

Règles Th-bat - Fascicule Inertie
Publié le 20 décembre 2017

SOMMAIRE

CHAPITRE I	3
1. INTRODUCTION	3
1.1 les coefficients de l'inertie thermique	3
1.2 Références normatives	4
1.3 Nomenclature	7
1.4 Définitions	8
1.5 Lien aux autres fascicules	8
CHAPITRE II	9
2. LA METHODE FORFAITAIRE	9
2.1 Détermination forfaitaire de la classe d'inertie quotidienne	9
2.2 Détermination forfaitaire de la classe d'inertie séquentielle	11
2.3 Détermination forfaitaire de la classe d'inertie annuelle	13
CHAPITRE III	14
3. DETERMINATION DE L'INERTIE PAR LE CALCUL	14
3.1 détermination de la capacité thermique surfacique	14
3.1.1 calcul simplifié de la capacité thermique	15
3.1.2 calcul détaillé de la capacité thermique	17
3.2 Détermination de l'inertie quotidienne par le calcul	17
3.3 Détermination de l'inertie séquentielle par le calcul	18
3.4 Détermination de l'inertie annuelle par le calcul	19
CHAPITRE IV	20
4. CALCUL DES POINTS D'INERTIE	20
4.1 Détermination de la classe d'inertie quotidienne par « points d'inertie »	21
4.1.1 Détermination des points d'inertie d'une paroi à partir de sa capacité thermique et de sa surface	22
4.1.2 Détermination des points d'inertie des parois courantes	22
4.1.3 Détermination de la classe d'inertie quotidienne	27
4.1.4 Détermination de C_{mq_surf} et de A_{mq_surf}	27
4.2 Détermination de la classe d'inertie séquentielle par « points d'inertie »	29
4.2.1 Points d'inertie séquentielle d'une paroi selon le gain séquentiel surfacique	29
4.2.2 Détermination des points d'inertie séquentielle des parois courantes	29
4.2.3 Détermination de la classe d'inertie séquentielle	31
4.2.4 Détermination de C_{ms_surf} et de A_{ms_surf}	31
4.3 Détermination de la classe d'inertie annuelle par « points d'inertie »	33
4.3.1 Points d'inertie annuelle d'une paroi selon le gain annuel surfacique	33
4.3.2 Détermination des points d'inertie annuelle des parois courantes	33
4.3.3 Détermination de la classe d'inertie annuelle	34
4.3.4 Détermination de C_{ma_surf} et de A_{ma_surf}	34

CHAPITRE I

1. INTRODUCTION

L'inertie thermique est une donnée des méthodes pour l'application des réglementations thermiques pour déterminer le besoin bioclimatique, la consommation d'énergie et apprécier l'exposition à l'inconfort thermique en période chaude d'un bâtiment ou d'une partie du bâtiment.

On distingue 3 types d'inertie thermique :

- **l'inertie quotidienne** pour caractériser l'amortissement de l'onde quotidienne de température et d'ensoleillement en saison chaude ainsi que pour caractériser le taux de récupération des apports de chaleur en hiver (période de 24 h) ;
- **l'inertie séquentielle** pour caractériser l'amortissement de l'onde séquentielle de température. Elle permet la prise en compte de l'inertie lors des séquences de chaleur en été. L'onde de température extérieure prise en compte de manière conventionnelle a une période de 14 jours ;
- **l'inertie annuelle** pour caractériser l'amortissement de l'onde annuelle de température (période de 365 jours).

Les présentes règles offrent à l'utilisateur trois façons de déterminer les paramètres nécessaires à la prise en compte des inerties selon le niveau de détail disponible pour le projet :

- Le chapitre 2 propose une méthode forfaitaire. Pour la mettre en œuvre il convient d'identifier les parois lourdes d'un local,
- le chapitre 3 propose une méthode de calcul qui s'appuie sur la norme NF EN ISO 13786,
- le chapitre 4 donne la méthode de détermination des points d'inertie destinée à faciliter la prise en compte de l'inertie pour des types de parois courantes. Elle permet notamment de prendre en compte des parois courantes qui sont exclues du domaine d'application de la norme du fait de leur composition et pour laquelle la méthode forfaitaire conduit à une approche trop conservatrice.

1.1 LES COEFFICIENTS DE L'INERTIE THERMIQUE

Ils dépendent des caractéristiques des parois. Ils permettent de quantifier les impacts de l'inertie quotidienne, séquentielle et annuelle d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment. L'inertie de chaque période est caractérisée par deux paramètres :

- la capacité thermique surfacique exprimée en $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$, notée C_{m_surf} ,
- la surface d'échange équivalente exprimée en m^2/m^2 , notée A_{m_surf} , qui permet une agrégation des capacités thermiques intrinsèques des parois à travers leur surface active.

Les présentes règles permettent d'accéder à ces paramètres soit à partir du calcul soit en déterminant la classe d'inertie du bâtiment considéré. Ils sont utilisés comme données d'entrée dans les méthodes pour l'application des réglementations thermiques. Ainsi pour effectuer les calculs réglementaires il est nécessaire, pour l'utilisateur, de renseigner les paramètres suivants :

Inertie	Paramètre	Définition (unité)
Quotidienne	C_{mq_surf}	Capacité thermique quotidienne ramenée à la surface utile du bâtiment considéré (kJ/(m ² K))
	A_{mq_surf}	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment considéré au sens de l'inertie quotidienne (m ² /m ²)
Séquentielle	C_{ms_surf}	Capacité thermique séquentielle ramenée à la surface utile du bâtiment considéré (kJ/(m ² K))
	A_{ms_surf}	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment considéré au sens de l'inertie séquentielle (m ² /m ²)
Annuelle	C_{ma_surf}	Capacité thermique quotidienne ramenée à la surface utile du bâtiment considéré (kJ/(m ² K))
	A_{ma_surf}	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment considéré au sens de l'inertie annuelle (m ² /m ²)

Tableau 1 : Résultats d'application de la méthode inertie

Remarque :

Les valeurs de C_{mq_surf} , C_{ms_surf} , C_{ma_surf} et de A_{mq_surf} , A_{ms_surf} , A_{ma_surf} viennent renseigner les méthodes où elles seront multipliées à $A_{bât}$, la surface utile du bâtiment ou d'une partie de bâtiment, exprimée en m². Les produits des valeurs surfaciques avec la surface utile sont appelés respectivement C_{mq} , C_{ms} , C_{ma} et A_{mq} , A_{ms} , A_{ma} variables internes des méthodes d'application des réglementations thermiques.

1.2 REFERENCES NORMATIVES

Les versions des normes suivantes en vigueur à la date de publication de ce document s'appliquent :

Normes de calculs

NF EN ISO 13786 Performance thermique des composants de bâtiment-caractéristiques thermiques dynamiques méthodes de calcul.

NF EN ISO 6946 Composants et parois de bâtiments Résistance thermique et coefficient de transmission thermique Méthode de calcul.

Normes produits

NF P 13304 Briques en terre cuite destinées à rester apparentes.

NF EN 771-3 Spécifications pour éléments de maçonnerie —Partie 3 : Éléments de maçonnerie en béton de granulats (granulats courants et légers)

Au préalable, la position du texte, par rapport au panorama normatif et aux méthodes d'application des réglementations thermiques, est rappelée. Cette articulation des textes est la conséquence de la représentation simplifiée, des phénomènes physiques mis en jeu lors d'un transfert de chaleur dans une ambiance, qui superpose un état stationnaire et un correctif dynamique. Selon le même principe, les méthodes réglementaires actuelles sont une représentation simplifiée des phénomènes de transferts de chaleur mis en jeu dans un bâtiment. Elle distingue les échanges de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur et leurs interactions avec l'ambiance selon que :

- Les échanges se font directement par transfert de masse entre l'intérieur et l'extérieur ou avec les autres locaux en contact aéraulique.
- Les échanges se font par convection, conduction et rayonnement à travers les parois transparentes selon un régime établi sur le pas de temps utilisé, en l'occurrence une heure. Dans ce cas les sollicitations thermiques de la paroi ont des variations plus lentes que l'établissement d'un flux de chaleur constant dans la paroi séparant deux ambiances. Le régime est considéré établi.
- Les échanges par les parois opaques se font par convection, conduction et rayonnement selon un régime transitoire. Il convient donc d'intégrer une variation dynamique du flux de chaleur en fonction du temps qui vient corriger le calcul en régime établi.

Chaque paroi, selon ses caractéristiques physiques et géométriques, va réagir plus ou moins rapidement à une variation des conditions thermiques de l'ambiance ou de l'environnement avec lesquels elle est en contact. Pour tenir compte des réactions de la paroi à des sollicitations thermiques de fréquences quotidiennes, séquentielles et annuelles, il convient de déterminer ces caractéristiques thermiques dynamiques.

L'approche des règles Th-Bat méthode inertie est issue de la norme NF EN ISO 13786 « Performance thermique des composants de bâtiment - Caractéristiques thermiques dynamiques - Méthodes de calcul ». Cette norme définit les caractéristiques relatives à l'inertie thermique d'éléments de bâtiments constitués d'une ou plusieurs couches planes de matériaux homogènes. La capacité thermique d'une paroi est exprimée en Joule par Kelvin (J/K) et non en kilogramme (kg).

Cette approche permet une prise en compte plus fine du phénomène transitoire que l'approche par la « masse utile » (« masse utile » = masse limitée à 150 kg/m² de paroi en inertie quotidienne). En effet, les différentes couches qui constituent la « masse utile » ne sont pas soumises à la même sollicitation thermique : les premières couches de la face interne de la paroi possèdent ainsi une « masse » plus active que les couches plus profondes de la paroi. De plus, la caractérisation du phénomène transitoire est basée sur la profondeur de pénétration périodique de l'onde thermique : les matériaux à chaleur volumique forte (matériaux denses) possèdent, à masse égale, une capacité thermique supérieure à celle des matériaux à plus faible chaleur volumique. Enfin, la caractérisation de l'inertie d'un local prend en compte, non seulement les caractéristiques intrinsèques de chaque paroi, mais aussi la combinaison des effets de chaque paroi à travers leur surface d'échange avec le local : un ensemble de parois à caractéristiques thermiques identiques offre globalement plus d'efficacité qu'un ensemble hétérogène de parois, où les temps de réponse de chaque paroi sont différents. Ainsi, un local qui possède une « masse utile » répartie sur l'ensemble de ses parois possède une inertie plus forte qu'un local où cette même « masse utile » est concentrée sur un plus petit nombre de parois. L'approche par points d'inertie, présentée à la fin de ce document, a été bâtie avec ces éléments, pour offrir une méthode simple d'emploi et adaptée à la conception pour les parois les plus courantes.

Cependant cette norme est relative à une paroi alors que dans le cadre réglementaire l'inertie est calculée à l'échelle du bâtiment ou d'une partie du bâtiment. Les présentes règles proposent, d'une part, des valeurs et des méthodes pour déterminer la surface d'échange équivalente des parois opaques de la partie de bâtiment considérée, d'autre part, les capacités thermiques surfaciques, qui sont le résultat de l'application de cette norme. Pour obtenir cette dernière valeur, la norme NF EN ISO 13786 a été appliquée en considérant certaines hypothèses :

- les effets de la résistance d'échange superficielle intérieure ne sont pas à prendre en compte car ils sont déjà intégrés dans les méthodes d'application des réglementations thermiques ;
- la méthode simplifiée proposée en annexe A normative est utilisée ;
- l'inertie d'un bâtiment, ou d'une zone thermique, est déterminée à partir de l'inertie de chacun des niveaux du bâtiment ou de la zone considérée. Pour chaque niveau, les

ouvrages pris en compte sont les éléments intérieurs aux parties chauffées au sens des méthodes d'application des réglementations thermiques.

L'inertie d'un ensemble de locaux est celle du niveau le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne. Un niveau est plus défavorisé qu'un autre si la classe d'inertie est plus faible.

1.3 NOMENCLATURE

Nom	Unité	Description
A	m²	Surface de paroi, déduction faite des baies
A_{bât}	m²	Surface utile du bâtiment ou de la partie de bâtiment considérée
A_{loc}	m²	Taille moyenne des locaux définie de manière implicite
A_{niv}	m²	Surface utile du niveau étudié
A_{ma}	m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance au sens de l'inertie annuelle
A_{mq}	m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance au sens de l'inertie quotidienne
A_{ms}	m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance au sens de l'inertie séquentielle
A_{ma_surf}	m²/m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment considéré au sens de l'inertie annuelle
A_{mq_surf}	m²/m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment considéré au sens de l'inertie quotidienne
A_{ms_surf}	m²/m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment considéré au sens de l'inertie séquentielle
A_{m_surf}	m²/m²	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du bâtiment ; paramètre générique prend une valeur concrète dès lors qu'on lui ajoute un indice a, q ou s respectivement pour annuelle, quotidienne ou séquentielle
C_{ma}	kJ/K	Capacité thermique annuelle du groupe
C_{mq}	kJ/K	Capacité thermique quotidienne du groupe
C_{ms}	kJ/K	Capacité thermique séquentielle du groupe
C_{ma_surf}	kJ/(m²K)	Capacité thermique annuelle ramenée à la surface utile du bâtiment considéré
C_{mq_surf}	kJ/(m²K)	Capacité thermique quotidienne ramenée à la surface utile du bâtiment considéré
C_{ms_surf}	kJ/(m²K)	Capacité thermique séquentielle ramenée à la surface utile du bâtiment considéré
C_{m_surf}	kJ/(m²K)	Capacité thermique ramenée à la surface utile du bâtiment considéré ; paramètre générique prend une valeur concrète dès lors qu'on lui ajoute un indice a, q ou s respectivement pour annuelle, quotidienne ou séquentielle
E	cm	Epaisseur de béton plein comptée par l'intérieur jusqu'à une couche isolante
R_{inf}	m².K/W	Résistance thermique limite en dessous de laquelle les revêtements sont considérés comme sans effet thermique
χ_a	kJ/(m².K)	Capacité thermique surfacique annuelle de la paroi
χ_q	kJ/(m².K)	Capacité thermique surfacique quotidienne de la paroi
χ_s	kJ/(m².K)	Capacité thermique surfacique séquentielle de la paroi

Tableau 2 : Nomenclature

1.4 DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont applicables à l'ensemble de ce document :

- La **surface utile** d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment est la surface habitable pour les logements et la surface utile, au sens de l'arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments, pour les autres bâtiments.
- Un plancher en « **béton plein** » est un plancher constitué de dalles de béton ou d'éléments préfabriqués pleins en béton à base d'agrégats lourds de masse volumique supérieure à 1800 kg /m³. De même un mur en « **béton plein** » est un mur constitué de béton banché, de bloc de béton, ou de panneaux préfabriqués en béton, à base d'agrégats lourds de masse volumique supérieure à 1800 kg /m³.
- Un bloc de « **béton perforé** » est un bloc de béton conforme à la norme NF EN 771-3 ne présentant pas plus de 20% de vide d'air.
- Une « **brique perforée** » est une brique de terre cuite conforme à la norme NF P 13304 présentant moins de 20% de vide d'air.
- Un revêtement est considéré sans effet thermique soit si sa masse volumique est supérieure à 900 kg/m³, soit si sa résistance thermique est inférieure ou égale à 0,02 m².K/W (pour les apprécier, les valeurs tabulées définies dans les règles Th-bât fascicule matériaux peuvent être utilisées).
- Lorsqu'un niveau comprend des types de revêtements différents au sens de l'effet thermique, on retient le type d'effet thermique correspondant à la plus grande surface. On peut aussi calculer la résistance thermique de l'ensemble par la moyenne des résistances pondérées par les surfaces.
- L'absence de revêtement (locaux industriels) est à considérer comme revêtement sans effet thermique. Les revêtements ayant une faible résistance thermique ($R_{inf} \leq 0.02$ m².K/W) sont considérés comme sans effet thermique.

Une **lame d'air ventilée en faux plafond** est définie selon la norme NF EN ISO 6946 :

Type de lame d'air en faux plafond	Surface d'ouverture libre
Lame d'air non ventilée	<ul style="list-style-type: none"> • inférieure à 500 mm² par m² de superficie
Lame d'air faiblement ventilée	<ul style="list-style-type: none"> • comprise entre 500 mm² et 1500 mm² d'ouverture par m² de superficie
Lame d'air moyennement ou fortement ventilée	<ul style="list-style-type: none"> • supérieure à 1500 mm² par m² de superficie

Tableau 3 : Définition du type de lame d'air en faux plafond

1.5 LIEN AUX AUTRES FASCICULES

Pour appliquer les présentes règles, en particulier la méthode détaillée, il est nécessaire de connaître les la conductivité thermique, la masse volumique et la capacité thermique massique des matériaux. En l'absence d'une connaissance précise de ces caractéristiques, les valeurs par défauts données dans les règles Th-Bat fascicule matériaux peuvent être utilisées.

CHAPITRE II

2. LA METHODE FORFAITAIRE

Pour la partie de bâtiment considérée, la méthode forfaitaire consiste à :

- Pour chaque niveau de la partie de bâtiment considérée, identifier les parois lourdes en fonction des matériaux qui les composent et de leur position.
- Déterminer la classe d'inertie de chaque niveau en fonction du nombre de parois lourdes affectées au niveau considéré.
- Retenir pour un bâtiment ou une partie de bâtiment comportant plusieurs niveaux, la classe d'inertie du niveau le plus défavorisé.
- Relever les valeurs de C_{m_surf} et A_{m_surf} affectées à la classe d'inertie précédemment déterminée.

2.1 DETERMINATION FORFAITAIRE DE LA CLASSE D'INERTIE QUOTIDIENNE

La classe d'inertie quotidienne d'un niveau de bâtiment est déterminée directement à partir du tableau suivant :

Plancher bas	Plancher haut	Paroi verticale	Classe d'inertie
Lourd	Lourd	lourde	très lourde
-	Lourd	lourde	lourde
Lourd	-	lourde	lourde
Lourd	Lourd	-	lourde
-	-	lourde	moyenne
-	Lourd	-	moyenne
Lourd	-	-	moyenne
-	-	-	très légère

Tableau 4 : Détermination forfaitaire de la classe d'inertie d'un niveau de bâtiment

Remarque :

Il y a correspondance entre la classification obtenue par cette approche forfaitaire, et celle obtenue par l'approche par points d'inertie. En effet, une paroi qui n'est pas classée « lourde » peut contribuer à l'inertie du bâtiment. De même, l'inertie du mobilier est aussi prise en compte implicitement.

En utilisant les définitions suivantes :

Définition du « plancher haut lourd » :

- Plancher sous toiture (terrasse, combles perdus, rampant lourd):
 - ◇ Béton plein de plus de 8 cm isolé par l'extérieur et sans faux plafond (*);
- Sous face de plancher intermédiaire :
 - ◇ Béton plein de plus de 15 cm sans isolant et sans faux plafond (*);
- Tout plancher ayant 5 points d'inertie ou plus pour sa face inférieure, déterminés selon la méthode présentée §4.1.

(*) Ne sont considérés que les faux plafonds possédant une lame d'air non ventilée ou faiblement ventilée (moins de 1500 mm² d'ouverture par m² de surface), couvrant plus de la moitié de la surface du plafond du niveau considéré.

Définition du « plancher bas lourd » :

- Face supérieure de plancher intermédiaire avec un « revêtement sans effet thermique » :
 - ◇ Béton plein de plus de 15 cm sans isolant,
 - ◇ Chape ou dalle de béton de 4 cm ou plus sur entrevous lourds (béton, terre cuite), sur béton cellulaire armé ou sur dalles alvéolées en béton,
- Plancher bas avec isolant thermique en sous face avec un « revêtement sans effet thermique » :
 - ◇ Béton plein de plus de 10 cm d'épaisseur
 - ◇ Chape ou dalle de béton de 4 cm ou plus sur entrevous lourds (béton, terre cuite), sur béton cellulaire armé ou sur dalles alvéolées en béton.
 - ◇ Dalle de béton ou chape de 5 cm ou plus sur entrevous en matériau isolant ou sur un matériau isolant.
- Tout plancher ayant 5 points d'inertie ou plus pour sa face supérieure déterminés selon la méthode présentée §4.1.

Définition d'une « paroi verticale lourde » :

Un niveau de bâtiment possède une paroi verticale lourde si elle remplit l'une ou l'autre des conditions suivantes :

- Lorsque la surface de mur est au moins égale à 0,9 fois la surface de plancher (maisons individuelles), murs de façade et pignon isolés par l'extérieur avec à l'intérieur :
 - ◇ béton plein (banché, bloc, préfabriqué) de 7 cm ou plus,
 - ◇ blocs aggro béton 11 cm ou plus,
 - ◇ blocs perforés en béton 10 cm ou plus,
 - ◇ bloc creux béton 11 cm ou plus,
 - ◇ brique pleine ou perforée 10,5 cm ou plus ;
- Murs extérieurs à isolation répartie de 30 cm minimum, avec un cloisonnement réalisé en bloc de béton, en brique plâtrière enduite ou en carreau de plâtre de 5 cm minimum ou en béton cellulaire de 7 cm minimum ;
- Ensemble de doublage intérieur des murs extérieurs et de cloisonnements, de 5 cm minimum réalisé en bloc de béton, brique enduite ou carreau de plâtre ;
- Lorsque la taille moyenne des locaux est inférieure à 30 m² (bâtiments d'habitation, bureaux) :

mur cloisonnement intérieur lourd, réalisé en :

 - ◇ béton plein de 7 cm minimum,
 - ◇ bloc de béton creux ou perforé de 10 cm minimum,
 - ◇ brique pleine ou perforée de 10,5 cm minimum,
 - ◇ autre brique de 15 cm minimum avec un enduit plâtre sur chaque face ;
- Ensemble de murs de façade et pignon et de cloisons dont la somme de leurs points est supérieure ou égale à 7 points d'inertie déterminés selon la méthode présentée §4.1.

Détermination de C_{mq_surf} et de A_{mq_surf}

La capacité thermique quotidienne, C_{mq_surf} , et la surface d'échange avec l'ambiance, A_{mq_surf} , sont déterminées dans le Tableau 5 :

CLASSE D'INERTIE QUOTIDIENNE	Capacité quotidienne C_{mq_surf} (kJ/(K.m ²))	Surface d'échange A_{mq_surf} (m ² /m ²)
• très légère	80	2,5
• moyenne	165	2,5
• lourde	260	3,0
• très lourde	370	3,5

Tableau 5 : Détermination de C_{mq_surf} et de A_{mq_surf} comme valeur d'entrée des méthodes d'application des réglementations thermiques

2.2 DETERMINATION FORFAITAIRE DE LA CLASSE D'INERTIE SEQUENTIELLE

L'inertie séquentielle d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment est l'inertie séquentielle du niveau le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne. Elle peut être déterminée de façon forfaitaire selon la présence ou non de parois lourdes au sens de l'inertie séquentielle à partir des conditions qui suivent. La définition d'une paroi lourde au titre de l'inertie séquentielle figure ci-après. Elle ne doit pas être confondue avec une inertie lourde au titre de l'inertie quotidienne décrite dans le paragraphe 2.1.

1. Si la partie de bâtiment considérée ne dispose pas de parois lourdes au titre de l'inertie séquentielle, la classe d'inertie séquentielle est déterminée directement à partir du Tableau 6 en fonction du nombre de parois lourdes au titre de l'inertie quotidienne :

CONDITIONS NECESSAIRES	Classe d'inertie séquentielle
• pas de paroi lourde au titre de l'inertie quotidienne	très légère
• une paroi lourde par niveau au titre de l'inertie quotidienne	très légère
• deux parois lourdes par niveau au titre de l'inertie quotidienne	légère
• trois parois lourdes par niveau au titre de l'inertie quotidienne	moyenne

Tableau 6 : Détermination forfaitaire de la classe d'inertie séquentielle pour un niveau de bâtiment en fonction du nombre de parois lourdes au titre de l'inertie quotidienne

Une paroi lourde au titre de l'inertie quotidienne est un « plancher lourd », ou une « paroi verticale lourde », définie et déterminée selon les modalités décrite précédemment pour l'inertie quotidienne au paragraphe 2.1 de ce fascicule.

2. Si la partie de bâtiment considérée dispose de parois lourdes au titre de l'inertie séquentielle, il est possible de déterminer la classe d'inertie séquentielle à partir du Tableau 7 en fonction du nombre de parois lourdes au titre de l'inertie séquentielle.

CONDITIONS NECESSAIRES	Classe d'inertie séquentielle
<ul style="list-style-type: none"> pas de paroi lourde au titre de l'inertie séquentielle : 	voir Tableau 6
<ul style="list-style-type: none"> une paroi lourde par niveau au titre de l'inertie séquentielle 	légère
<ul style="list-style-type: none"> deux parois lourdes par niveau au titre de l'inertie séquentielle 	moyenne
<ul style="list-style-type: none"> trois parois lourdes par niveau au titre de l'inertie séquentielle 	lourde

Tableau 7 : Détermination forfaitaire de la classe d'inertie séquentielle pour un niveau de bâtiment en fonction du nombre de parois lourdes au titre de l'inertie séquentielle

Une paroi lourde au titre de l'inertie séquentielle est définie de la façon suivante :

Définition du « plancher haut lourd » pour l'inertie séquentielle :

- Plancher haut en béton plein isolé par l'extérieur avec à l'intérieur au moins 20 cm de béton.
- Tout plancher ayant 5 points supplémentaires au titre de d'inertie séquentielle ou plus pour sa face inférieure, déterminés selon la méthode présentée §4.2 .

Définition du « plancher bas lourd » pour l'inertie séquentielle :

- Plancher sur terre-plein avec isolant périphérique.
- Plancher en béton plein de 20 cm et plus isolé en sous-face.
- Tout plancher ayant 5 points supplémentaires au titre de l'inertie séquentielle ou plus pour sa face supérieure, déterminés selon la méthode présentée §4.2.

Définition d'une « paroi verticale lourde » pour l'inertie séquentielle :

Un niveau de bâtiment possède une paroi verticale lourde si elle remplit l'une ou l'autre des conditions suivantes :

- Lorsque la surface de mur est au moins égale à 0,9 fois la surface de plancher (maisons individuelles), murs de façade et pignon isolés par l'extérieur avec à l'intérieur :
 - ◇ *béton plein* de 16 cm ou plus,
- Murs extérieurs à isolation répartie en brique de terre cuite à perforations verticales de 30 cm ou plus.

Détermination de C_{ms_surf} et de A_{ms_surf}

La capacité thermique séquentielle, C_{ms_surf} , exprimée en kJ/m^2 , et la surface d'échange avec l'ambiance, A_{ms_surf} , sont déterminées par la classe d'inertie séquentielle selon le Tableau 8 :

CLASSE D'INERTIE SEQUENTIELLE	Capacité séquentielle C_{ms_surf} (kJ/(K.m ²))	Surface d'échange A_{ms_surf} (m ² /m ²)
• indéterminée (valeur par défaut)	$C_{ms_surf} = C_{mq_surf}$	$A_{ms_surf} = A_{mq_surf}$
• très légère	$C_{ms_surf} = C_{mq_surf}$	$A_{ms_surf} = A_{mq_surf}$
• légère	260	2.5
• moyenne	500	3
• lourde	850	3.5

Tableau 8 : Détermination de C_{ms_surf} et d' A_{ms_surf} comme valeurs d'entrée des méthodes d'application des réglementations thermiques

2.3 DETERMINATION FORFAITAIRE DE LA CLASSE D'INERTIE ANNUELLE

L'inertie annuelle d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment est l'inertie annuelle du niveau le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne.

La classe d'inertie annuelle est déterminée directement à partir du Tableau 9 :

CONDITIONS NECESSAIRES	Classe d'inertie annuelle
• Le plancher bas est en contact direct avec le sol ; il s'agit soit d'un terre-plein non isolé ou isolé en périphérie	Moyenne
• Autres situations	Très légère

Tableau 9 : Détermination forfaitaire de la classe d'inertie séquentielle

En contact avec le sol signifie que la paroi est en contact avec une paroi de 1,3 mètre d'épaisseur et plus en terre ou 2 m en béton plein.

Détermination de C_{ma_surf} et de A_{ma_surf}

La capacité thermique annuelle, C_{ma_surf} , exprimée en kJ/m², et la surface d'échange avec l'ambiance, A_{ma_surf} , sont déterminées par la classe d'inertie séquentielle selon le Tableau 10 :

CLASSE D'INERTIE ANNUELLE	Capacité annuelle C_{ma_surf} (kJ/(K.m ²))	Surface d'échange A_{ma_surf} (m ² /m ²)
• indéterminée (valeur par défaut)	$C_{ma_surf} = C_{ms_surf}$	$A_{ma_surf} = A_{ms_surf}$
• très légère	$C_{ma_surf} = C_{ms_surf}$	$A_{ma_surf} = A_{ms_surf}$
• moyenne	6000	1

Tableau 10 : Détermination de C_{ma_surf} et d' A_{ma_surf} comme valeurs d'entrée des méthodes d'application des réglementations thermiques

CHAPITRE III

3. DETERMINATION DE L'INERTIE PAR LE CALCUL

Pour la partie de bâtiment considérée, la méthode détaillée consiste à :

- Déterminer χ la capacité thermique surfacique de chaque paroi par application de la norme NF EN ISO 13786,
- Déterminer $C_{m_surf} = C_m/A_{niv}$ la capacité thermique surfacique de chaque niveau,
- Déterminer A_m la surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance pour chaque niveau,
- Retenir comme capacité thermique surfacique, C_{m_surf} , et comme surface d'échange équivalente, A_{m_surf} , les valeurs calculées qui correspondent au niveau qui a la classe d'inertie la plus légère du point de vue inertie quotidienne.

3.1 DETERMINATION DE LA CAPACITE THERMIQUE SURFACIQUE

La norme NF EN ISO 13 786 propose deux façons de calculer la capacité thermique surfacique, d'une part, une version détaillée décrite dans le corps de la norme, d'autre part, une version simplifiée décrite en Annexe A. Pour conduire les calculs dans les deux méthodes, quelques précisions ou compléments par rapport à la norme NF EN ISO 13786 ont été apportés pour s'assurer d'une bonne articulation entre la norme et le bilan thermique dynamique inclus dans les méthodes d'application des réglementations thermiques.

résistances d'échanges superficielles :

Compte tenu du modèle simplifié utilisé dans les méthodes d'application des réglementations thermiques, les résistances d'échanges superficielles entre la paroi et l'ambiance ne doivent pas être prises en compte.

Faux plafonds ou planchers techniques :

Les différentes catégories de faux plafond sont les suivantes :

- les « faux plafonds avec une lame d'air non ventilée » ;
- les « faux plafonds avec une lame d'air faiblement ventilée » ;
- les « faux plafonds avec une lame d'air fortement ventilée ».

La distinction entre les trois types de plafonds s'opère de la manière suivante :

1. Si le faux plafond est étanche à l'air d'après les données du constructeur, se sera un « faux plafond avec une lame d'air non ventilée » ;
2. Si le faux plafond ne possède pas de fente ou trous alors que les données du fabricant précisent qu'il n'est pas étanche à l'air, ce sera un « faux plafond avec une lame d'air faiblement ventilée » ;
3. Si le faux plafond est constitué de lames disjointes ou à trous alors ce sera un « faux plafond à lame d'air fortement ventilée » ;
4. Si un doute existe sur l'étanchéité, on utilisera la définition de la norme NF EN ISO 6946. On parlera de faux plafond non ventilé s'il y a moins de 500 mm² d'ouverture par m² de superficie, de faux plafond faiblement ventilés s'il y a entre 500 mm² et 1500 mm² d'ouverture par m² de superficie et de faux plafonds fortement ventilés dans le dernier cas.

Cavités dans les composants de paroi :

Les hypothèses faites pour les cavités sont les suivantes :

- le flux de chaleur est horizontal ;

- h_{ro} (coefficient de rayonnement du corps noir) = 5,1 W/m².K ;
- ε (émissivité hémisphérique) = 0,9.

Le calcul de la résistance thermique de la cavité d'air se fait ensuite à partir de l'équation suivante :

$$R_g = \frac{1}{ha + \frac{1}{2} \cdot E \cdot h_{ro} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{d^2}{b^2}} - \frac{d}{b} \right)}$$

Les valeurs obtenues avec le calcul simplifié (annexe A de la norme, avec les compléments de la présente méthode §3.1.1) peuvent être utilisées de la même manière que les valeurs issues du calcul détaillé dès lors que les conditions d'utilisation de l'annexe A sont respectées. L'utilisateur peut retenir la valeur qu'il souhaite parmi les deux valeurs obtenues par l'application stricte de la norme.

3.1.1 CALCUL SIMPLIFIÉ DE LA CAPACITÉ THERMIQUE

la méthode simplifiée est décrite dans la norme NF EN ISO 13 786 annexe A. Pour son application quelques conventions spécifiques doivent être appliquées. La détermination de l'épaisseur efficace est également étendue en précisant les liens avec les autres fascicules des règles Th-Bât. Finalement le correctif relatif aux parois interne est précisé.

3.1.1.1 conventions et définitions

masse négligeable :

Dans l'annexe A de la norme NF EN ISO 13786, il est utilisé le terme de masse négligeable. Pour les besoins du calcul, une valeur limite doit être fixée pour cette masse. Ainsi, les matériaux ayant un poids inférieur à 2 kg/m² seront considérés comme des matériaux ayant une masse négligeable. Si un matériau de masse négligeable est situé aux extrémités du composant à étudier, seule sa résistance thermique interviendra dans le calcul de la capacité thermique pour l'annexe A. Il convient de prendre en compte l'effet thermique comme une résistance additionnelle selon le paragraphe A3 de l'annexe A de la norme NF EN ISO 13786.

Couche isolante :

Une couche est dite isolante si sa conductivité thermique est inférieure à 0,065 W/m.K et si sa résistance thermique est supérieure à 0,5 m².K/W.

3.1.1.2 Détermination de l'épaisseur efficace maximale

L'inertie d'une période donnée, utilisée pour caractériser l'amortissement de l'onde de température, est déterminée pour la période considérée. Dans l'annexe A de la norme NF EN ISO 13786, il y a des valeurs définies de l'épaisseur efficace maximale pour différentes périodes. Elles sont calculées en conservant une valeur de la diffusivité thermique de $\alpha = 0,7 \times 10^{-6}$ m²/s donnée par la norme. Néanmoins pour un calcul plus fin, il est possible de déterminer cette épaisseur efficace maximale en tenant compte des caractéristiques effectives du matériau pour chaque période, T, considérée exprimée en seconde. A défaut d'une connaissance précise de ces valeurs, les valeurs, en m².s⁻¹, à prendre sont celles figurant dans les règles Th-Bât fascicule matériaux.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C}$$

La détermination de cette épaisseur efficace maximale se fait alors en appliquant la formule suivante :

$$d_{T \max} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \cdot T}{\pi \cdot \rho \cdot C}} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot T}{2 \cdot \pi}}$$

Valeur de l'épaisseur efficace maximale :

- Pour l'inertie quotidienne, la valeur retenue est soit la valeur donnée par la norme soit la valeur calculée selon la formule précédente à partir des caractéristiques du matériau pour une période T de 24 h soit 86400 secondes.
- Pour l'inertie séquentielle, utilisée pour caractériser l'amortissement de l'onde séquentielle de température en saison chaude, la norme ne propose pas de valeur définie de l'épaisseur efficace pour cette période de 14 jours. En conservant la valeur de la diffusivité thermique de la norme, l'épaisseur efficace pour 14 jours est de 38 cm. Cette valeur peut être retenue pour l'épaisseur efficace. Il est également possible de la calculer à partir de la formule précédente à l'aide des caractéristiques du matériau pour une période T de 14 jours soit 1209600 secondes .
- Pour l'inertie annuelle, utilisée pour caractériser l'amortissement de l'onde annuelle de température, la norme ne propose pas de valeur définie de l'épaisseur efficace pour cette période. En conservant la valeur de la diffusivité thermique de la norme, l'épaisseur efficace pour 365 jours est de 190 cm. Cette valeur peut être retenue pour l'épaisseur efficace. Il est également possible de la calculer à partir de la formule précédente à l'aide des caractéristiques du matériau pour une période de 365 jours soit 31536000 secondes.

3.1.1.3 Détermination de la capacité d'une paroi

La méthode simplifiée de la norme s'applique pour les parois composées d'une ou plusieurs couches. Toutes les couches homogènes comprises entre la surface en contact avec l'ambiance jusqu'à la surface de la première couche isolante sont considérées. Pour chaque couche l'épaisseur sollicitée par l'onde de chaleur périodique est déterminée selon l'approximation de la couche mince, du milieu semi-infini ou de la méthode de l'épaisseur efficace conformément à la norme.

Pour la méthode de l'épaisseur efficace, il convient de compléter de la façon suivante la norme :

L'épaisseur efficace d'un composant est la plus petite des valeurs suivantes :

- a la moitié de l'épaisseur totale du composant s'il est situé, quel que soit son inclinaison, entre deux ambiances à la même température, ou s'il ne possède pas de couche isolante sinon son épaisseur totale ;
- b l'épaisseur des matériaux compris entre la face considérée et la première couche isolante, sans tenir compte des revêtements qui ne font pas partie du composant ;
- c une épaisseur efficace maximale, fonction de la période de variation. La valeur de l'épaisseur efficace proposée par défaut dans la norme en fonction de la période des variations, peut être calculée par la formule du paragraphe précédent pour déterminer d_{Tmax} .

Dans le cas particulier où la totalité de la première couche homogène, non isolante, est sollicitée par l'onde de chaleur, alors la seconde couche homogène, non isolante, accumule également de la chaleur. Il convient donc d'ajouter la capacité de cette seconde couche à celle de la première couche homogène.

Pour cela, l'épaisseur de la seconde couche sollicitée par l'onde de chaleur périodique doit être déterminée. Si la valeur de la diffusivité $\alpha = 0,7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ proposée dans la norme est retenue alors la capacité de chaque couche entre l'ambiance et la première couche isolante est utilisée comme stipulé dans la norme.

Si le choix de travailler avec la diffusivité spécifique des deux premières couches alors la procédure est la suivante :

- Il convient de déterminer l'épaisseur $d_{T_{\max,2}}$ calculée avec les caractéristiques du matériau composant cette deuxième couche.
- Retrancher à cette valeur de $d_{T_{\max,2}}$ l'épaisseur de la première couche e_1
- L'épaisseur à retenir est la valeur minimale entre l'épaisseur effective, e_2 , de la deuxième couche et la valeur $d_{T_{\max,2}}$ à laquelle l'épaisseur de la première couche, e_1 , a été retranchée. Autrement dit $\text{Min}(e_2 ; d_{T_{\max,2}} - e_1)$. L'épaisseur ne peut être négative.

Une fois cette épaisseur utile pour l'inertie déterminée pour la deuxième couche, il est alors possible de déterminer le complément de capacité dû à la deuxième couche.

Dans le cas où la deuxième couche homogène serait entièrement sollicitée et qu'une troisième couche non isolante peut contribuer à la capacité thermique, alors il convient, au choix :

- de revenir au calcul simplifié en calculant l'épaisseur efficace maximale avec la diffusivité proposée par la norme $\alpha = 0,7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.
- d'utiliser la méthode détaillée de la norme.

Dans le cas particulier, d'une paroi entièrement située dans l'ambiance thermique il convient de calculer pour chaque face la capacité des couches homogènes entre l'ambiance et la première couche isolante. Si la paroi ne contient pas de couche isolante, il convient de calculer la capacité de chaque face en considérant la demi épaisseur de la paroi.

3.1.2 CALCUL DETAILLE DE LA CAPACITE THERMIQUE

La capacité thermique surfacique peut également être calculée par la méthode détaillée dans le corps principal de la norme pour les inerties :

- Quotidienne avec une période de 86400 secondes,
- Séquentielle avec une période de 1209600 secondes,
- Annuelle avec une période de 31 536 000 secondes.

Les résistances d'échange superficielles ne doivent pas être prises en compte.

Dans le cas particulier d'une paroi entièrement située dans l'ambiance thermique chaque face doit être considérée.

3.2 DETERMINATION DE L'INERTIE QUOTIDIENNE PAR LE CALCUL

A partir de la capacité thermique surfacique et de la surface de chaque paroi les deux paramètres qui caractérisent l'inertie thermique quotidienne d'un niveau de bâtiment sont calculés. Il s'agit de :

- La capacité thermique du niveau étudié pour une onde de 24 h (C_{mq}) ;
- La surface d'échange équivalente des parois lourdes avec l'ambiance (A_{mq}) :

$$C_{mq} = \sum A_i \times \chi_{ji} \quad (\text{kJ/K}) \quad (\text{formule 1})$$

$$A_{mq} = (\sum A_i \times \chi_{ji})^2 / (\sum A_i \times \chi_{ji}^2) \quad (\text{m}^2) \quad (\text{formule 2})$$

avec :

A_i (m^2) est la surface de la paroi i du niveau étudié du bâtiment ;

A_{niv} (m^2) est la surface utile du niveau étudié du bâtiment ;

χ_{ji} (kJ/m²°K) est la capacité thermique surfacique de la paroi i pour une période de 24 heures (j = indice de période journalière) calculée selon la norme NF EN ISO 13786 avec les conditions spécifiques décrites au §3.1.1 .

Pour les parois entièrement situées dans l'ambiance la surface de chaque face est à considérer avec la capacité thermique surfacique afférente à chaque face calculée au §3.1. Si la paroi sépare deux niveaux, à l'instar d'un plancher intermédiaire, la capacité et la surface de :

- la face supérieure contribuent au calcul de l'inertie du niveau au-dessus du plancher
- la face inférieure contribuent au calcul de l'inertie du niveau en dessous du plancher.

L'inertie quotidienne du mobilier est prise en compte de manière forfaitaire à 20 kJ/K par m² de sol dans le cas général (habitation, hébergement, bureau, ..) et à 0 kJ/K par m² de sol pour les bâtiments à usage sportif. La surface du mobilier n'est pas prise en compte.

Si l'ensemble de locaux, pour lequel l'inertie est recherchée, dispose de plusieurs niveaux alors l'inertie du niveau le plus défavorisé d'un point de vue de l'inertie quotidienne doit être retenue. Dès lors, il convient de retenir le couple de valeurs calculées (C_{mq_surf} ; A_{mq_surf}) du niveau qui conduit à la classe d'inertie la plus faible.

Le tableau suivant permet de déterminer la classe d'inertie d'un niveau en fonction des valeurs calculées du (C_{mq_surf} ; A_{mq_surf}) :

I_{nq} A_{mq} / A_{niv}	C_{mq}/A_{niv} (kJ/m ² K)									
	80 à 109	110 à 164	165 à 219	220 à 259	260 à 309	310 à 329	330 à 349	350 à 369	370 à 499	500 et plus
1,0 à 1,4	t. lég.	t. lég.	t. lég.	t. lég.	légère.	légère.	légère.	légère.	légère.	légère.
1,5 à 1,9	t. lég.	t. lég.	légère	moy.						
2,0 à 2,4	t. lég.	légère.	moy.	moy.	moy.	moy.	moy.	L	L	L
2,5 à 2,9	t. lég.	légère	moy.	moy.	L	L	L	L	L	L
3,0 à 3,4	t. lég.	légère	moy.	L	L	L	L	L	L	TL
3,5 à 3,9	t. lég.	légère	moy.	L	L	L	L	L	TL	TL
4,0 à 4,4	t. lég.	légère	moy.	L	L	L	L	TL	TL	TL
4,5 à 4,9	t. lég.	légère	moy.	L	L	L	TL	TL	TL	TL
5,0 et plus	t. lég.	légère	moy.	L	L	TL	TL	TL	TL	TL

Classe d'inertie : t. lég. = très légère ; moy. = moyenne ; L = lourde ; TL = très lourde

Tableau 11 : classe d'inertie quotidienne d'un niveau de bâtiment déterminée par le calcul

3.3 DETERMINATION DE L'INERTIE SEQUENTIELLE PAR LE CALCUL

L'inertie séquentielle d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment est l'inertie séquentielle du niveau le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne.

La capacité thermique séquentielle, C_{ms_surf} , d'un niveau de bâtiment, ou d'une zone thermique, est déterminée sur la base des capacités thermiques séquentielles des parois (χ_{si} avec i indice de paroi) calculées selon la norme NF EN ISO 13786 et des surfaces de ces parois.

$C_{ms} = \sum A_i \times \chi_{si} \quad (\text{kJ/K}) \quad (\text{formule 3})$
$A_{ms} = (\sum A_i \times \chi_{si}^2) / (\sum A_i \times \chi_{si}^2) \quad (\text{m}^2) \quad (\text{formule 4})$

où :

A_i (m²) est la surface de la paroi i ;

A_{niv} (m²) est la surface utile du niveau considéré du bâtiment (ou de la zone) ;

χ_{si} (kJ/m².K) est la capacité thermique surfacique de la paroi i pour une période de 14 jours (s = indice de période séquentielle) calculée selon la norme NF EN ISO 13786 avec les conditions spécifiques décrites au §3.1.1.

Le mobilier est pris en compte de manière forfaitaire à 20 kJ/K par m² de sol dans le cas général (habitation, hébergement, bureau, ...) et à 0 kJ/K par m² de sol pour les bâtiments à usage sportif.

Pour les parois entièrement situées dans l'ambiance la surface de chaque face est à considérer avec la capacité thermique surfacique afférente à chaque face calculée au §3.1. Si la paroi sépare deux niveaux, à l'instar d'un plancher intermédiaire, la capacité et la surface de :

- la face supérieure contribuent au calcul de l'inertie du niveau au-dessus du plancher
- la face inférieure contribuent au calcul de l'inertie du niveau en dessous du plancher.

3.4 DETERMINATION DE L'INERTIE ANNUELLE PAR LE CALCUL

L'inertie annuelle d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment est l'inertie annuelle du niveau le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne.

La capacité thermique annuelle, C_{ma_surf} , d'un niveau de bâtiment, ou d'une zone thermique, est déterminée sur la base des capacités thermiques annuelles des parois (χ_{ai} avec i indice de paroi) calculées selon la norme NF EN ISO 13786 et des surfaces de ces parois.

$$C_{ma} = \sum A_i \times \chi_{aai} \quad (\text{kJ/K}) \quad (\text{formule 5})$$

$$A_{ma} = (\sum A_i \times \chi_{ai})^2 / (\sum A_i \times \chi_{ai}^2) \quad (\text{m}^2) \quad (\text{formule 6})$$

où :

A_i (m²) est la surface de la paroi i ;

A_{niv} (m²) est la surface utile du niveau considéré du bâtiment (ou de la zone) ;

χ_{ai} (kJ/m².K) est la capacité thermique surfacique de la paroi i pour une période de 365 jours (a = indice de période annuelle) calculée selon la norme NF EN ISO 13786 avec les conditions spécifiques décrites au §3.1.1.

Le mobilier est pris en compte de manière forfaitaire à 20 kJ/K par m² de sol dans le cas général (habitation, hébergement, bureau, ...) et à 0 kJ/K par m² de sol pour les bâtiments à usage sportif.

Pour les parois entièrement situées dans l'ambiance la surface de chaque face est à considérer avec la capacité thermique surfacique afférente à chaque face calculée au §3.1. Si la paroi sépare deux niveaux, à l'instar d'un plancher intermédiaire, la capacité et la surface de :

- la face supérieure contribuent au calcul de l'inertie du niveau au-dessus du plancher
- la face inférieure contribuent au calcul de l'inertie du niveau en dessous du plancher.

Remarques sur les aspects thermiques non pris en compte

Les aspects thermiques non pris en compte sont les suivants :

- * Effet d'ailette externe des composants avant des surfaces extérieures non planes : leur influence équivalente à une augmentation du coefficient de convection est négligeable pour les couches de plus de 5 cm.
- * Effet d'ailette et diffusion latérale internes aux composants avec cavité non prise en compte dans le calcul de la capacité thermique des matériaux hétérogènes. Cet effet thermique de second ordre ne peut être modélisé de manière simple.
- * Ponts thermiques des parois.

CHAPITRE IV

4. CALCUL DES POINTS D'INERTIE

La norme NF EN ISO 13786 a un domaine d'application limité dont les parois avec des hétérogénéités prononcées sont exclues. Pour les parois les plus courantes une méthode complémentaire, dite par points d'inertie, permet d'accéder à l'inertie d'un local ou d'un ensemble de locaux.

La méthode par points se déroule par étapes, elle consiste à :

- Déterminer, pour chaque niveau de la partie de bâtiment considérée, le nombre de points par parois en fonction des matériaux qui les composent et de leur position.
- Cumuler les points obtenus et déterminer la classe d'inertie de chaque niveau de la partie de bâtiment considérée en fonction du nombre de points obtenus.
- Retenir, pour un bâtiment ou une partie de bâtiment comportant plusieurs niveaux, la classe d'inertie du niveau le plus défavorisé.
- Relever les valeurs de C_{m_surf} et A_{m_surf} affectées à la classe d'inertie précédemment déterminée.

Il convient donc de déterminer le nombre de points affectés à chaque paroi. La méthode exposée ici présente pour chaque inertie quotidienne, séquentielle et annuelle :

- La façon d'additionner les points pour déterminer la classe d'inertie du local ou de l'ensemble de locaux.
- La façon de calculer le nombre de points d'une paroi en fonction de sa capacité et de sa surface ramenée à celle du niveau étudié.
- Les valeurs par défaut et les conventions pour les parois courantes.

4.1 DETERMINATION DE LA CLASSE D'INERTIE QUOTIDIENNE PAR « POINTS D'INERTIE »

Pour déterminer la classe d'inertie d'un bâtiment, ou d'une partie de bâtiment par la méthode par points, deux étapes sont nécessaires :

- 1^{ère} étape : déterminer la cotation de chaque paroi. Pour déterminer le nombre de points d'une paroi deux méthodes sont possibles selon que la capacité thermique surfacique est connue ou sa composition.
- 2^{ème} étape : déduction de la classe d'inertie du bâtiment.

La démarche est présentée dans la grille suivante avec la liste des références des tableaux de cotation des parois courantes si les conventions en fonction de la composition des parois est utilisée (cf. paragraphe 4.1.2).

1^{ère} étape : cotation des parois pour chaque niveau

Paroi		Niveau sous toiture	Niveau courant	Niveau inférieur
Plancher sous toiture	(a)	(cf. Tableau 14, Tableau 16)		
Plancher intermédiaire (face inférieure)			(cf. Tableau 15., Tableau 16.)	(cf. Tableau 15., Tableau 16.)
Plancher intermédiaire (face supérieure)	(b)	(cf. Tableau 15.)	(cf. Tableau 15.)	
Plancher bas		(cf. Tableau 17.)(*)		(cf. Tableau 17.)
Murs	(c)	(cf. Tableau 18)	(cf. Tableau 18)	(cf. Tableau 18)
Cloisons	(d)	(cf. Tableau 19)	(cf. Tableau 19)	(cf. Tableau 19)
Mobilier	(e)	(cf. Tableau 20)	(cf. Tableau 20)	(cf. Tableau 20)
Total points par niveau = (a)+(b) +(c)+(d) +(e)				

(*) Dans le cas de bâtiment d'un seul niveau (pas de plancher intermédiaire)

Tableau 12 : Présentation générale des tableaux de points par paroi

2^{ème} étape : Déduction de la classe d'inertie du bâtiment

Valeur minimale	→	Classe d'inertie bâtiment	
-----------------	---	---------------------------	--

Remarque : les « points d'inertie » obtenus par un ouvrage quantifient directement sa contribution à l'inertie globale du bâtiment ou de la partie de bâtiment étudiée : ils correspondent au rapport entre le flux échangé ramené à la surface utile et la sollicitation en température intérieure. Un point d'inertie s'exprime en W/K par m² de surface utile.

4.1.1 DETERMINATION DES POINTS D'INERTIE D'UNE PAROI A PARTIR DE SA CAPACITE THERMIQUE ET DE SA SURFACE

Les points d'inertie d'une paroi, horizontale ou verticale, peuvent être déterminés à partir de sa capacité thermique surfacique quotidienne χ_j (kJ/m²K) et de sa surface ramenée à la surface utile A/A_{niv} (-). Les points d'inertie des parois en *béton plein* peuvent être déterminés à partir de l'épaisseur active de la paroi e (cm) au lieu de χ_j .

avec : A (m²) : surface de la paroi déduction faite des baies (fenêtres, portes, etc.)

A_{niv} (m²) : surface utile du niveau étudié;

χ_j (kJ/m².K) : capacité thermique surfacique de la paroi (face intérieure) calculée selon la norme NF EN ISO 13786 avec les compléments précisés au §3.1 pour une période de 24 heures;

e (cm) : l'épaisseur de béton plein comptée par l'intérieur jusqu'à une couche isolante. Si la paroi n'est pas isolée (*ex. : plancher intermédiaire, refend*) l'épaisseur prise en compte est limitée à la moitié de l'épaisseur totale.

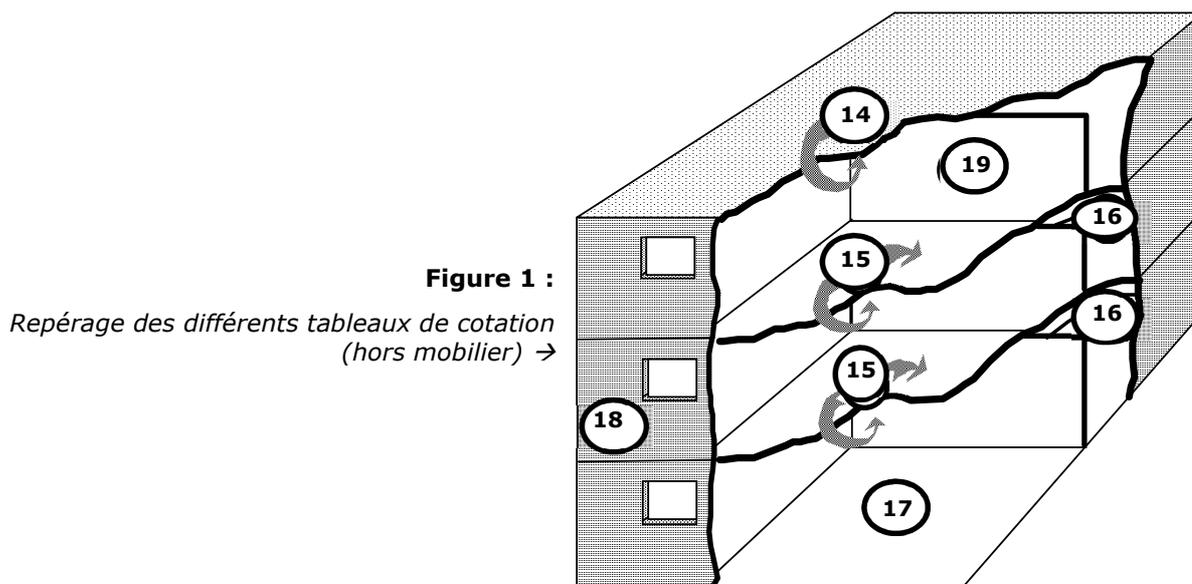
A/A_{niv}	Capacité thermique surfacique quotidienne χ_j (kJ/m ² K)							
	10 à 24	25 à 39	40 à 59	60 à 79	80 à 99	100 à 139	140 à 199	200 et plus
	Epaisseur paroi en <i>béton plein</i> comptée par l'intérieur : e (cm)							
	4			5 à 7		8 à 20		>20
0,2	0	0	1	1	1	1	1	1
0,4	0	1	1	1	2	2	2	3
0,6	0	1	2	2	3	3	3	4
0,8	1	1	2	3	4	4	5	5
1,0	1	2	3	4	4	5	6	6
1,2	1	2	3	4	5	6	7	8
1,4	1	2	4	5	6	7	8	9
1,6	1	3	4	6	7	8	9	10

Tableau 13 : Points d'inertie d'une paroi selon sa capacité surfacique quotidienne et sa surface – équivalence en épaisseur de paroi en béton plein

Les cloisons placées à l'intérieur de l'enveloppe, bénéficient d'un cumul des points attribués pour chacune des deux faces (en regard de la capacité thermique déterminée pour chaque face). Ainsi, chaque face est considérée comme une paroi avec sa capacité, calculée au §3.1, et sa surface.

4.1.2 DETERMINATION DES POINTS D'INERTIE DES PAROIS COURANTES

En l'absence de la valeur de la capacité, le nombre de points donné dans les tableaux suivants peut être retenu. La liste des références des tableaux de cotation des parois courantes est présentée dans la figure ci-dessous.



Les points d'inertie d'une paroi s'entendent pour l'ensemble de la famille de paroi : par exemple un « plancher bas » de bâtiment représente l'ensemble des parois de plancher du niveau considéré vues par leur face supérieure. Lorsqu'une famille de paroi est constituée de parois ayant une cotation différente en points d'inertie, on retient le nombre de points de la paroi présentant le plus de surface.

4.1.2.1 Points d'inertie de parois courantes sous toiture

Une paroi sous toiture désigne le plancher ou le plafond sous toiture du dernier niveau aménagé du bâtiment (plafond ou plancher sous combles perdus, plafonds rampants, terrasses).

La cotation en points d'inertie d'une paroi courante de toiture sans faux plafond est donnée dans le Tableau 14 ci-après.

Lorsque le plancher haut est équipé d'un faux plafond avec une lame d'air moyenne ou fortement ventilée alors les cotations du Tableau 14 s'appliquent. Pour un plancher haut avec un faux plafond, dont la lame d'air est faiblement ou non ventilée, il convient de se référer au Tableau 16.

DESCRIPTIF DES PAROIS COURANTES DE TOITURE	POINTS D'INERTIE	Type de plancher haut
Paroi avec isolation côté extérieur ou placée sous une toiture isolée avec à l'intérieur au moins :		
• Plancher <i>béton</i> 8 cm ou plus	6	LOURD
• Dalles alvéolées de béton de 20 cm ou plus	5	LOURD
• Dalles alvéolées de béton d'épaisseur inférieure à 20 cm	4	MOYEN
• Plancher en béton cellulaire armé de 20 cm ou plus	4	MOYEN
• Entrevous de terre cuite ou de béton avec 1 cm de plâtre en sous face	3	MOYEN
Tout type de plancher avec isolant en sous face ou plafond léger		
◇ 1 cm de plâtre en sous face d'isolant	1	LEGER
◇ 2 cm de plâtre en sous face d'isolant	2	LEGER

Tableau 14 – Points d'inertie de parois courantes de toitures sans faux plafond

4.1.2.2 Points d'inertie de parois courantes de plancher intermédiaire

L'inertie d'un plancher intermédiaire, entre deux niveaux d'un bâtiment, s'apprécie pour ses deux faces qui font l'objet chacune d'une cotation en points d'inertie :

- Face supérieure qui concerne le niveau au-dessus du plancher
- Face inférieure qui concerne le niveau en dessous du plancher

La cotation en points d'inertie de chaque face d'une paroi courante de plancher intermédiaire est donnée dans le Tableau 15.

Lorsque le plancher intermédiaire a, pour sa face inférieure, un faux plafond avec une lame d'air moyenne ou fortement ventilée alors les cotations du Tableau 15 s'appliquent. Pour un plancher intermédiaire, dont la face inférieure a un faux plafond avec une la lame d'air faiblement ou non ventilée, il convient de se référer au Tableau 16.

DESCRIPTIF PAROI COURANTE DE PLANCHER INTERMEDIAIRE	FACE SUPERIEURE		FACE INFERIEURE SANS FAUX PLAFOND	
	Points d'inertie avec revêtement à effet thermique	Points d'inertie avec revêtement sans effet thermique	Points d'inertie	Type de plancher ⁽³⁾
	Plancher sans isolant en sous face			
• Plancher béton 15cm ou plus avec ou sans dalle de béton	4	6	6	LOURD
• Plancher dalles alvéolées béton de 20 cm ou plus avec dalle de béton ⁽¹⁾	4	6	5	LOURD
• Plancher dalles alvéolées béton inférieur à 20 cm avec dalle de béton ⁽¹⁾	4	6	4	MOYEN
• Plancher béton cellulaire armé 20 cm ou plus avec chape ou dalle de béton ⁽¹⁾	4	5	4	MOYEN
• Plancher entrevous de terre cuite ou de béton avec dalle de béton ⁽¹⁾ , EMS ou équivalent ⁽²⁾	4	5	3	MOYEN
• Dalle de 5 cm béton plein sur isolant et plancher bois	4	5	1	LEGER
• Plancher bois	0	1	1	LEGER
Tout plancher avec isolant en sous face				
◊ sans plâtre	<i>Cf. partie haute du tableau : plancher sans isolant</i>	<i>cf. partie haute du tableau : plancher sans isolant</i>	0	LEGER
◊ 1 cm de plâtre			1	
◊ 2 cm de plâtre			2	

Tableau 15 : Points d'inertie de parois courantes de plancher intermédiaire

1. Une chape ou dalle adhérente en béton, une chape ou dalle flottante avec ou sans résilient acoustique en sous-face est prise en compte lorsque son épaisseur excède 4 cm.
2. Ajouter un point d'inertie si l'ensemble dalle adhérente en béton et chape est continu et d'au moins 9 cm d'épaisseur, uniquement dans le cas avec revêtement sans effet thermique.
3. Le « type de plancher » est une caractérisation du plancher sans faux plafond, même si celui-ci ne peut être utilisé sans faux plafond. Pour la détermination des points d'inertie des parois courantes de plancher avec un faux plafond équipé d'une lame d'air faiblement ou non ventilée, il faut utiliser le Tableau 16.

4.1.2.3 Points d'inertie des planchers avec faux plafond

Dans le cas de plancher haut avec faux plafond ou de plancher intermédiaire avec faux plafond, il convient de prendre en compte le faux plafond dans la cotation de la face inférieure de la paroi courante lorsque la lame d'air est non ventilée ou faiblement ventilée.

Le type de plancher haut (lourd, moyen, léger) est donné dans le Tableau 14 et dans le Tableau 15.

DESCRIPTIF PAROI		POINTS D'INERTIE W/(K.m ²)		
FAUX PLAFOND	LAME D'AIR	Plancher LOURD	Plancher MOYEN	Plancher LEGER
TOUT FAUX PLAFOND	Lame d'air moyennement ventilée ou fortement ventilée	Faux Plafond non pris en compte : <u>Toiture</u> : cf. Tableau 14 <u>Plancher intermédiaire</u> : cf. Tableau 15		
Faux plafond en fibre de roche, laine de roche ou fibre de verre (épaisseur variant de 15 à 20 mm)	Lame d'air non ventilée	1	1	1
Faux plafond en terre cuite (épaisseur 30 mm ou plus)	Lame d'air faiblement ventilée	2	2	1
Faux plafond en terre cuite (épaisseur 30 mm ou plus)	Lame d'air non ventilée	3	3	1
Faux plafond en plâtre (épaisseur 15 mm ou plus)	Lame d'air faiblement ventilée	3	3	1
Faux plafond en plâtre (épaisseur 15 mm ou plus)	Lame d'air non ventilée	3	2	1
Faux plafond en aluminium ou en acier (épaisseur 0,5 mm)	Lame d'air faiblement ventilée	3	2	1
Faux plafond en aluminium ou en acier (épaisseur 0,5 mm)	Lame d'air non ventilée	4	3	1
Faux plafond en fibre de bois (épaisseur variant de 15 à 20 mm)	Lame d'air non ventilée	2	1	1
Faux plafond en fibre de bois (épaisseur variant de 15 à 20 mm)	Lame d'air faiblement ventilée	3	2	1
Faux plafond en polystyrène (épaisseur variant de 10 à 25 mm)	Lame d'air non ventilée	1	1	1
Faux plafond en polystyrène (épaisseur variant de 10 à 25 mm)	Lame d'air faiblement ventilée	2	1	1

Tableau 16 – Points d'inertie de parois courantes de plancher avec faux plafond

4.1.2.4 Points d'inertie de parois courantes de plancher bas

Le plancher bas désigne le plancher du niveau le plus bas du bâtiment. Ces parois sont cotées uniquement pour leur face supérieure (cf. Tableau 17).

DESCRIPTIF PAROI	POINTS D'INERTIE W/(K.m ²)	
	Revêtement avec effet thermique	Revêtement sans effet thermique
• Plancher <i>béton plein</i> de plus de 10 cm d'épaisseur avec isolant en sous-face (*)	4	6
• Tout plancher avec dalle de béton de 5 cm d'épaisseur et plus	4	5
• Plancher béton cellulaire ou dalles alvéolées béton, ou entrevous de terre cuite ou de béton, avec dalle de béton de 4 cm d'épaisseur	4	5

Tableau 17 – Points d'inertie de parois courantes de plancher bas

(*) Dans le cas d'un plancher sur terre-plein, l'isolant peut être placé en périphérie.

4.1.2.5 Points d'inertie de parois courantes de mur (parois de façades, pignons)

La surface A de paroi est déterminée pour l'ensemble de l'enveloppe verticale d'un même niveau en déduisant les baies. Elle est obtenue par la sommation des surfaces de mur utilisées par le calcul du $U_{bât}$. A_{niv} est la surface utile du niveau étudié du bâtiment ou de la partie de bâtiment.

Des valeurs par défaut du rapport A/A_{niv} peuvent être retenues comme suit :

- maison individuelle isolée : $A/A_{niv} > 0,9$
- bâtiment peu épais : $0,9 > A/A_{niv} > 0,5$. Un bâtiment peu épais est défini par un rapport entre, d'une part, l'épaisseur (distance entre façades opposées), d'autre part, la hauteur entre niveaux inférieur à 5.

POINTS D'INERTIE W/(K.m ² sol)	Surface de paroi ramenée à la surface utile A/A_{niv}			
	DESCRIPTIF PAROI	$A/A_{niv} > 0,9$	$0,9 > A/A_{niv} > 0,5$	$0,5 > A/A_{niv} > 0,25$
• isolation extérieure avec à l'intérieur				
◇ béton plein 7 cm ou plus,				
◇ bloc perforé en béton 10 cm ou plus	5	3	1	
◇ bloc creux béton 11 cm ou plus,				
◇ brique pleine ou <i>perforée</i> 10,5 cm ou plus				
◇ autres briques 15 cm ou plus enduites	4	2	1	
• isolation répartie avec				
◇ brique de terre cuite à perforations verticales de 37 cm ou plus	4	2	1	
• bloc de béton cellulaire 30 cm ou plus	3	2	1	
• brique de terre cuite à perforations verticales de 30 cm à 36 cm	3	2	1	
• isolation intérieure				
◇ cloison brique 5 cm ou plus enduite	3	1	1	
◇ doublage carreau de plâtre 5 cm				
◇ doublage bloc béton 5 cm				
◇ cloison brique 3,5 cm ou plus enduite	2	1	1	
◇ doublage 1 cm plâtre	1	0	0	
• panneau léger de remplissage - bardages métalliques	1	0	0	

Tableau 18 – Points d'inertie de parois courantes de mur (parois de façades, pignons)

4.1.2.6 Points d'inertie de parois courantes de cloisons

Il s'agit des parois de distribution verticales et de cloisonnements du bâtiment. Leur cotation en points d'inertie est donnée dans le Tableau 19.

A défaut de connaître la taille des locaux, A_{loc} , les valeurs suivantes seront retenues en fonction de l'usage principal :

- ✓ habitation, hébergement : $A_{loc} < 30 \text{ m}^2$
- ✓ enseignement et usages autres que ceux précisés : $30 < A_{loc} < 100 \text{ m}^2$
- ✓ grandes surfaces de vente, industrie, gymnase : $A_{loc} > 100 \text{ m}^2$

Si un doute existe autour des valeurs limites 30 et 100 m², A_{loc} est obtenue en divisant la surface utile du niveau étudié, A_{niv} , par le nombre de locaux aménagés (y compris hall, locaux techniques, locaux sanitaires, etc.) à l'exclusion des dégagements et circulations.

POINTS D'INERTIE W/(K.m ²) DESCRIPTIF PAROI	TAILLE MOYENNE DES LOCAUX (A _{loc})		
	A _{loc} < 30 m ²	30 < A _{loc} < 100 m ²	A _{loc} > 100 m ²
Béton plein ou bloc perforé en béton 10 cm ou plus	8	5	2 (*)
Brique pleine ou perforée 10,5 cm ou plus Bloc plein ou perforé en béton 7,5 cm enduit	7	4	2 (*)
Bloc creux béton 10 cm enduit ou plus	6	3	1 (*)
Brique 15 cm ou plus enduite Bloc de béton cellulaire 15 cm enduit	5	2 (*)	1 (*)
Brique creuse 5 cm ou plus enduite, ou Carreau de plâtre plein 6 cm ou Bloc aggro béton 5 cm enduit Ou Bloc de béton cellulaire 7 cm enduit	4	2 (*)	1 (*)
Brique 3,5 cm enduite	3	1 (*)	0 (*)
Cloison alvéolaire à parement de plâtre 1 cm sur chaque face	2 (*)	1 (*)	0 (*)
Cloison séparative avec sur chaque face une plaque de plâtre BA13	2 (*)	1 (*)	0 (*)

Tableau 19 : Points d'inertie de parois courantes de distribution et de cloisonnement

(*) Si le bâtiment possède un (ou des) refend(s) intérieur(s) de masse surfacique supérieure à 120 kg/m² et placé(s) à une distance inférieure à 12 m l'un de l'autre et par rapport aux pignons, son nombre de points d'inertie de « distribution-cloisonnement » ne peut être inférieur à 2 si les refends possèdent un doublage intérieur, et à 3 en absence de doublage intérieur.

4.1.2.7 Cotation de l'inertie du mobilier

POINTS D'INERTIE W/(K.m ²) DESCRIPTIF MOBILIER	USAGE DU BATIMENT	
	Habitation hébergement bureau, santé, ...	Sports
Valeur forfaitaire	1	0

Tableau 20 : Cotation de l'inertie du mobilier

4.1.3 DETERMINATION DE LA CLASSE D'INERTIE QUOTIDIENNE

La classe d'inertie quotidienne d'un bâtiment, ou d'une partie de bâtiment, est déterminée par la somme des « points d'inertie » des parois qui le compose, somme à laquelle on rajoute par convention les points d'inertie du mobilier :

Classe d'inertie	Très légère	Légère	Moyenne	Lourde	Très lourde
Points d'inertie avec mobilier	5 ou 6	7 ou 8	9 à 12	13 à 18	19 et plus

Tableau 21 : Classe d'inertie d'un niveau de bâtiment déterminée par points d'inertie

Le niveau qui conduit à la classe d'inertie la plus légère est retenue pour déterminer les paramètres pour caractériser le bâtiment ou la partie de bâtiment.

4.1.4 DETERMINATION DE C_{mq_surf} ET DE A_{mq_surf}

La capacité thermique quotidienne, C_{mq_surf}, et la surface d'échange avec l'ambiance, A_{mq_surf}, sont déterminées à partir de la classe d'inertie en appliquant

CLASSE D'INERTIE QUOTIDIENNE	Capacité quotidienne C_{mq_surf} (kJ/(K.m ²))	Surface d'échange A_{mq_surf} (m ² /m ²)
• très légère	80	2,5
• légère	110	2,5
• moyenne	165	2,5
• lourde	260	3,0
• très lourde	370	3,5

Tableau 22 : Détermination de C_{mq_surf} et de A_{mq_surf} comme valeur d'entrée des méthodes d'application des réglementations thermiques

4.2 DETERMINATION DE LA CLASSE D'INERTIE SEQUENTIELLE PAR « POINTS D'INERTIE »

La classe d'inertie séquentielle est obtenue à partir de la sommation des points d'inertie quotidienne des parois (et mobilier) du niveau étudié à laquelle **on ajoute des « points d'inertie séquentielle »** (cf. Tableau 28).

Les points d'inertie séquentielle correspondent au « gain d'inertie séquentielle » défini comme l'écart entre l'inertie séquentielle (profondeur de pénétration de l'onde séquentielle établie sur 14 jours) et l'inertie quotidienne (profondeur de pénétration de l'onde quotidienne établie sur 24 heures).

4.2.1 POINTS D'INERTIE SEQUENTIELLE D'UNE PAROI SELON LE GAIN SEQUENTIEL SURFACIQUE

Les points d'inertie séquentielle d'une paroi peuvent être déterminés à partir du gain séquentiel surfacique $\chi_s - \chi_j$ (kJ/m²K) et sa surface ramenée à la surface utile du niveau considéré A/A_{niv} (-) selon le tableau de cotation suivant :

Gain séquentiel surfacique $\chi_s - \chi_j$ (kJ/m ² K)					
	20 à 79	80 à 149	150 à 219	220 à 299	300 et plus
Épaisseur paroi en béton plein comptée par l'intérieur : e (cm)					
$A/A_{niv}(-)$	10-11	12 -15	16-19	20-24	25 et plus
0,2	0	1	1	1	2
0,4	0	1	2	3	4
0,6	0	2	3	4	6
0,8	1	2	4	6	8
1,0	1	3	5	7	10
1,2	1	3	6	8	
1,6	1	4	8		

Tableau 23 : Points d'inertie séquentielle d'une paroi selon le gain séquentiel surfacique

avec : A (m²) la surface de la paroi déduction faite des percements (fenêtres, portes, etc.) ;

A_{niv} (m²) la surface utile du niveau considéré du bâtiment ou de la zone ;

χ_s, χ_j (kJ/m²K) les capacités thermiques surfaciques de la paroi calculées selon la norme NF EN ISO 13786 avec les compléments précisés au §3.1 respectivement pour une période de 14 jours et une période de 24 heures ;

e (cm) l'épaisseur de béton plein comptée par l'intérieur jusqu'à un isolant. Si la paroi n'est pas isolée (ex. : *plancher intermédiaire, refend*), l'épaisseur prise en compte est limitée à la moitié.

Cette approche n'est utilisable que pour la détermination des points d'inertie séquentielle d'une paroi dans le cadre de la méthode par points d'inertie.

4.2.2 DETERMINATION DES POINTS D'INERTIE SEQUENTIELLE DES PAROIS COURANTES

En l'absence de la valeur du gain séquentiel surfacique, le nombre de points d'inertie séquentielle donné dans les tableaux suivants peut être retenu.

- Tableau 24 : Plancher haut ;
- Tableau 25 : Plancher intermédiaire ;
- Tableau 26 : Plancher bas ;
- Tableau 27 : Murs.

Remarque : les cloisons et le mobilier ne peuvent contribuer à l'inertie séquentielle au-delà de leur inertie quotidienne. Ils ne possèdent donc pas de points spécifiques d'inertie séquentielle.

Les points d'inertie d'une paroi s'entendent pour l'ensemble de la famille de paroi : par exemple un « plancher bas » de bâtiment représente l'ensemble des parois de plancher du niveau considéré vues par leur face supérieure. Lorsqu'une famille de paroi est constituée de parois ayant une cotation différente en points d'inertie, on retient le nombre de points de la paroi présentant le plus de surface.

4.2.2.1 Points d'inertie séquentielle de parois courantes de plancher haut

Pour le dernier niveau du bâtiment, il s'agit du plancher haut du bâtiment, pour les autres niveaux, il s'agit de la face inférieure d'un plancher intermédiaire.

DESCRIPTIF PAROI	POINTS D'INERTIE SEQUENTIELLE W/(K.m ²)
Plancher haut en béton plein isolé par l'extérieur avec à l'intérieur au moins 20 cm de béton	7
Plancher haut en béton plein isolé par l'extérieur avec à l'intérieur au moins 15 cm de béton.	4
Plancher intermédiaire béton plein	1
Autres planchers hauts et intermédiaires	0

Tableau 24 : Points d'inertie séquentielle de parois courantes de plancher haut

4.2.2.2 Points d'inertie séquentielle de parois courantes de plancher intermédiaire

Il s'agit ici uniquement de la face supérieure d'un plancher intermédiaire.

DESCRIPTIF PAROI	POINTS D'INERTIE SEQUENTIELLE W/(K.m ²)
Plancher en béton plein d'au moins 25 cm de béton	2
Plancher en béton plein de 20 à 24 cm	1
Plancher en dalles alvéolées de béton de plus de 20 cm avec dalle de béton	1
Autres planchers	0

Tableau 25 – Points d'inertie séquentielle de parois courantes de plancher intermédiaire

4.2.2.3 Points d'inertie séquentielle de parois courantes de plancher bas

Ces points sont pris en compte lorsque le niveau du bâtiment (ou de la partie de bâtiment) le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne est situé au rez-de-chaussée.

DESCRIPTIF PAROI	POINTS D'INERTIE SEQUENTIELLE W/(K.m ²)
Plancher béton plein sur terre-plein avec isolant périphérique	15
Plancher en béton plein de 20 cm et plus isolé en sous face	7
Plancher en béton plein de 15 cm et plus isolé en sous face	3
Plancher en dalle alvéolée de béton de plus de 20 cm avec dalle de béton et isolé en sous-face	2
Plancher sur entrevous de terre cuite ou de béton avec dalle de béton et isolé en sous-face	1
Autres planchers	0

Tableau 26 : Points d'inertie séquentielle de parois courantes de plancher bas

4.2.2.4 Points d'inertie séquentielle de parois courantes de murs extérieur

POINTS D'INERTIE SEQUENTIELLE W/(K.m ²)	Surface de paroi ramenée à la surface utile A/A _{niv}		
	DESCRIPTIF PAROI	A/A _{niv} > 0,9	0,9 > A/A _{niv} > 0,5
Isolation extérieure avec à l'intérieur :			
◇ béton plein 20 cm et plus	7	4	2
◇ béton plein 16 à 20 cm	5	3	1
◇ blocs perforés béton 12,5 cm et plus	3	1	0
◇ brique pleine ou perforée 10,5 cm ou plus	1	0	0
◇ autres briques 15 cm et plus enduites	1	0	0
◇ bloc creux béton	1	0	0
Isolation répartie avec :			
◇ brique de terre cuite à perforations verticales 30 cm ou plus	5	3	1
◇ béton cellulaire	0	0	0
Isolation intérieure	0	0	0

Tableau 27 : Points d'inertie séquentielle de parois courantes de mur

4.2.3 DETERMINATION DE LA CLASSE D'INERTIE SEQUENTIELLE

La classe d'inertie séquentielle d'un bâtiment, ou d'une partie de bâtiment, est déterminée par la somme des « points d'inertie » au titre de l'inertie quotidienne et séquentielle des parois qui le compose :

Classe d'inertie séquentielle	très légère	légère	moyenne	lourde
Points d'inertie totaux y compris les points d'inertie séquentielle	< 15	15 à 22	23 à 34	35 et plus

Tableau 28 : Classe d'inertie séquentielle d'un bâtiment déterminée par points d'inertie séquentielle

4.2.4 DETERMINATION DE C_{MS_SURF} ET DE A_{MS_SURF}

La capacité thermique séquentielle, C_{ms_surf}, et la surface d'échange avec l'ambiance, A_{ms_surf}, sont déterminées à partir de la classe d'inertie en appliquant

CLASSE D'INERTIE SEQUENTIELLE	Capacité séquentielle C_{ms_surf} (kJ/(K.m ²))	Surface d'échange A_{ms_surf} (m ² /m ²)
• indéterminée (valeur par défaut)	$C_{ms_surf} = C_{mq_surf}$	$A_{ms_surf} = A_{mq_surf}$
• très légère	$C_{ms_surf} = C_{mq_surf}$	$A_{ms_surf} = A_{mq_surf}$
• légère	260	2.5
• moyenne	500	3
• lourde	850	3.5

Tableau 29 Détermination de C_{ms_surf} et d' A_{ms_surf} comme valeurs d'entrée des méthodes d'application des réglementations thermiques

4.3 DETERMINATION DE LA CLASSE D'INERTIE ANNUELLE PAR « POINTS D'INERTIE »

La classe d'inertie annuelle est obtenue à partir de la sommation des points d'inertie quotidienne des parois (et mobilier) du niveau étudié à laquelle **on ajoute des « points d'inertie séquentielle » et à laquelle on ajoute des « points d'inertie annuelle »**.

Les points d'inertie annuelle correspondent au « gain d'inertie annuelle » défini comme l'écart entre l'inertie annuelle (profondeur de pénétration de l'onde annuelle établie sur 365 jours) et l'inertie séquentielle (profondeur de pénétration de l'onde séquentielle établie sur 14 jours).

4.3.1 POINTS D'INERTIE ANNUELLE D'UNE PAROI SELON LE GAIN ANNUEL SURFACIQUE

Les points d'inertie annuelle d'une paroi peuvent être déterminés à partir du gain annuel surfacique $\chi_a - \chi_s$ (kJ/m²K) et sa surface ramenée à la surface utile du niveau considéré A/A_{niv} (-) selon le tableau de cotation suivant :

Gain annuel surfacique $\chi_a - \chi_s$ (kJ/m ² .K)	100 à 399	400 à 999	1000 à 1999	2000 à 2999	3000 à 4499	4500 et plus
Épaisseur paroi en béton comptée par l'intérieur : e (cm)	45 à 59	60 à 89	90 à 139	140 à 189	190 et +	
Épaisseur paroi en terre comptée par l'intérieur : e (cm)	25 à 34	35 à 49	50 à 69	70 à 99	100 à 129	130 et plus
Points complémentaires d'inertie annuelle pour $A/A_{niv}=1$	8	24	50	90	120	150

Tableau 30 : Points d'inertie annuelle d'une paroi selon le gain annuel surfacique

avec : A (m²) la surface de la paroi déduction faite des percements (fenêtres, portes, etc.) ;

A_{niv} (m²) la surface utile du niveau considéré du bâtiment ou de la zone ;

χ_a, χ_s (kJ/m²K) les capacités thermiques surfaciques de la paroi calculées selon la norme NF EN ISO 13786 avec les compléments précisés au §3.1 respectivement pour une période de 365 jours et pour une période de 14 jours ;

e (cm) l'épaisseur de béton plein comptée par l'intérieur jusqu'à un isolant. Si la paroi n'est pas isolée (ex. : *plancher intermédiaire, refend*), l'épaisseur prise en compte est limitée à la moitié.

Cette approche n'est utilisable que pour la détermination des points d'inertie annuelle d'une paroi dans le cadre de la méthode par points d'inertie.

4.3.2 DETERMINATION DES POINTS D'INERTIE ANNUELLE DES PAROIS COURANTES

En l'absence de la valeur du gain annuel surfacique, le nombre de points d'inertie annuelle donné dans les tableaux suivants peut être retenu.

- Tableau 31 : Plancher bas ; Plancher haut ;
- Tableau 32 : Murs ; Plancher intermédiaire ;

Remarque : les cloisons et le mobilier ne peuvent contribuer à l'inertie annuelle au-delà de leur inertie quotidienne. Ils ne possèdent donc pas de points spécifiques d'inertie annuelle.

Les points d'inertie d'une paroi s'entendent pour l'ensemble de la famille de paroi : par exemple un « plancher bas » de bâtiment représente l'ensemble des parois de plancher du niveau considéré vues par leur face supérieure. Lorsqu'une famille de paroi est constituée de parois ayant une cotation différente en points d'inertie, on retient le nombre de points de la paroi présentant le plus de surface.

4.3.2.1 Points d'inertie annuelle de parois courantes de plancher bas

Ces points sont pris en compte lorsque le niveau du bâtiment (ou de la partie de bâtiment) le plus défavorisé d'un point de vue inertie quotidienne est situé au rez-de-chaussée.

DESCRIPTIF PAROI	POINTS D'INERTIE ANNUELLE W/(K.m ²)
Plancher sur terre-plein avec isolant périphérique	150
Autres planchers	0

Tableau 31 : Points d'inertie annuelle de parois courantes de plancher bas

4.3.2.2 Points d'inertie annuelle de parois courantes de murs extérieur

POINTS D'INERTIE ANNUELLE W/(K.m ²)	Surface de paroi ramenée à la surface utile A/Aniv
DESCRIPTIF PAROI	A/A _{niv} > 0,9
Isolation extérieure avec à l'intérieur :	
◇ terre 50 cm	50
◇ béton plein 100 cm et plus	40

Tableau 32 – Points d'inertie annuelle de parois courantes de murs

4.3.3 DETERMINATION DE LA CLASSE D'INERTIE ANNUELLE

La classe d'inertie annuelle d'un bâtiment, ou d'une partie de bâtiment, est déterminée par la somme des « points d'inertie » au titre de l'inertie quotidienne, séquentielle et annuelle des parois qui le compose :

Classe d'inertie annuelle	très légère	légère	moyenne
Points d'inertie totaux y compris les points d'inertie séquentielle et annuelle	< 35	36 à 130	131 et plus

Tableau 33 : Classe d'inertie annuelle d'un bâtiment déterminée par points d'inertie annuelle

4.3.4 DETERMINATION DE C_{MA_SURF} ET DE A_{MA_SURF}

La capacité thermique annuelle, C_{ma_surf}, et la surface d'échange avec l'ambiance, A_{ma_surf}, sont déterminées à partir de la classe d'inertie en

CLASSE D'INERTIE ANNUELLE	Capacité annuelle C _{ma_surf} (kJ/(K.m ²))	Surface d'échange A _{ma_surf} (m ² /m ²)
• indéterminée (valeur par défaut)	C _{ma_surf} = C _{ms_surf}	A _{ma_surf} = A _{ms_surf}
• très légère	C _{ma_surf} = C _{ms_surf}	A _{ma_surf} = A _{ms_surf}
• légère	2000	1
• moyenne	6000	1

Tableau 34 : Détermination de C_{ma_surf} et d'A_{ma_surf} comme valeurs d'entrée des méthodes d'application des réglementations thermiques