

SYNCHROTRON SOLEIL**Laboratoire de Métrologie Optique
Salle blanche LMO****RENOVATION DES INSTALLATIONS CVC****Programme WP1.4.2.2 et WP1.2****MISSION D'ANALYSE ET DE CALCULS PAR SIMULATION
NUMERIQUE EN MECANIQUE DES FLUIDES (CFD)****PHASE DCE****CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES**

Date de diffusion	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Modifications
14/08/2026	Spécialiste CVC	Ingénieure Projet Groupe Achats	Manager projet	
Destinataires	Soumissionnaires			

PUBLIC*La version électronique fait foi.*

TABLE DES MATIERES

1. LISTE DES FIGURES	4
2. OBJECTIF	5
2.1. DEFINITIONS	5
2.2. PRESENTATION DU SYNCHROTRON SOLEIL	6
2.3. PRESENTATION DE SOLEIL II	6
2.4. CONTEXTE	7
3. GLOSSAIRE	8
4. REFERENCES	9
5. REGLEMENTATIONS : NORMES ET GUIDES	9
6. DESCRIPTION DU LMO	10
6.1. SALLE TITAN 1	15
6.2. SALLE TITAN 2	18
6.3. SALLE LTP	26
6.4. SALLE MINT	31
6.5. SALLE AFM-RUGO	35
6.6. SAS 02	38
6.7. PILOTAGE TITAN	39
6.8. PILOTAGE LTP	41
6.9. SAS TITAN 08	43
7. EXIGENCES DU LMO	44
7.1. EXIGENCES DES PARAMETRES	44
7.2. EXIGENCES DE STABILITE	44
7.3. EXIGENCES DE CONCEPTION DES ENCEINTES	45
8. DONNEES D'ENTREE	45
8.1. CONDITIONS DE BASE	46
8.2. CONDITIONS THERMIQUES ET AERAULIQUES	47
9. PRESTATIONS GENERALES	49
9.1. CONTENU DE L'OFFRE	49
9.2. PHASE PREPARATOIRE	49
9.3. PIECES A FOURNIR PAR LE TITULAIRE	50
9.3.1. AVANT LE COMMENCEMENT DES PRESTATIONS	50
9.3.2. APPROBATION DES DOCUMENTS	51
9.4. ETABLISSEMENT DES PLANS ET DOCUMENTS	51
9.5. DOSSIER DE FIN D'ETUDE	52

9.6.	EXIGENCES DE CONCEPTION ET REALISATION	53
9.6.1.	VISITE DES LIEUX	54
9.6.2.	PLAN DE PREVENTION	54
9.7.	PHASAGE ET PLANNING	55
9.8.	CONDITIONS DE REALISATION DES RELEVES SUR SITE.....	56
9.9.	PROPRETE	57
9.10.	QUALIFICATION DU PERSONNEL.....	57
9.10.1.	OBLIGATIONS DU TITULAIRE	58
10.	DESCRIPTION DES PRESTATIONS CFD	58
10.1.	PERIMETRE DE L'ETUDE	59
10.2.	MODELISATION DU DOMAINE PHYSIQUE.....	61
10.3.	MAILLAGE ET VERIFICATION NUMERIQUE	61
10.4.	CHOIX DU MODELE PHYSIQUE ET DES EQUATIONS.....	62
10.5.	CONDITIONS AUX LIMITES ET PARAMETRES PHYSIQUES.....	62
10.6.	RESOLUTION NUMERIQUE ET VALIDATION DU MODELE CFD	63
10.7.	POST-TRAITEMENT	64
10.8.	RENDUS D'ETUDE CFD	64
11.	EXIGENCES QUALITE ET SSE	66
11.1.	EXIGENCES QUALITE	66
11.2.	EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES	66
11.3.	EXIGENCES SANTE-SECURITE	67
11.3.1.	SECURITE SUR LE CHANTIER	67
11.3.2.	TRAVAUX A RISQUES	67
11.3.3.	MATERIEL DE RELEVES	67
11.4.	EXIGENCES RELATIVES AUX CFS	68
11.5.	INTERFACES TITULAIRE.....	68
11.5.1.	REUNION D'ENCLenchement	68
11.5.2.	SUIVI DE LA PRESTATION	68
12.	ANNEXES	69

1. LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue aérienne du Synchrotron SOLEIL, Saint-Aubin (91).....	6
Figure 2 : Mesure de la température actuelle par 3 différentes sondes corrélée à la longueur focale mesurée d'un miroir.	7
Figure 3 – Vue d'ensemble - Avec faux Plafond	10
Figure 4 : Vue d'ensemble LMO – Sans faux plafond	11
Figure 5 : Plan global du LMO	12
Figure 6 : Implantation des locaux du LMO (visuel non contractuel).....	13
Figure 7- Coupe longitudinale des locaux du LMO	14
Figure 8 : Coupe radiale des locaux du LMO	14
Figure 9 : Salle TITAN 1 Tracking Interferometer for Topography at Nanoscale (visuel non contractuel).....	15
Figure 10 - Titan.....	15
Figure 11- Enceinte TITAN dans la pièce TITAN	16
Figure 12- Volume de stabilité prioritaire de la salle TITAN	17
Figure 13- Volumes approximatifs de ZSP : TITAN 2	18
Figure 14- ZONE ZSP TITAN2	19
Figure 15 : Photos thermiques TITAN1 et 2	25
Figure 16 : ZSP LTP	26
Figure 17- ZONE LTP ZSP SOUS ENCEINTE	27
Figure 18- Zones de stabilité prioritaire LTP	28
Figure 19 : Photos thermiques salle LTP.....	30
Figure 20- INTERFEROMETRE MINT	31
Figure 21- SALLE MINT	32
Figure 22- ZSP salle AFM-RUGO.....	35
Figure 23- ZSP de salle RUGO-AFM.....	36
Figure 24 : Photos thermiques AFM-RUGO.....	38
Figure 25- Vue en plan du SAS CENTRAL.....	39
Figure 26- Vue en plan du PILOTAGE TITAN.....	40
Figure 27 : Pilotage TITAN photos thermiques.....	41
Figure 28- PILOTAGE LTP	42
Figure 29 : Pilotage LTP photos thermiques	43
Figure 30- SAS TITAN.....	43

2. OBJECTIF

Le présent document « CCTP CFD » définit les dispositions générales applicables à l'étude CFD : Mission d'analyse, de calculs et de proposition de solution technique CVC par simulation numérique en mécanique des fluides dans le cadre de l'opération de « Rénovation des installations CVC du LMO », programme WP1.4.2.2 et WP1.2.

Dans le cadre de la phase AVP, SOLEIL souhaite faire réaliser une modélisation 3D et une étude de simulation CFD afin d'analyser les flux d'air du système CVC, la dissipation thermique des appareillages LMO et l'efficacité des scénarios envisagés suivant le « **meilleur effort** ».

La simulation numérique en mécanique des fluides, également appelée CFD (Computational Fluid Dynamics), permettra de modéliser, simuler et analyser le comportement de l'air dans la salle blanche LMO, classée ISO 7, à l'aide d'outils numériques.

L'objectif de ce document est de :

- Présenter les installations du LMO,
- Expliciter la nature des exigences de LMO SOLEIL,
- Enoncer les données de base CVC du projet,
- Mettre en avant les différentes contraintes techniques du projet liées à l'environnement du LMO,
- Définir les différentes prestations et étapes du CFD attendues par SOLEIL,
- Définir les différents scénarios CFD et les résultats attendus du CFD.

Les prestations de simulation numérique aéraulique et thermique (CFD) devront être réalisées en étroite coordination avec l'étude CVC menée parallèlement sur le projet.

Le titulaire de la mission CFD devra s'appuyer sur les hypothèses, données d'entrée et évolutions de conception issues de l'étude CVC menée en parallèle, et réciproquement fournir les résultats nécessaires au dimensionnement et à l'optimisation des installations.

Les deux études devront être développées de manière concomitante et itérative afin d'assurer la cohérence des choix techniques, la prise en compte des contraintes respectives et la validation des performances attendues du système de ventilation, de chauffage et de climatisation.

Les échanges techniques et les mises à jour des modèles seront réalisés tout au long des phases d'étude jusqu'à la validation finale des solutions retenues.

2.1. DEFINITIONS

Le Maître d'Ouvrage ou MOA :	Synchrotron SOLEIL, service LMO
La Maîtrise d'œuvre ou MOE :	Vulcain Engineering
Le Titulaire :	Personne physique ou morale assignataire du Marché
Le Marché :	Contrat entre le MOA et le Titulaire pour les prestations CFD

2.2. PRESENTATION DU SYNCHROTRON SOLEIL



Figure 1 : Vue aérienne du Synchrotron SOLEIL, Saint-Aubin (91)

Situé au cœur du cluster Paris-Saclay à une vingtaine de kilomètres de Paris, SOLEIL¹ est la source française de rayonnement synchrotron.

Dans cette Très Grande Infrastructure de Recherche, les expériences reposent sur l'utilisation d'un rayonnement lumineux produit par des paquets d'électrons circulant quasiment à la vitesse de la lumière dans un anneau. Ce rayonnement, exceptionnellement brillant, couvre une gamme de longueurs d'ondes très large de l'infrarouge jusqu'aux rayons X, en passant par les ultraviolets. Ses caractéristiques (intensité, focalisation, stabilité, ...) permettent d'observer la matière à toutes les échelles, jusqu'à celle de l'atome, pour des expériences tant en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée ou d'intérêt industriel.

Depuis 2008, SOLEIL est au service de nombreux domaines qui mobilisent la science et l'industrie aujourd'hui : la physique, la biologie, la chimie, la science des matériaux, l'environnement, les sciences de la Terre ou le patrimoine culturel, notamment. SOLEIL est placé sous la double tutelle du CNRS² et le CEA³, et offre à son personnel un environnement de travail pluridisciplinaire et international.

2.3. PRESENTATION DE SOLEIL II

Le projet SOLEIL II est une modernisation ambitieuse de l'ensemble de l'installation qui permettra des expériences jusqu'à dix mille fois plus rapides, mille fois plus sensibles, avec une résolution à l'échelle du nanomètre ..., et ainsi de contribuer de manière décisive à de nombreux enjeux sociétaux dans la recherche sur les matériaux avancés, l'énergie et le développement durable, la santé et le bien-être, l'environnement, ...

¹ SOLEIL : Source Optimisée de Lumière d'Energie Intermédiaire du LURE* (*Laboratoire d'Utilisation du Rayonnement Électromagnétique)

² CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

³ CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Les premiers approvisionnements pour la construction de SOLEIL II ont débuté en 2024. Le fonctionnement de l'installation actuelle se poursuivra en parallèle jusqu'à l'automne 2028. Le démarrage de SOLEIL II est prévu pour 2030, avec une montée en puissance jusqu'en 2035.

Pour plus de détails, on pourra se reporter au site web : <http://www.synchrotron-soleil.fr/>

2.4. CONTEXTE

Le groupe optique (GO) fournit au LMO : une salle blanche classée ISO 7 et un ensemble d'instruments nécessaire aux mesures effectuées par celui-ci.

Le groupe optique est responsable du maintien en condition opérationnelle des instruments du LMO ainsi que du système de climatisation associé à la salle blanche dans laquelle opère le LMO.

Les instruments de mesure du LMO sont des assemblages complexes de pièces mécaniques et utilisent des faisceaux lumineux visibles pour la mesure des pièces optiques. Ces instruments ont une grande sensibilité de mesure et sont particulièrement susceptibles à des variations de l'indice de l'air. L'indice de l'air dépend majoritairement de 3 variables intrinsèques : la température, l'hygrométrie et la pression.

La salle blanche du LMO doit être asservie sur les trois paramètres cités pour que le LMO puisse faire des mesures pouvant durer plusieurs heures sans que l'étalonnage des appareils ne change.

Le système de climatisation actuel de la salle blanche comporte des composants obsolètes dont la maintenance assurée par le groupe bâtiments et infrastructures est rendue difficile.

Par ailleurs, les besoins d'asservissement ont évolué depuis la création de la salle blanche et une évolution du système de climatisation est devenu nécessaire.

En particulier, les mesures de miroirs elliptiques déformables sont fortement impactées par les variations de température lors des calibrations et nécessite de très longues campagnes de mesures incompatibles avec les besoins de soleil lors de l'upgrade.

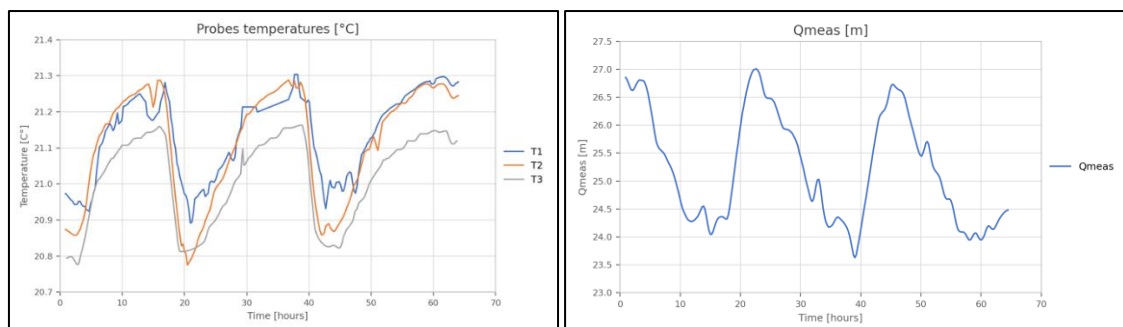


Figure 2 : Mesure de la température actuelle par 3 différentes sondes corrélées à la longueur focale mesurée d'un miroir.

3. GLOSSAIRE

AFM :	Atomic Force Microscope (Microscope à force atomique)
AVP :	Avant-Projet
APD :	Avant-Projet Détaillé
AFNOR :	Association Française de Normalisation
CCAG :	Cahier des Clauses Administratives Générales
CCTP :	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CFA :	Courant faible
CFD :	Computational Fluid Dynamics (Mécanique des fluides numérique)
CFO :	Courant fort
C.S.P.S :	Coordination Sécurité et Protection de la Santé.
CTA :	Centrale de Traitement d'Air
CVC :	Chauffage Ventilation Climatisation
DCE :	Dossier de Consultation des Entreprises
DEE :	Dossier des Etudes d'Exécution
DPGF :	Décomposition Prix Global et Forfaitaire
DTU :	Document Technique Unifié
EG :	Eau Glacée
EXE :	(Document d') Exécution des prestations
FDS :	Fiche de Donnée de Sécurité
FSI :	Fluid Solid Interaction (Interaction Fluide-Structure)
GO :	Groupe Optique
GTC :	Gestion Technique Centralisée
HR :	Hygrométrie relative
HSE :	Hygiène, Sécurité, Environnement
ISO :	Organisation internationale de normalisation
LMO :	Laboratoire de Métrologie Optique
LOFC :	Liste des opérations de fabrication et de contrôle
LOMC :	Liste des opérations de montage et de contrôle
LTP :	Long Trace Profiler (Profilomètre grande longueur)
LURE :	Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Électromagnétique
MOA :	Maitre d'Ouvrage (Synchrotron SOLEIL).
MOE :	Maitre d'Œuvre (VULCAIN).
MOP / MOS:	Mode opératoire / en sécurité
NF :	Norme Française
PDP :	Plan de Prévention
PGC :	Plan Général de Coordination.
PID :	Régulateur Proportionnel Intégral Dérivé
PSE :	Prestation Supplémentaire Éventuelle
SPS :	Sécurité et Protection de la Santé
STB :	Spécification Technique des Besoins
TITAN :	Tracking Interferometer for Topography At Nanoscale
Upgrade :	Amélioration / modernisation des installations
VMC :	Ventilation mécanique contrôlée
ZSP :	Zone de Stabilité Prioritaire

4. REFERENCES

Documents SOLEIL

[1]	STB CFD LMO	GO-AI-BAT-CCTP-P-2026-DCE_CFD_LMO_Clim_v4.docx
[2]	STB CVC LMO	Spécifications techniques CVC TDR-BL2_LAB-STB-I-01275
[3]	Maquette 3D LMO	ASM_SBL_FUL_001L.nwd (maj mi août prévue) Fichier STEP venant de SOLEIL
[4]	Plan LMO	ASM_SBL_FUL_001Lv03.pdf (maj mi août prévue)
[5]	Plan global LMO	ASM_SBL_FUL_001_VUEGLOBALE_05b.pdf
[6]	Plan général	TQC-SOL-A-F-SY-010-A.dwg
[7]	Réaction Thermique extinction CTA LMO	Courbes et données thermiques PT100 LMO entier.
[8]	Nuage de points Métrologie dimensionnelle (référence pour cotation des murs)	2626-07-07 LMO 1.lgsx

5. REGLEMENTATIONS : NORMES ET GUIDES

Les Prestations doivent être exécutées conformément aux exigences définies dans la présente spécification technique et ses annexes, aux règles de Sécurité du Synchrotron SOLEIL (qui seront communiquées en début d'affaire), aux réglementations françaises et européennes, aux Eurocodes, CEI, EN et ISO.

Les normes, règlements et recommandations prises en considération sont celles en vigueur à la date de signature de la commande.

Outre les prescriptions techniques prévues, les calculs et résultats de simulation CFD seront conformes aux exigences des textes administratifs ou/et législatifs qui leurs sont applicables. Les ouvrages et leur exécution devront aussi être conformes à la législation relative à la sécurité des travailleurs et prendre en compte toutes les directives spécifiques aux installations concernées.

Cette liste de documents de référence présente les documents principaux ; la liste ne doit pas être considérée comme exhaustive :

- Les décrets, circulaires et arrêtés en vigueur
 - Législation Française – Code du travail ;
 - Législation Française – Code de la santé publique ;
 - Législation Française - Code de la Construction et de l'habitation ;
 - Législation Française – Code de l'environnement ;
- Décret 92-158 du 20 février 1992 - Prescriptions particulières d'hygiène et de sécurité ;

- Article L. 241-1 du code des assurances - Prestations soumis à assurance décennale ;
- Avis techniques publiés par le CSTB ;
- Recommandations de l'INRS ;
- Normes et règles techniques AFNOR, normes EN et normes françaises NF ;
- Décret 88-1056 du 14 Novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs ;
- Règlement Sanitaire Départemental Type : RSDT ;
- Règles d'exécution des DTU et avis techniques publiés par le CSTB ;
- Recommandations de l'INRS ;
- NF EN 13779 : Ventilation des bâtiments : Exigences de performances des systèmes ;
- Avis du 14 décembre 1998 du conseil supérieur d'hygiène sur la qualité de l'air ;
- NFC 15-100 – NFC 14100 – NFC 1200 : Installations électriques basse tension ;
- DTU 68.3 : Exécution des installations de ventilation mécanique ;
- ASME V&V 20 – Vérification & Validation : Norme de référence pour CFD ;
- AIAA Guide (G 077 1998) – CFD V&V ;
- ISO 10303 (STEP) : Module CFD, structuration et échange de données CFD.

Le Titulaire reste responsable du respect et de la conformité de la réglementation en vigueur. De manière générale, le Titulaire devra respecter toutes les réglementations et textes officiels dont la date de parution précède d'un mois la date de remise de l'offre par le soumissionnaire.

6. DESCRIPTION DU LMO

Le Laboratoire de Métrologie Optique (LMO) est une zone de 100 m² dans l'oreille Est du Synchrotron SOLEIL.

Il est constitué de 8 pièces dont le système CVC actuel assure le renouvellement de l'air, la température et l'hygrométrie dans les locaux. Le système actuel sera déposé et remplacé.

Les salles contiennent des instruments de métrologie optique tels que des interféromètres, des profilomètres et des microscopes à force atomique.

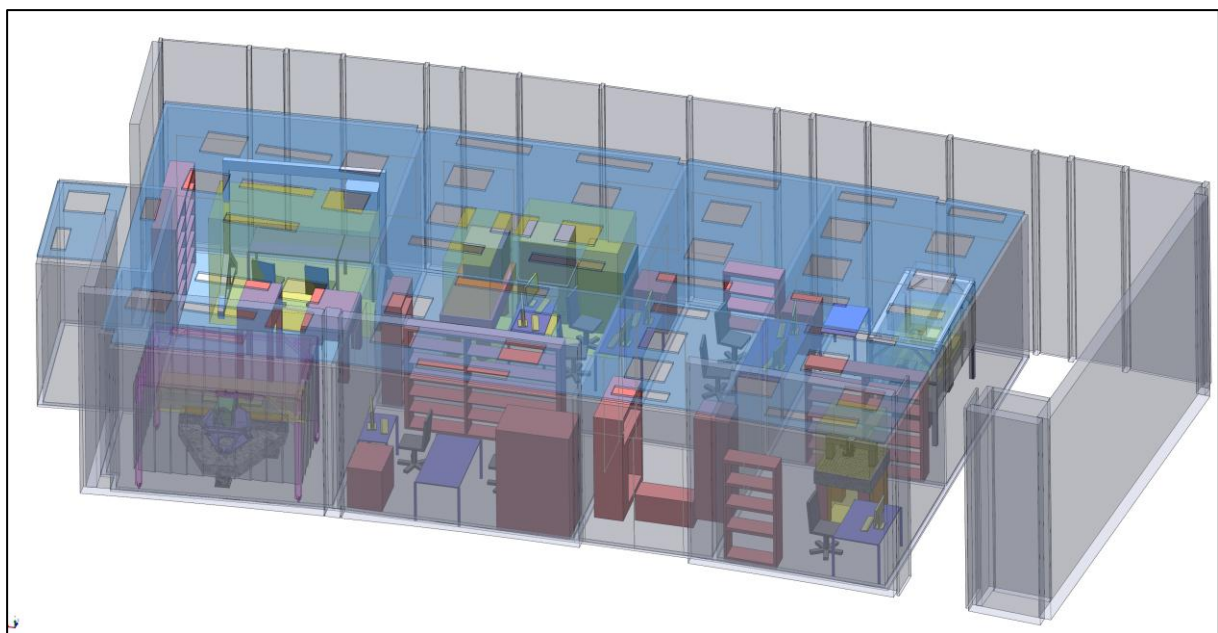


Figure 3 – Vue d'ensemble - Avec faux Plafond

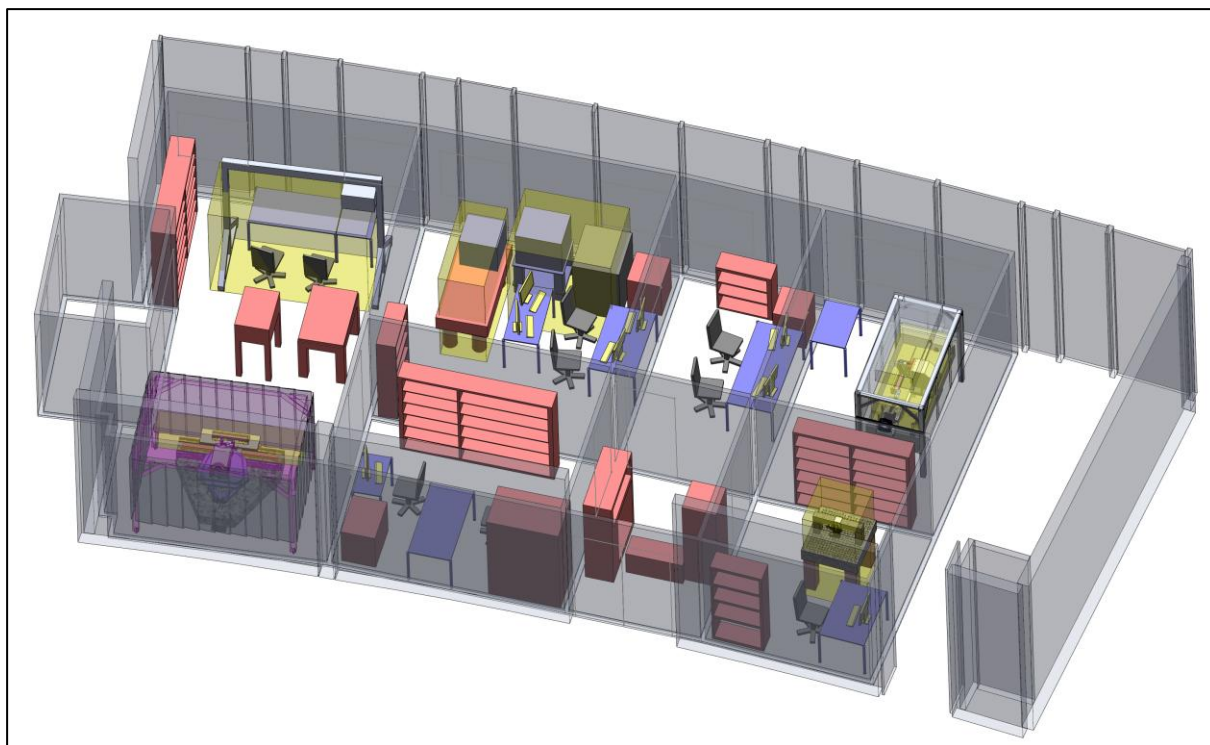


Figure 4 : Vue d'ensemble LMO – Sans faux plafond

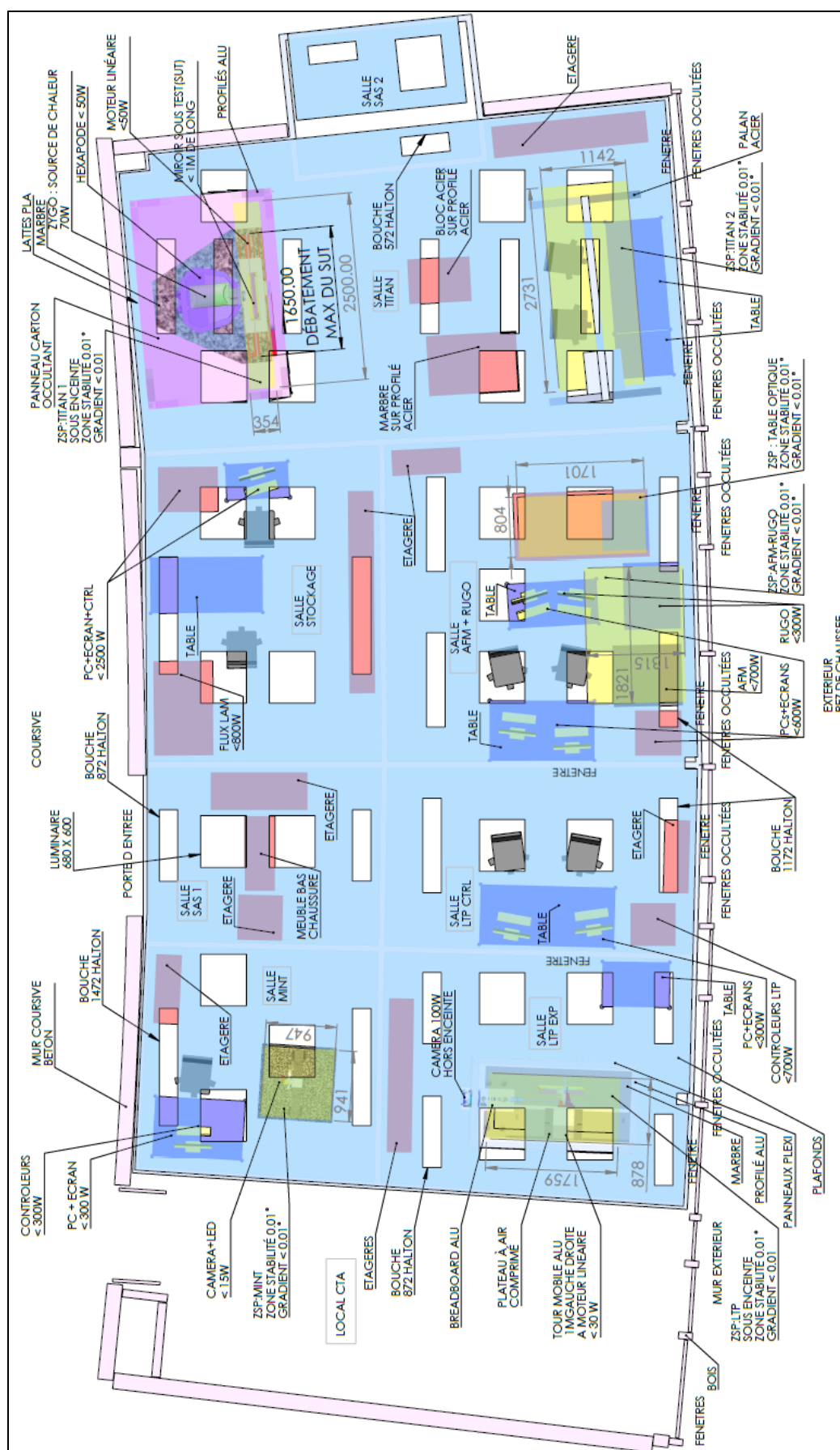


Figure 5 : Plan global du LMO

Désignation des locaux :

N°	Local Nom	Dimensions		
		Surface nette	Haut.	Volume
		m ²	m	m ³
01	Laboratoire MINT	10,57	2,8	29,6
02	SAS Central	6,40	2,8	17,9
03	Pilotage TITAN	12,85	2,8	36,0
04	Laboratoire TITAN	30,28	2,8	84,8
05	Laboratoire LTP	14,45	2,8	40,5
06	Pilotage LTP	9,04	2,8	25,3
07	Laboratoire AFM - RUGO	17,98	2,8	50,3
08	SAS TITAN	3,60	2,8	10,1
	LMO - SALLE BLANCHE	105,17	2,8	294,5

Tableau 1 - Dimensions des salles

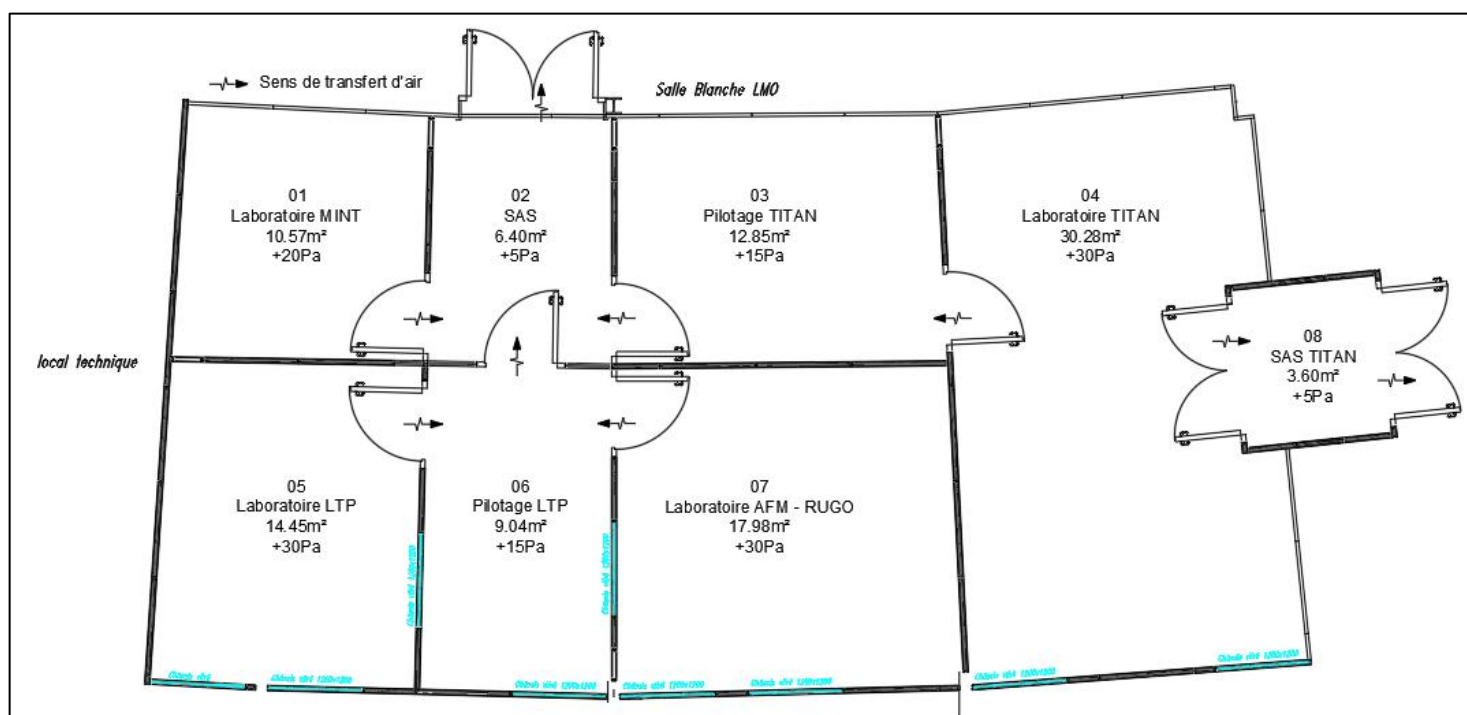


Figure 6 : Implantation des locaux du LMO (visual non contractuel)

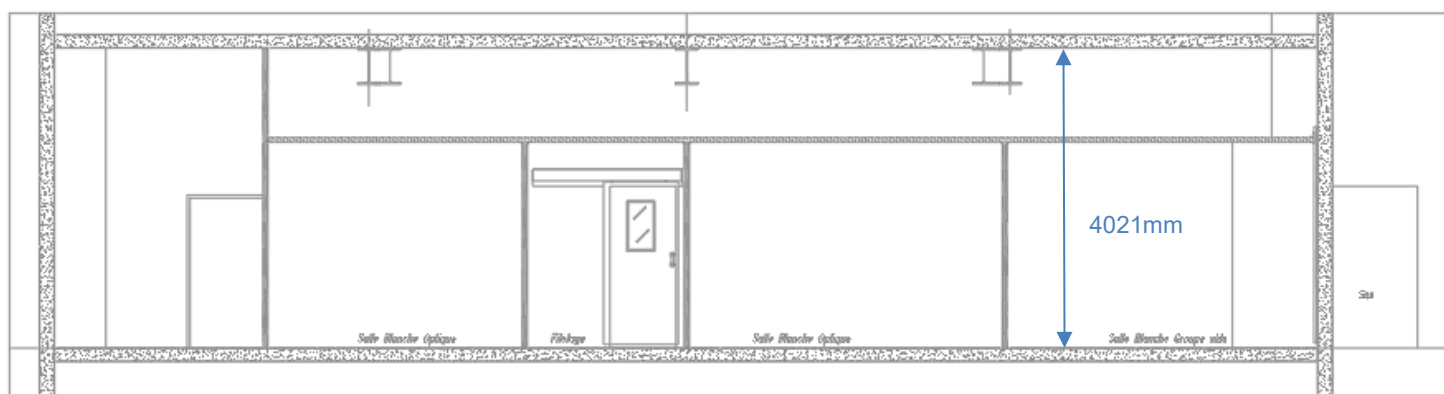


Figure 7- Coupe longitudinale des locaux du LMO

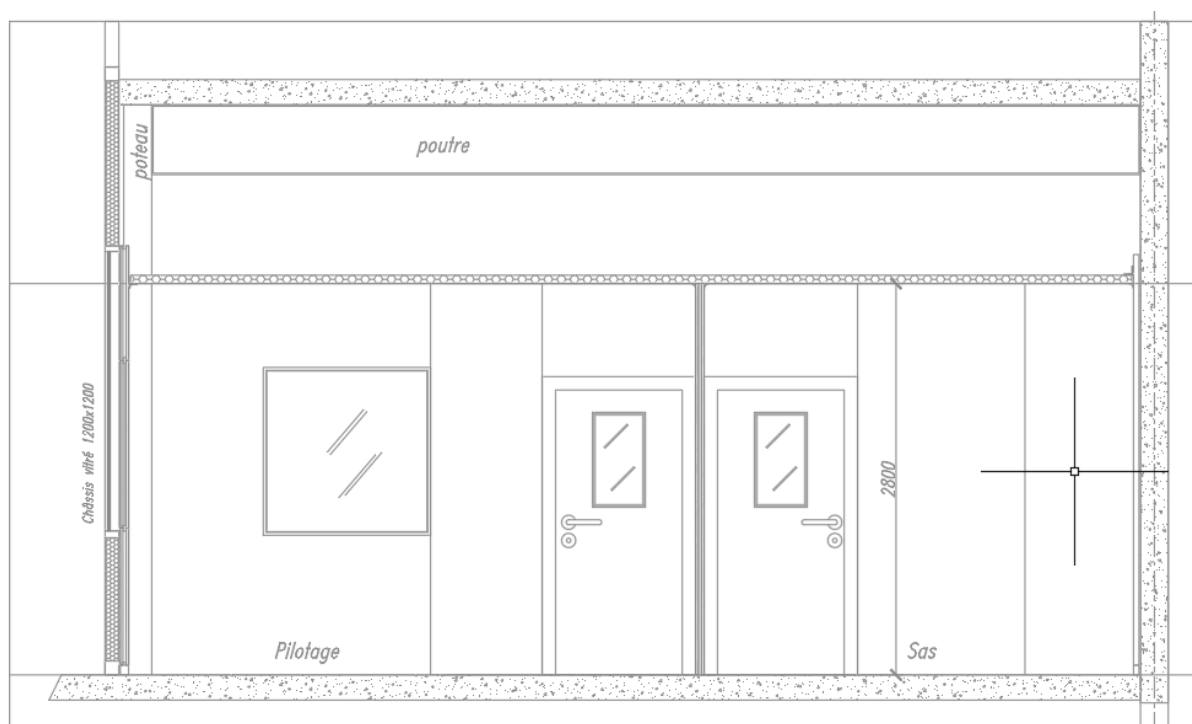


Figure 8 : Coupe radiale des locaux du LMO

6.1. SALLE TITAN 1

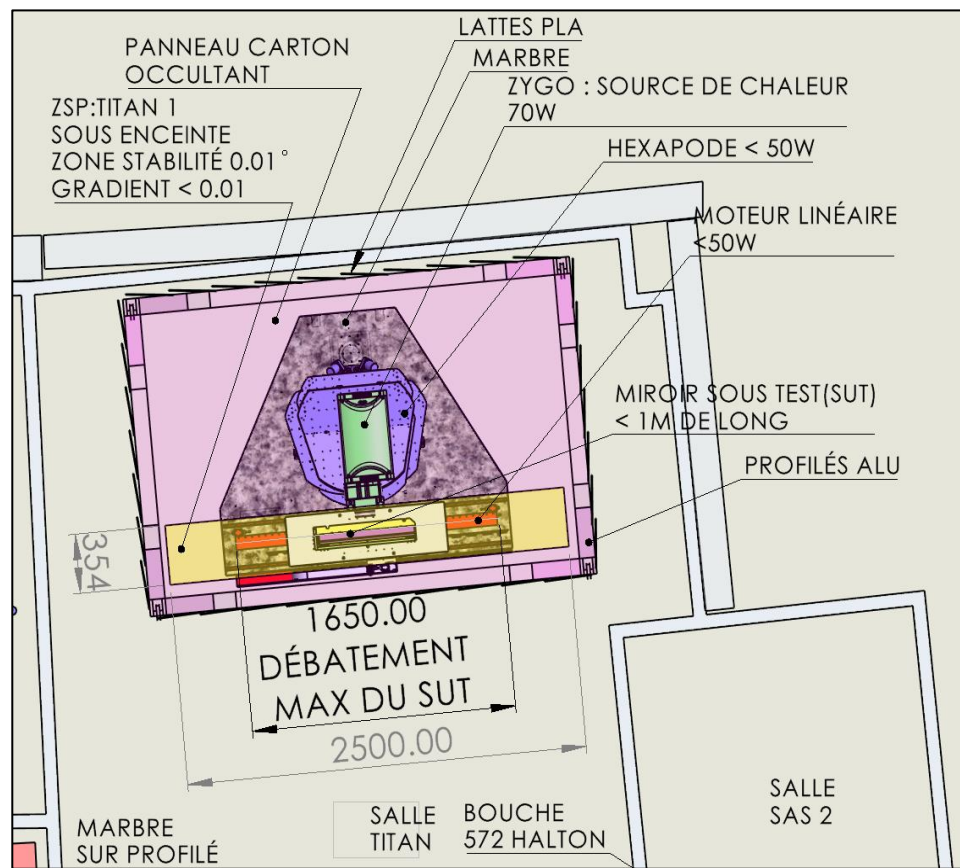


Figure 9 : Salle TITAN 1 Tracking Interferometer for Topography at Nanoscale (visuel non contractuel)

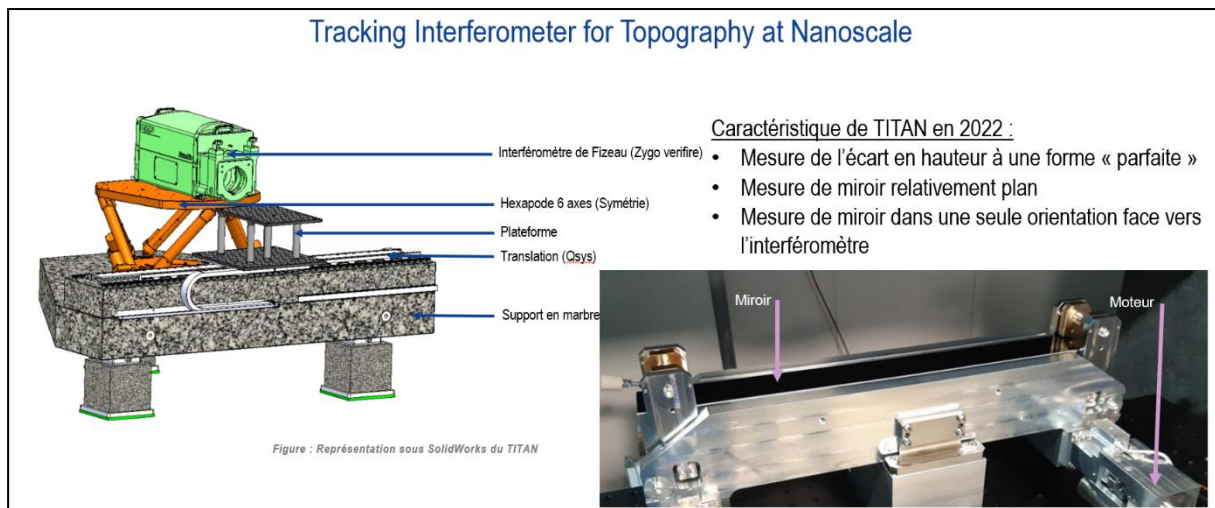


Figure 10 - Titan

Salle ZSP TITAN 1 :

- La platine de translation peut être amenée à transporter des charges lourdes (miroirs motorisés < 50 W).
- La zone de stabilité prioritaire de la salle TITAN pour l'interféromètre (TITAN) étant à l'intérieur de l'enceinte actuelle, une option d'enceinte améliorée pourra être proposée par le Titulaire.

- Les échantillons mesurés par TITAN sont des miroirs de SOLEIL pouvant aller de 10 mm à 1 m de long et seront inclus pendant toute la mesure dans la zone prioritaire. La chaleur dégagée par le Zygo en face du miroir sera un objet d'intérêt lors de l'évaluation ; le Zygo étant environ 7 degrés au-dessus de l'air. Lors de la mesure, le SUT est translaté de gauche à droite selon le débattement indiqué sur le plan et installé sur la platine de translation de 1m contrôlée par moteur linéaire.
- Les murs du LMO sont exposés à des zones de températures différentes et avec des variations sur des plages différentes (murs externes Synchrotron, coursive et laboratoire/bureaux adjacents).
- Le retour d'expérience concernant l'enceinte TITAN sur d'autres synchrotrons indique que la stabilité thermique pourrait être améliorée par une meilleure maîtrise des écoulements turbulents à l'intérieur de l'enceinte.
- Sans présence de personnel dans la pièce.

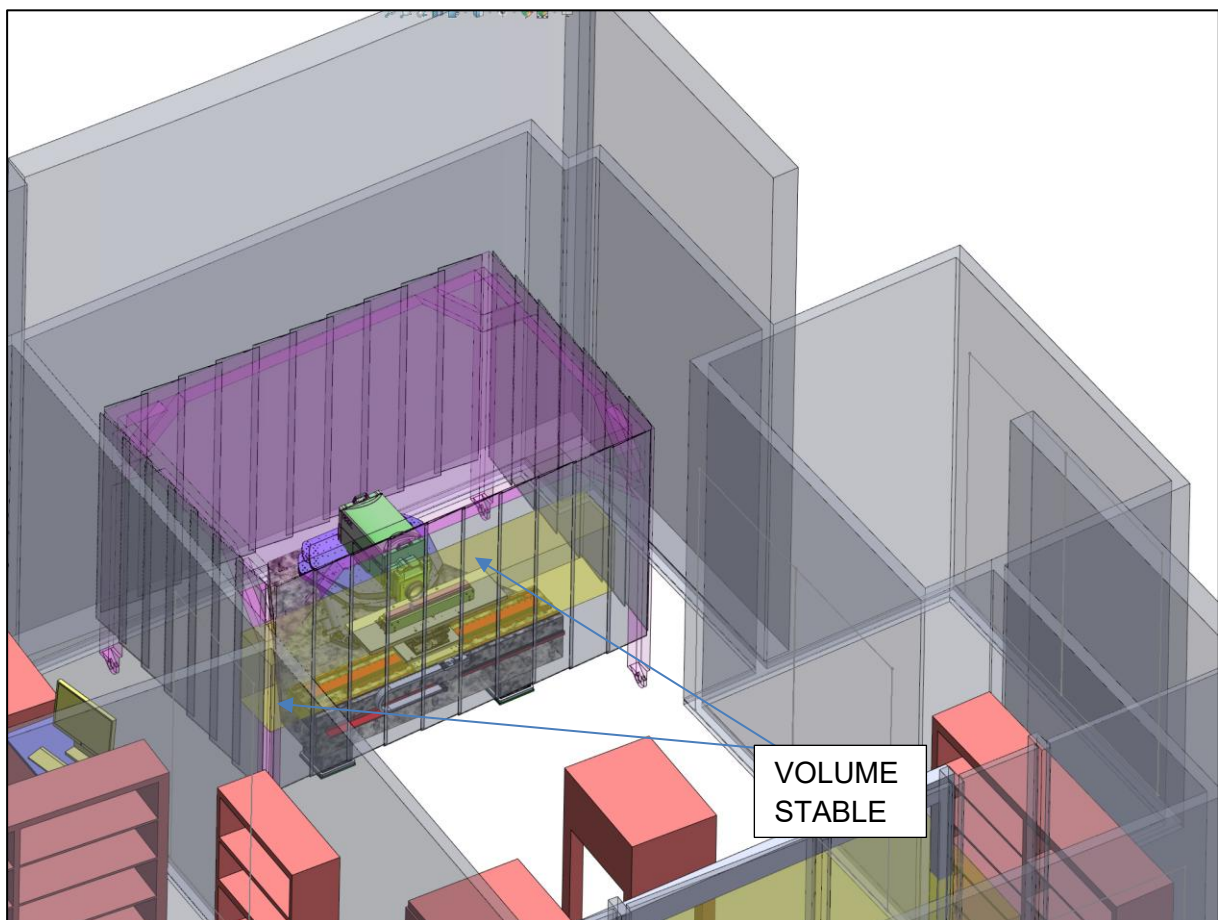


Figure 11- Enceinte TITAN dans la pièce TITAN

L'objectif de cette étape est de cartographier les températures à l'équilibre sur les différents équipements (« steady state »).

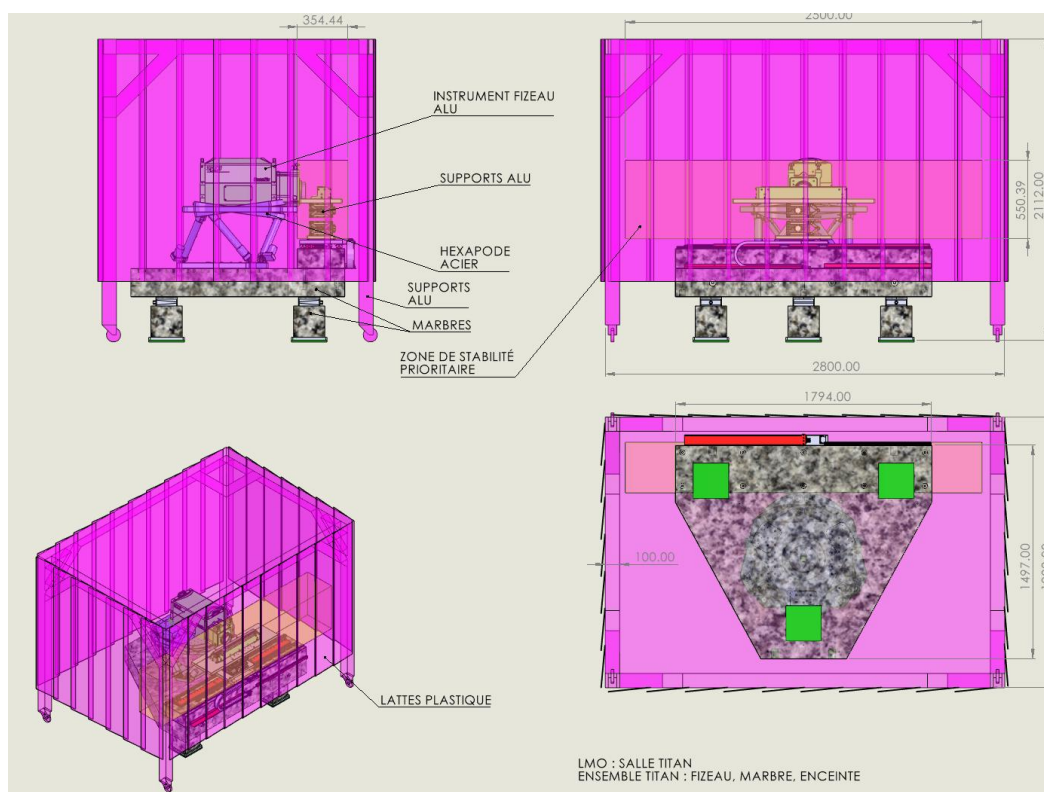


Figure 12- Volume de stabilité prioritaire de la salle TITAN

6.2. SALLE TITAN 2

Salle ZSP TITAN2 :

- Le palan est considéré éteint pour la CFD.
- Cette ZSP n'est pas sous enceinte.
- Sans présence de personnel dans la pièce.

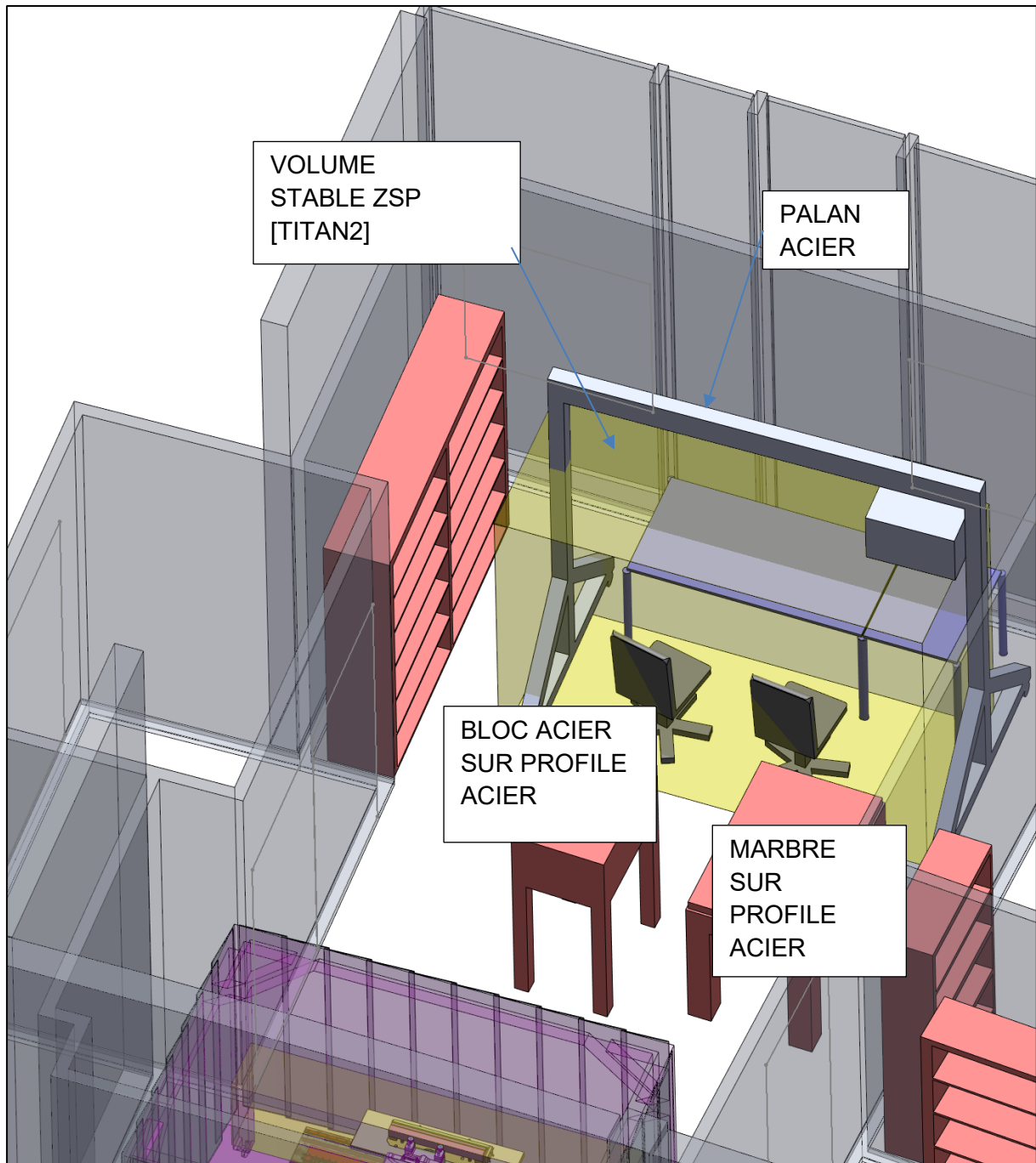


Figure 13- Volumes approximatifs de ZSP : TITAN 2

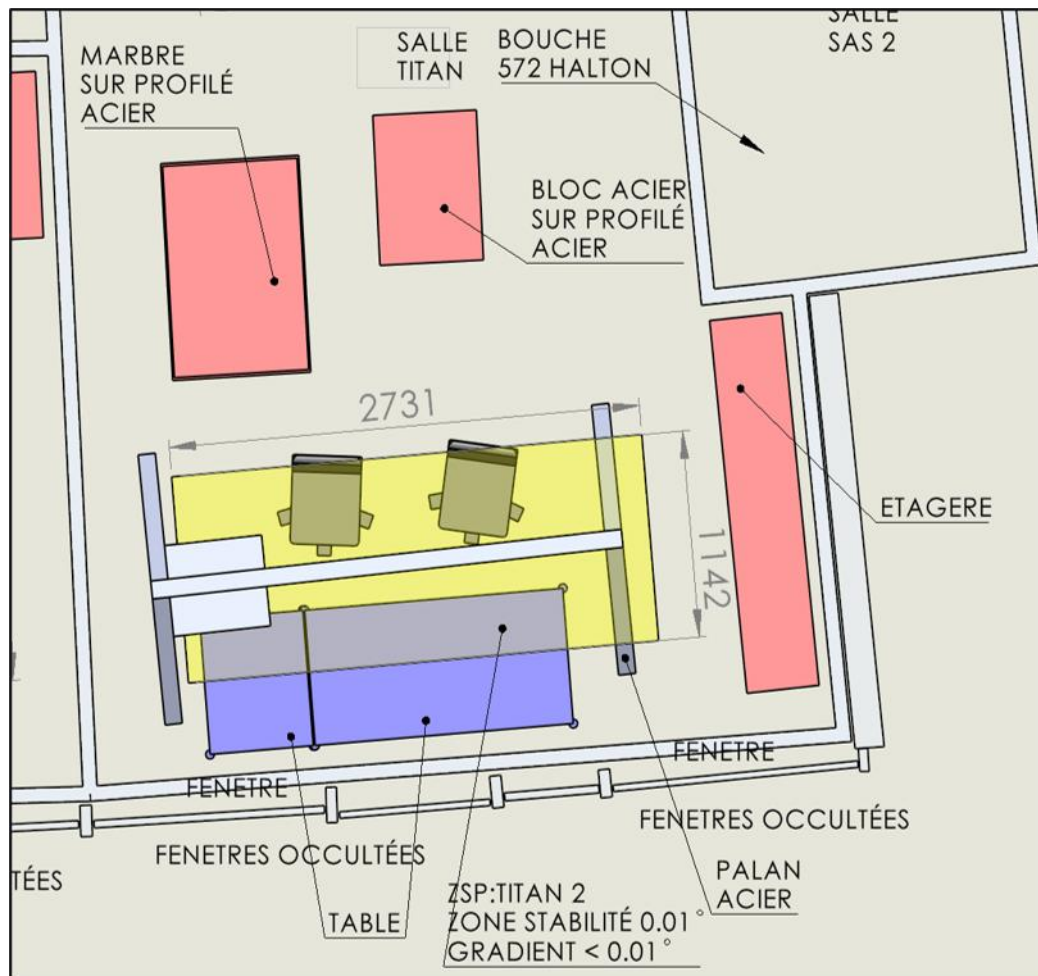
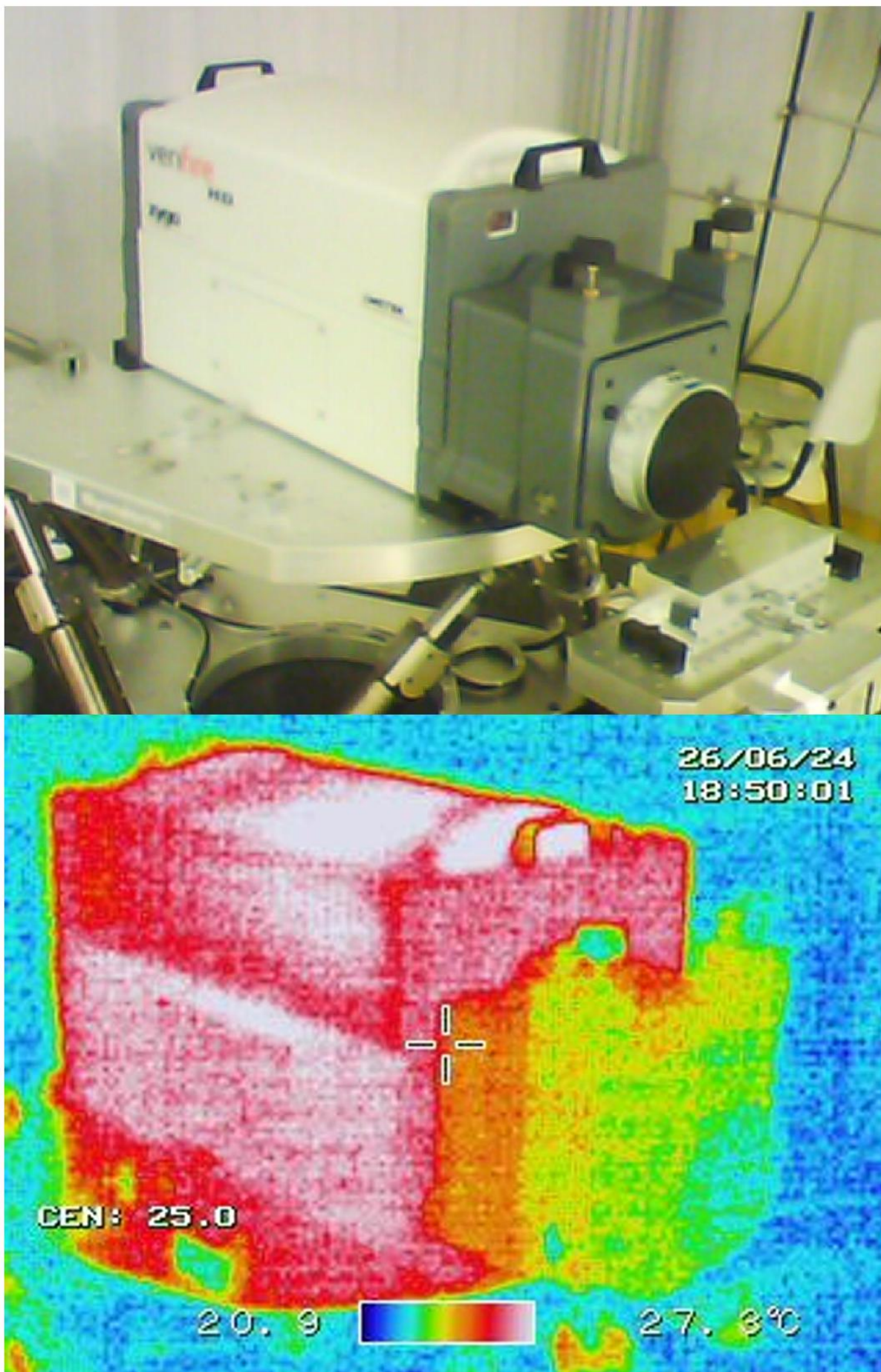
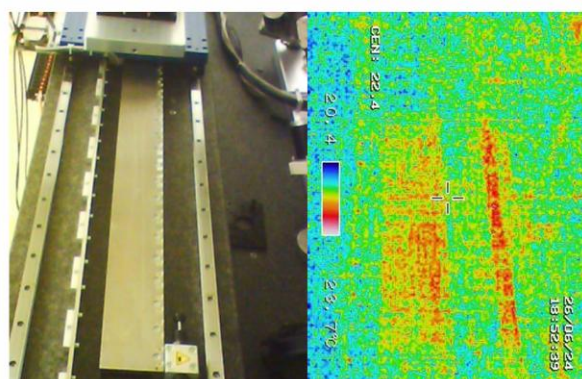
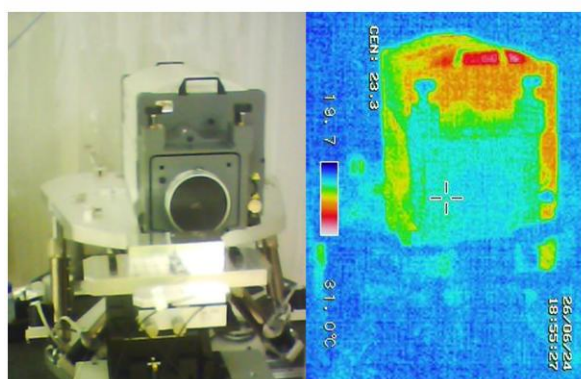
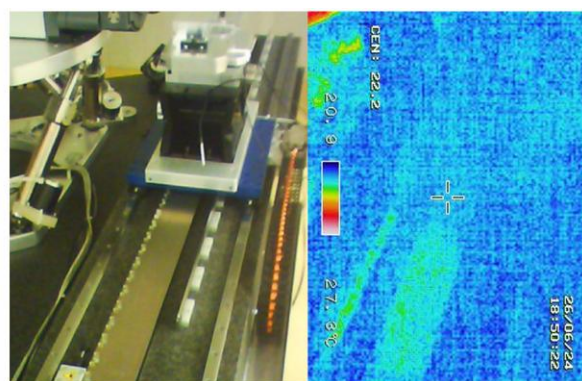
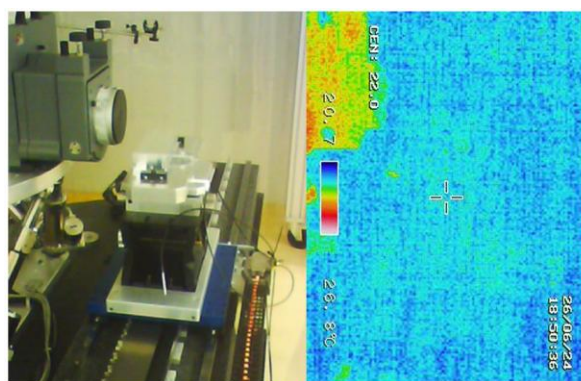


Figure 14- ZONE ZSP TITAN2

Photos thermiques :

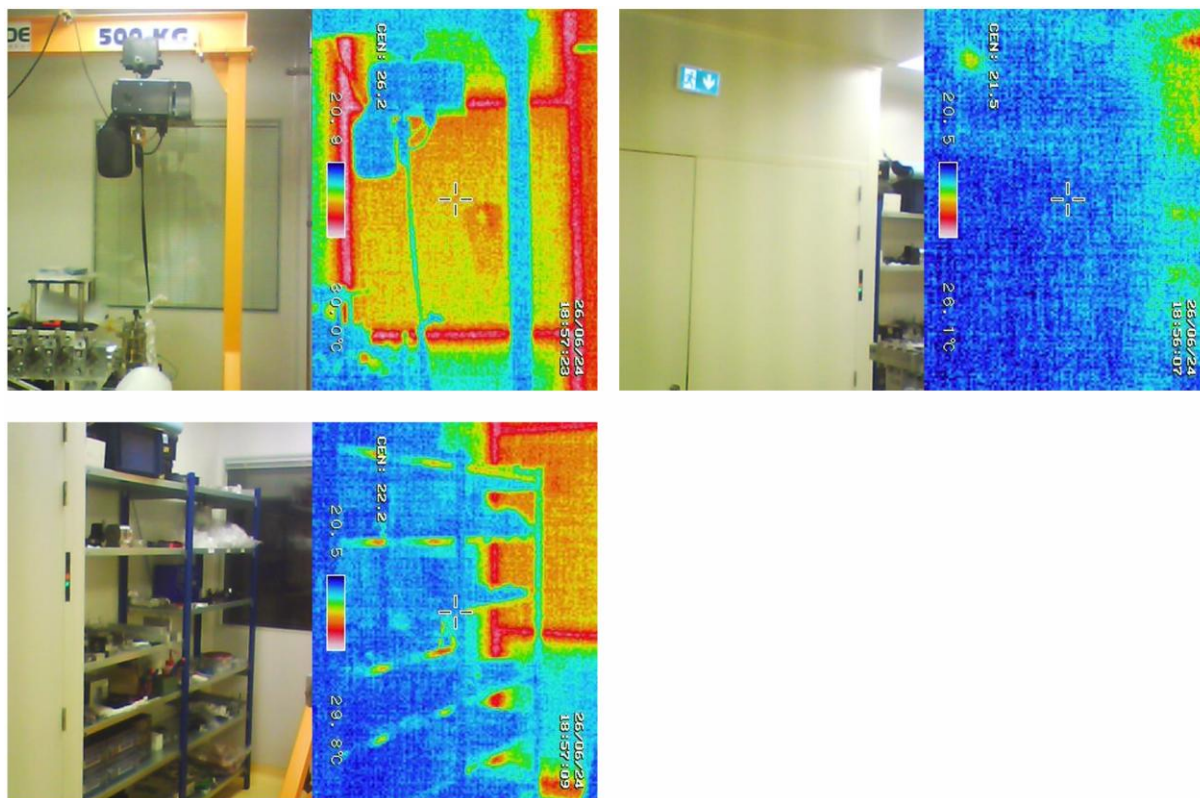
Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C





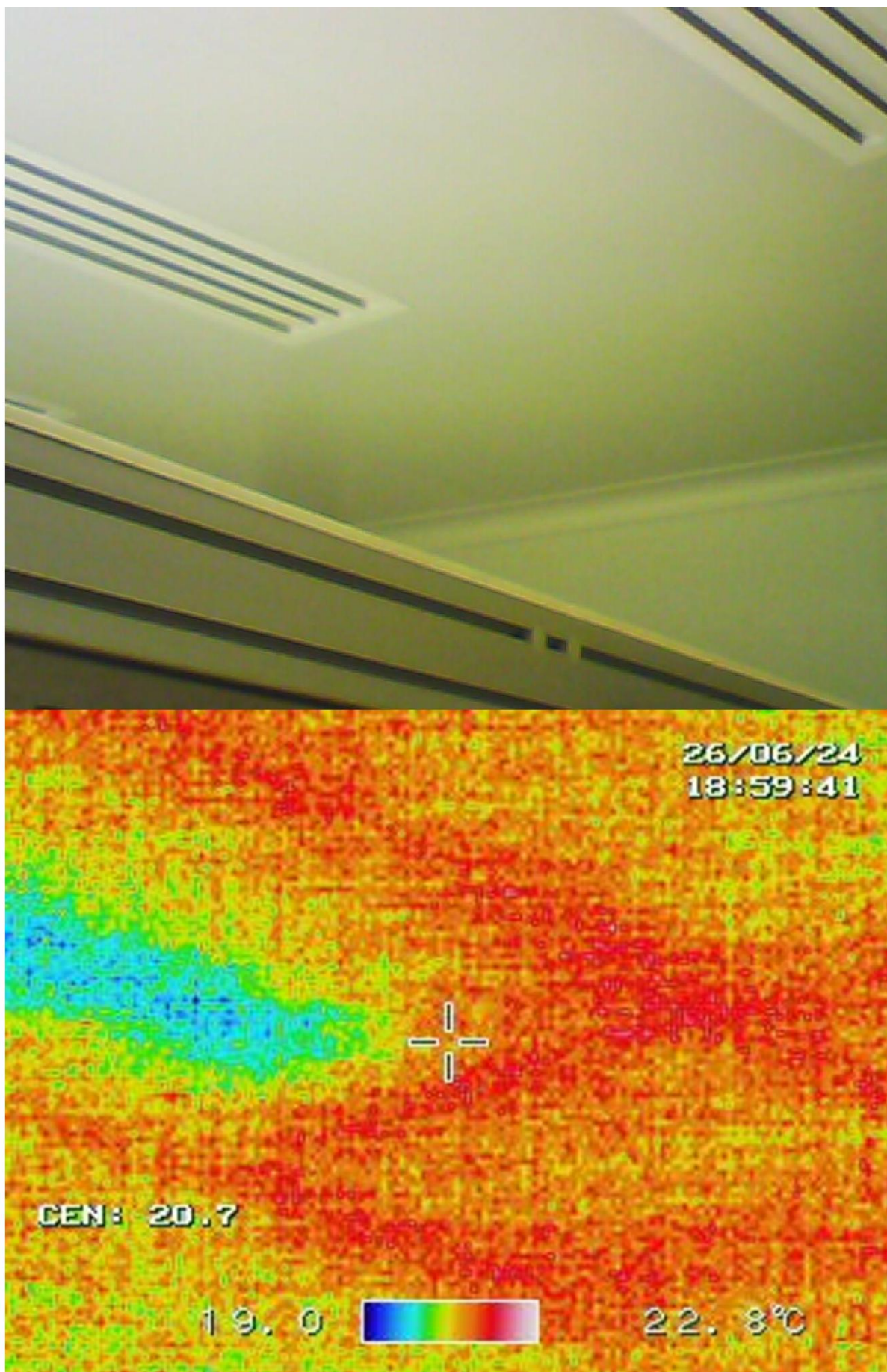
Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

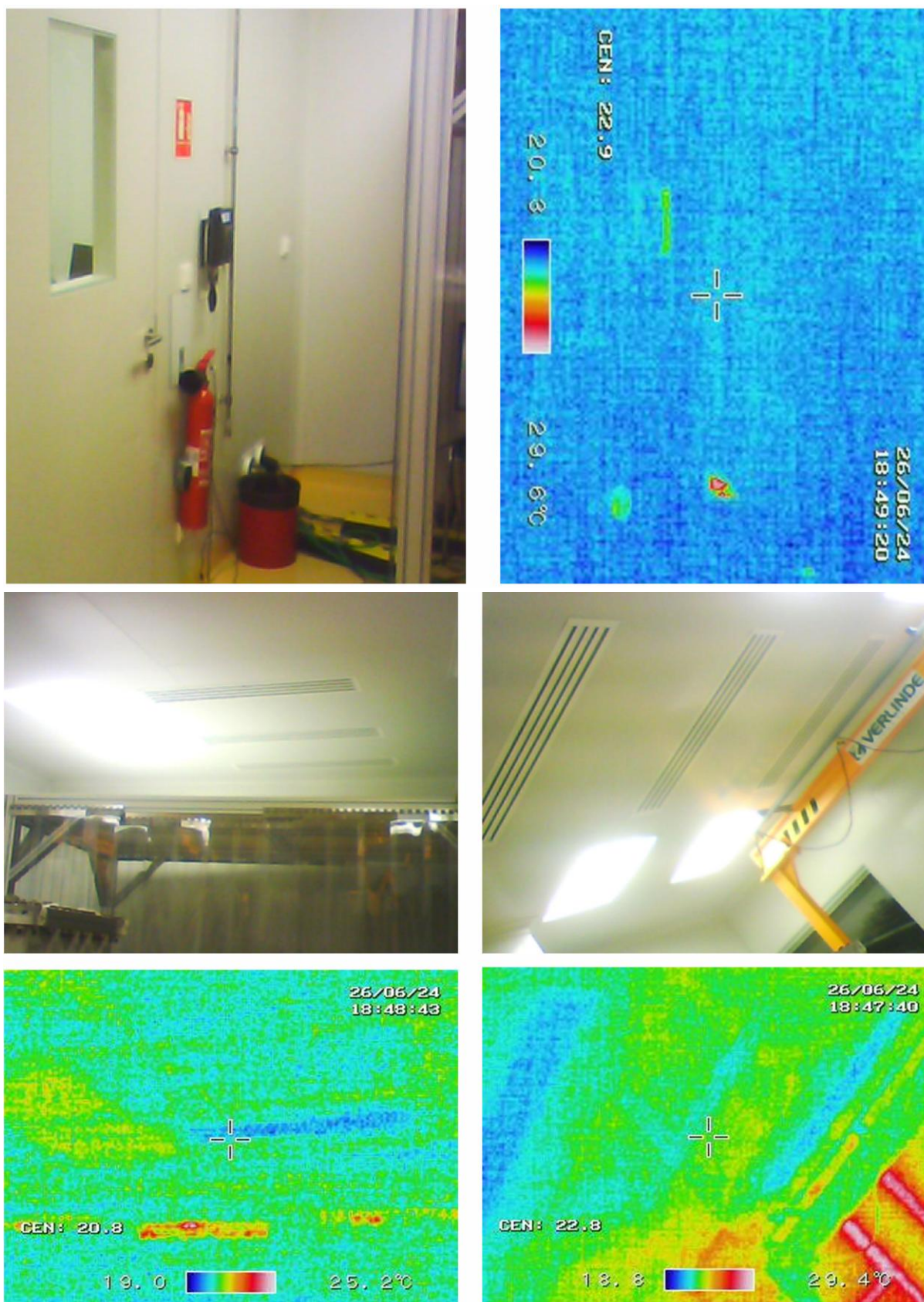
Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C



Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C





Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C

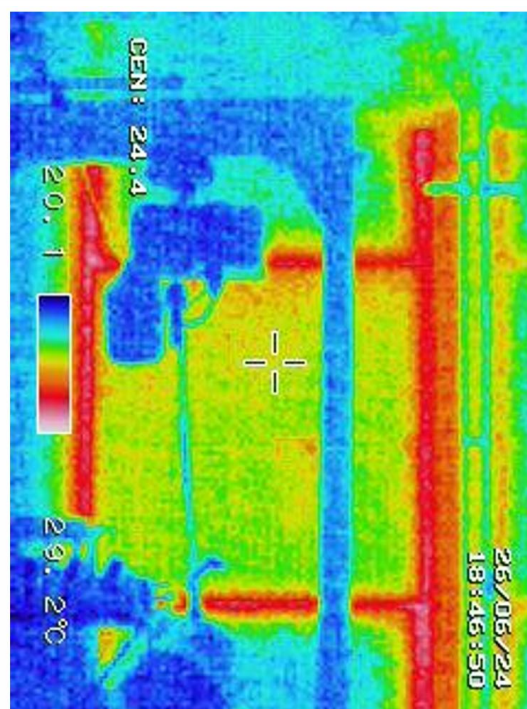
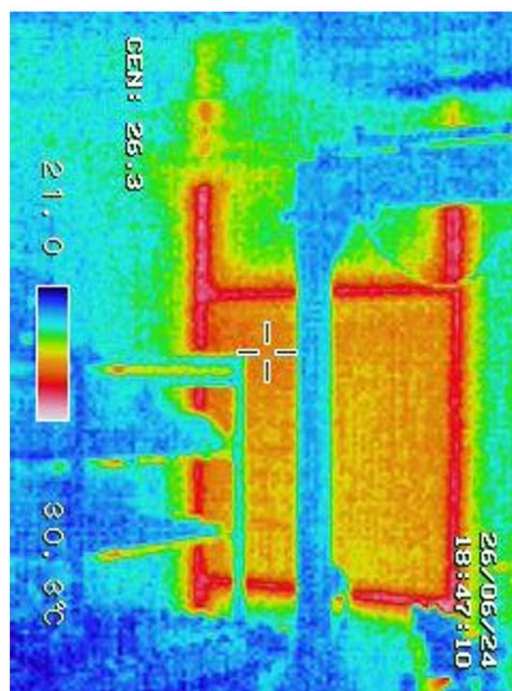


Figure 15 : Photos thermiques TITAN1 et 2

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C

6.3. SALLE LTP

Le LTP : Long Trace Profiler est un déflectomètre laser :

- A l'intérieur de l'enceinte, l'air doit être laminaire.
- Sans présence de personnel dans la pièce.
- Il conviendra de minimiser la turbulence.
- Il y a une source d'air comprimé à la base du coussin d'air ~2L / min.

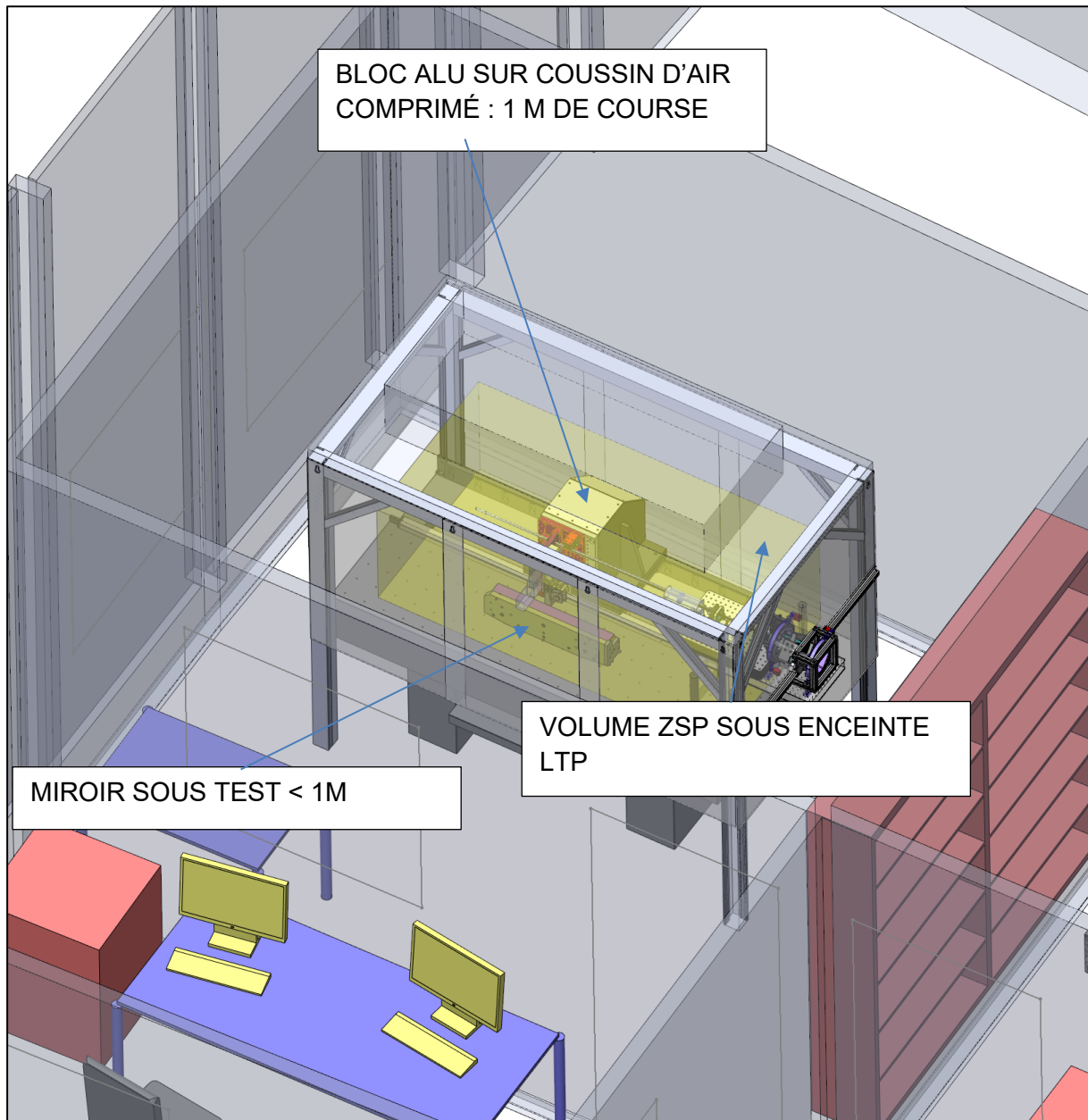


Figure 16 : ZSP LTP

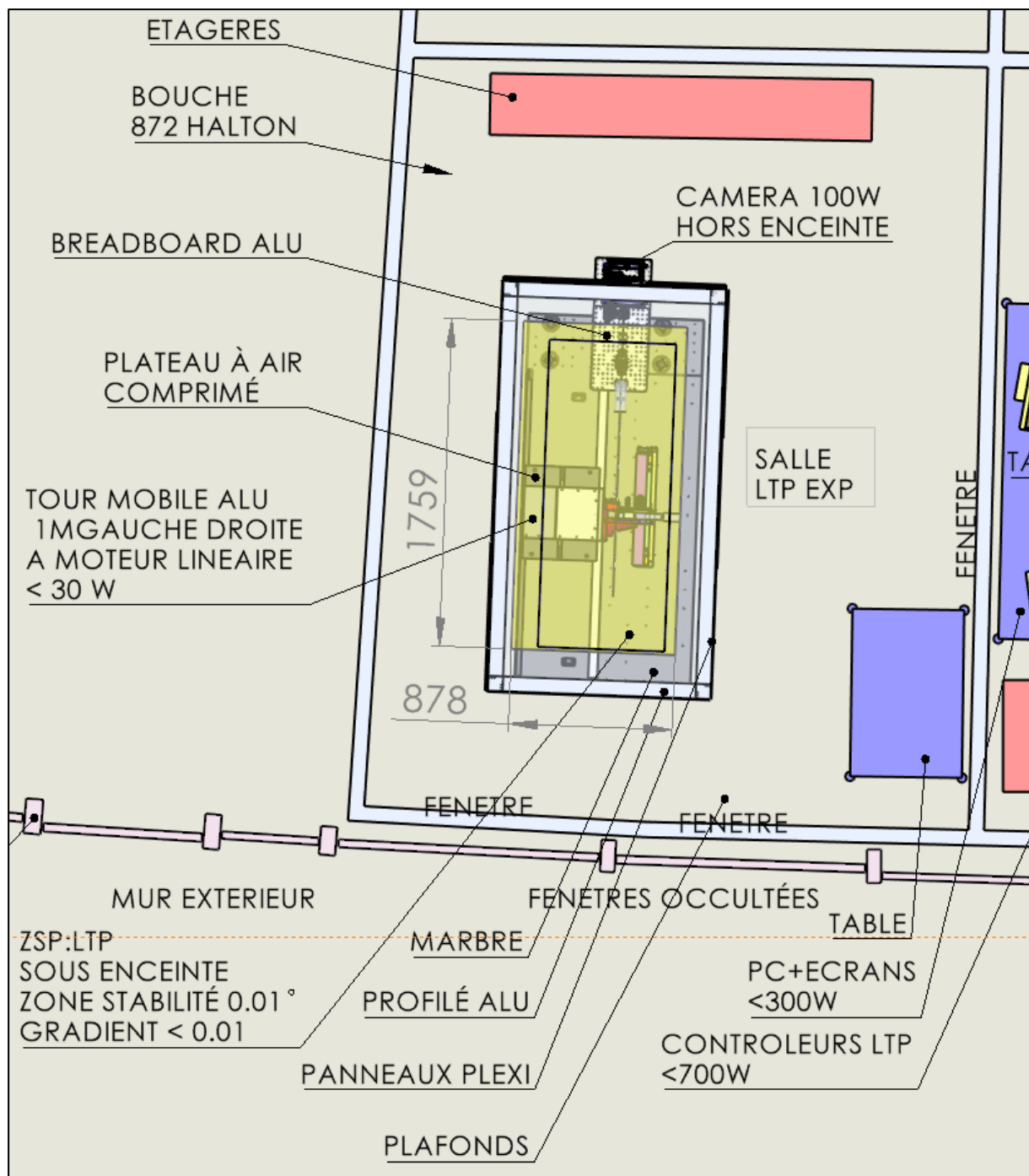


Figure 17- ZONE LTP ZSP SOUS ENCEINTE

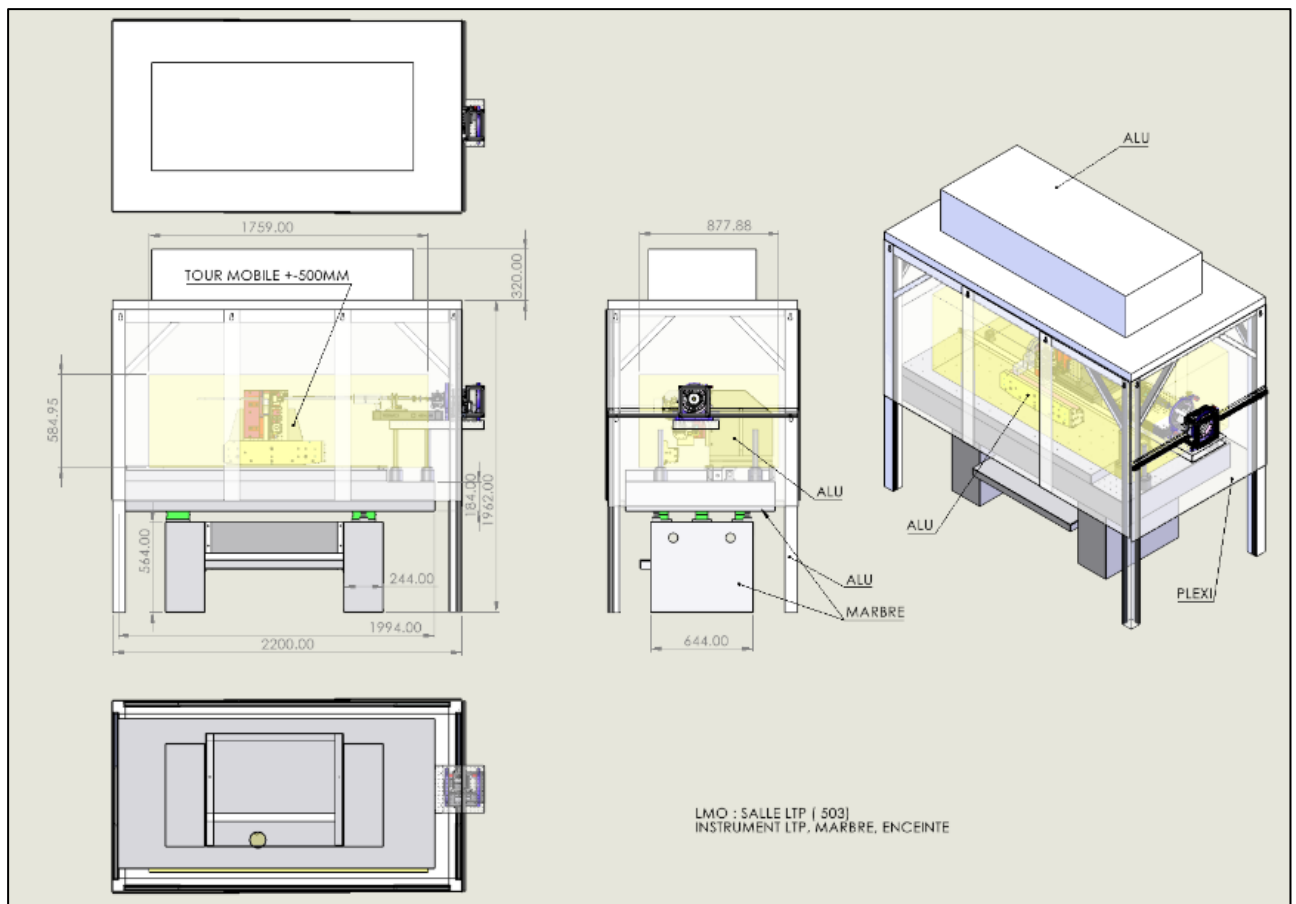
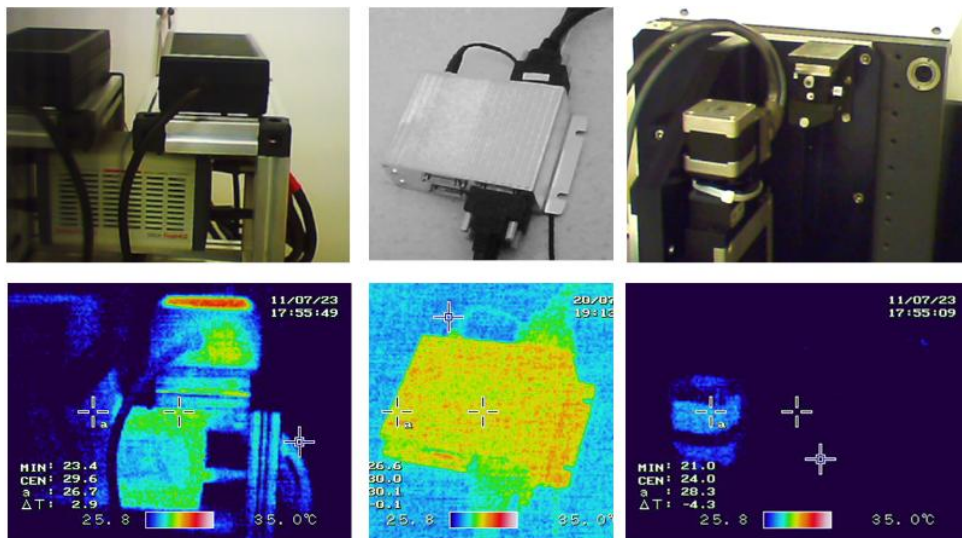
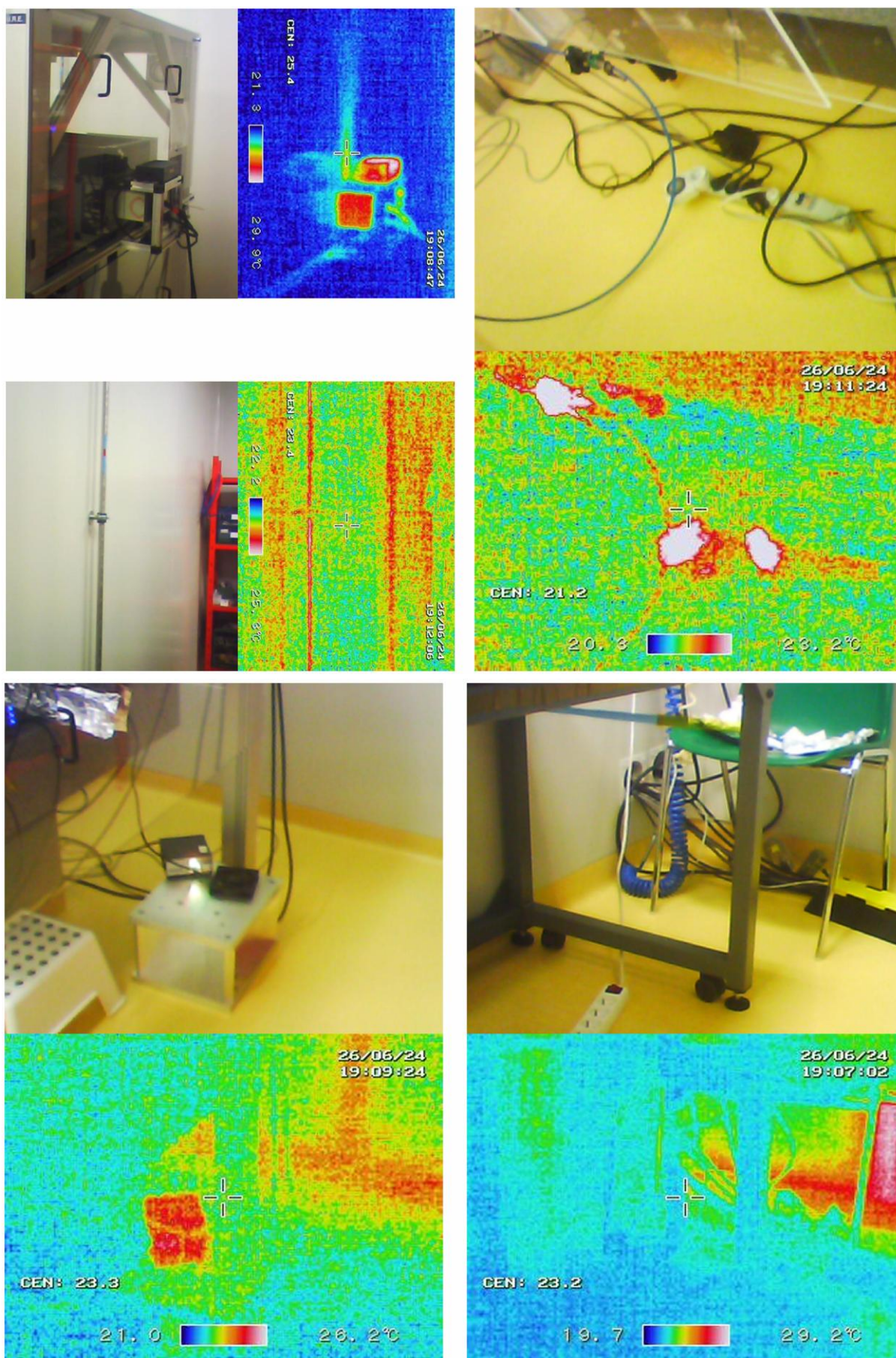


Figure 18- Zones de stabilité prioritaire LTP



- A gauche : Alimentation Caméra (hors caisson) ;
 Au centre : Boîtier Relai commande moteurs ;
 A droite : Moteur pas à pas de translation verticale à l'intérieur du caisson

Photos Thermiques :



Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

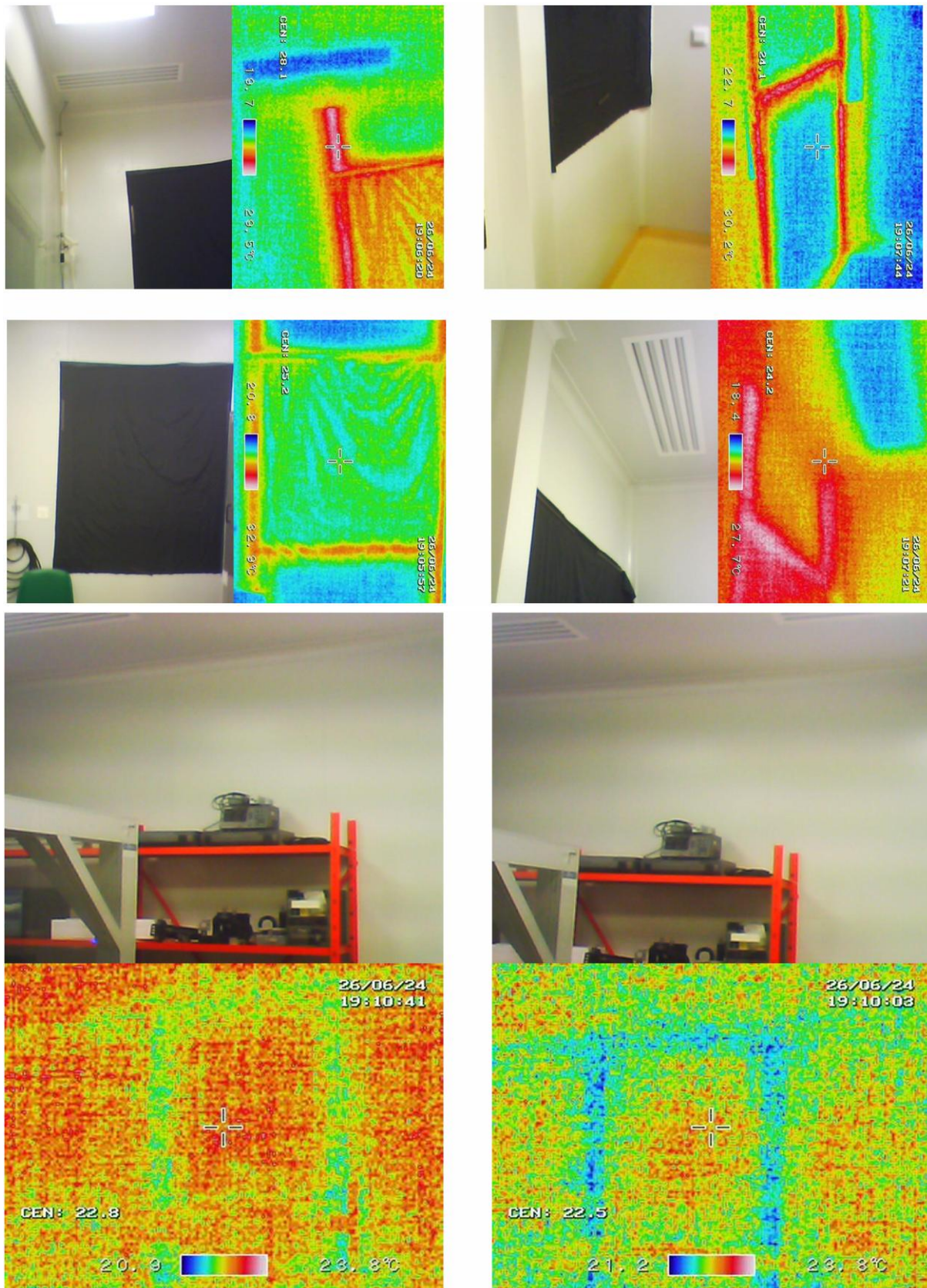


Figure 19 : Photos thermiques salle LTP

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C

6.4. SALLE MINT

La salle MINT contient un interféromètre :

- La ZSP n'est pas sous enceinte.
- Sera considéré en fonctionnement.
- Sans présence de personnel dans la pièce.
- Un faible degré de turbulence d'air sera acceptable pour cet instrument.

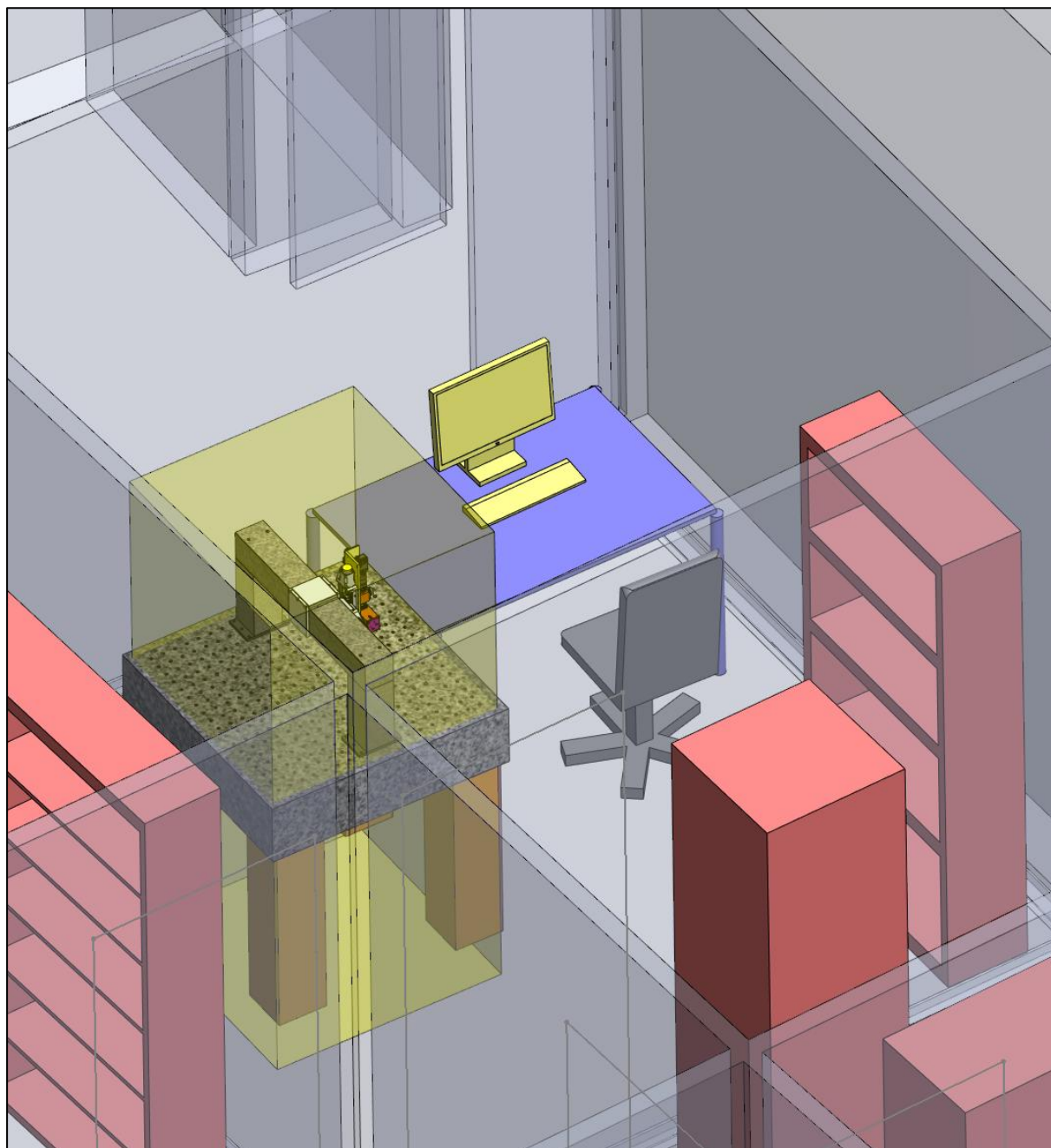


Figure 20- INTERFEROMETRE MINT

L'interféromètre MINT,

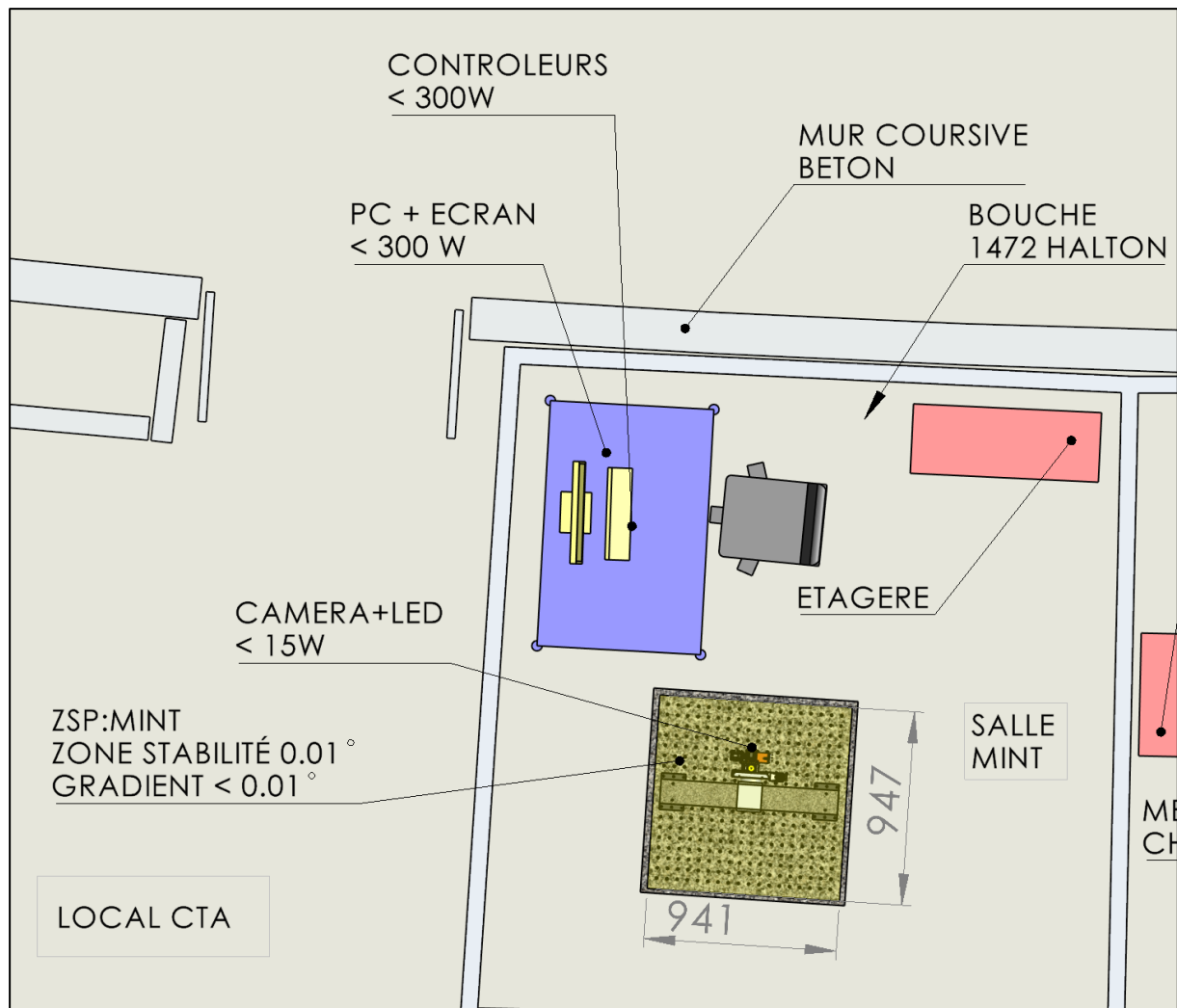
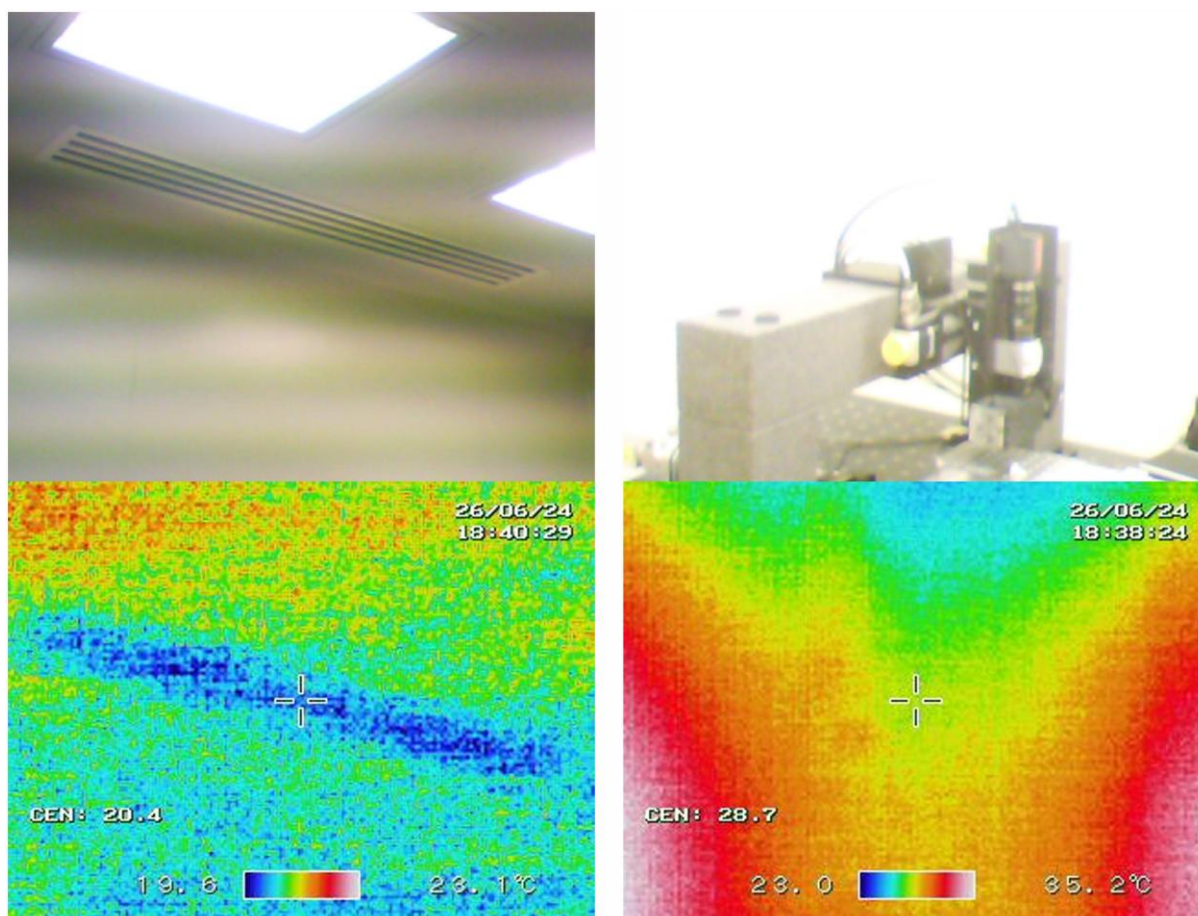
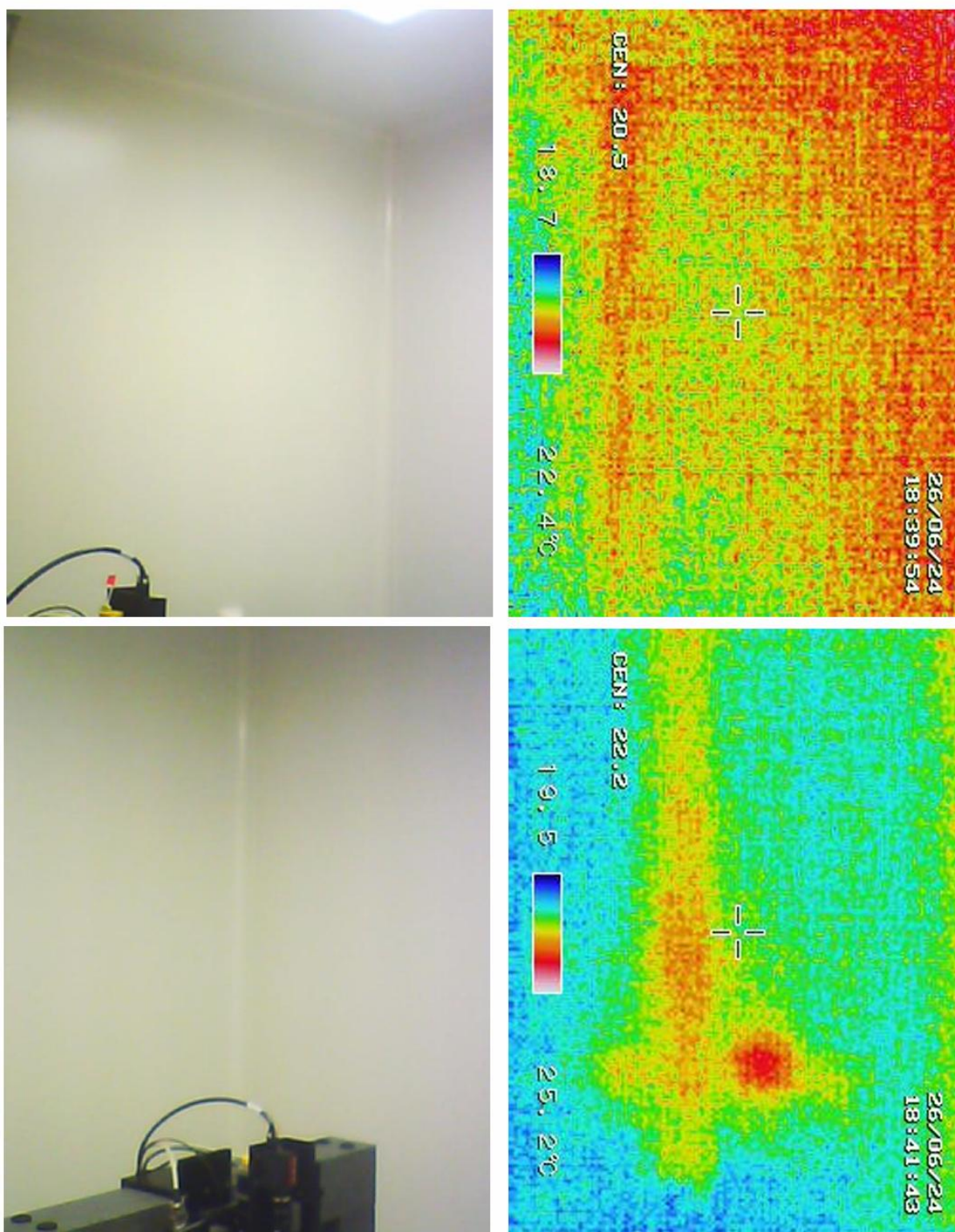


Figure 21- SALLE MINT

ZSP sans enceinte salle MINT.

Photos thermiques :

Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.



Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C

6.5. SALLE AFM-RUGO

Salle AFM, RUGOSIMETRE et TABLE OPTIQUE :

- Cette Salle inclut des Microscopes à Force Atomique, Interféromètre à lumière blanche et capteurs de front d'onde.
- L'AFM (à droite) est une enceinte en soi (non évaluée ici).
- Le rugosimètre (au centre) est sans enceinte.
- La table optique (à gauche) est sans enceinte.



Figure 22- ZSP salle AFM-RUGO

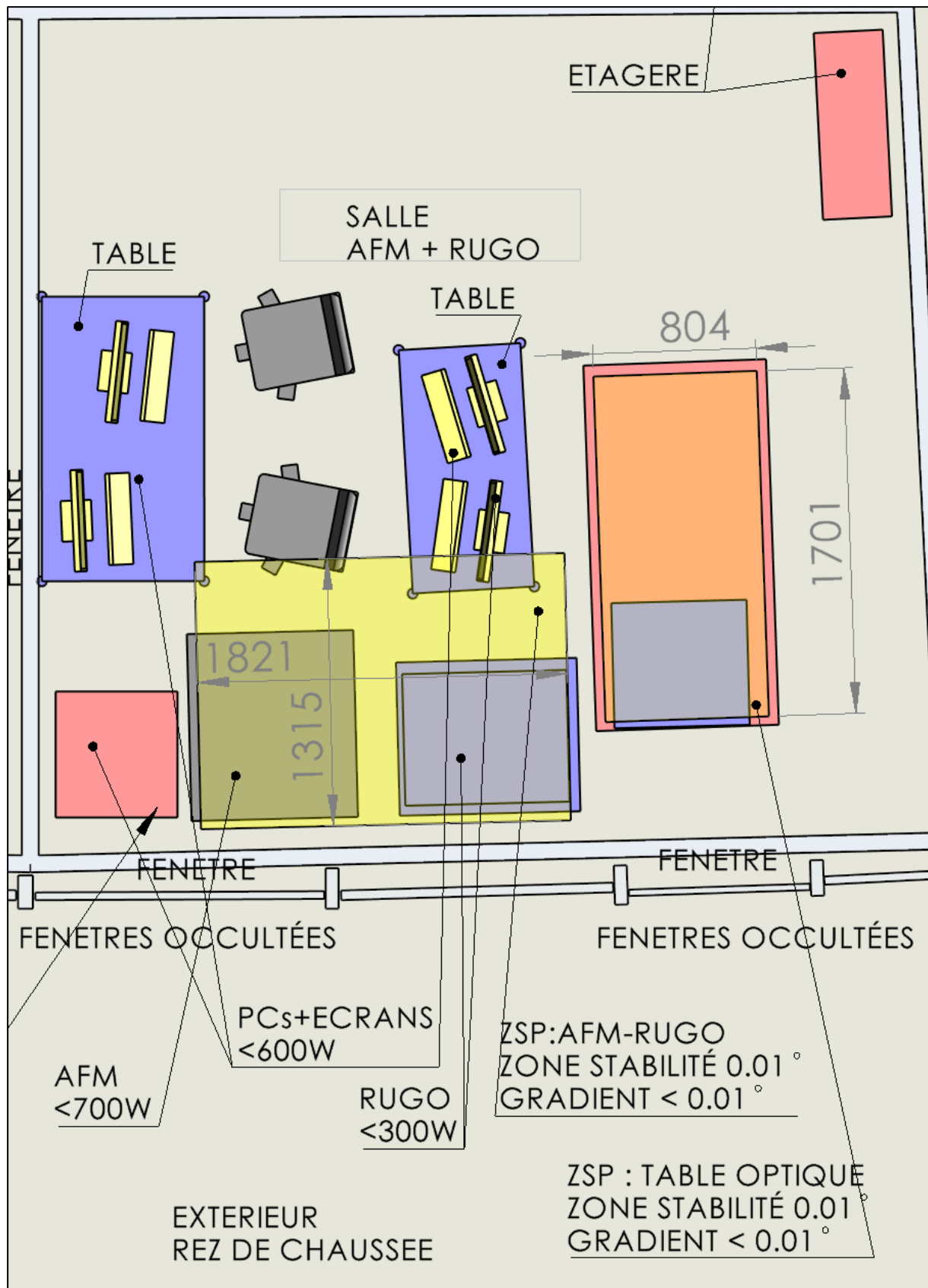
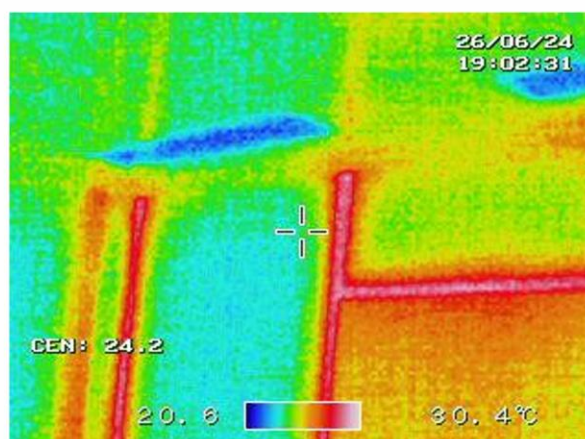
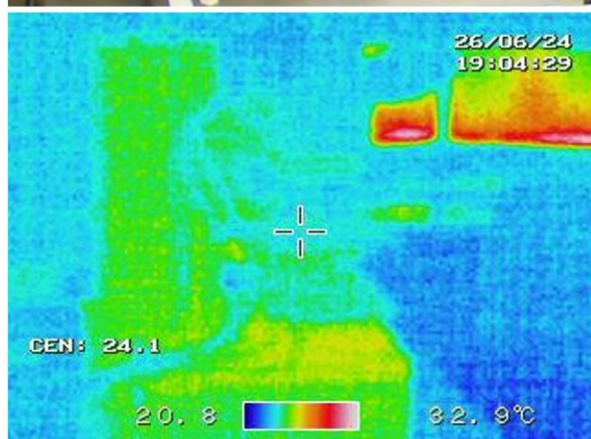
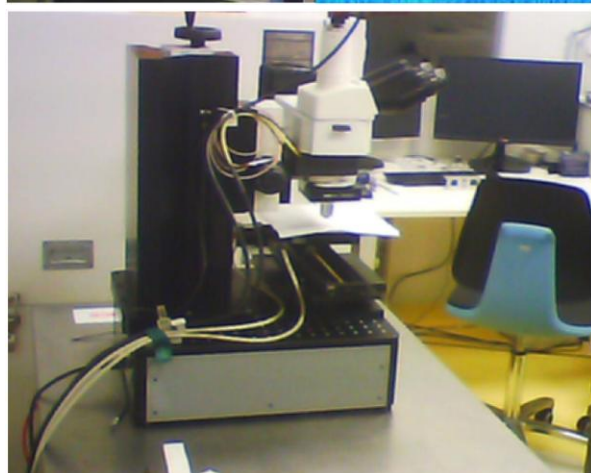
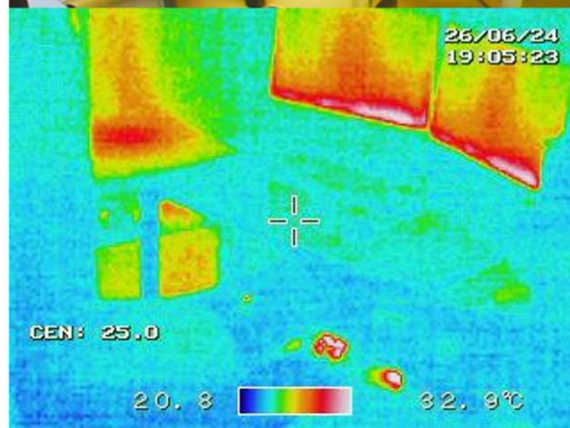
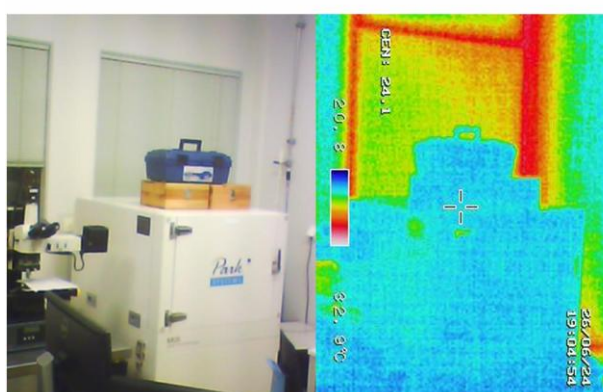
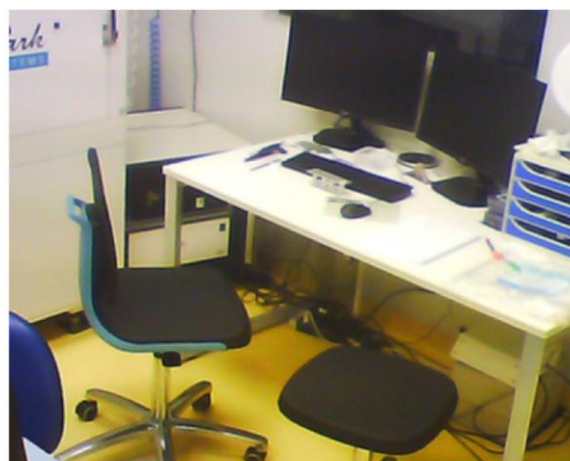
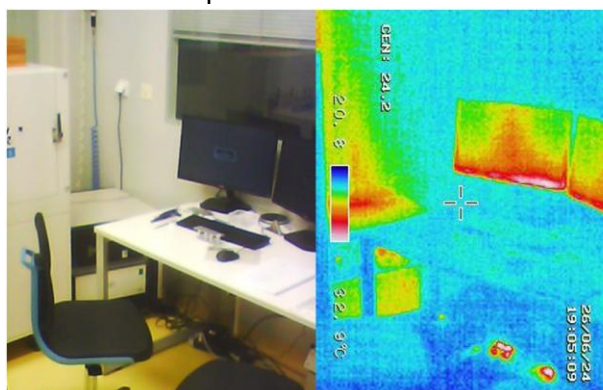


Figure 23- ZSP de salle RUGO-AFM

Cette salle est considérée avec 1 personnel présent pour la CFD, tous les appareils en fonctionnement.

Photos Thermiques :



Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

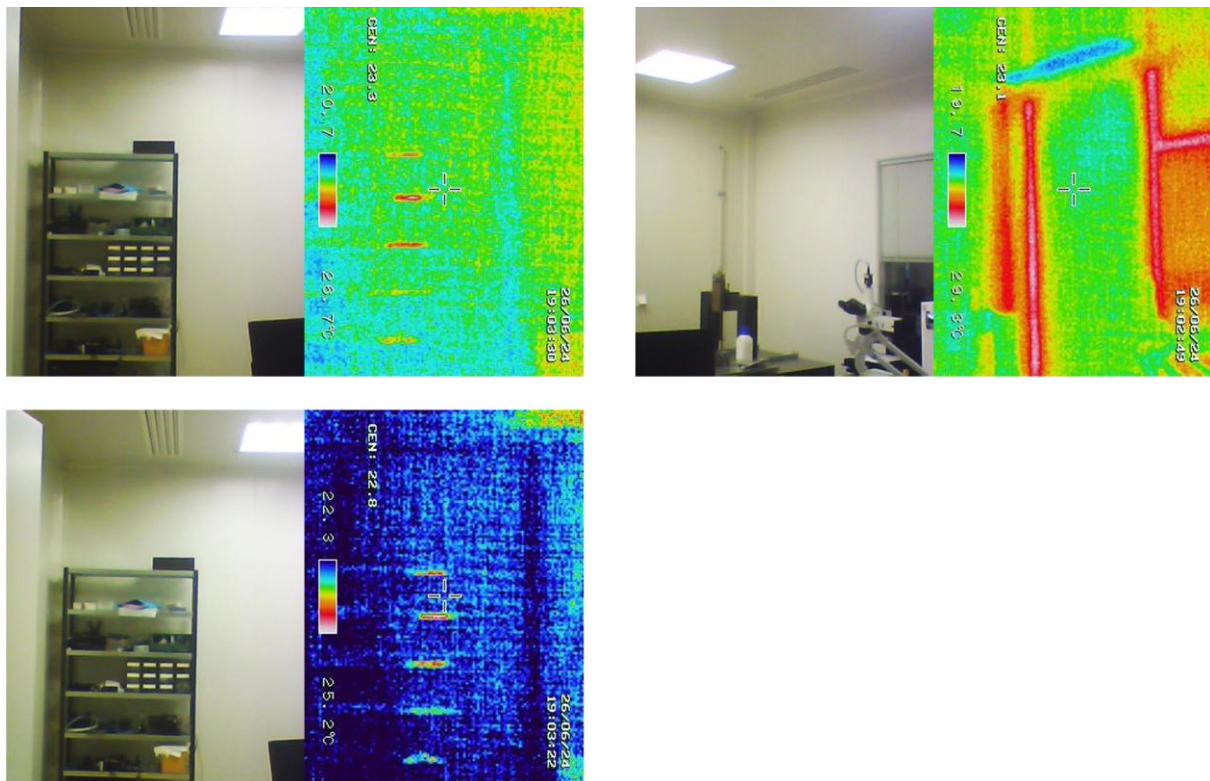


Figure 24 : Photos thermiques AFM-RUGO

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C

6.6. SAS 02

Le local sas principal de la salle blanche LMO est constitué d'une porte d'entrée, d'un mobilier permettant le vestiaire et change « tenue propre », de 3 portes d'accès aux pièces adjacentes.

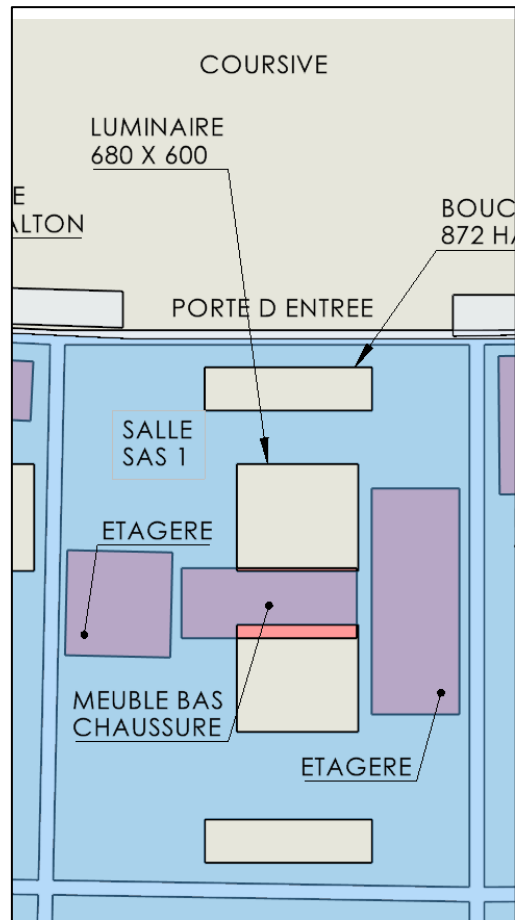


Figure 25- Vue en plan du SAS CENTRAL

6.7. PILOTAGE TITAN

Le local bureau Pilotage Titan de la salle blanche LMO :

- Est constitué de 2 portes d'accès aux pièces adjacentes.
- D'un mobilier de stockage et d'un ensemble de mobilier bureau.
- Le flux laminaire de 800W n'est pas considéré en fonctionnement pour la CFD.
- La température n'est pas critique dans cette pièce mais l'hygrométrie <60% est nécessaire absolument.

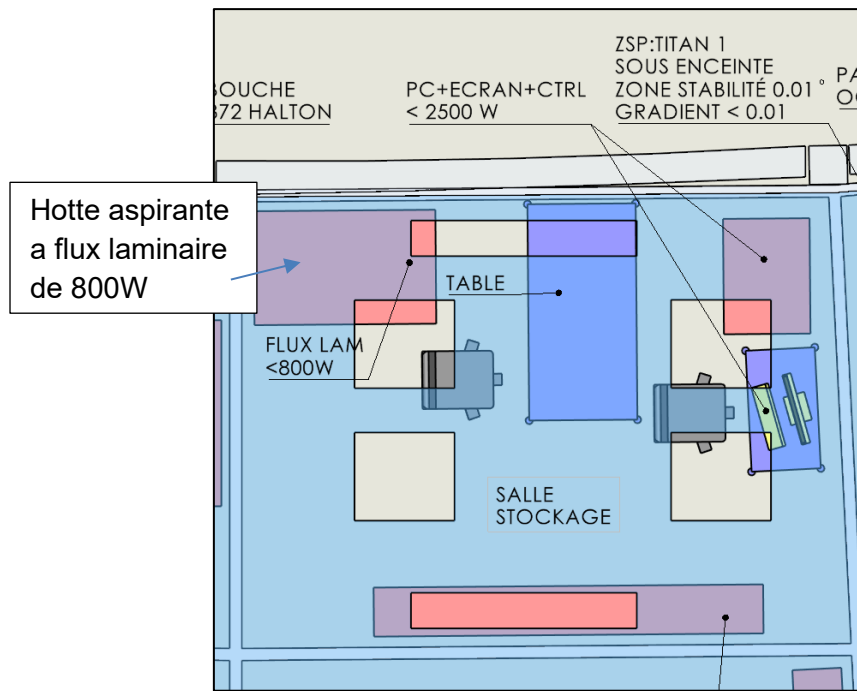
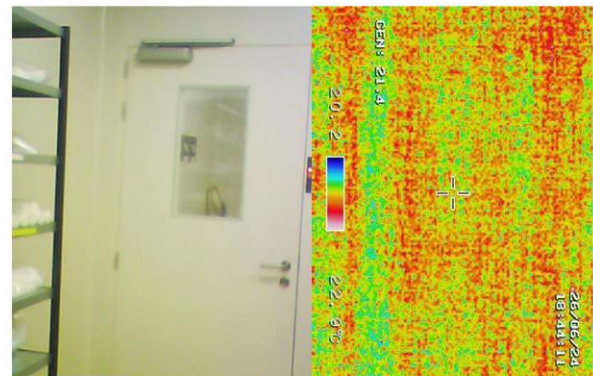
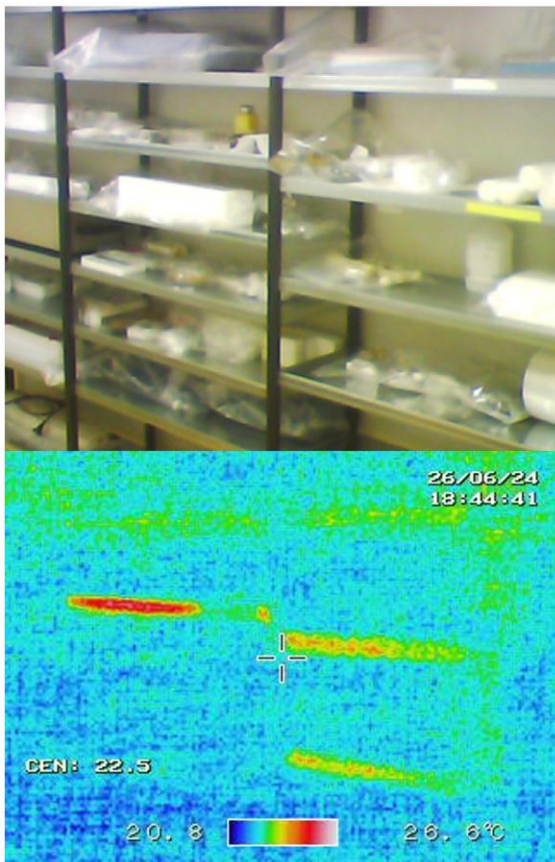


Figure 26- Vue en plan du PILOTAGE TITAN

Photos Thermiques :



Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

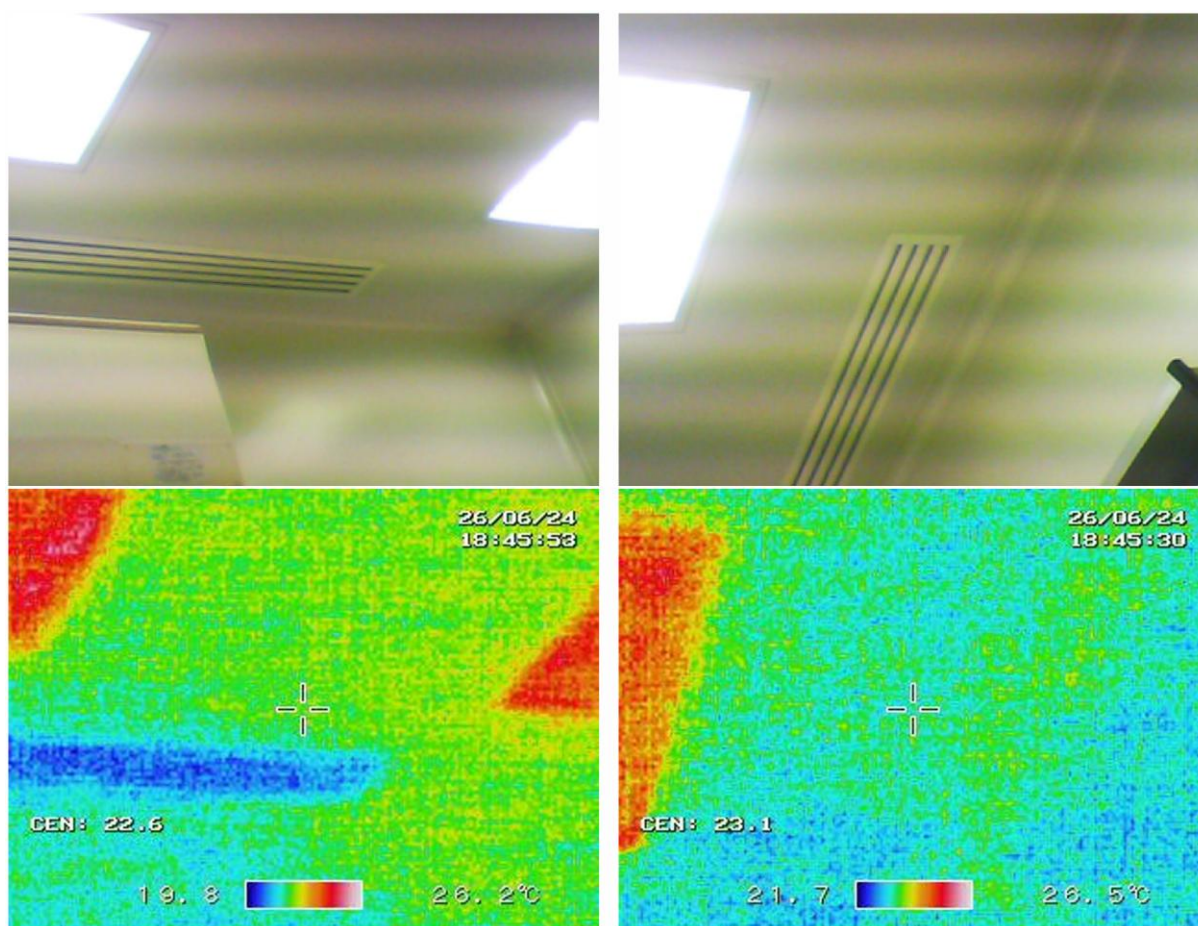


Figure 27 : Pilotage TITAN photos thermiques

6.8. PILOTAGE LTP

Le local bureau Pilotage LTP de la salle blanche LMO est constitué de 3 portes d'accès aux pièces adjacentes et d'un ensemble de mobilier bureau.

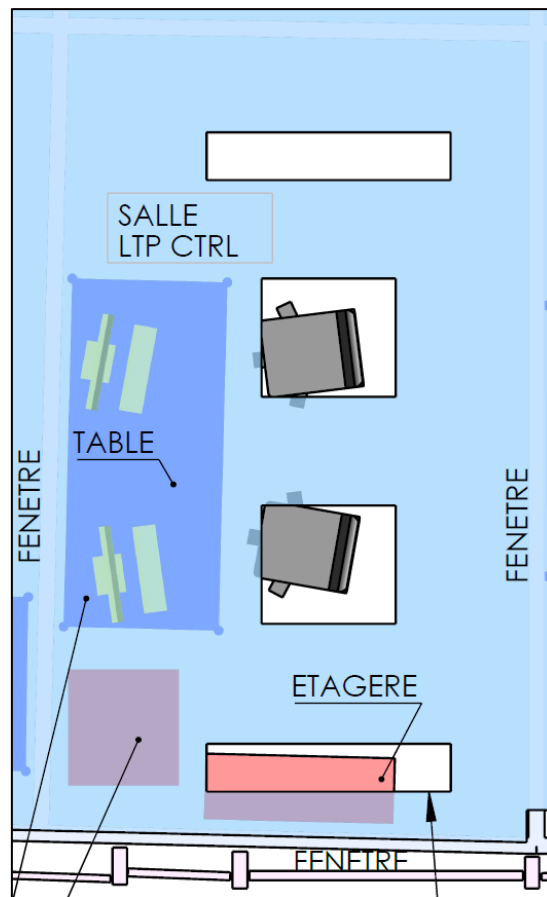
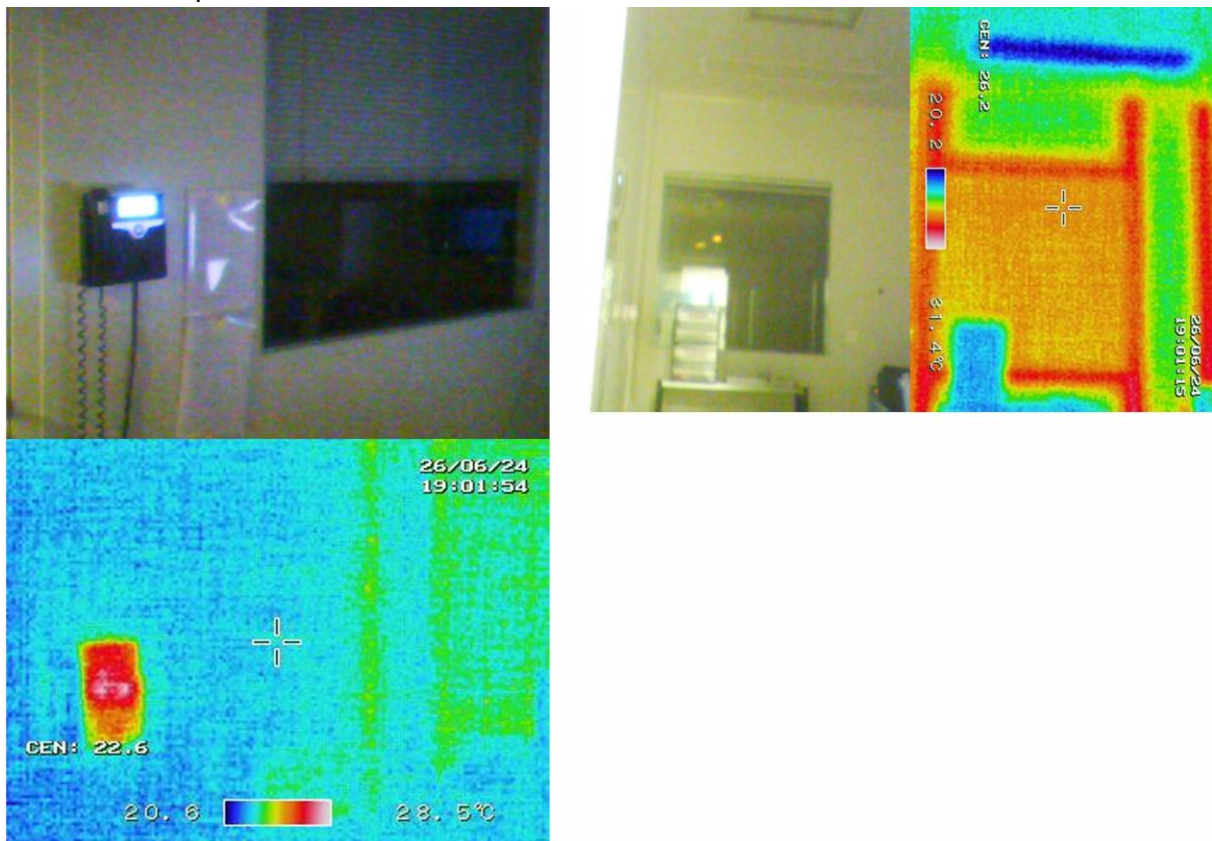


Figure 28- PILOTAGE LTP

Photos thermiques :



Les dates notées sur les vues de caméra infra-rouge sont bien de 2026.

Toutes les photos thermiques ont été réalisées avec une température extérieure de 35°C

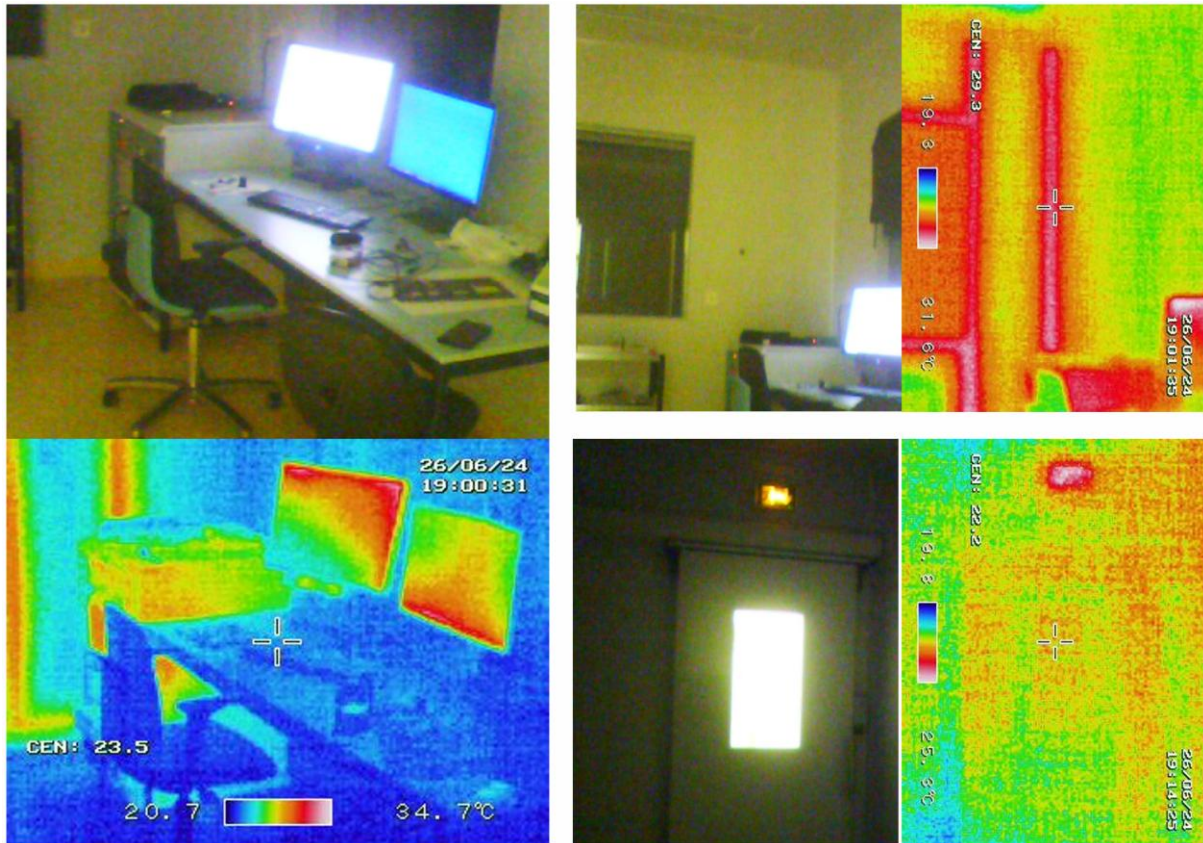


Figure 29 : Pilotage LTP photos thermiques

6.9. SAS TITAN 08

Le local sas secondaire de la salle blanche LMO est constitué d'une porte d'entrée et d'une porte d'accès aux pièces adjacentes.

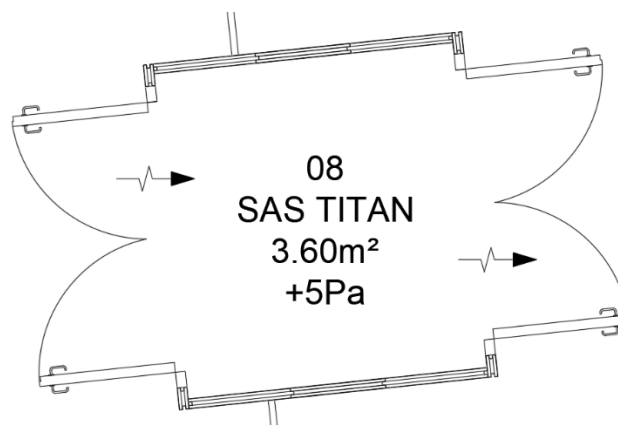


Figure 30- SAS TITAN

7. EXIGENCES DU LMO

Les salles contiennent des instruments de métrologie optique tels que des interféromètres, des profilomètres et des microscopes à force atomique. La stabilité des conditions ambiantes par pièce est le principal objectif de cette rénovation.

7.1. EXIGENCES DES PARAMETRES

La salle blanche du LMO SOLEIL aura les caractéristiques CVC suivantes :

- Une cascade de pression constante sera maintenue entre les salles et le sas ;
- La régulation de température sera assurée individuellement dans chaque local ;
- La gestion de l'hygrométrie sera globale à la salle blanche ;
- L'objectif du système de climatisation est la stabilité des paramètres environnementaux (T° , Hr% et Pa) dans chaque pièce ;
- Les ZSP (Zones de Stabilité Prioritaire) seront définies par salle. Elles caractérisent les volumes pouvant accueillir les pièces optiques et sont là où le Titulaire devra fournir son « meilleur effort » en matière de stabilité et de gradient nul ;
- L'objectif du système de climatisation est la minimisation des gradients de températures dans les Zones de Stabilité Prioritaire (ZSP) du LMO comme décrit dans le point 3.3 ;
- Le système sera capable de fonctionner en toute saison avec une marge suffisante pour assurer la stabilité dans le futur.

7.2. EXIGENCES DE STABILITE

La stabilité thermique est un critère dimensionnant pour l'ensemble des instruments du LMO.

Les sondes de température des 8 pièces LMO seront placées à l'intérieur des pièces et en particulier dans les ZSP lorsque applicable (et non dans les gaines techniques).

Les contraintes de stabilité ci-dessous s'appliquent en l'absence de personnel dans les salles (sauf salle RUGO-AFM) :

- Température ambiante cible : 21°C dans chaque pièce, avec pilotage indépendant par pièce ;
- Stabilité de température souhaitée (objectif « Meilleur Effort ») :
 - Stabilité $< 0,01^{\circ}\text{C}$ dans les Zones de Stabilité Prioritaire (ZSP) quelles que soient les conditions extérieures (cf. 8).
 - Gradient $< 0,01^{\circ}\text{C}$ dans les Zones de Stabilité Prioritaire (ZSP) quelles que soient les conditions extérieures (cf. 8).
- Stabilité de température garantie :
 - Stabilité $< 0,05^{\circ}\text{C}$ dans les Zones de Stabilité Prioritaire (ZSP) quelles que soient les conditions extérieures (cf. 8).
 - Gradient $< 0,05^{\circ}\text{C}$ dans les Zones de Stabilité Prioritaire (ZSP) quelles que soient les conditions extérieures (cf. 8).
- Hygrométrie consigne réglable entre : 40 % et 60 %.

- Hygrométrie stable à : consigne% $\pm$ 5 %.
- Débit d'air satisfaisant la législation.
- Un débit lent (laminaire) est préférable pour minimiser les turbulences.
- Classe particulière : salle blanche ISO 7 (filtration particules assurée par la CTA).

7.3. EXIGENCES DE CONCEPTION DES ENCEINTES

Le Titulaire proposera des solutions d'enceintes instrumentales avec des ventilations spécifiques visant à fournir la meilleure stabilité et le moins de gradient possible dans les enceintes instruments (ceux-ci devront inclure le fonctionnement des appareils et leurs émissions thermiques).

Les critères de conception suivants sont donnés pour la suite du projet :

- La stabilité des zones prioritaires et des zones prioritaires sous enceintes est souhaitée à $< 0.01^{\circ}\text{C}$

8. DONNEES D'ENTREE

Cette partie détaille les données de base et spécifications techniques liées aux travaux de rénovation de la CVC nécessaires pour le projet LMO.

Les informations manquantes seront identifiées par le Titulaire dans son plan d'analyse préalable à l'étude CFD.

Ci-dessous les tableaux de conditions de base et valeurs retenues pour les locaux du LMO :

Désignation	Hiver		Eté	
	Température	Hygrométrie	Température	Hygrométrie
Air Extérieur :	-10 °C	90% HR	+42° C	80%HR

Le MOA SOLEIL effectuera un relevé des températures de contact sur l'ensemble des locaux du LMO.

Ces relevés seront transmis au Titulaire pour la phase d'étude CFD après passation de la commande.

Des fichiers graphiques de type STEP et PARASOLID sont fournis pour l'intégration dans le logiciel de calcul.

Ces fichiers intègrent :

- Les éléments du laboratoire : mobiliers, appareillages, système CVC, éclairage, etc.
- Les murs, sols, plafonds, menuiseries et enceintes instrumentales ainsi que leurs matériaux.

8.1. CONDITIONS DE BASE

Les éléments ci-dessous sont donnés à titre indicatif et seront à confirmer lors de l'étude CFD, conjointement avec l'étude CVC effectuée en parallèle.

Local		CTA	Conditions de base														Dimensions				
N°	Nom		Classe				Hiver				Eté				Occupants	Niveau de pression	Long.	Larg.	Surface nette	Haut.	Volume
			ISO 14644	Acoustic Nr	BPF	Taux de brassage	Temp.	Hygro.		Temp.	Hygro.										
								Min	Max		Min	Max									
								V/h	°C		+/-	%	°C	+/-							
01	Laboratoire MINT	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	49,5%	50,5%	21	0,01	49,5%	50,5%	0	20			10,57	2,8	29,6
02	SAS	CTA 1	ISO7	45	D	20	21	0,25	47,5%	52,5%	21	0,25	47,5%	52,5%	2	5			6,40	2,8	17,9
03	Pilotage TITAN	CTA 1	ISO7	45	D	20	21	0,25	47,5%	52,5%	21	0,25	47,5%	52,5%	2	15			12,85	2,8	36,0
04	Laboratoire TITAN	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	49,5%	50,5%	21	0,01	49,5%	50,5%	0	30			30,28	2,8	84,8
05	Laboratoire LTP	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	49,5%	50,5%	21	0,01	49,5%	50,5%	0	30			14,45	2,8	40,5
06	Pilotage LTP	CTA 1	ISO7	45	D	20	21	0,25	47,5%	52,5%	21	0,25	47,5%	52,5%	2	15			9,04	2,8	25,3
07	Laboratoire AFM - RUGO	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	49,5%	50,5%	21	0,01	49,5%	50,5%	1	30			17,98	2,8	50,3
08	SAS TITAN	CTA 1	ISO7	45	D	20	21	0,25	47,5%	52,5%	21	0,25	47,5%	52,5%	2	5			3,60	2,8	10,1
	LMO - SALLE BLANCHE	CTA 1	ISO7			21,8								9				105,17	2,8	294,5	

Local		CTA	Conditions de base														Dimensions				
N°	Nom		Classe				Hiver			Eté				Occupants	Niveau de pression	Long.	Larg.	Surface nette	Haut.	Volume	
			ISO 14644	Acoustic Nr	BPF	Taux de brassage	Temp.	Hygro.		Temp.	Hygro.										
								Min	Max		Min	Max									
													V/h								°C
01	Laboratoire MINT	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	47,5%	52,5%	21	0,01	47,5%	52,5%	0	20	m	m	10,57	2,8	29,6
02	SAS	CTA 1	ISO7	45	D	20	19	0,25	47,5%	52,5%	23	0,10	47,5%	52,5%	2	5			6,40	2,8	17,9
03	Pilotage TITAN	CTA 1	ISO7	45	D	20	19	0,25	47,5%	52,5%	23	0,10	47,5%	52,5%	2	15			12,85	2,8	36,0
04	Laboratoire TITAN	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	47,5%	52,5%	21	0,01	47,5%	52,5%	0	30			30,28	2,8	84,8
05	Laboratoire LTP	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	47,5%	52,5%	21	0,01	47,5%	52,5%	0	30			14,45	2,8	40,5
06	Pilotage LTP	CTA 1	ISO7	45	D	20	19	0,25	47,5%	52,5%	23	0,10	47,5%	52,5%	2	15			9,04	2,8	25,3
07	Laboratoire AFM - RUGO	CTA 1	ISO7	32	D	20	21	0,01	47,5%	52,5%	21	0,01	47,5%	52,5%	1	30			17,98	2,8	50,3
08	SAS TITAN	CTA 1	ISO7	45	D	20	19	0,25	47,5%	52,5%	23	0,10	47,5%	52,5%	2	5			3,60	2,8	10,1
	LMO - SALLE BLANCHE	CTA 1	ISO7			21,5								9				105,17	2,8	294,5	

Une température commune en toute saison pour toutes les pièces à 21 degrés est préférable.

8.2. CONDITIONS THERMIQUES ET AERAIQUES

Les éléments ci-dessous sont donnés à titre indicatif et seront à confirmer lors de l'étude CFD, conjointement avec l'étude CVC effectuée en parallèle.

Local		Débit de soufflage										Débits CTA				
N°	Nom	Conditions hiver					Conditions été			Débit code du travail		Maîtrise pression				
		Déperditions Bilan thermique	Chaleur des équipemen ts internes	Déperdition s corrigées	Température de soufflage	Débit de soufflage / déperditions	Apports Thermiques Bâtiment	Apports internes	Température de soufflage	Air neuf par occupant	Débit d'air neuf	Débit d'air nécessaire pour la surpression	Infiltrations estimées	Fuites estimées	Débit de soufflage	Débit de reprise
		W	W	W	°C	m3/h	W	W	°C	m³/h/pers	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h
01	Laboratoire MINT	476	125	350	30	114	1 004,2	1 130	15	45	0	30	-	30	655	595
02	SAS	288	5	283	30	76	608,0	613	15	45	90	4	120	120	364	240
03	Pilotage TITAN	578	376	202	30	54	1 220,8	1 597	15	45	90	27	30	30	747	690
04	Laboratoire TITAN	1 363	131	1 232	30	403	2 876,6	3 007	15	45	0	127	30	30	1 827	1 730
05	Laboratoire LTP	650	68	582	30	190	1 372,8	1 441	15	45	0	61	-	30	901	840
06	Pilotage LTP	407	107	299	30	80	858,8	966	15	45	90	19	60	60	529	570
07	Laboratoire AFM - RUGO	809	322	488	30	159	1 708,1	2 030	15	45	45	76	-	30	1 116	1 040
08	SAS TITAN	162	5	157	30	42	342,0	347	15	45	90	3	30	30	208	235
	LMO - SALLE BLANCHE												270	360	6 346	5 940

A considérer avec des marges d'erreur +/-20%

N.B. Des précisions en début d'étude seront apportées.

9. PRESTATIONS GENERALES

9.1. CONTENU DE L'OFFRE

Le soumissionnaire s'engage à avoir pris connaissance avec précision du contenu des pièces de consultations.

Le Titulaire ne pourra se prévaloir ultérieurement d'une mauvaise appréciation des difficultés d'exécution pour réclamer un supplément de prix, un délai supplémentaire ou une modification des prestations.

Les prix remis dans l'offre sont réputés tenir compte de l'ensemble des sujétions résultant de la connaissance du dossier.

9.2. PHASE PREPARATOIRE

Le Titulaire devra être référencé à SOLEIL

Les documents fournis dans le DCE sont des documents guides. Le Titulaire devra réaliser ses relevés - si nécessaire sur site - et ses calculs afin de transmettre ses plans et modèles 3D d'étude CFD pour validation de MOE/SOLEIL.

Avant toute étude et relevés sur site, Le Titulaire devra reconnaître les lieux, faire toutes les investigations complémentaires et demander par écrit à SOLEIL tous les renseignements complémentaires.

Les relevés sur site, si nécessaires, seront réalisés sous plan de prévention (PDP).

En phase étude relevés CFD, le Titulaire devra fournir les prestations et documents suivants :

- Participation à la visite d'inspection commune (VIC) et rapport d'analyse de risques,
- Documents de gestion HSE : MOS, PDP, si les relevés sont nécessaires,
- Fiches d'agrément et certifications des logiciels de modélisation et de simulation CFD,
- Les procédures de contrôle qualité de ses études CFD.

Le Titulaire devra sa participation aux réunions de coordination et synthèse avec le MOA et l'équipe en charge de la conception CVC (parties prenantes du projet).

Le Titulaire devra fournir un Plan d'Assurance Qualité (PAQ) dans lequel il identifiera tous les points d'arrêt nécessaires à la vérification de la conformité de l'exécution de ses études.

Les études et relevés CFD sont enclenchés dès la validation du PAQ et du planning d'étude par la MOE et SOLEIL.

Le Titulaire est entièrement responsable des relevés, des plans et cotes qu'il doit vérifier, si nécessaire par des relevés sur site à sa charge.

Le Titulaire fera son affaire de la fourniture de tous les plans et dossiers pouvant être requis par SOLEIL.

Il communiquera le planning de ses études CVC et convoquera les parties prenantes pour ses points d'arrêt (MOA, MOE).

Il aura à sa charge la réalisation des études CFD, les calculs, les plans, le rapport d'étude et les rendus 3D suivant demandes de la Maîtrise d'œuvre ou SOLEIL.

Le Titulaire prévoira la participation hebdomadaire aux réunions d'avancement d'étude CFD de son chargé d'affaire et responsable technique. Ce dernier assurera l'encadrement et le suivi permanent des études CFD sous sa responsabilité. Il répondra d'une manière générale à toutes les convocations de SOLEIL pour la bonne réalisation et la coordination des études CFD. Il aura également la charge du suivi et de la coordination des études CFD dus et réalisés par ses co-traitants ou sous-traitants, le cas échéant.

9.3. PIECES A FOURNIR PAR LE TITULAIRE

Tous les documents de la prestation CFD doivent être exploitables et fournis au format informatique d'origine.

Les plans sont à fournir au format DWG, les notes et tableaux aux formats Word et Excel.

Les études CFD seront fournies au format ANSYS Fluent de préférence.

La transmission des documents au format PDF sera soumise à approbation préalable du Maître d'Œuvre.

9.3.1. AVANT LE COMMENCEMENT DES PRESTATIONS

Le Titulaire devra fournir les documents suivants :

- Un catalogue méthodique listant les documents d'études CFD

Nota : cette liste des documents des études d'exécution est à fournir avec l'offre.

- Le planning d'exécution détaillé en précisant les incidences éventuelles sur le fonctionnement des installations de SOLEIL.

Tous les documents et plans seront fournis sous format informatique (natif et pdf).

Les études CFD sont enclenchées à la validation du catalogue méthodique par SOLEIL et la MOE.

Le DEE devra contenir un catalogue méthodique résumant l'ensemble des documents contenus dans le DEE. Ce catalogue permettra à SOLEIL de fournir les trames documentaires et les numéros de documents, selon standards du MOA.

Pour les documents graphiques, le catalogue méthodique devra préciser s'il s'agit d'un nouveau document ou d'un plan mis à jour avec les informations du chantier (Plan des réseaux du site, par exemple).

Le délai d'obtention des trames et références SOLEIL est d'à minima 1 semaine.

Le Titulaire devra la fourniture des documents « amont de phase » prévu, au moins 1 mois avant l'intervention sur site.

Avant tout début d'exécution, les documents des études d'exécution devront recevoir une validation par le contrôleur technique, la MOE et le MOA.

Le Titulaire devra produire son Dossier qualité selon les éléments suivants :

- Les documents qualité d'organisation générale du Titulaire, relatifs aux opérations d'études et de calculs CFD ;
- L'organigramme et le personnel d'encadrement responsable de chaque aspect de l'exécution ;
- Une procédure de traitement des changements et modifications
- Un plan de contrôle et d'essais comprenant,
 - , notamment les procès-verbaux de qualification du personnel et des modes opératoires ;
- Une revue des exigences du cahier des charges comparées aux capacités d'exécution ;
- L'attribution des tâches et de l'autorité au cours des diverses phases du projet ;
- Un plan de contrôle présentant les principes et modalités d'organisation du contrôle au cours des phases d'étude et de calculs CFD, y compris l'attribution des responsabilités.

9.3.2. APPROBATION DES DOCUMENTS

- Les pièces et documents fournis seront soumis à l'approbation du Maître d'Œuvre avant exécution (temps d'approbation : 8 jours),
- Le Titulaire commencera les prestations après approbation des pièces et documents. Cette étape ne doit pas avoir d'incidence sur le calendrier d'exécution,
- Le Titulaire soumettra à la Maîtrise d'Œuvre les spécifications des logiciels concernés pour approbation avant le début des études et calculs CFD.

9.4. ETABLISSEMENT DES PLANS ET DOCUMENTS

Le Titulaire aura à prévoir la conception, les propositions de solutions techniques et les dispositions d'installation des équipements.

Ces dispositions seront soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre avant le commencement des prestations.

Les plans techniques et représentations 3D seront établis sous fichier informatique compatible AUTODESK (type viewer Naviswork).

Les études CFD seront fournies au format ANSYS Fluent de préférence.

Les fonds de plans au format DWG seront disponibles et fournis par SOLEIL pour l'établissement des plans de détails.

Le Titulaire aura à sa charge les relevés sur site nécessaires à l'établissement des plans.

Toutes les notes, plans et documents techniques seront établis en langue française. Les côtes seront exprimées en mm pour tous les équipements.

Le document comportera un cartouche conforme aux spécifications de SOLEIL comportant tous les éléments d'identification nécessaire (numéro, nom de l'affaire, la situation des locaux et zones d'implantation, numéro du plan, nom du plan, indice, dates de mise à jour, nature des modifications, échelle...). Le modèle de cartouche sera fourni par SOLEIL dès le démarrage des opérations.

Les plans seront établis aux échelles 1/50 et 1/20.

Les plans et documents seront fournis par le Titulaire en trois étapes :

- Pour information ou approbation,
- Pour exécution (après approbation),
- Dossier conforme à l'exécution = Tel Que Construit (récolement).

Les plans techniques devront indiquer :

- L'implantation des appareils, leurs encombrements et leurs positionnements par rapport aux éléments de construction,
- Les vues en plans, élévations détaillées à l'échelle déterminée,
- La nomenclature des équipements installés,
- Les plans d'implantation des équipements avec indications des côtes principales d'encombrement et des zones nécessaires à leur démontage et à leur entretien.

9.5. DOSSIER DE FIN D'ETUDE

Le dossier devra être soumis à la Maitrise d'Œuvre pour validation.

Il est uniquement transmis en version numérique et/ou USB si demandé par le MOA et la MOE.

D'une manière générale, le dossier de fin d'étude comprendra :

PREMIERE PARTIE - GENERALITES

- La nomenclature générale de tout le dossier complet,
- Présentation du Titulaire avec qualifications, assurances, organigramme de l'affaire avec noms des personnes ayant participé au projet, le plan qualité, etc,
- Synthèse de la Nature des prestations réalisées par le présent CCTP,
- Le CCTP du marché de base et les additifs,
- Le bordereau du Titulaire et compléments, prestations en plus et en moins,
- La clé USB Dossier des Ouvrages Exécutés (dans pochette spécifique).

DEUXIEME PARTIE - TECHNIQUES

- Les notes de calculs à jour des derniers éléments du dossier,
- Les spécifications fonctionnelles,
- Les schémas de principe CVC ,
- Les schémas de régulation PID, sous contrôle LMO, paramétrage à définir,
- La nomenclature de tous les matériels installés accompagnés des fiches techniques, de leurs documentations,
- Les fiches techniques des fabricants avec leurs coordonnées,
- Les documents d'autocontrôle,
- Les plans.

NOTA : Les plans seront des plans tel que construit. Ils sont indicés à l'indice supérieur connu et datés.

9.6. EXIGENCES DE CONCEPTION ET REALISATION

D'une manière générale, le Titulaire devra l'ensemble des prestations d'études nécessaires à la réalisation des installations CVC capables de répondre aux besoins exprimés du LMO en fonctionnement normal et dans toutes les conditions requises de sécurité et de réglementation applicable.

L'attention du Titulaire est attirée sur le fait que les prestations sont à réaliser en tenant compte de la coordination étroite avec l'équipe en charge de l'étude CVC.

L'étude CFD du Titulaire sera conduite en parallèle de l'étude CVC (Ingénierie CVC) afin d'alimenter les choix de conception et de dimensionnement des installations aérauliques.

Les résultats des simulations numériques seront intégrés de manière itérative au développement du projet pour valider les performances de diffusion d'air, l'efficacité de la ventilation et le respect des critères de confort et de sécurité définis au programme.

Les modélisations numériques des écoulements d'air, des gradients de température, du HR, de la pression et des flux thermiques seront exploitées pour affiner le dimensionnement des installations, valider les hypothèses de conception et garantir l'atteinte des performances fonctionnelles requises.

Le Titulaire participera aux points de coordination avec l'équipe en charge des études CVC selon une fréquence adaptée à l'avancement du projet.

Le soumissionnaire intégrera dans son offre le temps nécessaire à ces échanges et aux éventuelles mises à jour des simulations consécutives aux décisions prises lors de ces réunions.

La prestation comprendra à minima :

- 1 réunion de lancement et de recueil des données d'entrée ;
- 1 réunion de validation des hypothèses et scénarios de calculs ;
- 2 réunions de présentation des résultats intermédiaires ;
- 1 réunion de synthèse et de validation finale.

Le Titulaire prendra en compte les observations formulées lors de ces réunions et procédera aux ajustements nécessaires de son modèle numérique.

Le Titulaire se doit par ailleurs de réaliser toute autre prestation objet de ce CCTP conformément :

- ☐ Aux documents du marché,
- ☐ Aux recommandations des fournisseurs,
- ☐ Aux règles de l'art et aux textes légaux en vigueur,
- ☐ Aux contraintes de chantier.

Le Titulaire est chargé de l'ensemble des prestations de CFD.

La seule interface de ce marché se situe entre SOLEIL et le Titulaire.

Le Titulaire est réputé connaître les conditions de sécurité, d'exploitation et d'entretien des équipements concernés par le présent CCTP.

Il doit concevoir ses prestations en tenant compte des conditions propres à SOLEIL. Il doit réclamer tout complément d'information qui lui semblent indispensables à la réalisation de ses prestations.

Le Titulaire devra se conformer aux règles et prescriptions SOLEIL et notamment :

- ☐ Accueil sécurité
- ☐ Plan de Prévention et agrément
- ☐ Habilitations
- ☐ Visite du site au préalable
- ☐ Assurance Tous Risques Chantier et Assurance Civile
- ☐ Code du Travail et règlements sanitaires et sécurité
- ☐ Règlement interne de sécurité de Synchrotron SOLEIL
- ☐ Respect des règles de sécurité de Synchrotron SOLEIL

Le Titulaire devra s'informer en avance des prestations et des spécifications particulières à respecter sur les ouvrages et installations existantes et/ou à proximité de celles-ci.

La validation ou l'approbation de SOLEIL ne diminue en rien la responsabilité du Titulaire par rapport à ses prestations CFD.

La langue usuelle est le français. Toutes les personnes intervenantes (Titulaire et sous-traitant) auront l'obligation d'être représentées en permanence par une personne maîtrisant la langue usuelle du site d'intervention, soit le français.

Tous les documents devront être rédigés en français.

9.6.1. VISITE DES LIEUX

Le Titulaire aura une parfaite connaissance de toutes les conditions physiques et de toutes les sujétions relatives aux lieux des prestations, aux accès, aux abords, à l'exécution des prestations à pied d'œuvre et à son environnement.

À titre non exhaustif, lui sont parfaitement connus les points suivants :

- Le terrain et ses sujétions, notamment en fonction des dispositions géométriques et des installations existantes ;
- Les sujétions des règlements administratifs en vigueur.

9.6.2. PLAN DE PREVENTION

Les prestations de relevés éventuels seront effectuées selon le décret 92-158 du 20 février 1992. Un plan de prévention devra être rédigé définissant les points suivants :

- L'ensemble des risques établis ;
- L'ensemble des mesures préventives ;
- La liste d'activités dangereuses ;
- La liste des salariés en suivi renforcé ;
- La méthodologie d'intervention en cas de secours sur le chantier.

Préalablement aux prestations et à l'établissement du plan de prévention, une Inspection Commune Préalable « ICP » doit avoir lieu. Elle a comme objectifs de :

- Permettre au Titulaire intervenant d'appréhender les lieux et installations du futur chantier ;
- Discuter des moyens mis à disposition au Titulaire utilisateur (ici SOLEIL) : électricité, vestiaires, ... ;
- Matérialiser les dangers, trouver les voies d'accès et de circulations convenables ;
- Informer le Titulaire intervenant de l'ensemble des règles de sécurité du site.

En cours de chantier, des inspections périodiques et aléatoires seront menées pour veiller à la mise en place et au respect du plan de prévention et également à déceler des nouvelles situations à risques si besoin.

9.7. PHASAGE ET PLANNING

Le Titulaire présentera un planning d'organisation qui permet de respecter impérativement les délais sans incidence complémentaire sur le coût des prestations. Cette organisation est prévue dans le coût de la prestation.

Les prestations de relevés (si nécessaires) étant réalisées sur le site en activité, toutes les interventions sur site seront réalisées en coordination avec VULCAIN et SOLEIL. Toutes ces incidences font intégralement partie de l'offre du présent CCTP.

Les prestations de relevés (si nécessaire) sur les installations d'utilités et de la salle blanche seront réalisées selon un planning cadré avec VULCAIN et SOLEIL. Dans tous les cas, les dispositions doivent être prises pour la remise en route fonctionnelle des installations aux dates et heures définies par la programmation.

Clause de phasage et points d'arrêt :

Chaque étape critique fera l'objet d'un point Go / No Go avec validation MOE / DSI avant poursuite.

Amont de la phase :

Au début de chaque phase, plusieurs éléments sont à prévoir/vérifier pour son bon déroulement :

- Fourniture d'un planning de phase (complémentaire du planning EXE, précision au jour près) définissant :
 - Les dates de début et de fin d'intervention,
 - Les tâches à réaliser,
 - Les points de contrôle et les points d'arrêts,
 - Une provision de délai pour aléa de chantier est prévue.
- Fourniture de la méthodologie d'intervention ;
- Une réunion de préparation de phase avec l'ensemble des intervenants, afin de valider les opérations, le planning et les préparations nécessaires par SOLEIL.

Fin de la phase :

A chaque fin de phase, plusieurs éléments sont à prévoir afin de l'achever correctement, et surtout assurer le démarrage de la phase à venir :

- A chaque fin de phase ou interruption nécessaire pour SOLEIL, un repli de chantier est nécessaire : le matériel et matériaux doivent être évacués ;
- Le chantier doit être intégralement nettoyé et remis en état (réparation de dégâts occasionnés si nécessaire) ;
- Le chantier doit être sécurisé et sans risque ;
- Si nécessaire, des protections collectives sont installées afin de protéger le personnel de tout risque ;
- Des éléments de protection ou garde-corps doivent être installés pour sécuriser la zone de chantier afin de permettre le passage du personnel en situation normale, en éliminant le risque de chute de plain-pied.

9.8. CONDITIONS DE REALISATION DES RELEVES SUR SITE

Si nécessaire, le Titulaire sera amené à procéder à des relevés sur site afin de conforter l'acquisition des données d'entrées.

Le site de SOLEIL dispose de procédures d'intervention et de permis de travail à prendre en compte pour la préparation des interventions notamment :

- Rapport de consignation,
- Permis de travail en hauteur,
- Coupure des systèmes d'incendie,
- Permis d'ouverture des conduites,
- Permis de prestations sous-tension,
- Inactivité de sécurité.

Le Titulaire a la responsabilité d'imposer les mesures de sécurité et d'hygiène nécessaires sur le chantier qui découlent du plan de prévention réalisé ou des normes / réglementations en vigueur.

Tout intervenant sur chantier doit porter l'ensemble des Equipements de Protection Individuelle (E.P.I.) nécessaires afin de garantir sa sécurité et celle des autres sur site. Il doit suivre les règles de sécurité mises en évidence sur le balisage de chantier.

Les E.P.I doivent être adaptés à chaque situation et à chaque travailleur.

L'ensemble des E.P.I doit, a minima, être composé de la liste suivante, sans pour autant être exhaustive :

- Chaussures de sécurité ;
- Gants de protection ;
- Lunettes de protection ;
- Protection auditive ;
- Casque de chantier.

L'ensemble des E.P.I utilisé doit être homologué par un marquage CE et une déclaration UE de conformité. Ces derniers éléments doivent être clairement indiqués de manière visible et

indélébile. Les E.P.I sujets au vieillissement doivent être contrôlés et retirés du chantier si leur date est à expiration.

De plus, le Titulaire doit prévoir, si nécessaire, l'ensemble des Equipements de Protection Collective (E.P.C) sur le chantier. Ces éléments, sans pour autant être exhaustifs, peuvent être les suivants :

- Barriérage ;
- PIRL ;
- Echafaudage.

9.9. PROPRETE

En fin de relevés, un nettoyage fin, avec évacuation des éventuels déchets, sera effectué par le Titulaire. A défaut du respect de ses obligations de nettoyage, SOLEIL peut, s'il le juge nécessaire, faire intervenir une entreprise tierce à la charge du Titulaire. Une déclaration de sous-traitance sera alors à soumettre à SOLEIL pour acceptation par le biais de la transmission d'un DC4 puis incluse dans le plan de prévention lié à cette prestation.

9.10. QUALIFICATION DU PERSONNEL

Tous les intervenants qui seront chargés sur le site des relevés, si nécessaire, devront posséder les habilitations requises sur le site de SOLEIL.

Prestations en hauteur : Tous les intervenants devront suivre les instructions de sécurité relatives aux prestations en hauteur. Le Titulaire devra s'assurer du bon état des escaliers, des passerelles, des planchers, des garde-corps, des échafaudages, des lignes de vie et demandera les procès-verbaux de réception valides avant toute utilisation (PV de réception et de vérification avant mise en service d'un échafaudage, examen visuel quotidien de conservation). Les échelles portables, les escabeaux et marchepieds ne doivent pas être utilisés comme poste de travail. Une dérogation est obligatoire et s'appuiera sur un mode opératoire spécifique écrit et validé par le Maître d'Ouvrage. Pour les entreprises intervenantes, le Coordonnateur SPS veillera à ce que les conditions ci-dessus soient remplies pour accepter le mode opératoire.

Le Titulaire produira les certificats de son personnel attestant l'aptitude aux prestations à proximité des réseaux (AIPR).

Le Titulaire produira les certificats de son personnel attestant l'aptitude aux prestations en hauteur et aux prestations sur échafaudage.

Tout personnel intervenant sur site devra avoir suivi et validé un pré-job sur la sécurité, présentant les consignes de sécurité à respecter pour la circulation sur site et la réalisation des prestations. En cas d'intervention ponctuelle, le Titulaire pourra demander une dérogation, soumise à validation de SOLEIL après avis du CSPS.

9.10.1. OBLIGATIONS DU TITULAIRE

Le Titulaire est chargé de l'exécution des prestations telles que décrites dans la présente spécification technique et réquisition technique et déclare avoir une parfaite connaissance des conditions techniques d'exécution.

Le Titulaire a une obligation contractuelle de résultats ainsi qu'une obligation générale de conseil, de renseignements et d'informations en tant que professionnel des technologies en cause.

La mission CFD constitue une prestation indissociable de l'étude CVC réalisée en parallèle.

Le Titulaire devra assurer une collaboration continue avec l'équipe en charge de l'étude CVC afin de garantir la cohérence des hypothèses de calcul, des données de dimensionnement et des solutions techniques proposées.

Les simulations CFD devront être mises à jour en fonction de l'avancement de l'étude CVC et leurs résultats devront être exploités pour orienter et valider les choix de conception.

Aucune étude CFD ne pourra être considérée comme définitive sans prise en compte des itérations et arbitrages issus de l'étude CVC.

Le Titulaire s'engage à n'utiliser qu'un matériel certifié et en parfait état de conformité avec la réglementation en vigueur et les règles de l'art et à ne l'utiliser que conformément à sa destination technique.

Le Titulaire s'engage à une conception et à une exécution dans les règles de l'art permettant l'obtention des caractéristiques et performances, y compris celles relatives à la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité des équipements décrites dans la présente spécification technique.

Le Titulaire doit pouvoir présenter les certificats et contrôles techniques en cours de validité pour chaque engin ou matériel utilisé.

Les dispositions représentées sur les plans ainsi que la présente description donnent une idée générale de l'installation et n'ont qu'une valeur indicative. Elles traduisent le souci de respecter les principes de construction, les normes et la standardisation adoptées pour le projet.

Dans le domaine de la conception et de l'exécution, le Titulaire reste seul responsable et seul juge, en dernier ressort, des solutions qu'il adoptera en vue de garantir la bonne marche de son installation et l'obtention des caractéristiques imposées.

10. DESCRIPTION DES PRESTATIONS CFD

Les objectifs de la simulation CFD dans le LMO sont principalement les suivants :

- Explorer les phénomènes complexes de transfert d'air et de transfert thermique du LMO ;
- Tester virtuellement différents scénarios de configurations par connaissance tridimensionnelle des grandeurs physiques souhaitées : vitesses, T°, Pression, HR et transferts thermiques ;
- Vérifier la ventilation suffisante pour assurer le refroidissement des zones de travail ;
- Prioriser la **stabilité** T° et HR et la **suppression de gradient** pour obtenir le « **meilleur effort** » en performance par salle ;
- Optimiser la performance des systèmes CVC, notamment le rendement énergétique ;
- Réduire coûts et délais d'installation des systèmes CVC en fiabilisant la solution optimale retenue.

Les résultats attendus principaux comprendront :

- Un rapport décrivant l'efficacité du système de ventilation ;
- Des visualisations du champ d'écoulement (vecteurs de vitesse, lignes de courant, contours de température, etc.).

Le Titulaire soumettra à la Maîtrise d'Œuvre les spécifications des logiciels pour approbation avant tout début d'étude CFD.

Toute disposition doit être prise par le Titulaire pour répondre aux remarques MOE/MOA et/ou spécificités de ce CCTP.

Toute erreur ou omission affectant ce CCTP doit être signalée à la Maîtrise d'Ouvrage dans l'offre initiale, faute de quoi leurs conséquences financières éventuelles seront à la charge exclusive du Titulaire.

Toute dérogation aux prescriptions du présent CCTP peut être proposée par le Titulaire s'il l'estime avantageuse pour réduire le coût et/ou le délai d'exécution de la prestation en ne mettant en cause ni la sécurité du personnel, ni les exigences de la réglementation, ni les fonctions génériques du projet. Les variantes devront maintenir toutes les exigences préconisées dans le présent document.

Néanmoins, l'attention du Titulaire est attirée sur le fait que les niveaux de performances et les niveaux qualitatifs exigés de l'étude CFD devront être respectés, quand bien même ces prescriptions vont au-delà des caractéristiques standards.

10.1. PERIMETRE DE L'ETUDE

L'étude CFD devra couvrir les prestations suivantes :

- Le développement et la validation d'un modèle CFD aéraulique et thermique en régime permanent ;
- La préparation de la géométrie du LMO à partir des plans fournis ;
- La simulation des cas de ventilation avec une même géométrie mais des conditions limites différentes (conditions thermiques, conditions aérauliques)..

La proposition du Titulaire devra inclure les informations de gradients thermiques par pièces dans les 3 dimensions ainsi qu'à l'intérieur des enceintes instrumentales.

Il est demandé au Titulaire de proposer les modes de transferts thermiques à prendre en compte dans le modèle afin d'obtenir une bonne identification des échanges thermiques entre les éléments des installations et l'air ambiant du LMO dans le plan horizontal et le plan vertical (transversal et longitudinal).

Les cas de simulation CFD sont définis comme suit :

Scénario n°1 :

Simulation CFD avec approche passive sans climatisation, ni ventilation mécanique.

La simulation CFD à CTA éteinte sera confrontée à une étude faite par le LMO sur les températures des surfaces murales du LMO stabilisé après extinction de la CTA existante pendant 2 jours.

Cette étape servira à valider le modèle. La température/hygrométrie extérieure pendant la période de mesures sera fournie également au Titulaire.

Scénario n°2 : en OPTION

Simulation CFD avec approche active avec climatisation et avec ventilation mécanique.

Scénario n°3 :

Simulation CFD avec approche d'amélioration de la stabilité de température en ZSP telle que :

- Ajout d'enceintes,
- Ajout d'autre dispositif CVC,
- Etude conjointe CFD / CVC,
- Ajout de vibrations,
- Ajout de transmissions instruments.

Scénario n°4 :

Simulation CFD avec approche dégradée sur modèle n°3 dans le but d'évaluer la vitesse de stabilisation du système :

- Influence d'une salle adjacente à température différente,
- Ouverture de porte,
- Surcharge thermique.

Scénario n°5 :

Simulation CFD n°3 avec approche de l'enceinte instrumentale retirée salle TITAN 1, CFD restreinte à la salle TITAN + vibration + transmission instruments.

Scénario n°6 :

Simulation CFD n°3 avec approche de l'enceinte TITAN 1 optimisée et ventilation d'extraction de la chaleur du Fizeau + vibration + transmission instruments.

Des scénarios supplémentaires pourront être réalisés, sur demande du MOA, via un avenant. Le Titulaire pourra être force de proposition pour les solutions/scénarios d'optimisation des performances.

10.2. MODELISATION DU DOMAINE PHYSIQUE

Une géométrie 3D représentant le système étudié sera créée par le Titulaire selon les plans fournis par SOLEIL.

La géométrie des obstacles intérieurs sera simplifiée (exemple : les mobiliers ne seront pas modélisés en détail).

10.3. MAILLAGE ET VERIFICATION NUMERIQUE

Le maillage dépend de la méthode numérique utilisée. Le domaine est découpé en petits volumes élémentaires appelées cellules. Le maillage doit être adapté aux caractéristiques de l'écoulement étudié (zones fines et précision des résultats).

Le Titulaire développera les maillages nécessaires au lancement des simulations numériques, un maillage plus fin pourrait être attendu pour les températures à l'intérieur des enceintes spécifiques des instruments.

Le Titulaire proposera des solutions d'enceintes instrumentales avec des ventilations spécifiques visant à fournir la meilleure stabilité et le moins de gradient possible dans les enceintes instruments. Celles-ci devront inclure le fonctionnement des appareils et leurs émissions thermiques.

Afin de garantir la fiabilité des résultats CFD, le Titulaire devra mettre en œuvre une démarche de vérification numérique visant à quantifier l'impact des choix de discrétisation sur la solution. À ce titre, une étude d'indépendance de maillage devra être réalisée sur au minimum trois niveaux de raffinement permettant de démontrer la convergence des grandeurs physiques d'intérêt (température, vitesse d'air, pression, HR, flux thermiques).

Le Titulaire devra documenter les critères de convergence utilisés (résidus, bilans massiques et énergétiques, stabilisation des grandeurs caractéristiques) et justifier leur adéquation avec la précision attendue de l'étude.

Les écarts observés entre les différentes résolutions devront être analysés et présentés dans le rapport final, accompagnés d'une estimation de l'erreur numérique associée.

Le Titulaire devra transmettre les éléments ayant servi à la simulation incluant la géométrie utilisée, les maillages de calcul (notamment ceux employés pour l'étude d'indépendance), ainsi que les principaux paramètres de calcul mis en œuvre.

Le Titulaire devra démontrer la qualité des calculs réalisés en fournissant un document attestant que les résultats sont indépendants du maillage sur la base d'au moins trois maillages différents. Il devra également justifier la convergence des calculs et vérifier la cohérence des bilans massiques et énergétiques.

10.4. CHOIX DU MODELE PHYSIQUE ET DES EQUATIONS

L'étude CFD reposera sur les équations de Navier-Stokes qui décrivent les lois fondamentales de conservation de la masse et de la quantité de mouvement. Les modèles physiques complémentaires seront ajoutés pour décrire la turbulence, les transferts thermiques, les transferts d'air les températures des zones.

Les simulations seront effectuées en régime permanent avec un modèle de turbulence type RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes). La sélection d'un modèle RANS approprié fait partie de la mission d'étude CFD.

Le Titulaire devra fournir une justification argumentée des choix de modélisation retenus pour la simulation CFD.

Cela inclut notamment :

- le choix du modèle de turbulence (k - ϵ , k - ω ou autre),
- la démonstration de son adéquation au cas industriel traité (écoulements internes, recirculation, convection thermique, etc.).

Les hypothèses principales du modèle devront être exposées ainsi que leurs limites éventuelles afin de garantir la transparence et la traçabilité de l'approche retenue.

10.5. CONDITIONS AUX LIMITES ET PARAMETRES PHYSIQUES

Tous les paramètres doivent être définis et pris en compte avec soin pour obtenir un modèle représentant convenablement le problème à étudier.

Le Titulaire devra intégrer une approche minimale de quantification des incertitudes (Uncertainty Quantification) afin d'évaluer la sensibilité du modèle aux hypothèses d'entrée.

Cette analyse prendra la forme d'une étude de sensibilité paramétrique portant notamment sur les grandeurs suivantes :

- Charges thermiques internes,
- Température d'entrée d'air,
- Pression des locaux,
- HR de l'air,
- Vitesse d'écoulement d'air,
- Flux thermiques.

Ces paramètres devront être soumis à des variations comprises entre $\pm 10\%$ et $\pm 20\%$. L'impact de ces variations sur les résultats (température, vitesses, etc.) devra être analysé et présenté de manière claire.

Le Titulaire devra expliciter les hypothèses retenues pour la modélisation, notamment le choix des modèles physiques tels que le modèle de turbulence, et préciser les limites de validité de l'étude.

10.6. RESOLUTION NUMERIQUE ET VALIDATION DU MODELE CFD

Un solveur CFD (tel que logiciels ANSYS Fluent si possible, Autodesk CFD ou OpenFOAM) sera utilisé pour résoudre numériquement les équations sur le maillage et permettre d'obtenir une solution convergée du problème.

L'écoulement sera modélisé en régime permanent, c'est-à-dire en considérant que les effets transitoires sont négligeables.

Le fluide sera modélisé comme de l'air incompressible et isotherme, c'est-à-dire que le nombre de Mach est suffisamment faible et que l'écoulement se fait à température constante.

Cette étape doit mettre en évidence les échanges thermiques entre les éléments et les matériaux composants.

Les critères de conception suivants sont donnés pour le projet :

La stabilité des zones prioritaires et des zones prioritaires sous enceintes est souhaitée à $< 0.01^\circ\text{C}$,

- Le gradient des ZSP et des ZSP sous enceintes est souhaité à $< 0.01^\circ\text{C}$.

Le Titulaire devra mettre en œuvre une démarche de validation du modèle CFD visant à évaluer la représentativité des résultats vis-à-vis du comportement réel de l'installation.

Dans la mesure du possible, cette validation s'appuiera sur des données issues de mesures in situ (températures, vitesses d'air, HR, Pression, gradients thermiques) relevées dans des conditions représentatives de fonctionnement du LMO.

A partir des résultats et de la méthode la plus efficace pour garantir la stabilité et minimiser les gradients de température dans les pièces du LMO et des instruments, le prestataire de l'étude CFD déterminera, avec l'équipe en charge de l'étude CVC, la solution CVC la mieux adaptée à fournir les résultats attendus.

Les études CFD seront réalisées en parallèle des études CVC et en étroite interaction avec celles-ci. Les hypothèses de calcul, données d'entrée et évolutions de conception issues de l'étude CVC devront être intégrées au fur et à mesure de leur définition. Les résultats CFD devront permettre d'alimenter les choix de conception et de valider les performances attendues des systèmes étudiés.

Une comparaison quantitative entre les résultats CFD et les données expérimentales devra être réalisée et analysée, en mettant en évidence les écarts observés et leur acceptabilité au regard des objectifs de l'étude.

En l'absence de données mesurées disponibles, le Titulaire devra justifier les hypothèses retenues et proposer une stratégie de validation alternative basée sur des références bibliographiques, des retours d'expérience ou des cas de référence.

Le Titulaire devra expliciter clairement les grandeurs d'intérêt (Quantities of Interest – QoI) qui serviront à l'évaluation des performances du système étudié.

Ces grandeurs incluront au minimum :

- La température,
- L'hygrométrie HR,
- La pression,
- La vitesse de l'air dans les ZSP,
- Le taux de renouvellement d'air dans les volumes considérés,
- Les transferts thermiques.

Ces indicateurs devront être extraits, analysés et utilisés comme base de comparaison et de validation du modèle.

10.7. POST-TRAITEMENT

Après avoir vérifié la convergence et la validité de la solution obtenue, le Titulaire analyse les résultats à travers l'extraction de grandeurs physiques (profils de température, de vitesse, grandeurs moyennées, minimales, maximales sur des volumes, des surfaces, variations temporelles,...) ou des visualisations (lignes de courant, champs de température, iso-surfaces etc.) pour en tirer des conclusions utiles.

Le Titulaire devra réaliser une analyse des incertitudes associées aux principales données d'entrée du modèle CFD, notamment les conditions aux limites, les charges thermiques, ainsi que les paramètres de fonctionnement des systèmes de ventilation.

Cette analyse prendra la forme d'une étude de sensibilité visant à évaluer l'influence des paramètres critiques sur les résultats, en considérant des variations représentatives des incertitudes (par exemple $\pm 10\%$ à $\pm 20\%$).

Les résultats de cette étude devront permettre d'identifier les paramètres les plus influents et de qualifier la robustesse des conclusions de l'étude CFD vis-à-vis des hypothèses retenues.

Le Titulaire devra présenter dans le rapport final une synthèse des incertitudes identifiées ainsi que leur impact potentiel sur les indicateurs de performance définis (température intérieure, vitesse d'air, efficacité de ventilation).

10.8. RENDUS D'ETUDE CFD

Tous les livrables devront être structurés, traçables et conformes aux bonnes pratiques de vérification et validation issues du référentiel ASME V&V 20.

Les livrables d'étude CFD demandés pour le projet sont les suivants :

- Note de cadrage
Le Titulaire devra fournir, en début de prestation, une note de cadrage présentant le périmètre de l'étude, les principales hypothèses retenues (conditions aux limites, charges thermiques, débits), les grandeurs analysées (température, vitesse d'air, pression, HR), ainsi que les choix de modélisation envisagés.

- Résultats CFD
Le Titulaire devra fournir un rapport principal présentant les résultats de la simulation, incluant des cartographies, présentation graphique et animation 3D des profils de vitesse, de pression, de température et d'hygrométrie dans chaque salle et l'identification des zones critiques.

Le Titulaire annoncera les résultats de performances pour chaque scénario :

- Stabilité après 24h,
 - Gradient maximal par ZSP après 24h,
 - Performance toute saison : atteinte des conditions après 24h,
 - Absorption des gradients temporels dus aux cycles journaliers.
- Fichiers exploitables
Le Titulaire devra fournir les résultats sous formats exploitables type Excel, ainsi que les fichiers nécessaires permettant d'analyser ou de relancer les calculs.
 - Synthèse finale
Le Titulaire devra fournir une synthèse finale présentant de manière claire les conclusions de l'étude, le respect des objectifs fixés et, le cas échéant, les recommandations techniques associées.

Les Plans d'analyse et rendus 3D seront rendus pour validation des résultats attendus pour les scénarios.

Il sera procédé à une réception technique incluant la vérification de la conformité des études CFD avec la présente spécification.

La réception de l'étude CFD finale sera conditionnée à la remise complète du Dossier de Fin d'Étude CFD et à la démonstration du respect des exigences définies dans la présente spécification. À ce titre, le Titulaire devra fournir l'ensemble des livrables prévus, incluant les rapports de calculs, les fichiers sources exploitables, les résultats détaillés, les représentations graphiques et animations 3D, ainsi que la synthèse finale.

La réception technique portera notamment sur :

- La conformité du modèle numérique aux hypothèses et données d'entrée validées lors de la phase de cadrage ;
- La cohérence et la traçabilité des méthodes de calcul mises en œuvre ;
- La complétude des scénarios étudiés et des résultats associés ;
- La vérification de l'atteinte des critères de performance définis au présent CCTP ;
- La fourniture des éléments permettant la reproductibilité et l'exploitation des résultats ;
- La prise en compte et le traitement des éventuelles demandes de clarification ou de correction émises lors de la revue des documents.

La réception sera prononcée lorsque l'ensemble des livrables aura été validé par MOE et la Maîtrise d'Ouvrage (MOA) ou son représentant et que les éventuelles réserves identifiées lors de la réception technique auront été levées. En cas de non-conformité majeure remettant en cause la validité des résultats ou l'atteinte des performances requises, la réception pourra être refusée jusqu'à la remise d'une version corrigée de l'étude.

Le Titulaire devra proposer un plan d'actions sous 5 jours ouvrés et lever l'ensemble des réserves dans un délai maximum de 15 jours calendaires, sauf disposition particulière validée par le MOA.

Une fois la totalité des réserves levées, la réception en présence du MOA ou de son représentant pourra avoir lieu. Elle donnera lieu à un procès-verbal avec ou sans réserve. En cas de réserves, une seule réunion de levée de réserves sera prévue.

L'acceptation de cette réception devra être confirmée par un procès-verbal signé par le Titulaire du marché.

La réception ne sera prononcée qu'après remise du Dossier de fin d'étude CFD revu et corrigé par le Titulaire.

11. EXIGENCES QUALITE ET SSE

Le Titulaire promeut et soutient une culture Qualité, Environnement, Sécurité en diffusant notamment au sein de son organisation une politique de responsabilité et d'engagement constant de son personnel pour respecter les exigences du MOA.

Les relevés éventuels seront réalisés en site occupé / exploité, sans interruption de l'activité existante.

À ce titre, le Titulaire devra prendre toutes les dispositions nécessaires afin de garantir la sécurité des usagers et du personnel, la continuité du service, ainsi que la limitation des nuisances (chocs, bruit, poussières, vibrations, coupures de réseaux, etc.).

L'organisation des relevés devra être coordonnée avec l'exploitant du site, notamment pour la définition des phasages, des horaires d'intervention et des zones de travaux, conformément à la réglementation en vigueur.

11.1. EXIGENCES QUALITE

Le Titulaire doit définir, mettre en œuvre et maintenir des dispositions de management de la qualité répondant aux exigences de la norme ISO 9001-2015.

Si la prestation concerne un groupement d'entreprises, les dispositions suivantes s'appliquent.

Tout groupement d'entreprises donne lieu à :

- La désignation d'un membre mandataire pour représenter les autres membres ;
- La déclaration des sous-traitants par chaque membre du groupement ;
- La réalisation des dispositions de surveillance sur les membres du groupement et les sous-traitants (incluant une vision consolidée de la surveillance réalisée par chaque membre du groupement) ;
- La rédaction d'une convention de groupement
- La rédaction d'un document qualité qui détaille :
- L'organisation, les responsabilités, les interfaces et les modalités d'information des membres,
- La réalisation des contrôles et des actes de surveillance au périmètre de chaque membre du groupement et le cas échéant, des contrôles techniques.

11.2. EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES

Le Titulaire s'engage à respecter les dispositions mises en place par le MOA dans le cadre de la norme ISO 14001.

De plus, il s'engage à évaluer les moyens d'actions en cas d'accident issu des activités de sa prestation.

L'opération sera conforme aux exigences de l'ensemble des lois relatives à l'élimination des déchets.

Le Titulaire prendra toutes les dispositions pour éliminer ses déchets en respectant la nouvelle réglementation concernant l'élimination des déchets en vigueur depuis le 1er juillet 2002 (Loi n°92 - 646).

Tous les déchets doivent être, dans la mesure du possible, recyclés ou retraités. Seuls les déchets ultimes pourront être envoyés dans une décharge.

Il conviendra en premier lieu de respecter les prescriptions du MOA sur les exigences environnementales et la gestion des déchets puis de se référer aux plans départementaux de traitement et de stockage des déchets pour les déchets courants (inertes ou DIB) et aux plans régionaux pour les déchets dangereux (DIS).

11.3. EXIGENCES SANTE-SECURITE

Le Titulaire s'engage à respecter les dispositions mises en place par le MOA dans le cadre de la norme ISO 45001.

A la demande du MOA, le Titulaire doit rédiger une analyse de risque préalable à l'opération (fiche de risques des entreprises extérieures) qui sera nécessaire à la rédaction du plan de prévention.

Pour toute prestation, le Titulaire déclinera à tout son personnel les mesures de prévention définies ainsi que les différentes consignes, messages santé, sécurité du MOA et s'assurera qu'ils sont respectés.

11.3.1. SECURITE SUR LE CHANTIER

La sécurité du chantier du bâtiment sera assurée par un animateur sécurité missionnée par le MOA pour les relevés éventuels réalisés dans le LMO. Cet interlocuteur aura la charge :

- D'émettre un avis sur les modes opératoires du Titulaire,
- D'émettre un avis sur les mesures de sécurité prévues par le Titulaire,
- Le suivi de la mise en œuvre des mesures de sécurité.

Le Titulaire devra identifier clairement un responsable sécurité dans son équipe qui aura la charge de communiquer avec l'animateur sécurité. Il devra prendre en compte toute remarque et proposer des mesures correctives.

11.3.2. TRAVAUX A RISQUES

Lors des travaux à risques (travaux en hauteur, travaux électriques, etc.), le Titulaire est tenu de fournir du matériel adapté au risque en question. La mise en place de ces matériels est soumise à validation du MOA et avis de l'animateur sécurité. Tout manquement pourra mener à un arrêt de chantier tant que les consignes de sécurité ne seront pas appliquées.

Les équipements de protection collectifs seront à charge du Titulaire (garde-corps par exemple).

11.3.3. MATERIEL DE RELEVES

La liste du matériel pressenti par le Titulaire devra faire l'objet d'une validation du MOA avant d'être amenée sur site. À ce stade, il est à noter :

- Interdiction de lampes de chantier type halogènes,
- La mise en charge des engins électriques la nuit doit faire l'objet d'une demande de dérogation qui sera validée ou non par. SOLEIL

11.4. EXIGENCES RELATIVES AUX CFS

Le Titulaire doit mettre en œuvre toutes les dispositions pour se prémunir des risques CFS à tous les niveaux de ses activités opérationnelles.

En cas de suspicion, le Titulaire recueille les éléments de preuve et s'engage à :

- Prendre des dispositions de protection du produit,
- Informer sans délais le client,
- Tracer et traiter l'évènement en écart.

11.5. INTERFACES TITULAIRE

11.5.1. REUNION D'ENCLenchement

Une réunion d'enclenchement de la prestation permettra de définir précisément :

- La levée des préalables :
- La bonne compréhension des exigences définies entre les acteurs,
- Le PAQ,
- Les habilitations, formations et sensibilisations nécessaires,
- La déclaration de sous-traitance.
- Le mode de fonctionnement attendu entre le chargé d'affaire MOA, le Titulaire et ses éventuels sous-traitants,
- Un planning détaillé de la réalisation présenté par le Titulaire,
- Les points d'arrêt et de contrôle dans le déroulement de la prestation,
- La périodicité des réunions de suivi.

La réunion d'enclenchement sera tenue en présentiel sur le site SOLEIL.

11.5.2. SUIVI DE LA PRESTATION

- En phase études, il sera prévu :
- Une réunion technique hebdomadaire pour :
- Suivre l'avancement des études d'exécution,
- Suivre l'avancement des visas d'exécution,
- Présenter les points durs de l'étude,
- Préciser les données d'entrées éventuellement manquantes.
- Une réunion contractuelle mensuelle pour :
- Présenter le planning prévisionnel des études d'exécution,
- Analyser les performances du Titulaire sur la base d'un tableau de bord faisant apparaître, a minima, les indicateurs définis dans le présent document,
- Traiter toute difficulté éventuelle et son suivi,
- Suivre la prise en compte et le traitement des dysfonctionnements,
- Réunion en présentiel sur le site de SOLEIL.
- Tout sujet de coactivité pourra faire l'objet d'un point d'échange spécifique autant que de besoin

Les comptes-rendus seront rédigés par le Titulaire et validés par le MOA.

12. ANNEXES

Documents SOLEIL :

- Plan LMO ASM_SBL_FUL_001L_revD.pdf
- Plan global LMO ASM_SBL_FUL_001_VUEGLOBALE_revD.pdf
- Plan cloisons P3040017 Cloisons E.dwg