

NOTICE THERMIQUE

Rapport de synthèse



**Etude thermique relative à
la réhabilitation du
bâtiment 26**

Musée de l'air et de l'Espace

MAÎTRE D'OUVRAGE

Musée de l'air et de l'Espace

Aéroport de Paris - Le Bourget
CS 90005 - 93352 Le Bourget cedex

MUSÉE
AIR +
ESPACE
AÉROPORT PARIS – LE BOURGET

EVOLUTION DU DOCUMENT

Document

N/Réf.	Ind.	Date	Rédacteur	Action
PAS.IN.AU039	A	02/05/2023	KHE	Rédaction
		05/05/2023	CDR	Relecture
	B	15/05/2023	HAL	Mise à jour

Sommaire

1. PREAMBULE	3
1.1. Bâtiment concerné.....	3
1.2. Programme de réhabilitation.....	3
1.3. Objectif de l'étude.....	4
1.4. Solutions techniques considérées dans l'étude	4
2. REFERENTIEL	5
2.1. Performance globale	5
2.1.1. Niveau réglementaire.....	5
2.1.2. Niveau performant	5
2.2. Performance par élément.....	6
2.2.1. Niveau réglementaire.....	6
2.2.2. Niveau performant	6
3. MODELISATION	7
3.1. Hypothèses de modélisation	7
3.1.1. Parois du bâtiment.....	7
3.1.2. Menuiseries extérieures	7
3.1.3. Equipements.....	8
3.2. Représentation graphique de la modélisation.....	9
4. RESULTATS	10
4.1. Déperditions du bâtiment	10
4.2. Consommations énergétiques THCE-Ex.....	10
4.3. Pré-dimensionnement chauffage.....	10
4.4. Niveau de performance THCE-Ex	11
4.5. Niveau de performance BBC	11
4.6. Compensation de la consommation électrique.....	11
ANNEXE.....	12

1. PREAMBULE

1.1. Bâtiment concerné

Le bâtiment concerné par l'étude est le bâtiment 26, construit en 1923, de plein pied, et d'une surface plancher de 149m².

Il comportera un PC sécurité 24/24, et des bureaux occupés du lundi au vendredi toute l'année.



Photo de l'extérieur du bâtiment 26

1.2. Programme de réhabilitation

Il s'agit d'une réhabilitation complète.

Le programme de réhabilitation concerne l'ensemble du clos et couvert et des systèmes de chauffage, ventilation, climatisation, éclairage, et production d'eau chaude sanitaire :

- Isolation des murs extérieurs : extérieure avec le ravalement, ou intérieure couplée à la réfection des locaux
- Isolation de la toiture avec la réfection de l'étanchéité
- Remplacement des menuiseries : fenêtres et portes, avec mise en place d'occultations
- Mise en place d'un système de chauffage autonome pour le bâtiment. L'énergie électrique est privilégiée
- Mise en place d'une ventilation des locaux et d'une production d'eau chaude sanitaire
- Mise en place d'un éclairage performant

Il n'est pas prévu d'intervention sur le plancher bas, bien que supposé non isolé, mais donnant sur terre-plein au niveau du niveau fini extérieur.

Le programme de travaux sera affiné en fonction des résultats d'étude thermique et des choix technico-économiques retenus, notamment :

- Au niveau des façades. L'isolation par l'extérieur est préférable pour ne pas réduire les surfaces intérieures mais nécessite de gérer techniquement et esthétiquement des différences de nus poteaux – poutres / remplissages briques avec joints apparents
- Au niveau des menuiseries. Le choix du PVC est plus économique et permet d'atteindre une meilleure performance thermique sur les produits standards du marché. L'aluminium est toutefois préférable en terme d'impact environnemental et durabilité.

Les occultations extérieures, type volets roulants, sont préférables pour le confort thermique. Des occultations intérieures peuvent être prévues en complément pour le confort visuel.

- Au niveau du système de chauffage / climatisation. La solution économique est le chauffage électrique, ce qui ne permet pas d'atteindre la performance globale visée et n'offre pas de solution de rafraîchissement l'été, au contraire d'une solution par pompe à chaleur réversible
- Au niveau de la ventilation. La solution de base est la VMC sanitaire associée à des entrées d'air dans les menuiseries. La mise en place d'un double flux dans les bureaux est plus performante en limitant les besoins d'ouverture des fenêtres et en récupérant les calories sur l'air extrait
- Au niveau de la production d'eau chaude sanitaire. La mise en place d'un chauffe-eau thermodynamique sur air extrait de la VMC serait performant mais ne paraît pas être une solution technico-économique vu les besoins très limités.

1.3. Objectif de l'étude

L'objectif est de définir les spécifications techniques des produits d'isolations et systèmes au regard des objectifs globaux de performance énergétique.

L'étude permet également de définir un niveau de consommation conventionnel projeté, pouvant éventuellement être compensé par une production photovoltaïque en autoconsommation.

1.4. Solutions techniques considérées dans l'étude

Nous présentons un programme de base avec :

- Isolation par l'extérieur,
- Remplacement des menuiseries par des modèles aluminium,
- Isolation de la toiture,
- Mise en place d'une Pompe à chaleur réversible à détente directe associée à des cassettes plafonniers,
- Mise en place d'une Centrale de traitement apportant de l'air neuf au niveau des cassettes plafonniers,
- Mise en place d'une production électrique par cumulus,
- Mise en place d'éclairage par pavé leds sur détection de présence et gradation.

Une mise à jour d'étude sera faite en considérant les variantes exposées ci-avant, suivant retour du client sur les résultats thermiques obtenus et les choix techniques et financiers relatifs aux différentes solutions.

2. REFERENTIEL

2.1. Performance globale

2.1.1. Niveau réglementaire

La réglementation thermique pour les bâtiments existants dite « globale » (RT Ex Globale) (décret du 29 décembre 2011 modifiant l'arrêté du 13 juin 2008) s'applique aux bâtiments existants qui respectent les critères suivants :

- Achèvement de la construction après 1948,
- Surface de plancher est supérieur à 1 000 m²,
- Coûts des travaux énergétiques de réhabilitation sont supérieurs à 25% de la valeur conventionnelle de l'immeuble.

Cette réglementation impose des exigences de résultats et de moyens tels que définis dans l'arrêté du 13 juin 2008 mentionné précédemment.

L'opération n'est pas soumise à la RT Globale.

2.1.2. Niveau performant

Afin d'évaluer les performances thermiques du programme de travaux retenu et estimer les consommations conventionnelles des postes principaux, une étude thermique est réalisée pour modéliser différents programmes de travaux selon la méthode Th-C-E Ex (version 1.0.3) avec le logiciel Pléiades (version 5.23.3.0).

L'objectif de la modélisation thermique est de connaître la répartition des consommations du bâtiment selon les usages suivants :

- Le chauffage,
- La climatisation,
- Les auxiliaires de chauffage et de ventilation,
- L'éclairage.

La surface de référence du bâtiment étudié est 155,4 m² SHON RT.

La consommation de l'eau chaude sanitaire n'est pas pris en compte par la méthode TH-CE pour un bâtiment à l'usage de l'immeuble bureaux.

Ce calcul réglementaire permet de modéliser le bâtiment par rapport à des usages conventionnels. Cette méthode de calcul ne prend pas en compte les différents scénarios concernant le programme de chauffage et le programme de ventilation. Elle se base sur une température de chauffage conventionnelle par rapport à la température de consigne fixée. Les apports internes sont également conventionnels.

Le calcul Th-C-E Ex a pour objectif :

- Obtenir les consommations énergétiques conventionnelles du bâtiment existant indépendamment de son utilisation réelle
- Proposer des travaux afin de diminuer les consommations énergétiques conventionnelles
- Attester que les travaux proposés respectent bien la réglementation thermique
- Obtenir, le cas échéant, un label ou une certification
- Obtenir, le cas échéant, une aide financière ou une subvention

Le niveau de performance BBC visé correspond à un seuil de 60% du Cep référence.

2.2. Performance par élément

2.2.1. Niveau réglementaire

La réglementation thermique pour les bâtiments existants dite « élément par élément » (arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007) impose, dans le cadre d'une intervention sur un élément du clos et couvert, le minimum de performances suivantes pour la zone climatique de l'immeuble étudié (valeurs en vigueur au 01/01/2023) :

- Mur sur extérieur : résistance thermique totale $R \geq 3,2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Mur en contact avec un volume non chauffé : résistance thermique totale $R \geq 2,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Toiture-terrasse : résistance thermique totale $R \geq 4,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Plancher de combles perdus : résistance thermique totale $R \geq 5,2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Rampants de toiture : résistance thermique totale $R \geq 5,2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Plancher bas : résistance thermique totale $R \geq 3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Menuiserie extérieure : conductivité thermique $U_w \leq 1,9 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$.

Note : la conductivité thermique U (en $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$) est l'inverse de la résistance thermique : $U = 1/R$.

2.2.2. Niveau performant

Dans le cadre de la recherche d'un niveau de performance globale, et la mobilisation éventuelle de CEE pour le secteur « tertiaire », les niveaux performants suivants sont visés :

- Mur sur extérieur : résistance thermique totale $R \geq 3,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Mur en contact avec un volume non chauffé : résistance thermique totale $R \geq 2,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Toiture-terrasse : résistance thermique totale $R \geq 4,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Plancher de combles perdus : résistance thermique totale $R \geq 6 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Rampants de toiture : résistance thermique totale $R \geq 6 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Plancher bas : résistance thermique totale $R \geq 3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$;
- Menuiserie extérieure : conductivité thermique $U_w \leq 1,5 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ et facteur solaire $Sw \leq 0,15$ pour les fenêtres de toiture ; conductivité thermique $U_w \leq 1,3 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ et facteur solaire $Sw \leq 0,35$ pour les autres fenêtres ou portes-fenêtres.

Note : la conductivité thermique U (en $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$) est l'inverse de la résistance thermique : $U = 1/R$.

3. MODELISATION

3.1. Hypothèses de modélisation

Les hypothèses prises sont faites sur la base du constat visuel sans sondage destructif et des métrés sur plans.

3.1.1. Parois du bâtiment

Dénomination paroi	Composition	Résistance thermique (m ² .K/W)
Murs extérieur	Structure poteaux-poutres avec remplissage brique 10cm Isolation par l'intérieur par laine de roche 0,035 W/(m.K) 14cm	R _{tot} = 4,26 m ² . K/W
Toiture terrasse	Dalle béton épaisseur inconnue (supposée 15cm) Complexe d'étanchéité isolée par 5 cm de polyuréthane 0,022 W/(m.K)	R _{tot} = 2,4 m ² . K/W
Plancher bas sur terre-plein	Dalle béton épaisseur inconnue (supposée 15cm) Supposée non isolée	R _{tot} = 0,14 m ² . K/W

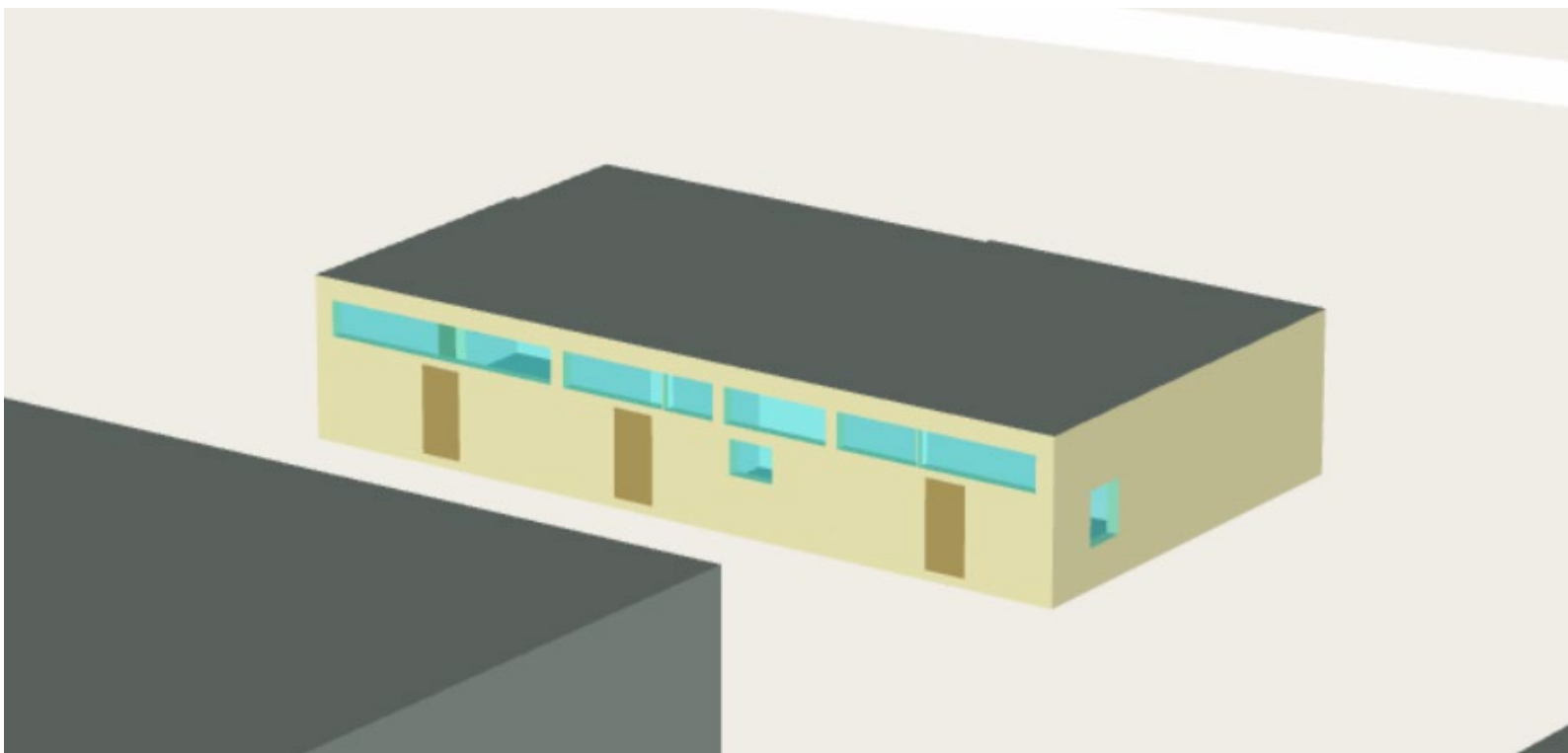
3.1.2. Menuiseries extérieures

Dénomination paroi	Spécifications techniques	Conductivité thermique projet U (W/m ² . K)
Fenêtres	Menuiseries aluminium 4/16/4 à rupteurs de ponts thermique Ouverture à la française Remplacement en dépose complète sauf pour les impostes conservées et doublées en intérieur (nouvelles menuiseries placées au nu de l'isolation intérieure) Store extérieur aluminium avec caissons isolés	U _w = 1,3 W/m ² . K S _w = 0,35
Portes	Portes aluminium isolée	U _w = 2 W/m ² . K

3.1.3. Equipements

Dénomination paroi	Spécifications techniques	Performance
Chauffage - Climatisation	Pompe à chaleur à détente directe 10kW Fonctionnement réversible Température amont : -7°C ; 7°C Température aval 20°C Puissance absorbée : 3,21kW ; 2,25kW Cassettes plafonnières Référence produit type : FXZA15A – Cassette 600x600 (R32)	COP : 2,73 ; 4,81
Ventilation	Caisson de ventilation double flux – échangeur à plaque, extra-plat pour faux-plafond raccordé sur prise d'air neuf cassettes Emplacement dans garage possible Débit calculé (25m ³ /h/pers.) : 375m ³ /h Référence produit type : Small box - Taille 400m ³ /h	Rendement échangeur : 95%
Production d'eau chaude sanitaire	Usage non pris en compte dans la Méthode de calcul THCE-Ex pour du tertiaire Préconisé chauffe-eaux 300L pour usage douche, et chauffe-eau sous évier pour cuisine et sanitaires	-
Eclairage	Normalisé : marche / arrêt manuel dans bureau, detection automatique dans circulations et sanitaires Préconisé : Pavé leds 300 lm/W Commande sur gradateur et detection de presence dans bureaux, detection automatique dans circulations et sanitaires	Max. 10W/m ² 5W/m ² visé

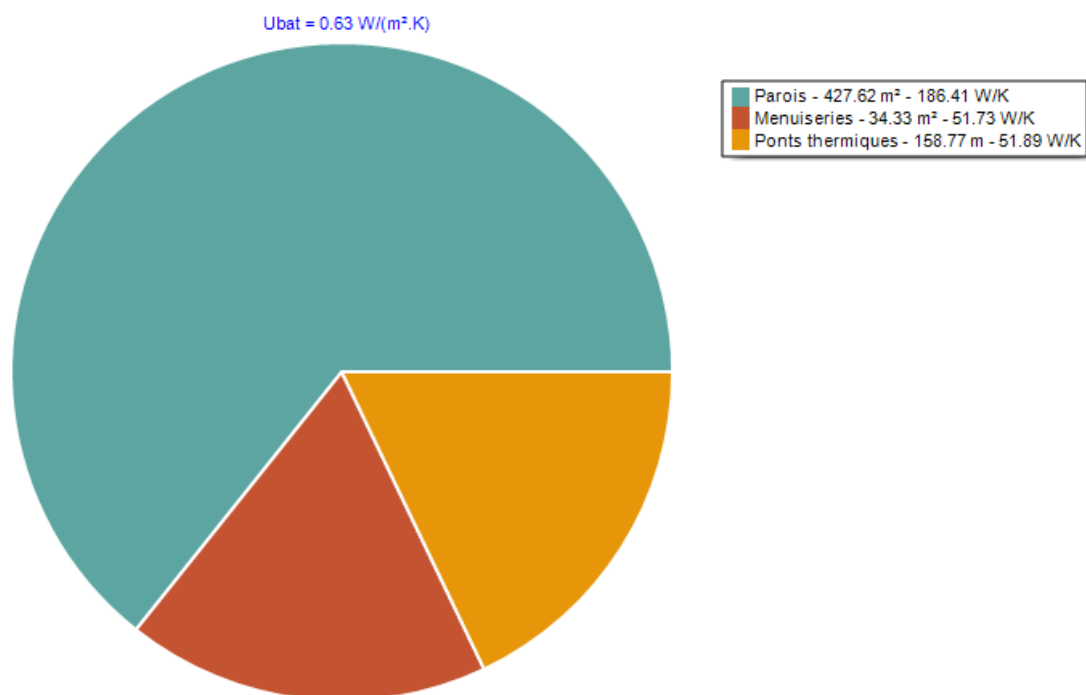
3.2. Représentation graphique de la modélisation



Modélisation thermique du bâtiment 26 avec Pleaides

4. RESULTATS

4.1. Déperditions du bâtiment



4.2. Consommations énergétiques THCE-Ex

Consommation d'énergie primaire par poste	
Consommations de chauffage	47,04 kWh-ep/m²
Consommations de climatisation	3,07 kWh-ep/ m²
Consommations d'ECS	0 kWh-ep/ m²
Consommations d'éclairage	27,28 kWh-ep/ m²
Consommations des auxiliaires de ventilation	9,53 kWh-ep/ m²
Consommations des auxiliaires hydrauliques	2,01 kWh-ep/ m²
Consommation énergie primaire	88,9 kWh-ep/m²

4.3. Pré-dimensionnement chauffage

Consommation d'énergie primaire par poste	
Déperditions	380,9W/K
Température intérieure de référence	19°C
Température extérieure de référence	-7°C
Surpuissance	15%
Puissance utile	11,7 kW

4.4. Niveau de performance THCE-Ex

Conformité du bâtiment

Estimation du Cep initial	Conforme
Respect du Cep (Cep ref, ini-30 et Cep max)	Conforme
Estimation du Tic	Conforme
Estimation des caractéristiques minimales	Vérifié

Exigence de résultat : Cep

Cep	Initial	Projet	Référence
kWh _{ep} /m ²	843,8	88,9	152,1

Exigence de résultat : Tic

Projet	Référence
29,14 °C	33,43°C

4.5. Niveau de performance BBC

Niveau de performance : **BBC réno 2009 tertiaire**

Données label	Unité	Projet	Objectif label	Ecart au label
Coefficient Cep	kWh-ep/m ² SHON	88,9	91,2	-2,3

4.6. Compensation de la consommation électrique

La mise en place de 120 m² surface utile de panneaux solaires photovoltaïques orienté 6° sud permettrait une production annuelle de l'ordre de 15 MWh_{EF} qui permettrait de couvrir en première approche les $\frac{3}{4}$ des besoins électriques du bâtiment 26, le surplus pouvant être utilisé pour d'autres bâtiments ou en revente, suivant dimensionnement de l'installation et des capacités de stockage.

ANNEXE

Générateur photovoltaïque raccordé au réseau

Nom du PROJET	Batiment 26
Station Météo	Bobigny
Latitude du lieu	48°55
Modules PV	Photowatt PW2450F (Verre/TPT)
	Puissance 250 Wc Surface unitaire 1,673 m2
Orientation	6 ° /Sud
Inclinaison	0 ° /horizontale
Surface utile	120,5 m2
Puissance crête	18 kWc

Mois	Energie solaire reçue plan horizontal Wh/m2.j	Energie solaire reçue plan des capteurs Wh/m2.j	Electricité produite par le système kWh/mois
Janvier	824	826	346
Février	1 548	1 552	587
Mars	2 638	2 645	1 107
Avril	4 005	4 012	1 625
Mai	4 723	4 728	1 978
Juin	5 263	5 263	2 132
Juillet	5 506	5 503	2 303
Août	4 668	4 661	1 950
Septembre	3 309	3 300	1 336
Octobre	2 025	2 017	844
Novembre	1 104	1 099	445
Décembre	653	653	273
Total énergie (kWh/an)			14 926
Total CO2 évité (kg/an)(*)			5 373
Productivité (kWh/kWc.an)			829

(*) 360g/kWh coefficient européen

Estimation de la production de générateur Photovoltaïque avec tecsol.fr