



# CNRS LAAS - PLATINUM

## RÉAMÉNAGEMENT ET EXTENSION DES BÂTIMENTS F ET G

7 AVENUE DU COLONEL ROCHE – 31400 TOULOUSE

	MAITRISE D'OUVRAGE <b>CNRS – DÉLÉGATION OCCITANIE OUEST</b>	16, avenue Edouard Belin 31055 TOULOUSE CEDEX 4
	ARCHITECTE <b>ARCADES ARCHITECTES</b>	40, boulevard des Récollets 31400 TOULOUSE
	BE ETUDES TECHNIQUES <b>CEERCE</b>	8, rue Edgar Degas 31200 TOULOUSE
	BE ETUDES STRUCTURE <b>NOVATEC</b>	38, rue de Fondargent 31650 SAINT ORENS DE GAMEVILLE
	BE ETUDES ACOUSTIQUE <b>SIGMA ACOUSTIQUE</b>	23, rue Eugène d'Hautpoul 31400 TOULOUSE
	BUREAU DE CONTROLE <b>BTP CONSULTANTS</b>	83, chemin de Ribaute 31400 TOULOUSE
	COORDONNATEUR SPS <b>SARL CARSECO</b>	Route de Gourvieille La Jonquièrre 11410 SAINT MICHEL DE LANES

Lot	Simulation Thermique Dynamique
<b>STD</b>	<b>Rapport STD</b>

REF	PHASE	IND	MODIFICATION	DATE	RÉDACTEUR
-	DCE	1		24/04/2025	TF

---

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2. Base de calcul</b>	<b>4</b>
2.1. Logiciel utilisé	4
2.1. Paramètres de simulation	4
2.2. Données météorologiques	4
<b>3. Données d'entrée : bâtiments F et G</b>	<b>6</b>
3.1. Présentation des bâtiments F et G	6
3.2. Zonage thermique	6
3.3. Hypothèses des compositions des parois et des menuiseries	9
3.4. Hypothèses sur les systèmes	9
3.5. Hypothèses de fonctionnements	11
3.5.1. Scénario d'occupation	11
3.5.2. Scénarios de températures	11
3.5.3. Scénarios de ventilations	12
3.5.4. Scénarios d'éclairements	14
3.5.5. Scénarios d'apports internes	14
3.6. Récapitulatif des hypothèses de fonctionnement des salles blanches.	15
<b>4. Résultats des simulations</b>	<b>16</b>
4.1. Salle blanche Réaménagée (RDC bâtiment F)	16
4.2. Salle blanche extension (R+1 bâtiment G3)	18
4.3. Consommations	20
<b>Conclusion</b>	<b>22</b>

# 1. Introduction

Le présent document rend compte des études thermiques dynamiques menées sur la mission durant le projet d'extensions des salles blanches des bâtiments F et G du CNRS-LAAS de Toulouse. Les 2 bâtiments se situent sur le site du LAAS, 16 avenue Edouard Belin BP 24367, 31055 Toulouse cedex 4.

L'objet de l'étude est de vérifier le respect des consignes de température dans la salle blanche réaménagée, ainsi que dans la nouvelle salle blanche. La température devra restée à 21°C toute l'année, avec des variations de 1°C sur 1h et maximum de 2°C sur 24h. Cette étude permet de confirmer les compositions de parois préconisées et les systèmes mis en œuvre, elle est réalisée au-travers d'une Simulation Thermique Dynamique (STD).

L'outil principal de calcul est la STD et permet de comparer l'impact de la mise en place de divers traitements afin de vérifier l'atteinte et la stabilité de la consigne de température. Il est important d'être conscient des contraintes fixes liées à l'usage du bâtiment (apports internes, durée et dates d'occupation, confort exigé) afin de pouvoir concevoir, non pas un bâtiment modèle pouvant être dupliqué, mais un bâtiment unique parfaitement adapté à son environnement et à ses usagers.

## NOTE SUR LA STD :

Il est important de souligner que les résultats de simulations sont souvent différents des besoins énergétiques réels du bâtiment. Les calculs sont basés sur des hypothèses de fonctionnement qui peuvent diverger de l'usage réel car il est impossible de prévoir certains écarts comme l'absence non prévue d'effectifs, l'ouverture de menuiseries, la modification de consigne de température, la mise en place d'équipements non prévus participant aux apports internes, les comportements climatiques exceptionnels ou la panne éventuelle d'équipements.

Il n'en reste pas moins que les simulations procurent des informations importantes sur le comportement du bâtiment et sur ses besoins thermiques estimés permettant la conception du bâti et le dimensionnement des systèmes CVC.

Le but de la STD est d'étudier et de comparer des solutions, CEERCE ne peut être tenu pour responsable si les températures réelles des solutions retenues ne correspondent pas à celles obtenues par simulation.

## 2. Base de calcul

### 2.1. Logiciel utilisé

Pleiades : Version 6.25.2.2

Largement validé depuis plusieurs années, Pleiades est un logiciel complet pour l'écoconception des bâtiments et des quartiers.

À partir d'une saisie graphique ou d'une maquette numérique, différents types de calculs sont accessibles : simulation thermique et énergétique, vérification réglementaire, dimensionnement des équipements ou analyse statistique. Au-delà des aspects énergétiques, l'analyse du cycle de vie évalue les impacts du bâtiment sur l'environnement.

### 2.1. Paramètres de simulation

Période de simulation	Semaine début : 1	Semaine fin : 52
Période de mise en température	2 semaine(s)	
Pas de temps de simulation	1/2 heure	
Puissance dissipées occupant	80 W	
Calcul aéraulique	Oui	
Paramètres experts	Rho limite : 2 kg/m3 lambda limite : 0,12 W/(m.K)	

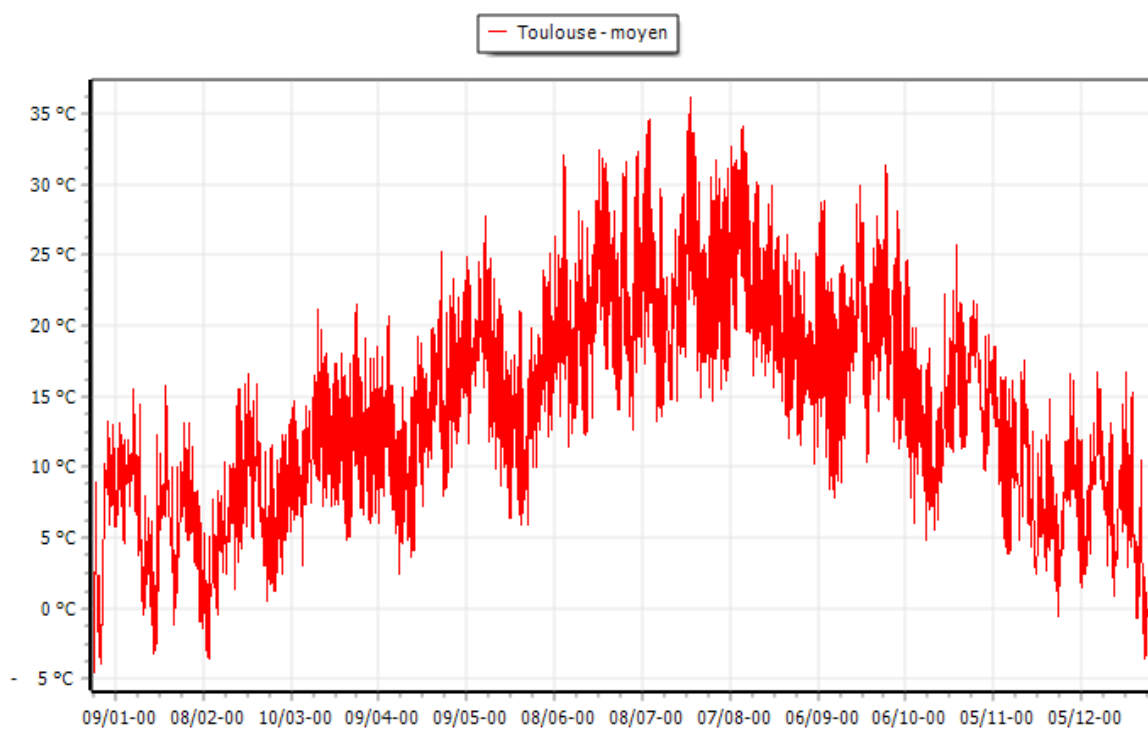
### 2.2. Données météorologiques

Données site			
Ville	Toulouse	Source fichier météo	Meteonorm
Altitude	152m	Type	TRY
Latitude	43°37'48"N	Longitude	1°22'12"E

Le fichier météo utilisé sur la station de Toulouse est un **fichier "Moyen"**, pour simuler le projet en conditions "moyennes". Il reprend les températures moyennes mensuelles sur 10 ans.

Températures	Fichier moyen
Minimale	-4,61°C
Maximale	36,19°C
Moyenne	13,90°C

Ci-après, la courbe de température annuel du fichier météo de Toulouse. Nous remarquons que nous n'atteignons jamais la température de  $-5^{\circ}\text{C}$ , qui est la température de base de dimensionnement de chauffage à Toulouse.



### 3. Données d'entrée : bâtiments F et G

Les bâtiments F et G sont situés sur le site du CNRS (LAAS) au 7 Avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse. Les bâtiments F et G sont mitoyens entre eux mais aussi avec le bâtiment C qui est composé principalement de bureaux.

Le bâtiment F se distingue en 2 parties distinctes avec une partie composée de bureaux et une autre partie de type salle blanche (R+1). De même que le bâtiment F, le bâtiment G (G1 et G2) est composé de bureaux, de laboratoires ainsi que des parties de type salle blanche.

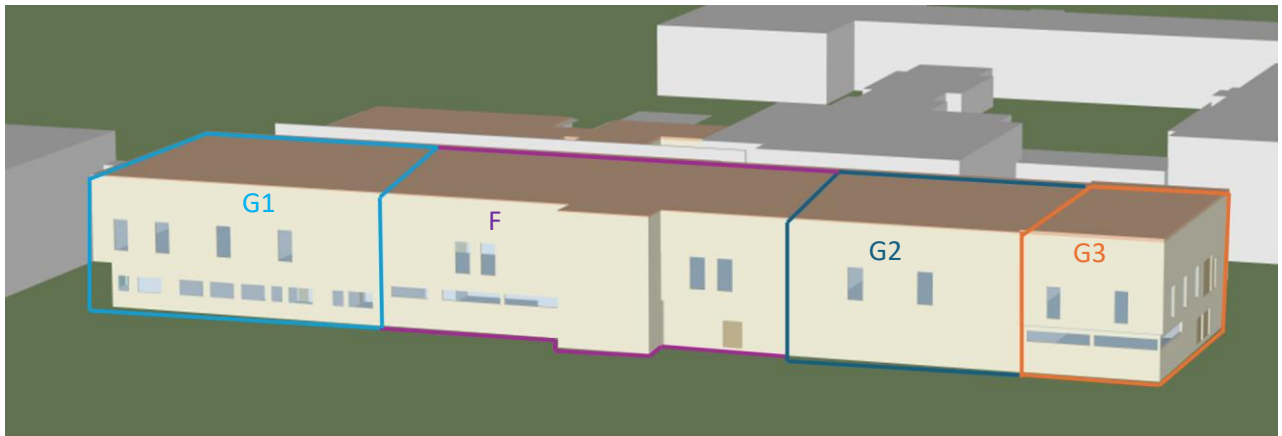
L'objet du présent marché prévoit l'extension et réaménagement de ces bâtiments, à savoir :

- Extension : bâtiment G3 : RDC technique, une salle blanche sera installée en R+1.
- Réaménagement RDC Bâtiment F : une salle blanche y est aménagée.

#### 3.1. Présentation des bâtiments F et G

*Vu en 3D des bâtiments modélisés :*

*Ci-dessous la répartition des bâtiments sur le site du CNRS (LAAS) :*



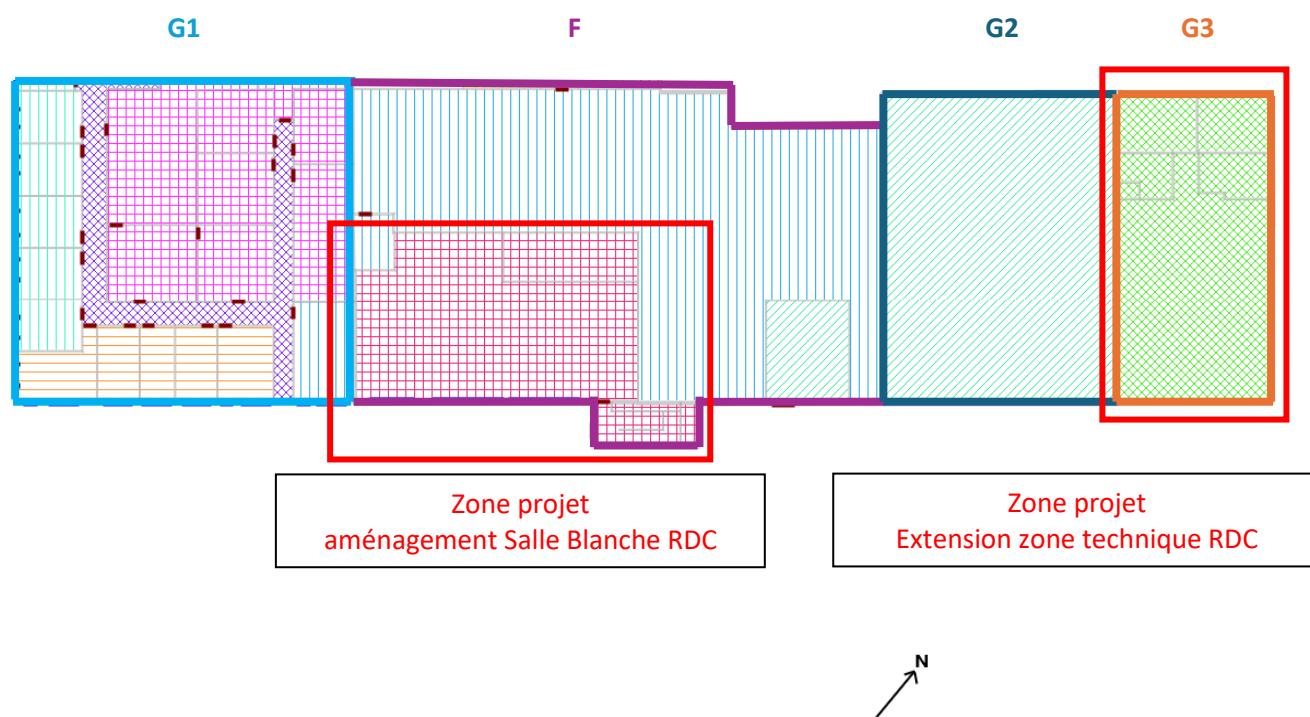
#### 3.2. Zonage thermique

Les bâtiments sont découpés en zones thermiques en fonction de leurs usages et de leurs particularités thermiques. Les zones sont établies de façon à regrouper les mêmes types de pièces exposées aux mêmes conditions d'ambiance : exposition/apports solaires/thermiques/éclairages, ainsi que les mêmes scénarii d'occupations et de températures.

En partant du même principe de zonage pour chaque pièce des bâtiments, nous sommes arrivés à définir correctement les conditions réelles. Effectuer un zonage précis permet de se rapprocher de la réalité.

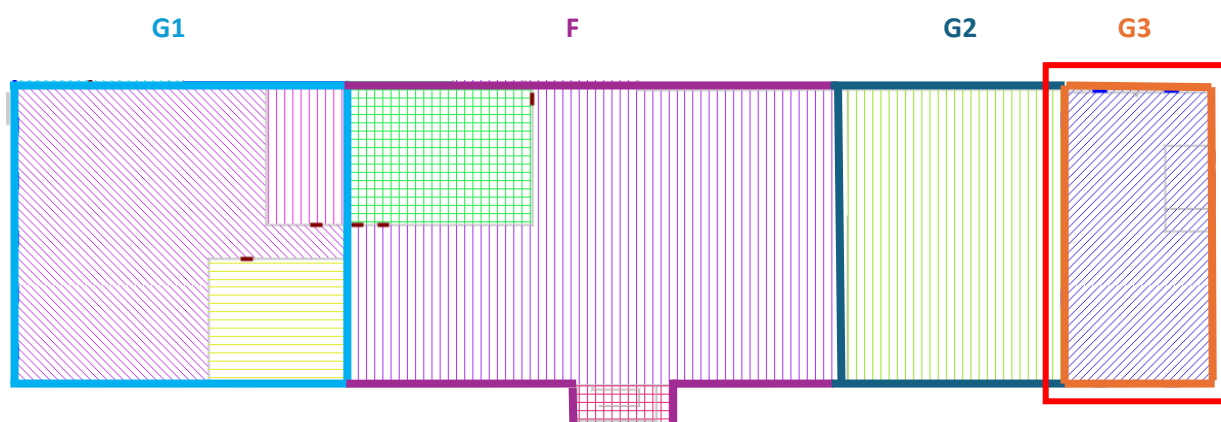
Voici le zonage effectué sur les bâtiments :

*Rez-de-chaussée des bâtiments F et G :*



RDC bureaux + RDC salles blanche
RDC Circulation F
RDC Laboratoires îlot central G1
RDC Bureaux sous SB G1 (S-E)
RDC Bureaux sous SB G1 (S-O)
RDC Laboratoires sous SB G1
RDC Bureaux G1 (N-O)
RDC Bureaux G1 (N-E)
RDC Bureaux patio F
RDC/R+1 Réunion mitoyen SB F
RDC circulation sous salle blanche
RDC Circulation bat G1
Jardinière
RDC Salle blanche G2/Local chaud
RDC Sous SB F
Salle blanche réaménagée
G3 RdC zone technique

Premier étage des bâtiments F et G :



Zone projet  
Extension salle blanche R+1



R+1 bureaux + R+1 salles blanches	
	RDC Circulation F
	RDC/R+1 Réunion mitoyen SB F
	R+1 Circulation F
	R+1 Réunions ilot central G1
	R+1 Bureaux G1 (N-O)
	R+1 Bureaux G1 (N-E)
	R+1 Bureaux patio F
	R+1 Mitoyen SB G1
	R+1 Nanotechnologies
	R+1 Photolithographie
	R+1 circulation bat G
	R+1 SB G2
	Jardinière
	R+1 Laboratoire ilot central G1
	R+1 SB G1
	R+1 Masques
	Salle blanche réaménagée
	R+1 SB G3



### 3.3. Hypothèses des compositions des parois et des menuiseries

Pour définir les matériaux composants les parois de la salle blanche réaménagée (RDC bâtiment F) et de l'extension G3, nous nous sommes basées sur la Réglementation Thermique Élément par Élément :

Réaménagement salle blanche RDC F salles blanches	
Désignation	Resistance paroi (m <sup>2</sup> .K) /W
Mur extérieur RDC	3,2
Mur intérieur sur local non chauffé	5.7
Plancher haut sur salle blanche existante non-isolé	0,11
Plancher bas non isolé	0,11

Extension G3	
Désignation	Resistance paroi (m <sup>2</sup> .K) /W
Mur extérieur RDC - non isolé	0,12
Mur extérieur R+1 – 80mm de PU	4,08
Toiture	4,5
Plancher intermédiaire non isolé (sauf sur local compresseur)	0.11
Plancher bas non isolé	0,11

Les caractéristiques des menuiseries sont les suivantes :

- Type	Ouvrant	Uw (W/m <sup>2</sup> . K)	Facteur Solaire Sw	Transmission lumineuse TI
Fenêtres des salles blanches	Fixe	1.5	0.4	0.68

Comme hypothèse d'infiltrations, nous considérons la suivante :

Infiltrations	
Zone salle blanche	0.4 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> sous 4 Pa

### 3.4. Hypothèses sur les systèmes

Les systèmes énergétiques pris en compte dans les simulations sont ceux décrit dans la notice CVC, à savoir :

- Production chaud : chaufferie existante gaz (2\*Varmax Twin 1200) + récupération de chaleur fatale des groupes froids process.
- Production froid : Groupes Froids existants (2\* Trane RTWD180)

- Ventilation :
  - SB G3 : CTA simple flux tout air neuf avec récupérateur énergie sur extraction spécifique, batteries froide et chaudes tel que décrit au lot CVC
  - SB RDC : CTA simple flux avec caisson de mélange, batteries froide et chaudes tel que décrit au lot CVC
  - Extractions spécifiques dans chaque zones tel que décrit au lot CVC
- Emetteur chaud : le chauffage est assuré par les CTA et les batteries chaudes
- Emetteur froid en complément des batteries froide :
  - SB G3 : 4 aérothermes de 6kW froid chacun tel que décrit au lot CVC
  - SB RDC : 4 gainables de 4kW froid chacun tel que décrit au lot CVC

*NOTA : les systèmes d'humidification et de déshumidification ne peuvent pas être modélisés dans le logiciel de simulations. Ils ne sont donc pas intégrés et les consommations inhérentes à ces systèmes ne sont pas comptabilisées.*

### 3.5. Hypothèses de fonctionnements

Le fonctionnement des zones thermiques de salles blanches est défini dans le tableau récapitulatif en fin de chapitre. Les usages définissent un taux d'occupation (décrit dans les pages suivantes) qui permettent de pondérer les scénarios utilisés en STD (occupations, ventilations, apports internes). De ces scénarios dépendent la véracité et la précision de la STD, ils doivent donc faire l'objet d'une attention particulière.

Les systèmes utilisés dans les salles blanches nouvellement créées, et plus particulièrement les marques, modèles et caractéristiques des équipements CVC, sont conformes à la notice descriptive APD du lot 12 : CVC. Ainsi les caractéristiques techniques sont en cohérences avec le matériel qui sera prescrit.

Les scénarios mis en place sont définis suivant le fonctionnement des salles blanches existantes.

#### 3.5.1. Scénario d'occupation

Les salles blanches sont considérées occupées de 8h à 18 h (hors weekend) toute l'année. Cela permet de prendre en compte les jours où la température extérieure est la plus défavorable au maintien des températures intérieures (21°C). Pendant les heures d'occupation, il est considéré un ratio de 0.05 pers/m<sup>2</sup>.

#### 3.5.2. Scénarios de températures

Les salles blanches sont soumises à des consignes stricts de températures et de ventilations. Une température de 21°C doit être assurée toute l'année avec une variation de 1°C/h et maximum une variation de + ou - 2°C.

Ainsi un scénario de température sont implantées avec 21°C constant toute l'année, aussi bien en chauffage qu'en climatisation.

*Nota : Pour éviter de potentielle incohérence dans les simulations, il est pris un scénario de chauffage constant à 20.5°C et un scénario de climatisation constant à 21.5°C.*

### 3.5.3. Scénarios de ventilations

- Salle blanche réaménagée bâtiment F :

La ventilation prise en compte dans la STD tient compte du scénario le plus défavorable décrit au CCTP CVC, le scénario 4 « Configuration future, avec sorbonne de réserve, extraction spécifique au maximum ». Ce scénario correspond au fonctionnement de la salle blanche en occupation.

En inoccupation, le scénario 1 décrit au CCTP CVC « Configuration initiale, sans sorbonne de réserve, extraction spécifique au minimum » est utilisé.

L'utilisation de scénarii opposés permet de confirmer le maintien de température (21°C) quelques soit l'utilisation présente et future de la salle blanche.

Ci-dessous les scénarii de ventilation utilisés :

#### Inoccupation :

**Scénario 1 = Configuration initiale, sans sorbonne de réserve, extraction spécifique au minimum**

Local	Air soufflé CTA	Air repris CTA	Air neuf (via CTA)	Extraction spécifique	FFU
Salle blanche	1 179 m3/h	0 m3/h	1 179 m3/h	590 m3/h *	10 000 m3/h
Zone NIL	283 m3/h	0 m3/h	283 m3/h	160 m3/h	6 000 m3/h
Doigt gris	1 545 m3/h *	1 236 m3/h	309 m3/h *	155 m3/h	0 m3/h
Escalier	1 335 m3/h	1 068 m3/h	267 m3/h	133 m3/h	0 m3/h
<b>TOTAL</b>	<b>4 342 m3/h</b>	<b>2 304 m3/h</b>	<b>2 038 m3/h</b>	<b>1 038 m3/h</b>	

#### Occupation :

**Scénario 4 = Configuration future, avec sorbonne de réserve, extraction spécifique au maximum**

Local	Air soufflé CTA	Air repris CTA	Air neuf (via CTA)	Extraction spécifique	FFU
Salle blanche	1 452 m3/h	0 m3/h	1 452 m3/h	862 m3/h	10 000 m3/h
Zone NIL	985 m3/h	0 m3/h	985 m3/h	862 m3/h	6 000 m3/h
Doigt gris	1 545 m3/h *	1 090 m3/h	455 m3/h *	300 m3/h	0 m3/h
Escalier	1 335 m3/h	1 068 m3/h	267 m3/h	133 m3/h	0 m3/h
<b>TOTAL</b>	<b>5 317 m3/h</b>	<b>2 158 m3/h</b>	<b>3 159 m3/h</b>	<b>2 157 m3/h</b>	

- Salle blanche extension bâtiment G3 :

Les scénarii mis en œuvre sont basés sur le même principe que pour la salle blanche réaménagée. Le scénario 3 « Configuration future, avec sorbonne de réserve, extraction spécifique au maximum » décrit au CCTP CVC est le scénario le plus défavorable, il correspond au scénario d'occupation de la salle blanche. Le scénario 2, correspond au fonctionnement de la salle blanche en inoccupation. Ci-dessous les scénarii de ventilation utilisés :

**Inoccupation :**

**Scénario 2 = Configuration future, avec équipements de laboratoire, extraction spécifique au minimum**

Local	Air neuf	Extraction spécifique	FFU
Zone technique RdC	0 m3/h	300 m3/h	0 m3/h
Salle blanche	1 995 m3/h	1 140 m3/h	12 000 m3/h
Sas / Doigt gris	135 m3/h	68 m3/h	2 000 m3/h
Plénum	896 m3/h	0 m3/h	0 m3/h
<b>TOTAL</b>	<b>3 026 m3/h</b>	<b>1 508 m3/h</b>	

**Occupation :**

**Scénario 3 = Configuration future, avec équipements de laboratoire, extraction spécifique au maximum**

Local	Air neuf	Extraction spécifique	FFU
Zone technique RdC	0 m3/h	300 m3/h	0 m3/h
Salle blanche	5 103 m3/h	4 248 m3/h	12 000 m3/h
Sas / Doigt gris	135 m3/h	68 m3/h	2 000 m3/h
Plénum	896 m3/h	0 m3/h	0 m3/h
<b>TOTAL</b>	<b>6 134 m3/h</b>	<b>4 616 m3/h</b>	

#### **3.5.4. Scénarios d'éclairagements**

L'éclairage défini dans les simulations est basé sur le scénario d'occupation des salles blanches avec 500 lux pour chaque usage. La puissance dissipée par ces scénarios est prise en compte dans les calculs STD.

#### **3.5.5. Scénarios d'apports internes**

Afin de simuler au mieux le fonctionnement des salles blanches, il est pris en compte les apports internes des systèmes électroniques utilisés dans ces dernières.

Par ailleurs, seuls les équipements dans la salle blanche réaménagée (RDC bâtiment F) sont connus. Les mêmes hypothèses de puissance dissipée ont été prises en compte (même apports au ratio de surface) pour la salle blanche dans l'extension G3. Les apports internes sont considérés à environ 86W/m<sup>2</sup>.

Il est pris des apports internes de 8h à 20h du lundi au vendredi. Ils sont considérés nuls le reste du temps.

### 3.6. Récapitulatif des hypothèses de fonctionnement des salles blanches.

		Zones	Surface	Volume	Horaires d'occupations	Usages	Températures de consignes		Occupation	Apports internes	Ventilation	
			m²	m³			Chaud	Froid	Max Instantané		Air soufflé/neuf	Air extrait/repris
							°C	°C	Nb personne / m²	W/m2	m3/h MAX	m3/h MAX
Partie SB	RDC	Salle blanche réaménagée	210,6	794,48	En semaine 8h – 18h	Salle blanche	21	21	0,05	86	5317 / 3159	2158 / 2157
	R+1	Salle blanche G3	208,4	1358,7	En semaine 8h – 18h	Salle blanche	21	21	0,05	86	6134	4616

## 4. Résultats des simulations

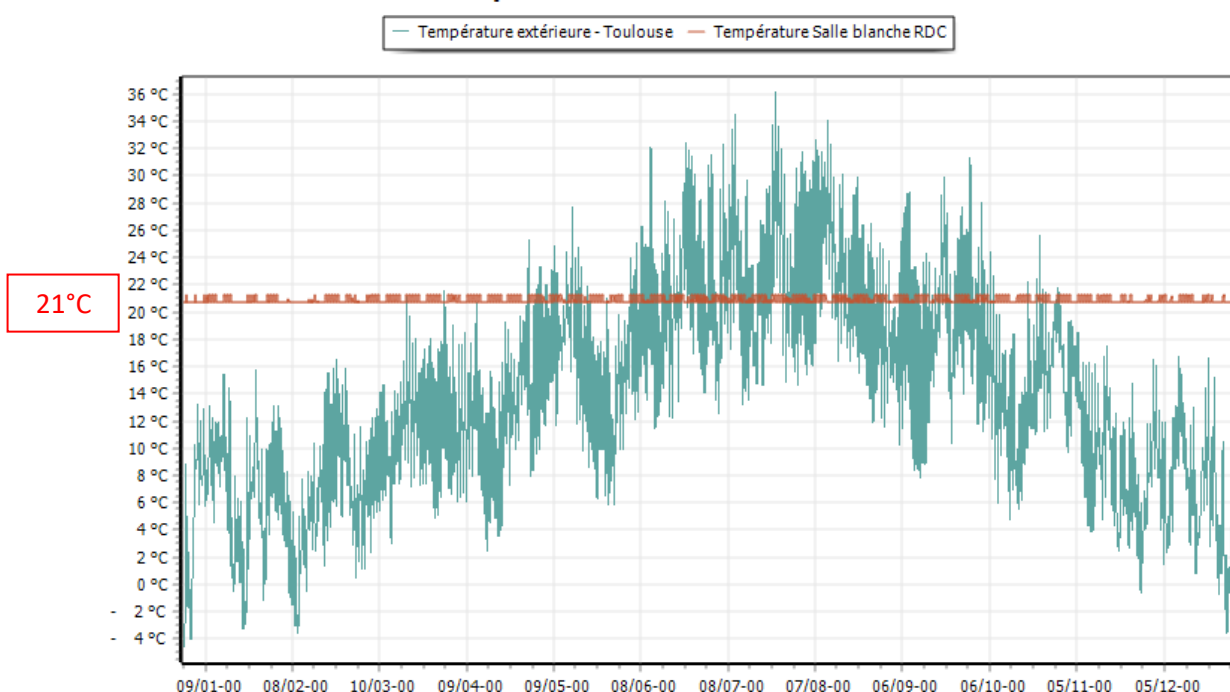
Le projet sur les bâtiments F et G est d'aménager une salle blanche en RDC du bâtiment F, et de créer une extension nommée G3. Cette nouvelle partie du bâtiment abritera une salle blanche. Le RDC G3 est destiné aux locaux techniques et le R+1 fera office de salle blanche.

L'objectif est de confirmer un maintien de température à 21°C toute l'année avec les systèmes pressentis et les hypothèses décrites précédemment.

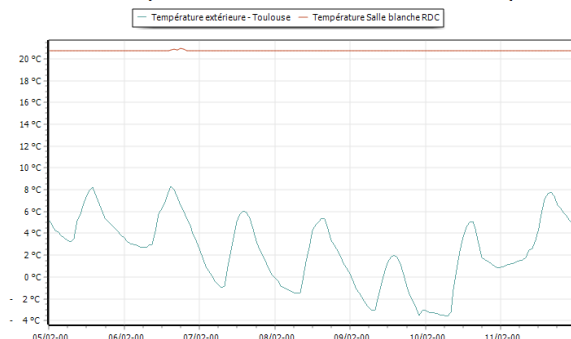
### 4.1. Salle blanche Réaménagée (RDC bâtiment F)

Voici l'évolution des températures de la salle blanche réaménagée (RDC bâtiment F) par rapport à la température extérieure :

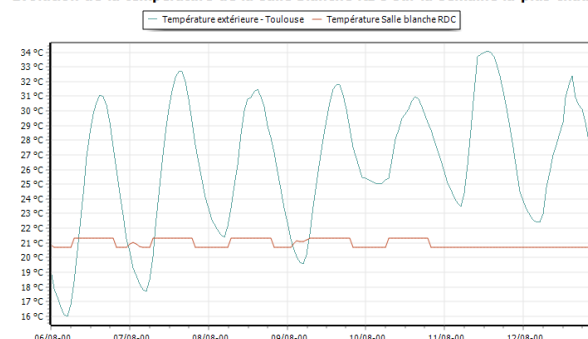
**Evolution de la température de la salle blanche RDC sur une année**



**Evolution de la température de la salle blanche RDC sur la semaine la plus froide**



**Evolution de la température de la salle blanche RDC sur la semaine la plus chaude**



La température intérieure de la salle blanche est stable aux alentours de 21°C toute l'année.



Ci-dessous, un tableau représentant les extrêmes et la moyenne des températures au cours de l'année.

Température salle blanche réaménagée (RDC bâtiment F)	
Température minimale	20,70°C
Température maximale	20,90°C
Température moyenne	21,30°C

Le minimum de la température est de 20.7°C (pour rappel, c'est la consigne de température donnée dans le scénario STD (20.5°C + 0.2°C de variation temporelle lié à l'émission) pour éviter des incohérences). De même sur la température maximale qui est de 21.3°C (scénario à 21.5 – 0.2°C de variation temporelle liée à l'émission).

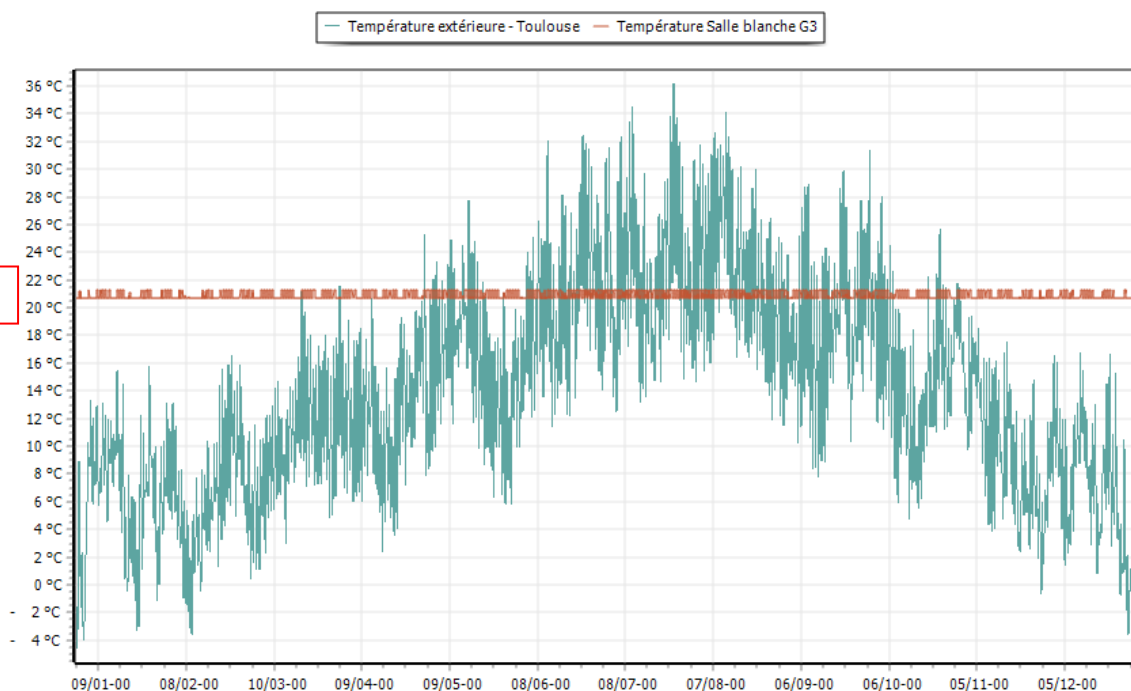
Une simulation avec 21°C de consigne nous confirme la maintient à précisément 21°C tout au long de l'année.

Ainsi, la consigne de température de 21°C est atteinte toute l'année, avec des variations de températures inférieures à 1°C/h et 2°C sur 24h.

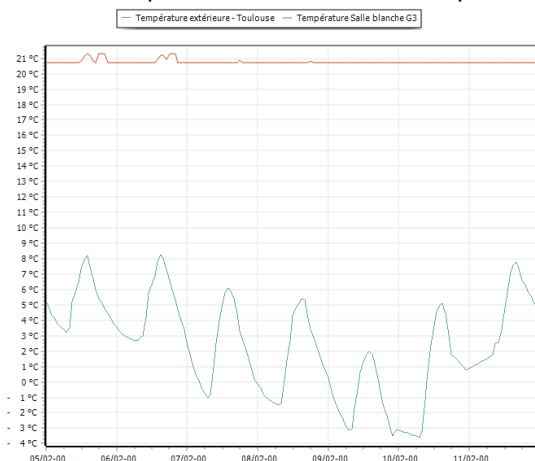
## 4.2. Salle blanche extension (R+1 bâtiment G3)

Voici l'évolution des températures de la salle blanche présente dans l'extension (R+1 bâtiment G3) par rapport à la température extérieure :

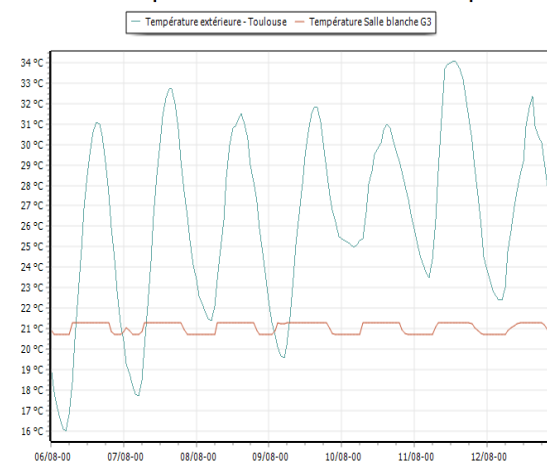
Evolution de la température de la salle blanche G3 sur une année



Evolution de la température salle blanche G3 sur la semaine la plus froide



Evolution de la température salle blanche G3 sur la semaine la plus chaude



La température intérieure de la salle blanche est stable aux alentours de 21°C toute l'année.

Ci-dessous, un tableau représentant les extrêmes et la moyenne des températures au cours de l'année.

Température salle blanche extension (R+1 bâtiment G3)	
Température minimale	20,70°C
Température maximale	20,90°C
Température moyenne	21,30°C

Le minimum de la température est de 20.7°C (pour rappel, c'est la consigne de température donnée dans le scénario STD (20.5°C + 0.2°C de variation temporelle lié à l'émission) pour éviter des incohérences). De même sur la température maximale qui est de 21.3°C (scénario à 21.5 – 0.2°C de variation temporelle liée à l'émission).

Une simulation avec 21°C de consigne nous confirme la maintient à précisément 21°C tout au long de l'année.

Ainsi, la consigne de température de 21°C est atteinte toute l'année, avec des variations de températures inférieures à 1°C/h et 2°C sur 24h.

### 4.3. Consommations

Il est calculé les consommations sur les 2 salles blanches liées au projet. Voici ci-après le tableau de répartition par usages et par énergie des consommations annuelles en kWh.

Pour rappel :

- Les usages spécifiques correspondent aux charges internes inclus dans le bâtiment (86W/m2 de 8h à 20h du lundi au vendredi).
- Les consommations liés à la déshumidification et l'humidification ne sont pas pris en compte dans ce calcul.
- Le réglage de l'installation étant très pointue, le fonctionnement n'est pas toujours modélisable tel qu'il sera en réalité. Par exemple la température de soufflage des CTA s'ajuste en permanence en fonction de la consigne et de la température de reprise, ce qui n'est pas modélisable directement.

	Chauffage (gaz + récupération chaleur fatale)			Electricité (ef)		
kWh	SB G3	SB RDC	Total	SB G3	SB RDC	Total
Chauffage	55 967	57 969	113 936	10	16	26
Refroidissement	-	-	-	35 319	28 323	63 642
Auxiliaires de ventilation	-	-	-	27 317	32 391	59 708
Auxiliaires de distribution	-	-	-	11 161	8 775	19 936
Eclairage	-	-	-	4 112	2 494	6 606
Usage spécifique	-	-	-	72 785	62 105	134 890
Total	55 967	57 969	113 936	150 704	134 104	284 808

Les salles blanches ont des consommations similaires en chauffage. En effet le traitement chaud s'effectuant via les batteries chaudes CTA, les consommations sont très liées à la température d'air extérieure.

La salle blanche G3 a des consommations de refroidissement supérieures à la salle blanche RDC avec des consommations de ventilation inférieures. Cela peut s'expliquer par une plus grande exposition aux conditions extérieures de la salle blanche G3, et notamment aux apports solaires.

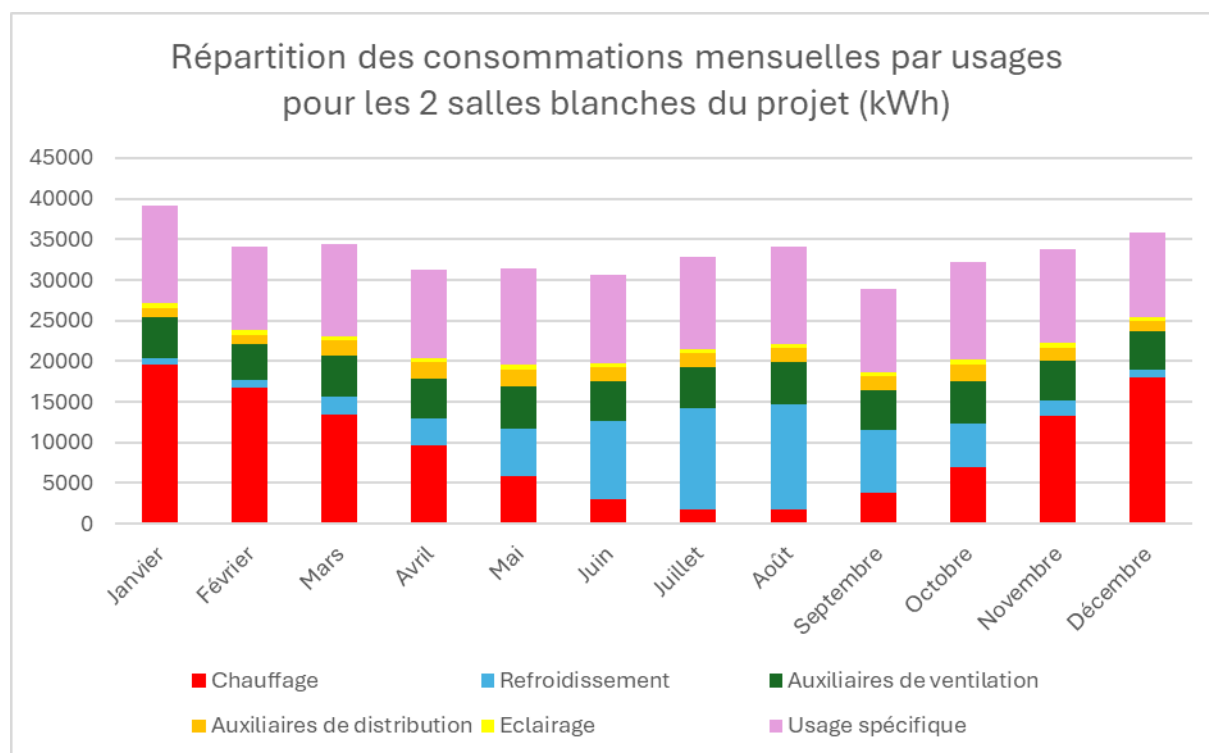
Voici la répartition mensuelles des consommations par usages, cumulées pour les 2 salles blanches :

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Chauffage	19605,3	16807,9	13408,1	9686,8	5824,5	2964,1	1785,3	1816,2	3845,2	6917,2	13238,1	18063
Refroidissement	719,5	815,6	2266,9	3272,8	5894,4	9643,8	12355,1	12915,5	7612,4	5401,7	1932,1	812,6
Auxiliaires de ventilation	5030,6	4522,4	5058,5	4914,1	5159,7	4952,6	5131,4	5171,1	4909,3	5149,4	4912,4	4795,8
Auxiliaires de distribution	1175,2	1120,6	1769,4	2007,4	2108,4	1698,5	1653,9	1688,4	1719	2167,8	1592,8	1234,1
Eclairage	640,6	526,9	523,2	479,9	559,2	490,5	536,8	544,8	476,4	595,9	642,7	588,6
Usage spécifique	11932,6	10376,2	11413,8	10895	11932,6	10895	11413,8	11932,6	10376,2	11932,6	11413,8	10376,2

Logiquement, les consommations de chauffage sont plus importantes en hiver et les consommations de refroidissement sont plus élevées en été. Les limites de la modélisation du fonctionnement

induisent quelques consommation parasites de chauffage en été. (soufflage à 16°C puis réchauffage pour maintenir la zone à 21°C). Néanmoins l'ordre de grandeur est cohérent. Les consommations de ventilations, d'éclairage et d'usages spécifiques sont à peu près constant sur l'année.

Graphiquement, avec une répartition mensuelle, voici les consommations cumulées des 2 salles blanches projet :



## Conclusion

La simulation thermique dynamique a permis de confirmer le respect des consignes de température dans les salles blanches. Pour rappel, la température désirée est de 21°C avec une différence par rapport à la consigne de + ou – 1°C/h, et une variation maximale à ne pas dépasser de 2°C.

Ce maintien de température a pu être confirmé quelques soient les modes d'utilisation des salles blanches (Scénarii de ventilation pour un fonctionnement maximal et scénarii d'utilisation minimale).

Par ailleurs, certaines incertitudes restent présentes. Au moment de la réalisation de la STD, les équipements présents en salle blanche de l'extension G3 ne sont pas connus. Des puissances dissipées ont néanmoins été prises en compte, elles correspondent aux charges internes présentes en salle blanche réaménagée (bâtiment F), ramenées au ratio de surface. Cette méthode permet d'approcher au mieux le fonctionnement de la salle blanche.

La STD permet de confirmer que les puissances réelles affecté au chauffage et refroidissement sont suffisantes pour maintenir les conditions d'ambiances voulues (hors puissance nécessaire à la déshumidification).

Les limites du modèles sont l'absence de prise en compte des systèmes d'humidification et déshumidification, ainsi que le réglage de certains systèmes très fin qui ne sont pas modélisable. Par exemple la température de soufflage des CTA qui s'ajuste en permanence en fonction de la température de reprise dans la réalité, n'est pas modélisable tel quel.

Néanmoins, le modèle est pertinent et donne une bonne idée du comportement du bâtiment et un ordre de grandeur cohérent des consommations attendues (en fonction des hypothèses énoncées).