



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AERONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

CCTP pour le ou les sites de ⁽¹⁾ : AB ☐ BR ☐ BX ☒ CF ☐ CP ☐ DC ☐

(1) cocher les cases correspondantes

AB : Ambérieu-en-Bugey ; BR : Bretagne ; BX : Bordeaux ; CF : Clermont Ferrand ; CP : Cuers PierreFeu ; DC : Direction Centrale

Objet

Etudes - Détection des défauts des aubes de Turbine Haute Pression (TuHP) du moteur Rafale par thermographie infrarouge au profit de l'Atelier Industriel de l'Aéronautique de Bordeaux.

Résumé

Le présent CCTP a pour but de développer des méthodes de contrôle non destructives en s'appuyant sur les technologies de thermographie infrarouge.

Prescripteur :

Références documentaires éventuelles :

Entité émettrice : TMA

Mots-clés : M88-2, Aube, thermographie IR, induction, laser, virbrothermographie

Rédigé par

Vérifié par

Approuvé par

Émetteur de Besoin
AIA de Bordeaux

Clément MORAND

17/09/25

Assurance Qualité Fournisseurs
AIA de Bordeaux
(Nom - Date - Visa)

Assurance Qualité Fournisseurs
Jean-Charles LEFEBVRE

17/03/2025

Direction

AIA de Bordeaux 7 SEP. 2025
(Nom - Date - Visa)

L'ingénieur en chef de l'armement
Marc JOURDAIN DE MUIZON
Directeur adjoint
de l'atelier industriel de l'aéronautique
de Bordeaux



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AERONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

- SYNTHESE DES MODIFICATIONS SUCCESSIVES -

Version	Date	§ Modifi é	Nature de la modification	Rédacteur
0	19/06/2025	/	Edition de base	Y. DIAKITÉ
1	17/09/2025		<ul style="list-style-type: none">- Modification de l'objet page 1- Modification dernière phrase page 4- Rajout de livrables (Réunion lancement+ réunions de . présentation) page 13	C. MORAND

SOMMAIRE

1 - OBJET / CONTEXTE	4
1.1 - OBJET.....	4
1.2 - OBJECTIFS DE LA PRESTATION.....	4
1.3 - PERIMETRE DE LA PHASE 1 - ÉTUDES.....	5
2 - DOCUMENTS ET TERMINOLOGIE	5
2.1 - DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.2 - DOCUMENTS SPECIFIQUES.....	5
2.3 - DEFINITION ET TERMINOLOGIE	5
3 - EXIGENCES DE RESULTATS TECHNIQUES.....	6
3.1 - NATURE ET OBJECTIF DE LA PRESTATION.....	6
3.2 - POSTE1 : ANALYSE APPROFONDIE DES TECHNOLOGIES DE THERMOGRAPHIE IR.....	6
3.3 - POSTE2 : MODELISATION THEORIQUE ET SIMULATIONS PRELIMINAIRES	6
3.4 - POSTE3 : ÉLABORATION D'UNE FEUILLE DE ROUTE POUR ATTEINDRE LE TRL 5 (SUR 6 ANS).....	6
3.5 - EXIGENCES PARTICULIERES	7
3.5.1 - <i>Exigences liées à l'exécution de la prestation proprement dite.....</i>	7
3.5.1.1 - Documentation accompagnant le matériel.....	7
3.5.1.2 - Correspondance entre le Titulaire et l'AIA de Bordeaux	7
3.5.2 - EXIGENCES CONCERNANT LES FOURNITURES.....	8
3.5.2.1 - Fournitures approvisionnées par le Titulaire.....	8
3.5.2.2 - Fournitures approvisionnées par l'AIA de Bordeaux.....	8
3.5.2.3 - Mise en place des fournitures.....	8
3.5.2.4 - Gestion et suivi des fournitures.....	8
3.5.3 - <i>Exigences HSCT.....</i>	8
3.5.4 - <i>Exigences environnementales</i>	9
3.6 - CLAUSES DEFINISSANT LES CONTRAINTES TECHNIQUES	9
3.7 - CONDITIONS DE LIVRAISON ET D'EMBALLAGE	9
3.7.1 - <i>Conditions de départ de l'AIA vers le Titulaire avant réalisation.....</i>	9
3.7.2 - <i>Conditions d'arrivée avant réalisation.....</i>	9
4 - EXIGENCES DE MANAGEMENT.....	10
4.1 - EXIGENCES RELATIVES A LA STRUCTURATION DE LA PRESTATION	10
4.2 - EXIGENCES RELATIVES A LA MAITRISE DE CERTAINES PERFORMANCES	10
4.2.1 - <i>Dispositions relatives à la maîtrise de la représentativité des essais.....</i>	10
4.2.2 - <i>Dispositions relatives à la maîtrise de logiciels critiques</i>	10
4.3 - SYSTEME DE MANAGEMENT DE LA QUALITE	10
4.3.1 - <i>Exigences générales.....</i>	10
4.3.2 - <i>Exigences relatives à la documentation.....</i>	10
5 - EXIGENCES D'ASSURANCE DE LA QUALITE	11
5.1 - PLANIFICATION	11
5.2 - MANAGEMENT DES RESSOURCES.....	11
5.3 - REALISATION DU PRODUIT	11
5.4 - MESURE, ANALYSE ET AMELIORATION	11
6 - EXIGENCES DE MOYENS	11
6.1 - OUTILLAGES (COURANTS, SPECIFIQUES, MOYENS DE CONTROLE ET D'ESSAIS).....	11
6.2 - MATIERES PREMIERES, INGREDIENTS.....	11
7 - SYNTHESE DES ELEMENTS LIVRABLES.....	12



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

1 - OBJET / CONTEXTE

1.1 - Objet

L'Atelier Industriel de l'Aéronautique de Bordeaux (AIA BX) effectue la maintenance des aubes de la Turbine Haute Pression (TuHP) du moteur M88-2, pièces critiques qui nécessitent des inspections visuelles régulières.

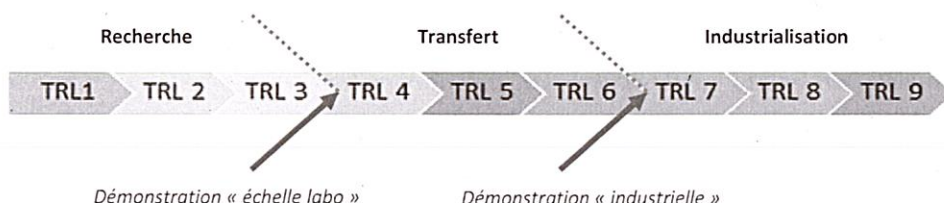
Actuellement, deux étapes d'inspection sont réalisées : une inspection endoscopique sur le moteur complet, puis une inspection visuelle à l'aide d'une binoculaire sur les aubes déposées.

Ces méthodes sont particulièrement chronophages et ne garantissent pas toujours la détection de fissures hors tolérance.

L'AIA BX souhaite mettre en place une méthode d'inspection plus efficace, basée sur la technologie de détection par thermographie infrarouge (IR). Cette nouvelle méthode devrait permettre de détecter les fissures dès la première inspection, ce qui réduirait la durée d'immobilisation des moteurs et les coûts de maintenance, tout en garantissant une fiabilité accrue dans la détection des défauts.

1.2 – Objectifs de la prestation

L'objectif du projet est de passer d'un niveau TRL 2 (concept prouvé) à un niveau TRL 5 (technologie validée en environnement représentatif) en l'espace de 6 ans.



Partant d'un TRL 2, le Titulaire devra proposer une feuille de route détaillée, qui permettra d'identifier clairement les étapes à franchir sur une période de 6 ans pour atteindre cet objectif.

Cette feuille de route devra inclure des propositions techniques concrètes et des jalons clairs à atteindre tout au long du processus à travers 4 phases :

- Phase 1 (Études) – Construction de briques technologiques TRL 2 à TRL 5,
- Phase 2 (Conception) – Simulations numériques et contrôles croisés,
- Phase 3 (Réalisation) – Caractérisation des éprouvettes (fabriquées et/ou à façon et/ou rebutées,
- Phase 4 (Pré-industrialisation) – Qualification et support technique de Safran Aircraft Engines.

Le présent marché concerne la phase 1 « Etudes ». Si les résultats de cette phase sont concluants, la phase 2 pourra être engagée via un nouveau projet.



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

1.3 – Périmètre de la Phase 1 - Études

La Phase 1, intitulée « Études », se concentre sur la construction des bases technologiques nécessaires pour faire progresser le procédé d'inspection de thermographie IR du TRL 2 au TRL 5. Cette phase couvre l'ensemble des analyses, recherches et développements techniques, ainsi que la proposition d'un cadre méthodologique pour les phases suivantes. Elle a pour but de définir précisément les technologies et procédés à adopter pour atteindre les objectifs fixés.

2 - DOCUMENTS ET TERMINOLOGIE

2.1 - Documents de Référence

1. Normes et décrets en vigueur.
2. Code du travail.
3. Code de la santé publique.
4. Arrêté du 19 mai 2020 relatif aux modalités d'application des règles relatives aux interventions d'entreprises extérieures et aux opérations de bâtiment et de génie civil dans un organisme du ministère de la défense.
5. Code de l'environnement.
6. Arrêté du 30 novembre 2011 portant approbation de l'instruction générale interministérielle n° 1300 sur la protection du secret de la défense nationale, parue au Journal officiel du 02/12/2011 ; notamment ses articles 65 et 97.
7. Arrêté du 15 mars 2021 portant approbation de l'instruction ministérielle n° 900 sur la protection du secret et des informations diffusion restreinte et sensibles

2.2 - Documents Spécifiques

Aucun document ne sera fourni par l'AIA de Bordeaux en cours d'exécution du présent marché.

2.3 - Définition et Terminologie

AIA	Atelier Industriel de l'Aéronautique
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CCAP	Cahier des Clauses Administratives Particulières
CE	Conformité Européenne
CEM	Compatibilité Électromagnétique
HSCT	Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail
RSC	Responsable Suivi de Contrat
RTEC	Responsable Technique de l'Entreprise Contractante
SIAé	Service Industriel de l'Aéronautique
Titulaire	Société responsable de l'exécution du marché passé par le donneur d'ordre
TMA	Groupe Etudes Amonts, Innovation et développement des procédés industriels
TRL	Technology Readiness Level (montée en maturité technologique)
VLE	Valeur Limite d'Exposition



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

3 - EXIGENCES DE RESULTATS TECHNIQUES

3.1 - Nature et objectif de la prestation

Le Titulaire devra assurer la réalisation de plusieurs tâches précises durant cette phase d'étude, toutes orientées vers la montée en maturité du procédé de détection des défauts.

La durée totale de réalisation des trois postes est de 9 mois à partir de la notification du présent marché (Cf. § 7).

3.2 - Poste1 : Analyse approfondie des technologies de thermographie IR

Le Titulaire devra réaliser une analyse comparative des différentes technologies de thermographie infrarouge disponibles et pertinentes pour la détection des défauts sur les aubes de TuHP.

Ces technologies incluent la thermographie laser, la vibro-thermographie (sonotrode), et la thermographie par induction.

Le rapport attendu du titre du poste 1 devra permettre d'identifier la ou les technologies les plus adaptées à la détection des fissures critiques, en prenant en compte des critères tels que la précision de la détection, la vitesse d'exécution, la simplicité d'intégration dans les processus existants et le coût de mise en œuvre.

La durée de réalisation de ce poste est de 3 mois à compter de la notification du marché.

3.3 - Poste2 : Modélisation théorique et simulations préliminaires

Le Titulaire devra développer des modèles théoriques basés sur la thermographie infrarouge pour anticiper les performances de détection des fissures sur les pièces critiques. Des simulations numériques seront réalisées à partir de ces modèles, permettant d'évaluer l'efficacité des différentes méthodes (laser, sonotrode et induction) dans un cadre théorique et de valider leur pertinence avant leur application pratique.

La durée de réalisation de ce poste est de 3 mois à compter de la réception du poste 1.

3.4 - Poste3 : Élaboration d'une feuille de route pour atteindre le TRL 5 (sur 6 ans)

Le Titulaire devra établir une feuille de route détaillée pour guider le projet vers l'atteinte du TRL 5 en 6 ans.

Cette feuille de route attendue au titre du poste 3 devra inclure :

- Les jalons techniques clés à franchir pour chaque étape du développement, avec une description détaillée des travaux nécessaires à chaque jalon.
- Un calendrier précis indiquant les délais pour chaque étape du projet.
- Les ressources nécessaires (humaines, matérielles et financières) pour chaque phase du projet, en tenant compte des besoins en équipement, en formation et en sous-traitance.
- Un plan de validation pour chaque niveau TRL, incluant des tests et simulations spécifiques pour s'assurer que chaque jalon est correctement franchi.
- Un plan de gestion des risques, détaillant les risques techniques, HSCT, organisationnels et financiers identifiés, ainsi que les mesures à prendre pour les atténuer ou s'en prémunir.

La durée de réalisation de ce poste est de 3 mois à compter de la réception du poste 2.

CE DOCUMENT ET LES INFORMATIONS QU'IL CONTIENT EST LA PROPRIÉTÉ DE L'ATELIER INDUSTRIEL DE L'AÉRONAUTIQUE DE BORDEAUX ET NE PEUT ÊTRE REPRODUIT OU COMMUNIQUÉ SANS SON AUTORISATION.



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

3.5 - Exigences particulières

3.5.1 - Exigences liées à l'exécution de la prestation proprement dite

3.5.1.1 - Documentation accompagnant le matériel

✓ De l'AIA de Bordeaux vers le Titulaire

Des plans, documents techniques et, si nécessaire, des pièces rebutées pourront être mis à disposition par l'AIA de Bordeaux afin de faciliter la réalisation des travaux.

✓ Du Titulaire vers l'AIA de Bordeaux

Sans objet

3.5.1.2 - Correspondance entre le Titulaire et l'AIA de Bordeaux

Le Titulaire a comme point focal au sein de l'AIA de Bordeaux le Groupe TMA qui portera la fonction de Responsable de Suivi de Contrat (RSC).

Toute correspondance relative à l'exécution du présent marché doit être adressée à :

Atelier Industriel de l'Aéronautique
Groupe TMA - BP 21
F-33072 BORDEAUX CEDEX



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

3.5.2 - Exigences concernant les fournitures

Sans objet

3.5.2.1 - Fournitures approvisionnées par le Titulaire

Sans objet

3.5.2.2 - Fournitures approvisionnées par l'AIA de Bordeaux

Sans objet

3.5.2.3 - Mise en place des fournitures

Sans objet

3.5.2.4 - Gestion et suivi des fournitures

Sans objet

3.5.3 - Exigences HSCT

A la notification du contrat et avant le début des interventions, un plan de prévention sera établi par l'AIA en présence du titulaire. Le titulaire s'assurera que tous les intervenants (du titulaire ou de ses sous-traitants) ont connaissance de ce plan de prévention. Pour cela il devra faire signer l'« Attestation de formation au plan de prévention » à tous ses personnels, ainsi qu'à ceux des sous-traitants, valable sur toute la durée du contrat (exemplaire fourni par l'AIA Bx lors de l'établissement du plan de prévention).

- **Ergonomie**

Les installations seront conçues afin de permettre une utilisation simple, confortable et conforme aux normes existantes en termes d'ergonomie.

- **Rayonnements électromagnétiques**

Le matériel devra être conforme aux normes CEM en vigueur.

Le titulaire devra appliquer le décret 2016-1074 du Code du Travail sur les risques électromagnétiques.

- **Rayonnements optiques artificiels**

Tout ROA : Les machines ou quasi-machines ou dispositifs utilisant des rayonnements optiques artificiels (ROA) doivent faire l'objet d'une déclaration (Description, type, fonction...) à la Personne Compétente en Rayonnements Optiques Artificiels (PCROA) de l'A.I.A. de Bx. Une analyse de risque devra être fournie au PCROA lors de la remise des offres pour les ROA ou l'exposition de l'opérateur dépasse la VLE et pour les lampes de groupe de risque 3 selon la norme EN 62471.

Tous les lasers, machines ou quasi-machines équipés d'un laser doivent faire l'objet d'une déclaration (Description du laser, Classe du laser, fonction...) à la Personne Compétente en Rayonnement Optique Artificiel (PCROA) de l'A.I.A. de Bx.

Pour les lasers de classe 3R, 3B et 4, le titulaire devra fournir une analyse des risques liés à ces lasers.

Lorsque le produit rentre dans le champ d'application des directives CE, le titulaire fournira la déclaration CE de conformité (remise de la déclaration CE de conformité et apposition du marquage CE sur la machine).



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

3.5.4 - Exigences environnementales

Le Titulaire devra intégrer l'aspect environnemental dans sa proposition de solutions techniques, en veillant à limiter l'impact écologique de ses choix en matière de procédés, de matériaux et de gestion de déchets.

Les solutions proposées devront favoriser la réduction des émissions, la maîtrise des consommations de ressources (eau, énergies, consommables) et la prévention des pollutions (air, eau, sol).

3.6 - Clauses définissant les contraintes techniques

Toute modification des conditions de réalisation fixées dans le présent CCTP ou décrites dans la documentation de référence doit être soumise à l'acceptation de l'AIA de Bordeaux.

3.7 - Conditions de livraison et d'emballage

3.7.1 - Conditions de départ de l'AIA vers le Titulaire avant réalisation

Les pièces seront préalablement emballées et conditionnées par l'AIA de Bordeaux avant l'expédition.

L'emballage des fournitures (pièces rebutées pour essais si nécessaires) devra garantir la préservation du matériel.

Le retour sera à la charge du titulaire (transport, emballage, conditionnement).

3.7.2 - Conditions d'arrivée avant réalisation

A l'arrivée des pièces rebutées (si nécessaire), le Titulaire vérifiera :

- ⇒ L'état de l'emballage / conditionnement (détérioration de l'emballage de transport)
- ⇒ L'état du matériel (chocs, rayures ...)
- ⇒ La documentation d'accompagnement (manquante ou incomplète)

Toute anomalie devra être formalisée par un rapport circonstancié et documenté (photos) qui sera transmis sans délai au groupe Sous-traitance de l'AIA de Bordeaux.



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

4 - EXIGENCES DE MANAGEMENT

4.1 - Exigences relatives à la structuration de la prestation

Le personnel du Titulaire travaillera sous la seule autorité de sa propre entreprise, il ne recevra donc pas d'ordre direct de la part de l'AIA.

Le Titulaire désignera par écrit son RTEC, ainsi que son suppléant, qui sera les interlocuteurs uniques du RSC.

4.2 - Exigences relatives à la maîtrise de certaines performances

4.2.1 - Dispositions relatives à la maîtrise de la représentativité des essais

Sans objet.

4.2.2 - Dispositions relatives à la maîtrise de logiciels critiques

Sans objet

4.3 - Système de management de la qualité

4.3.1 - Exigences générales

Les spécifications d'assurance de la qualité des processus mis en œuvre par le fournisseur, applicables au présent document, sont celles de la norme EN 9110 ou équivalent ou à défaut les documents descriptifs de cette organisation interne (manuel qualité, procédures ou autres) basée sur un système qualité de même niveau.

4.3.2 - Exigences relatives à la documentation

Sans objet



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

5 - EXIGENCES D'ASSURANCE DE LA QUALITE

5.1 - Planification

Le Titulaire est responsable du respect du CCTP, des délais et de la confidentialité de cette étude.

5.2 - Management des ressources

Le Titulaire est seul responsable des ressources humaines et techniques nécessaires à la réalisation de la prestation.

5.3 - Réalisation du produit

La prestation doit être conforme aux dispositions du CCTP et du CCAP.

5.4 - Mesure, analyse et amélioration

Le Titulaire est responsable des mesures et améliorations qui lui semble nécessaire pour mener cette étude.

6 - EXIGENCES DE MOYENS

6.1 – Outillages (courants, spécifiques, moyens de contrôle et d'essais)

Sans objet.

6.2 – Matières premières, ingrédients

Sans objet.



SERVICE INDUSTRIEL
DE L'AÉRONAUTIQUE
AIA DE BORDEAUX

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Référence :

CCTP / 25 / 002 / TMA / AIA BX

Version : 1

Date : 17/09/2025

7 - SYNTHESE DES ELEMENTS LIVRABLES

Le Titulaire devra livrer les documents suivants :

POSTE	Livrables phase 1 (9 mois)	Description	Référence	Délais
Réunion	Réunion de lancement	<ul style="list-style-type: none">Présentation planning et déroulement des travauxCompte-rendu de réunion de lancement		T0+15jours
1	Rapport détaillé d'analyse des technologies de thermographie IR	<ul style="list-style-type: none">Analyse comparative des méthodes de thermographie retenues.Résultats des simulations préliminaires et analyse des performances théoriques.Présentation du livrable à l'AIA	§ 3.2	T0+3 mois
2	Modèles théoriques et simulations	<ul style="list-style-type: none">Modèles développés pour chaque méthode de thermographie.Simulations numériques validant les hypothèses de détection des fissures.Présentation du livrable à l'AIA	§ 3.3	T0+6 mois
3	Feuille de route technique détaillée	<ul style="list-style-type: none">Document précisant les jalons, le calendrier détaillé, les étapes de validation et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre le TRL 5 d'ici 6 ansPrésentation du livrable à l'AIA	§ 3.4	T0+9 mois

Annexe n°1 : AUBES DE TURBINE HP – MODULE 8

