

Musée de l'Air et de l'Espace

Bâtiment de type hangar à usage de
musée

LE BOURGET 93352

Etat des lieux et préconisations de travaux enveloppe bâtiment 39 45



Table des matières

Fonction du bâtiment :	3
Etat des lieux :	3
Orientation et Zone climatique du bâtiment :	3
Dimensions :	3
Zone climatique :	3
Type de parois présentes :	4
Murs extérieurs (A1) :	4
Plancher bas :	5
Plancher haut / Toiture :	5
Menuiseries :	6
Occultations :	7
Perméabilité à l'air :	7
Ventilation et désenfumage :	8
Compacité :	8
Inertie :	8
Synthèse état des lieux :	9
Enveloppe du bâtiment :	9
Préconisations :	9
Réglementation :	9
Murs extérieurs :	9
Plafond :	10
Plancher bas :	10
Perméabilité à l'air :	11
Menuiseries :	12
Ventilation :	12
Occultations :	14

Fonction du bâtiment :

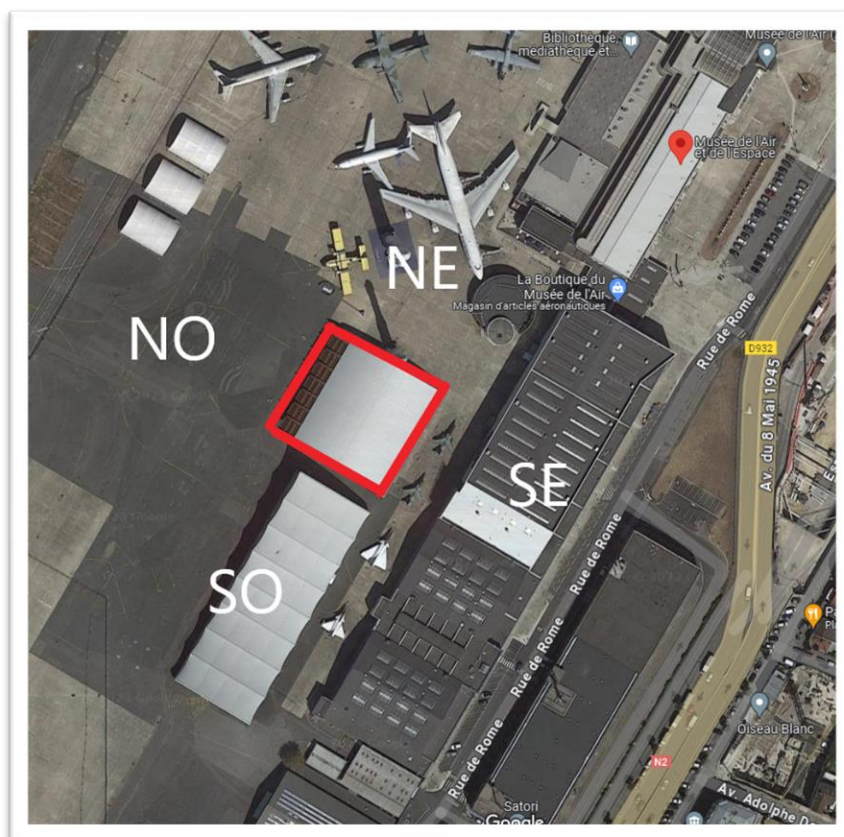
Le bâtiment actuel est utilisé en tant que stockage de véhicules aéronautiques. Il reçoit du public avec plus de 315 000 en 2019. Il doit disposer d'un confort convenable tout au long de l'année pour ses visiteurs.

Pour avoir un confort tout au long de l'année, il est impératif de travailler sur le confort hivernal mais aussi sur le confort estival.

Le bâtiment est exempt de tout système hors l'éclairage.

Etat des lieux

Orientation et Zone climatique du bâtiment :



Dimensions :

L'entrée du bâtiment se situe sur la façade NO et SE avec respectivement 2 et 4 portes vitrées 2 vantaux.

Les façades NE et SO mesurent 39m. Les façades NO et SE mesurent 45.5m environ.

La surface habitable de ce bâtiment est de 1733 m².

La toiture arrondie culmine à 12.96 m.

Zone climatique :

Le bâtiment est situé dans la zone climatique H1a.

Température extérieure : - 8°C

Altitude : 50 m

Type de parois présentes :

- Murs extérieurs (A1)
- Plancher bas (A4)
- Plancher haut/ toiture (A2)

Murs extérieurs (A1) :



Composition des murs extérieurs :

Eléments	Résistance thermique m ² .K/W
Ossature métallique de type poteaux poutres	0
Ossature bois lamellé collé	0
Bardage métallique de couleur claire	0

Composition de la façade NO :

Eléments	Résistance thermique m ² . K/W
Ossature métallique poteaux poutres	0
Ossatures bois lamellé collé	0
Vitrine verre 12/10-2(portes) et 8/6-2 (fixe +désenfumage)	0.18

Les murs extérieurs sont thermiquement très mauvais puisque dépourvus d'isolation.

Plancher bas :



Eléments	Résistance thermique m ² .K/W
Dalle béton 30cm	0.20

Le plancher bas lourd, non isolé thermiquement mauvais car dépourvus d'isolation.

Plancher haut / Toiture :



Eléments	Résistance thermique m ² .K/W
Ossature métallique type poteaux poutres	0
Ossature bois lamellé collé	0
Tôles d'acier ondulés	0

La toiture aussi est thermiquement mauvaise car elle ne dispose pas d'éléments isolants.

Menuiseries :



Type	Longueur (m)	Hauteur (m)	Nombre	Surface (m ²)	Orientation
Vitrage feuilleté 8/6-2 Châssis Fixe	2.2	1.045	142	337.95	NO
Porte vitrée 100% vitrage feuilleté 12/10-2	1.92	2.95	6	33.98	NO (2 unités) SE (4 unités)
Porte métallique non isolée (5 vantaux)	3.50	6.4	5	112	NE
Vitrage feuilleté 12/10-2 Châssis Fixe	2.2	2.95	27	175.23	NO (19 unités) SE (8 unités)

Les menuiseries sont thermiquement mauvaises. Elles permettent tout de même un apport solaire au NO qui réduit les besoins en chauffage l'hiver et les consommations liées à l'éclairage.

Occultations :



Pour lutter contre les rayons du soleil, ce bâtiment est muni de brises soleil à lames larges protégeant la façade Nord-Ouest qui est entièrement vitrée.

Dimensions : 45m*10m

Surface : 450 m²

Perméabilité à l'air :



La perméabilité à l'air du bâtiment est très élevée en raison des nombreuses aérations non traitées comme le montre l'illustration ci-dessus. Ici c'est au niveau du pied de poteaux mais il y a aussi des problèmes de perméabilité à l'air à toutes les jonctions entre les différentes parois. Les portes métalliques comportent aussi un joint important entre le bas de la porte et le tarmac.



Ici le jour est visible entre murs mais aussi entre murs et plancher bas.

On peut donc en conclure que la perméabilité à l'air est très mauvaise.

Ventilation et désenfumage :

La ventilation est assurée par la perméabilité à l'air élevée et par l'ouverture des menuiseries. Elle n'est pas contrôlée, donc son efficacité est moindre.

Le désenfumage est assuré par des menuiseries alu avec remplissage verre 8/6-2. Elles sont de type OTF. Il permet aussi d'assurer une ventilation grâce à l'ouverture motorisée par vérin électrique ou pneumatique. Il est composé d'un fusible thermique.

Compacité :

Le périmètre du bâtiment est de 188m. Sa surface habitable est de 2200m².

Le ratio de compacité périmètre sur la surface indique 0.0085, soit une compacité plutôt bonne.

Inertie :

Le bâtiment est composé d'un plancher bas lourd à base de béton. Les murs et plafond sont en ossatures mixte métalliques et bois. Ils sont considérés comme ayant une inertie faible.

Selon la règle TH-I, l'inertie du bâtiment est considérée comme moyenne.

Synthèse état des lieux :

Enveloppe du bâtiment :

Eléments	Isolation
Plancher bas	Mauvaise
Murs extérieurs	Très mauvaise
Plancher haut / Toiture	Très mauvaise
Menuiseries	Mauvaise
Perméabilité à l'air	Très mauvaise
Ventilation	Mauvaise
Compacité	Bonne
Inertie	Moyenne

Préconisations

Réglementation :

Le bâtiment, s'il est rénové pour devenir chauffer par la suite devra respecter la RT existante globale. Il doit assurer une performance thermique globale.

Les valeurs, pour la zone climatique H1a, ci-dessous sont issues de l'arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatifs aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (Annexe 1).

Parois	Résistance thermique ($m^2 \cdot K/W$)
Murs en contact avec l'extérieur	3.2
Rampants de toiture de pente inférieure à 60°	5.2
Plancher bas sur terre-plein	Non concerné (sont concernés uniquement les plancher bas sur LNC ou donnant sur l'extérieur)
Menuiseries	Non concerné (Paroi vitrée anti-explosion ; Art.8 de l'arrêté du 22 mars 2017)

Il est impératif de travailler dans un premier temps sur les murs et la toiture qui doivent respecter une résistance thermique. Ce traitement, oblige aussi à travailler sur la perméabilité du bâtiment et sur son état hors d'eau hors d'air afin de ne pas créer de ponts thermiques importants.

Murs extérieurs :

Confort hivernal :

Isolation avec double bardage et laine de verre de type Claudipan 32 de chez ISOVER. Epaisseur 110mm minium.

Rt : 3.45 ($m^2 \cdot K/W$) avec 110mm d'épaisseur

L'avantage de cette isolation c'est qu'elle est posée sur le bardage actuel et est recouverte d'un bardage métallique supplémentaire. Cela ne dénature pas le style du bâtiment actuel.

Pour respecter la RT existant il faut un minimum de 110mm d'épaisseur. Cependant il est tout à fait possible d'augmenter cette épaisseur pour profiter d'une résistance thermique plus élevée.

Confort estival :

En été, avec l'isolant placé à l'extérieur, cette solution est profitable pour limiter l'apport de chaleur dans l'enveloppe du bâtiment. Placé à l'intérieur, cette solution améliore le confort estival mais de façon plus faible.

Plafond :

Confort hivernal :

Pour respecter la résistance thermique imposée de 5.2 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$), l'isolation du plafond est primordiale. Il est préférable d'utiliser un système d'isolant projeté comme de la laine humide projetée. Ce procédé permet de réduire les ponts thermiques, lié notamment à la présence de l'ossature métallique.

Epaisseur minimal : 300 mm

Rt : 6 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

Il est aussi possible d'installer une isolation plus classique par l'intérieur ou par l'extérieur avec l'utilisation de panneaux d'isolant. Cependant cette solution, en ITI est plus complexe à mettre en place en raison de l'ossature métallique et devra disposer d'un faux plafond. De plus couplé à une ITI sur les parois verticales, les ponts thermiques murs/plafond seront moindre.

Confort estival :

L'ajout d'un isolant permet d'améliorer le confort d'été. Il est préférable de l'installer à l'extérieur du bâtiment. Ici l'inclinaison de la toiture complexifie une ITE en toiture. La solution est écartée. La solution ITI pour la toiture se prête mieux à ce bâtiment.

Plancher bas :

Confort estival et hivernal :

Le plancher bas ne sera pas touché car sur terre-plein. Il est de plus utile pour l'inertie du bâtiment. L'inertie permet au bâtiment d'avoir un temps de latence avant de changer de température. Elle est donc profitable en hiver comme en été. Dans ce bâtiment, il est impossible de créer de l'inertie avec les autres parois.

Exemplarité d'isolation des parois :

Le bâtiment appartenant au Ministère, il est important d'avoir une rénovation exemplaire. Il est donc intéressant de prendre les seuils de la RE 2020 en exemple. Ici pas de valeurs de résistance thermique à respecter mais un Bbio de 63 points en moyenne. Pour que ce bâtiment respecte le Bbio, il faut à minima à respecter ces valeurs de résistances thermiques :

- Parois verticales opaques : $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- Plancher haut/ Plafond : $7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- Plancher bas : $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

L'isolation du sol étant impossible à réaliser, il sera compliqué de respecter le Bbio pour ce type de bâtiment.

Perméabilité à l'air :

Confort estival et hivernal :

La perméabilité à l'air, n'est pas à exclure. Elle est ici très mauvaise. Elle sera traitée en même temps que l'isolation des murs et du plafond. D'après l'arrêté du 22mars 2017, la valeur de $3 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ (Annexe1 Chapitre perméabilité à l'air). Cela permet de mettre réellement le bâtiment hors d'eau puisque des fuites sont apparentes en pieds de poteau.

Exemplarité de perméabilité à l'air :

Tout comme l'isolation, pour être exemplaire, la perméabilité à l'air doit être traité avec les seuils plus performants comme ceux de la RE 2020 ou ceux de l'objectif passif.

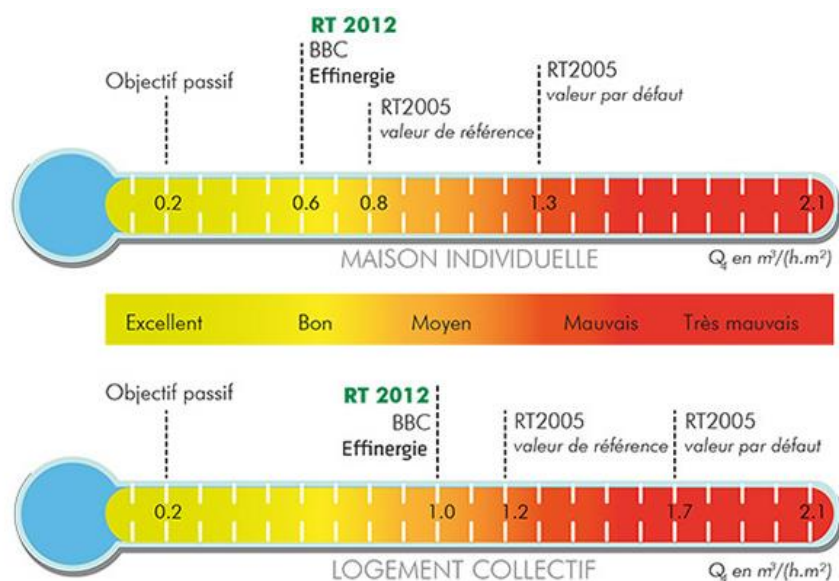
Tableaux des valeurs par défaut de perméabilité à l'air pour la RE 2020

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeurs par défaut ($\text{m}^3/(\text{h.m}^2)$)
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	<i>Pas de valeur par défaut</i>
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	
4	Enseignement primaire	1,7
5	Enseignement secondaire (partie jour)	1,7
16	Bureaux	1,7

Tableau 30 : Valeurs par défaut de la perméabilité à l'air de l'enveloppe

Les valeurs par défauts de la perméabilité à l'air pour une maison individuelle ou accolée est de $0.6 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ et de $1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ pour un logement collectif.

Il faudrait donc que notre bâtiment respecte la valeur de $0.6 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ Cette valeur est bien plus performante que de la valeur réglementaire en RT existant qui est de $3 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ ce qui permet la réduction des déperditions du bâtiment.



Pour une performance optimale la perméabilité à l'air doit s'approcher de 0.2 m³/ (h.m²). Ainsi les déperditions sont drastiquement réduites, tout comme la puissance de chauffage nécessaire pour maintenir une température de confort dans le bâtiment.

Menuiseries :

Confort hivernal :

En raison de la course du soleil, les menuiseries feuilletées, placés au Nord-Ouest ne sont pas optimales. Accompagnées des vitrages au SE, elles permettent un éclairage important.

Cependant le verre est feuilleté pour des raisons de sécurité. Il a été dimensionné pour ce bâtiment. Il est donc inutile et coûteux de le remplacer. De même pour les portes vitrées de la façade SE. Elles sont à conserver.

Confort estival :

À la suite du traitement des parois et de la perméabilité à l'air, il serait judicieux de remplacer certaines menuiseries fixes par des O.T.F. en partie haute. Ainsi une sur-ventilation nocturne par ouvertures des conduits de désenfumage peut être mis en place. Elle s'accompagne de capteurs de températures intérieur et extérieur qui commandent automatiquement l'ouverture et la fermeture des ouvrants. Le fait de les placer en partie haute permet d'éviter les intrusions nocturnes dans le bâtiment.

Un calcul de dimensionnement de ventilation nocturne est nécessaire pour déterminer le nombre de menuiseries à remplacer.

Ventilation :

Confort estival et hivernal :

Le renouvellement d'air est indispensable au confort du bâtiment. Il est lié à la ventilation mais aussi à la perméabilité à l'air. Plus la perméabilité à l'air est faible, plus le système de ventilation doit être performant. Dans le respect de la valeur de 3 m³/ (h.m²), pour la perméabilité à l'air, Il faut donc modifier la ventilation naturelle déjà présente (Annexe 1).

Pour ce genre de bâtiment une ventilation haute et basse est suffisante. Les entrées d'air pourront se faire sur le mur Sud-Est tandis que les sorties d'airs peuvent être placés au-dessus des menuiseries lorsque ces dernières seront remplacées par des menuiseries O.T.F.

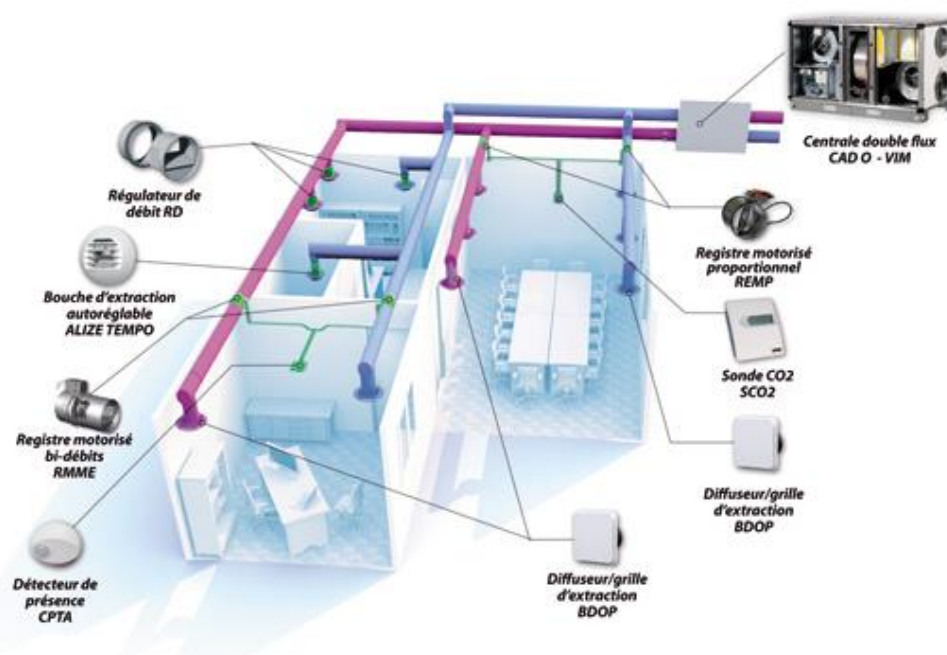
Le dimensionnement de ces entrées d'air doit être effectuées pour plus de précision.

Ici pas de changement de système de ventilation mais juste une mise à jour de la ventilation actuel. Il faut tout de même respecter la valeur de Valeur de Qvarepspecocc/m² = 1,2 m³ /h.m². Les articles réglementaires concernant la ventilation sont présents dans l'annexe 1.

Des brasseurs d'airs, fixés sur l'ossatures métalliques peuvent être mis en place pour améliorer le confort d'été. De plus ils améliorent le rendement de la sur-ventilation nocturne mais aussi le chauffage en augmentant les échangeant par convection.

Exemplarité de Ventilation :

Pour diminuer les déperditions importantes liées à la ventilation de ce bâtiment, l'installation d'une ventilation double flux est importante. Accompagnée d'une batterie froide et d'une batterie chaude, elle permet de maintenir une température de confort dans le bâtiment tout en renouvelant l'air intérieur. Le bâtiment étant un musée, il faut qu'elle soit dimensionnée en fonction du nombre de personnes et régulée avec des capteurs CO₂ permettant une mise en route en fonction du nombre de personnes présentes dans le bâtiment et de la qualité de l'air intérieur. Elle permet un dimensionnement précis en fonction du nombre de personne présentes dans le bâtiment.



Ici, l'exemple d'une Centrale de traitement d'air double flux avec récupération de chaleur. Elle permet de renouvellement d'air tout en récupérant la chaleur de l'air extrait ce qui est exemplaire thermiquement. La batterie chaude ou froide s'active uniquement si l'air introduit n'est pas à la température souhaitée.

Couplée à une perméabilité à l'air de 0.2 m³ / (h.m²), la ventilation évitera de nombreuses déperditions en vu de diminuer la puissance du chauffage à installer et la consommation d'énergie.

Occultations :

Confort estival :

Les occultations déjà présentes sont un avantage pour le bâtiment. Leur remplacement serait coûteux, peu efficace et va dénaturer l'architecture du bâtiment.

Synthèse des préconisations :

La transformation de ce bâtiment non chauffé en bâtiment chauffé engendre la mise en place d'une rénovation complète des parois.

Lors de l'isolation d'un bâtiment, la ventilation doit aussi être modifiée afin de respecter les exigences de ventilation et protéger le bâtiment de problèmes hygrométriques. Elle participe au bon fonctionnement du système de chauffage et doit être couplée à un traitement de la perméabilité à l'air.

En effet, sans améliorations thermiques de l'enveloppe, il faudrait installer une puissance de chauffage de 759kW pour chauffer le bâtiment avec une température de consigne de 19°C.

Cependant les dimensions importantes du bâtiment et l'impossibilité d'isoler le sol sans déplacer les avions présents dans le bâtiment impliquent des déperditions élevées même si une isolation est effectuée sur les murs et le plafond. Le coût du chauffage et la consommation d'énergie pour le volume à chauffer seront excessifs.

Chauffer ce bâtiment dans le cadre de son utilisation actuel semble déraisonnable au vu des enjeux climatiques actuels. Le secteur du bâtiment est d'appelé à la sobriété énergétique en rénovant les bâtiments et en réduisant l'utilisation du chauffage, premier poste de consommation d'énergie, dans le bâtiment. Ce bâtiment chauffé avec une puissance de 759 kW va complètement à l'encontre de ce principe et serait une aberration écologique.

Le propriétaire du bâtiment est Le Ministère en lien avec l'Etat et le bâtiment est à usage de musée et donc recevant du public. Ce public étant appelé à une sobriété énergétique dans les bâtiments où il travaille, mais aussi dans leur logement, il est important pour eux que vous soyez aussi exemplaire par rapport aux consommations d'énergie.

L'utilisation de seuils réglementaires, plus performants, mais non obligatoire dans le cadre de ce bâtiment, permettre de montrer un devoir d'exemplarité. Cela permet aussi de diviser par 2 les déperditions de ce bâtiment une fois rénové et ainsi diviser par 2 la puissance de chauffage à installer.

Comme vu précédemment, la résistance thermique du plancher bas sera impossible à respecter. Respecter ainsi les seuils d'exemplarité sera complexe voir impossible.

Malgré une isolation, une ventilation performante et un traitement draconien de la perméabilité à l'air, chauffer le bâtiment aura un coût et une empreinte environnemental non négligeable et qui doit être pris en compte.

Tant que possible, pour l'utilisation en tant que musée sur les avions de 39-45, il est préférable de ne pas installer de chauffage dans ce bâtiment qu'il soit rénové ou non. Le contribuable trouvera plus judicieux de garder le coût de la rénovation et du chauffage de ce bâtiment pour rénover d'autres bâtiments publics qui ont réellement besoin de chauffage tel que les écoles. Cela permettra aussi de montrer un devoir d'exemplarité en choisissant les bâtiments les plus importants à rénover.

Annexe

Extrait de l'arrêté du 3 mai 2007 et modification de cet arrêté par l'arrêté du 22 mars 2017.

Chapitre 1 : Enveloppe du bâtiment, parois opaques

Art. 3. – Lorsque des travaux d'installation ou de remplacement de l'isolation thermique sont entrepris sur une paroi, ceux-ci doivent être réalisés de telle sorte que la paroi isolée doit avoir une résistance thermique totale, définie dans l'annexe III au présent arrêté, exprimée en mètres carrés. Kelvin par Watt ($m^2 \cdot K/W$), supérieure ou égale à la valeur minimale donnée dans le tableau suivant en fonction du type de paroi concernée. Ces dispositions pourront être adaptées dans les cas particuliers définis dans ce tableau. Sont exclues de ces exigences les toitures prévues pour la circulation des véhicules.

A compter du 1^{er} janvier 2023, le tableau suivant l'alinéa 3 de l'article 3 est remplacé par le tableau suivant :

PAROIS	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C, H2D et zone H3, à une altitude supérieure à 800 mètres	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 mètres	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°	3.2	3.2	2.2	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3,2 $m^2 \cdot K/W$ dans les cas suivants : - dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation sont réalisés par l'intérieur ; - ou le système constructif est une double peau métallique.
Murs en contact avec un volume non chauffé	2.5			
Toitures terrasses	4.5	4.3	4	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3 $m^2 \cdot K/W$ dans les cas suivants : - l'épaisseur d'isolation implique un changement des huisseries, ou un relèvement des garde-corps ou des équipements techniques ;

PAROIS	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C, H2D et zone H3, à une altitude supérieure à 800 mètres	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 mètres	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
				- ou l'épaisseur d'isolation ne permet plus le respect des hauteurs minimales d'évacuation des eaux pluviales et des relevés ; - ou l'épaisseur d'isolation et le type d'isolant utilisé implique un dépassement des limites de charges admissibles de la structure.
Planchers de combles perdus		5.2		
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	5.2	4.5	4	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 4 m².K/W lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou extérieur	3	3	2.1	La résistance thermique minimale peut être diminuée à 2.1 m².K/W pour adapter l'épaisseur d'isolant nécessaire à la hauteur libre disponible si celle-ci est limitée par une autre exigence réglementaire.

CHAPITRE IV : PERMEABILITE A L'AIR Article 25

La perméabilité à l'air sous 4 Pa de l'enveloppe extérieure du bâtiment prise en référence et rapportée à la surface de l'enveloppe est égale à : 1,7 m³/(h.m²) pour les bâtiments d'habitation ou à usage de bureaux, d'hôtellerie, de restauration et d'enseignement ainsi que les établissements sanitaires ; 3 m³/(h.m²) pour les autres usages. Pour les bâtiments comportant des zones d'usages différents, la valeur de référence est calculée en moyenne pondérée par les surfaces utiles des zones telles que définies dans la méthode de calcul TH-C-E ex. La surface de l'enveloppe considérée dans le présent article est la somme des surfaces A1 à A7 visées à l'article 21, en excluant les surfaces des planchers bas (A4).

Ventilation

Extrait de l'Arrêté du 3 mai 2007 :

Chapitre VI – Ventilation :

Art. 37. – Les auxiliaires de ventilation installés ou remplacés dans les locaux à usage autre que d'habitation devront présenter une consommation maximale par ventilateur de 0,3 Wh/m³, qui peut être portée à 0,45 Wh/m³ en présence de filtres F5 à F9. Ces deux valeurs de consommation maximale peuvent être majorées de 0,05 Wh/m³ par ventilateur jusqu'au 30 juin 2009.

Art. 39. – Dans les bâtiments ou parties de bâtiments à usage autre que d’habitation, tout nouveau système de ventilation dispose d’une régulation en fonction des besoins, mesurés en fonction de paramètres d’occupation, ou d’une régulation par horloge le cas échéant.

Arrêté du 13 juin 2008 :

Article 29 – Chapitre V : Ventilation

Pour les locaux à usage autre que d’habitation, le système de référence est un système par insufflation et extraction d’air sans échangeur de chaleur et sans préchauffage d’air neuf et dont les débits entrant et sortant sont égaux. Les débits à fournir et à reprendre sont égaux aux débits minimaux résultant des réglementations d’hygiène ou, à défaut, des débits spécifiques conventionnels définis dans les règles TH-C-E ex, majorés du coefficient de régulation des débits Cr_{db} égal à 1, et des coefficients de dépassement prenant en compte les incertitudes liées à la caractérisation des bouches et aux fuites du réseau aéraulique C_d égal à 1, 25 et C_{fres} égal à 1, 05. Pour les locaux servant à réunir de façon intermittente des personnes, tels que définis en annexe III, le coefficient de réduction des débits Cr_{dnr} de référence est égal à 0, 5. Les puissances de référence des ventilateurs de soufflage et des ventilateurs d’extraction $P_{ventref}$ sont de 0, 30 watt par mètre cube et par heure de débit d’air par ventilateur. Cette valeur est portée à 0, 45 pour les ventilateurs de soufflage si le système installé est muni d’un filtre à l’insufflation de classe F5 à F9. Les puissances sont calculées pour les débits d’hygiène majorés de 10 %.