maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées).</p>
<p>► Phase Exploitation axes Bâtiment et Gestion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE ou tout autre document permettant de justifier l'exigence</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Note de caractérisation des dispositifs permettant la maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées)</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des dispositifs permettant la maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées) et les éléments du projet réalisés ainsi qu'avec les modalités d'usage.</p> <p>Repérage sur plan de zonage.</p>



HYGR2.1.6-REU-S En cas de refroidissement : vitesses d'air maximales si cela est pertinent pour l'usage

**Cas de non applicabilité :**

L'exigence s'applique en construction neuve, rénovation et exploitation axes BD et GD.

- Pour le statut "PASSIF", l'exigence est non applicable.
- Pour le statut "MIXTE", l'exigence s'applique (lorsque le système de refroidissement d'appoint fonctionne).
- Pour le statut "REFROIDI", l'exigence s'applique.

Lorsque cela est pertinent, en cas de refroidissement, l'objectif de l'exigence est d'assurer une vitesse d'air ne nuisant pas au confort.

Le tableau de la page suivante liste les vitesses d'air attendues par type d'espace pour les locaux refroidis.

Dans ces tableaux, les locaux *mentionnés en italique bleu* sont des exemples de locaux fonctionnant de la même façon que l'item en noir.

Pour les vitesses d'air à respecter en été, le critère à retenir est le suivant :

L'été, lorsque le système de refroidissement est en fonctionnement, pour une consigne proche de 26°C.

Espaces	Niveau 1	Niveau 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultations</li> <li>• Salles d'attente, accueils secondaires (hors urgences)</li> <li>• Bureaux médicaux et soignants</li> <li>• Bureau</li> <li>• Bureau d'exploitation (logistique)</li> <li>• Salle de réunion, salle de formation (<i>Espaces de détente</i>)</li> <li>• Salle d'enseignement</li> <li>• Salle d'exercice, de jeux, d'activité, d'éveil</li> <li>• Hall d'accueil</li> <li>• Salles de conférence, auditorium, amphithéâtre</li> <li>• Cantine, espace de restauration (<i>Cafétéria, cuisine, etc.</i>)</li> </ul>	$V \leq 0,25 \text{ m/s}$	$V \leq 0,22 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Locaux d'hébergement (<i>chambres des patients...</i>)</li> <li>• Infirmerie</li> <li>• Salle de repos du personnel</li> <li>• Salle de change</li> </ul>	$V \leq 0,20 \text{ m/s}$	$V \leq 0,15 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone "entrepôt" hors entrepôt frigorifique</li> <li>• Aire de production, espace de process (dont le process n'exige pas un contrôle de la température, activité debout moyenne)</li> <li>• Espaces dédiés à la vente (<i>Boutiques, etc.</i>)</li> <li>• Autre</li> </ul>	$V \leq 0,50 \text{ m/s}$	$V \leq 0,40 \text{ m/s}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulations</li> <li>• Grands espaces communs dédiés à la circulation</li> </ul>	$V \leq 0,80 \text{ m/s}$	$V \leq 0,50 \text{ m/s}$
Points disponibles :	1	3

Pour obtenir les points relatifs au niveau 2 ci-dessus, toutes les vitesses d'air des différents espaces doivent être respectées.

**IMPORTANT** : Pour la justification de cette vitesse d'air limite, la maîtrise d'ouvrage doit :

- Justifier le choix de l'appareil terminal de soufflage d'air permettant d'assurer la vitesse d'air recherchée (sans pour autant se prémunir des autres paramètres de confort : bruit, stabilité des températures, etc.).
- Justifier la position des terminaux de soufflage dans les espaces. Il est par exemple possible de réaliser une étude d'implantation des terminaux de soufflage d'air afin de repérer les positions optimales.

Dans le cas où l'activité localisée justifierait une température de consigne inférieure à 26°C, une telle température est autorisée si cette différence de température est "compensée" par une vitesse d'air plus faible au niveau des zones d'occupation. On peut dans ce cas se référer aux vitesses d'air suivantes, dans le cas d'un espace de bureau classique par exemple :

- $V \leq 0,18 \text{ m/s}$  si  $T_{\text{consigne}} = 24^\circ\text{C}$
- $V \leq 0,20 \text{ m/s}$  si  $T_{\text{consigne}} = 25^\circ\text{C}$

Une température de consigne plus faible que 26°C doit être soigneusement justifiée (par rapport à l'activité notamment).

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► <b>Phase Programme</b></p> <p>Programme de l'opération, Exigences liées à la limitation éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de limitation éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent.</p>
<p>► <b>Phase Conception</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP</li> <li>• Plans/Coupes/Façades</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Note de caractérisation des limitation éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des limitations éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► <b>Phase Réalisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Note de caractérisation des limitations éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des limitations éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent et les éléments réalisés du projet.</p>
<p>► <b>Phase Exploitation axes BD et GD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE ou tout autre document permettant de justifier de l'exigence</li> <li>• Carnet de vie</li> <li>• Carnet d'entretien</li> <li>• Note de caractérisation des dispositifs permettant la maîtrise de l'ambiance thermique par les usagers (en mode rafraîchi et en mode refroidi avec plages limitées)</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les caractérisations des limitations éventuelles des vitesses d'air dans les locaux où cela est pertinent et les éléments du projet réalisés ainsi qu'avec les modalités d'usage.</p> <p>Repérage sur plan de zonage thermique de ces dispositifs.</p>

## HYGR2.2-REU TEMPS DE DEPASSEMENT DE LA PLAGE DE CONFORT

HYGR2.2.1-REU Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local en PASSIF

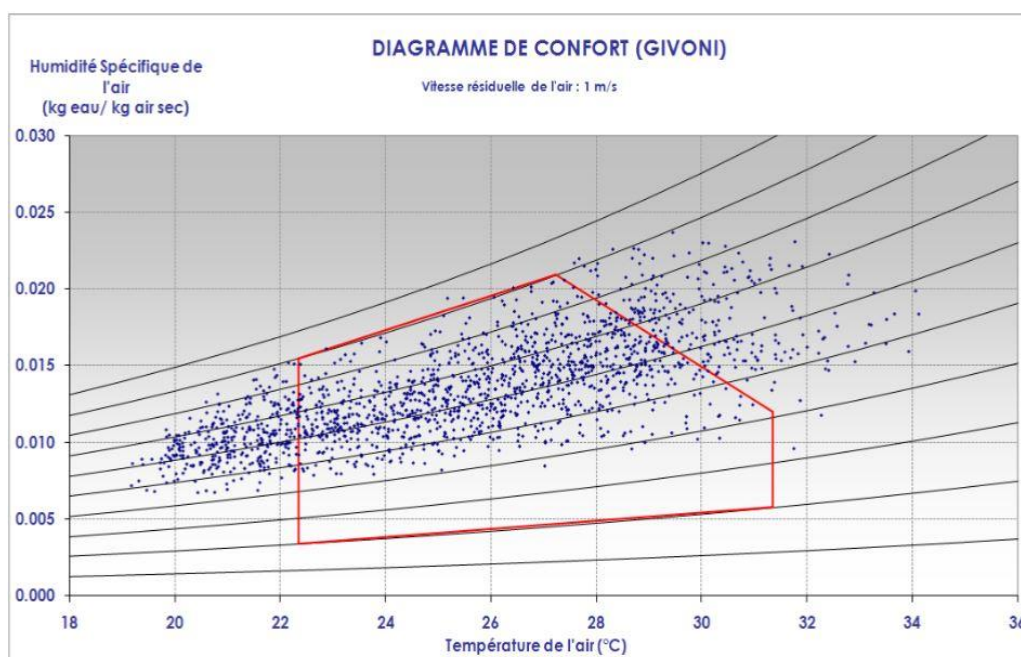
### Cas de non applicabilité :

Cette exigence est non applicable en Axe GD seul. Elle s'applique en construction neuve, rénovation et exploitation axe BD, pour tous les statuts ("PASSIF", "MIXTE", et "REFROIDI").

La justification du pourcentage du temps de dépassement de la plage de confort du local sur l'année suppose l'utilisation d'un outil de simulation thermique dynamique. Des précisions sont demandées sur la méthode de calcul utilisée, ainsi que sur les hypothèses et les scénarios considérés, par exemple les apports internes.

Le **diagramme de GIVONI** est la référence utilisée.

L'exigence consiste, pour valider l'atteinte du confort thermique, à substituer à l'exigence de la seule température, une exigence basée sur le respect des plages de confort du diagramme psychrométrique qui tiennent compte de la température résultante, de la vitesse d'air et de l'humidité ( $T_r$ ,  $V_{air}$  et  $H^\circ$ ).



L'exigence suppose la réalisation de l'étude de simulation thermique dynamique tenant compte des statuts définis en début de thème, et l'analyse des résultats pour les différentes périodes de fonctionnement de l'opération (les critères attendus concernant la simulation thermique dynamique sont précisés dans l'annexe disponible en fin d'exigence) :

- **Etape 1** : Simulations en mode PASSIF pour tous les statuts de locaux pour qualifier la performance du projet en passif : En passif sans/avec brassage d'air - report des couples Température résultante / Hygrométrie sur le diagramme de Givoni et comparaison avec les vitesses d'air atteintes en passif, ventilation naturelle, sans / avec brassage d'air. Détermination du % de temps de dépassement de la plage de confort définie en amont.
- **Etape 2** : Nouvelle simulation intégrant les scénarios de refroidissement pour qualifier le confort sur l'année suivant le scénario d'usage retenu - report des couples

Température résultante / Hygrométrie sur diagramme de Givoni sur les périodes considérées - pour STATUT MIXTE ou STATUT REFROIDI.

Détermination du % de temps de dépassement de la plage de confort définie en amont intégrant les tolérances éventuelles en mode rafraîchi

Bilan par notation selon les résultats obtenus.

Critères attendus dans le rapport de simulation thermique dynamique pour la détermination du pourcentage de temps de dépassement de la plage de confort hygrothermique, pour les projets évalués à La Réunion.

Pour justifier de l'atteinte de cette préoccupation à l'aide d'un calcul de simulation thermique dynamique les éléments ci-dessous devront apparaître de façon détaillée et justifiée dans le rapport :

- Surfaces
- Caractéristiques et performances des parois opaques verticales et horizontales
- Surfaces et performances des parois vitrées
- Volumétrie
- Protections solaires fixes et mobiles (Type de modélisation et caractéristiques)
- Inertie
- Si un TRV est calculé, il est intégré dans la STD, après avoir été déterminé par des méthodes dédiées (outil de CFD aéraulique ou étude en soufflerie)
- Scenarii d'usages (par défaut réglementaires RT 2012 nationale)
- Justification du zonage et des blocs homogènes en fonction des paramètres suivants :
  - orientation
  - usage des locaux
  - typologie des façades / distance aux façades
  - hauteur sous plafond des locaux
  - cloisonnement (si il est connu)
  - apports internes dus à l'occupation, à l'éclairage artificiel et aux équipements : descriptif du planning des charges internes (occupation et équipement) pour chacun des locaux simulés,
  - charges internes par zone, elles-mêmes en termes de puissance, de densité,
  - apports externes directs et diffus
  - hypothèses prises pour la ventilation des locaux que ce soit pour la ventilation hygiénique ou la ventilation naturelle (minimum de base de à 15 vol/h à atteindre dans chaque local),
  - coefficients de pression obtenus sur les différentes façades calculés en période de brises et d'alizes et suivant la fréquence du vent et l'environnement immédiat,
  - vitesses d'air prises en considération (0 rn/s, 0,5 rn/s, 1 m/s, 1,5 m/s)
  - mode de présentation des résultats (% de points à l'intérieur du diagramme de Givoni, nombre d'heures d'inconfort obtenu mois/ mois de tacon statistique),
  - évaluation des besoins de climatisation pour les zones concernées. (sensible + latent) sans prendre en compte les systèmes, en précisant la consigne à prendre en compte (Exemple : 26°C, 55% HR, en bureau).
  - système(s) de ventilation / débits d'air neuf dus à la ventilation naturelle et/ou mécanique / infiltrations



- Données météo (l'année type du fichier météo retenue sera justifiée et adaptée à la localisation géographique du projet) :
  - Le fichier climatique pris en référence.
  - Le modèle de température du sol.
- Zone climatique
- Logiciels utilisés pour ce calcul de simulation thermique dynamique ne doivent pas être un simple tableur. A titre indicatif, cette simulation peut être effectuée par l'un des logiciels (ou son équivalent) suivants : TRNSYS, Pléiade COMFIE, CoDyBA, T.A.S, Design Builder, Virtual Environment, Etc.

L'exigence est graduée de la façon suivante :

« Qualification de la performance du projet en PASSIF (soit l'étape 1 décrite ci-dessus, l'étape 2 étant traitée dans l'exigence HYGR2.2.2-REU) : Pas de sortie de la plage de confort 1 m/s plus de x % du temps sur la période d'occupation sur l'année à La Réunion les bas jusqu'à 800m d'altitude »

- ▶ Niveau 1 : < 25%
- ▶ Niveau 2 : < 20%
- ▶ Niveau 3 : < 15%
- ▶ Niveau 4 : < 10%
- ▶ Niveau 5 : < 5%

## MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
<p>► <b>Phase Programme</b></p> <p>Programme de l'opération. Exigences liées aux statuts et à leur caractérisation en termes de confort et de tolérance de sortie des plages de confort.</p>	<p>Définition des objectifs à atteindre en matière de statuts thermiques caractérisés.</p>
<p>► <b>Phase Conception</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTP, Plans/Coupes/Façades,</li> <li>• Carnet de vie,</li> <li>• Simulations thermiques dynamiques.</li> <li>• Note de caractérisation des hypothèses et de présentation des résultats : <ul style="list-style-type: none"> <li>• scénarios d'usage</li> <li>• données météo</li> <li>• caractéristiques des parois, baies, protections solaires</li> <li>• fonctionnement des systèmes</li> </ul> </li> <li>• Report sur diagramme de Givoni ;</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique suivant les étapes décrites dans l'exigence.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les exigences liées aux statuts, les hypothèses des STD et les éléments du projet décrits et dessinés.</p>
<p>► <b>Phase Réalisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOE,</li> <li>• Carnet de vie,</li> <li>• Simulations thermiques dynamiques,</li> <li>• Mesures in situ.</li> <li>• Note de caractérisation des hypothèses et de présentation des résultats : <ul style="list-style-type: none"> <li>• scénarios d'usage</li> <li>• données météo</li> <li>• caractéristiques des parois, baies, protections solaires</li> <li>• fonctionnement des systèmes</li> </ul> </li> <li>• Report sur diagramme de Givoni ;</li> <li>• Repérage sur plan de zonage thermique suivant les étapes décrites dans l'exigence ;</li> <li>• Vérification in situ.</li> </ul>	<p>Cohérence entre les exigences liées aux statuts, les hypothèses des STD et les éléments du projet réalisés.</p>
<p>► <b>Phase Réalisation axe Bâtiment</b></p> <p>Idem phase Réalisation, le DOE pouvant être remplacé par tout document permettant de justifier l'exigence.</p>	<p>Cohérence entre les exigences liées aux statuts, les hypothèses des STD et les éléments du projet réalisés, ainsi qu'avec les modalités d'usage, les enquêtes de satisfaction et campagnes de mesures.</p>



## HYGR2.2.2a-REU Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local suivant le scénario d'usage retenu (Statut PASSIF)

Ces dépassements tolérés s'entendent en dehors du recours au refroidissement

L'exigence est graduée de la façon suivante:

« Qualification du confort suivant le scénario d'usage retenu (soit l'étape 2 décrite en exigence HYGR2.2.1-REU) : Pas de sortie de la plage de confort 1 m/s plus de x % du temps sur la période d'occupation sur l'année à La Réunion les bas jusqu'à 800m d'altitude »

- ▶ Niveau 1 : < 25%
- ▶ Niveau 2 : < 20%
- ▶ Niveau 3 : < 15%
- ▶ Niveau 4 : < 10%
- ▶ Niveau 5 : < 5%

### MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
Idem HYGR2.2.1-REU.	

## HYGR2.2.2b-REU Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local suivant le scénario d'usage retenu (Statut MIXTE)

### Cas de non applicabilité :

Cette exigence est non applicable en Axe GD seul. Elle s'applique en construction neuve, rénovation et exploitation axe BD, pour le statut "MIXTE".

Ces dépassements tolérés s'entendent en dehors du recours au refroidissement

L'exigence est graduée de la façon suivante:

« Qualification du confort suivant le scénario d'usage retenu (soit l'étape 2 décrite en exigence HYGR2.2.1-REU) : Pas de sortie de la plage de confort 1 m/s plus de x % du temps sur la période d'occupation sur l'année à La Réunion les bas jusqu'à 800m d'altitude »

- ▶ Niveau 1 : < 4%
- ▶ Niveau 2 : < 3.5%
- ▶ Niveau 3 : < 3%
- ▶ Niveau 4 : < 2%
- ▶ Niveau 5 : < 0%

### MODES DE PREUVE

Phases	Points vérifiés à minima
Idem HYGR2.2.1-REU.	

HYGR2.2.2c-REU Pourcentage de temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local suivant le scénario d'usage retenu (Statut REFROIDI)

**Cas de non applicabilité :**

Cette exigence est non applicable en Axe GD seul. Elle s'applique en construction neuve, rénovation et exploitation axe BD, pour le statut "REFROIDI".

Qualification du confort suivant le scénario d'usage retenu (soit l'étape 2 décrite en exigence HYGR2.2.1-REU) :

L'exigence requiert qu'il n'y ait AUCUNE sortie de la plage de confort 1m/s sur la période d'occupation sur l'année à La Réunion les bas jusqu'à 800m d'altitude.

**MODES DE PREUVE**

Phases	Points vérifiés à minima
Idem HYGR2.2.1-REU.	

## ANNEXE DU THEME CONFORT HYGROTHERMIQUE : MODALITES DE CALCUL DE L'INDICATEUR PPD POUR LA DETERMINATION DE TEMPERATURES OU DE PLAGES DE CONSIGNE

L'indicateur PPD se calcule à partir de l'indicateur PMV (Vote Moyen Prévisible), qui traduit la valeur moyenne des votes d'un groupe important de personnes exprimant leur sensation thermique sur une échelle à 7 niveaux :

Valeur de l'indice PMV	Sensation thermique générale ressentie
+3	Chaud
+2	Tiède
+1	Légèrement tiède
0	Neutre
-1	Légèrement frais
-2	Frais
-3	Froid

Cet indice PMV se calcule quant à lui à partir des paramètres suivants\* :

- La température de l'air et la température radiante moyenne
- L'humidité relative de l'air
- La vitesse d'air
- Le niveau d'habillement
- Le métabolisme énergétique

\*La méthode de calcul est entièrement décrite dans la norme NF EN ISO 7730.

La température de l'air de consigne dans chaque espace concerné devra être déterminée pour obtenir un indice PMV compris entre -0,5 et + 0,5 (ce qui correspond à un indice PPD de 10%). Pour déterminer cette température, il convient de se référer aux tableaux de l'Annexe E de la norme ISO 7730, avec des interpolations linéaires possibles.

Les hypothèses ci-dessous sont fixées par défaut. D'autres valeurs peuvent être proposées sous réserve de justification.

- Le niveau d'habillement en hiver est de 1 Clo (niveau d'isolation thermique vestimentaire hivernale typique) et de 0,5 Clo en été (niveau d'isolation thermique vestimentaire estivale typique)
- Le métabolisme est choisi en fonction du type d'activité exercée dans chaque espace. La norme précise un certain nombre de métabolisme typiques : activité sédentaire : 1,2 Met, activité légère : 1,6 Met, activité moyenne, debout : 2,0 Met, etc.
- L'humidité sera prise à 50%
- La vitesse d'air sera prise comme égale à 0,1m/s en hiver et 0,2m/s en été
- On supposera que la température radiante moyenne est égale à la température de l'air.

## EXEMPLES :

► Pour une activité de bureau ou un poste de soins (activité sédentaire légère, métabolisme de 1,2 Met) respectivement en hiver (vêtue de 1 Clo) et en été (vêtue 0,5 Clo), une humidité de 50% et une vitesse d'air de 0,1 m/s, le tableau E.3 de la norme NF EN ISO 7730 donne les valeurs de l'indice PMV suivantes :

Température opérative (°C)	Indice PMV	
	HIVER (1 Clo)	ETE (0.5 Clo)
16	-1,18	-
18	-0,75	-2.01
20	-0,33	-1.41
22	0,1	-0.79
24	0,54	-0.20
26	0,98	0.39
28	1,42	0.98
30	1,86	1.57

On constate que les valeurs de température opérative (c'est-à-dire de la température de l'air lorsque la température moyenne radiante lui est égale) de 20 et 22°C permettent d'obtenir un PMV compris entre -0,5 et + 0,5 et peuvent donc être utilisées comme valeurs de consigne pour la température de l'air dans les espaces concernés.

Cette méthode est également valable pour déterminer une plage de températures de consigne :

- La borne haute de la plage correspond généralement au cas où le local est occupé et peut être déduite de la même manière que celle présentée ci-dessus,
- La borne basse de la plage correspond généralement à une condition d'inoccupation (cette température peut alors être fixée directement ou déterminée encore une fois à l'aide de la méthode PPD/PMV, pour un degré d'inconfort acceptable).

► Respectivement pour un patient alité en été (activité repos couché, métabolisme de 0,8 Met, et une v ture de 0,5 Clo   1 Clo) et un personnel soignant (activité debout modérée, métabolisme de 1,4 Met, v ture 0,5 Clo), une humidité de 50%, une vitesse d'air de 0,1 m/s, , les tableaux E.1 et E.4 de la norme NF EN ISO 7730 donnent les valeurs de l'indice PMV suivantes :

Température opérative (�C)	Indices PMV		
	Patients couchés 0,8 Met / 0,5 Clo	Patients couchés 0,8 MET / 1 Clo	Personnels soignants 1,4 Met / 0,5 Clo
18�C	-	-	-1,36
20�C	-	-	-0,85
22�C	-	-	-0,33
23�C	-	-1,12	-0,08
24�C	-	-0,77	0,17
25�C	-1,59	-0,42	0,42
26�C	-1,12	-0,06	0,66
27�C	-0,64	0,29	0,91
28�C	-0,15	0,66	1,16
29�C	0,34	1,02	1,41
30�C	0,83	1,39	1,66
31�C	1,33	-	1,92
32�C	1,83	-	2,19

*Nota : Les valeurs en italique de couleur verte sont interpolées*

Pour un patient couché, on constate que les valeurs de température opérative (c'est-à-dire de la température de l'air lorsque la température moyenne radiante lui est égale) approximatives de 24,75  C et 29,25 C, pour un isolement vestimentaire compris entre 0,5 Clo (drap semi et 1 Clo (avec drap), permettent d'obtenir un PMV compris entre -0,5 et + 0,5 et pourraient donc être utilisées comme valeurs de consigne pour la température de l'air dans les espaces concernés.

Cependant, le personnel soignant, dont l'activité debout correspond à un métabolisme voisin de 1,4 Met, qui dispose d'une v ture de l'ordre de 0,5 Clo et qui opère dans les mêmes espaces que les patients, doivent également bénéficier d'une température de confort satisfaisante. Il se trouve en situation de PMV neutre autour de 23,5  C.



Par ailleurs, les patients couchés peuvent se couvrir partiellement d'une couverture légère en été. Il s'agit donc de trouver le compromis qui permet à l'ensemble des utilisateurs d'une chambre d'hospitalisation d'être dans des conditions de confort optimales. C'est ainsi que sont définies les classes de performances et plages de températures suivantes, centrées sur les valeurs de 24,5 °C en été et 22 °C en hiver :

Classes	PMV	PPD	Plages de T° résultante ETE (*)	Plages de T° résultante HIVER (*)
<b>A</b>	- 0.2 < PMV < + 0.2	< 6%	24.5°C ± 1°C	22°C ± 1°C
<b>B</b>	- 0.3 < PMV < + 0.3	< 8%	24.5°C ± 1,2°C	22°C ± 1,5°C
<b>C</b>	- 0.5 < PMV < + 0.5	< 10%	24.5°C ± 1.5°C	22°C ± 2°C
<b>D</b>	- 0.6 < PMV < + 0.6	< 12%	24.5°C ± 2°C	22°C ± 2,5°C
<b>E</b>	- 0.7 < PMV < + 0.7	< 15%	24.5°C ± 2.5°C	22°C ± 3°C
<b>F</b>	PMV > + 0.7	-	-	-