

Remplacement des matériels de métallographie

Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P)

Table des matières

1	Préambule	2
2	Contexte et objet du marché	2
2.1	Le laboratoire de métallographie	2
2.2	Équipements actuellement utilisés :	2
2.3	Justification du besoin.....	4
2.4	Objet du marché	4
3	Documents de référence et produits testés.....	4
3.1	Documents de référence :	4
3.2	Produits testés :	5
4	Tranche ferme :	5
4.1	Descriptif du matériel – Installation – Formation – Documentation technique	5
4.1.1	Enrobeuse.....	5
4.1.2	Polisseuse :	5
4.1.3	Loupe binoculaire (stéréomicroscope) :	5
4.2	Raccordements – Contraintes d'installation.....	6
4.3	Formation du personnel :	9
4.4	Documentation technique.....	9
5	Tranche optionnelle 1 : Système d'imagerie, caméra d'acquisition, ordinateur	9
6	Tranche optionnelle 2 : Appareil d'essais de dureté (microdureté).....	10
7	Implantation et livraison :	10
8	Réception et mise en service de l'équipement :	10
9	Garantie et service après-vente :	11
10	Consommables :	11

1 PRÉAMBULE

Sauf exception dûment indiquée, le présent cahier des charges liste les caractéristiques techniques minimales attendues du matériel, caractéristiques en-dessous desquelles l'offre sera refusée. Le titulaire est libre de proposer un matériel de caractéristiques supérieures.

2 CONTEXTE ET OBJET DU MARCHÉ

Le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) est un établissement public de référence dans les domaines de l'ingénierie publique et de l'expertise territoriale. Il accompagne l'État, les collectivités territoriales et les entreprises dans la mise en œuvre de projets durables et dans l'adaptation des infrastructures aux enjeux climatiques, environnementaux et patrimoniaux.

Présent sur l'ensemble du territoire national, avec plus de 2 500 agents, le Cerema a engagé une transformation ambitieuse afin de devenir un opérateur de référence des collectivités locales, recentrant ses activités sur ses expertises fondamentales.

Dans ce cadre, la Direction Territoriale Est (DTER_Est) dispose, à Nancy, d'un Groupe Ouvrages d'Art (GOA) pluridisciplinaire, chargé de missions d'expertise, de recherche, de conseil et d'assistance à maîtrise d'ouvrage en lien avec la construction, l'entretien et la réparation d'ouvrages d'art durables.

Le pôle de référence thématique CMMB (Constructions Métalliques, Mixtes et en bois) est une équipe nationale multi-sites dédiée aux problématiques liées aux structures métalliques. Il intervient sur tout le territoire français pour des missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage, d'expertise technique, d'essais ou de suivi de travaux. À Nancy, ce pôle s'appuie sur une plateforme d'essais et un laboratoire de métallographie uniques au sein du Cerema.

2.1 Le laboratoire de métallographie

Ce laboratoire a pour vocation la réalisation d'expertises métallurgiques sur des métaux anciens et récents dans le domaine du génie civil, avec notamment :

- des matériaux anciens : fers puddlés, aciers historiques (1870 à 1970), fontes ;
- des matériaux modernes : aciers récents, aluminium ;
- des assemblages soudés ou rivetés.

Les expertises menées comprennent les étapes suivantes :

- Découpe des échantillons ;
- Enrobage à chaud ;
- Polissage mécanique ;
- Observation microscopique et acquisition d'images ;
- Analyse métallographique (structure, taille de grain, inclusions, soudabilité, effets thermiques...).

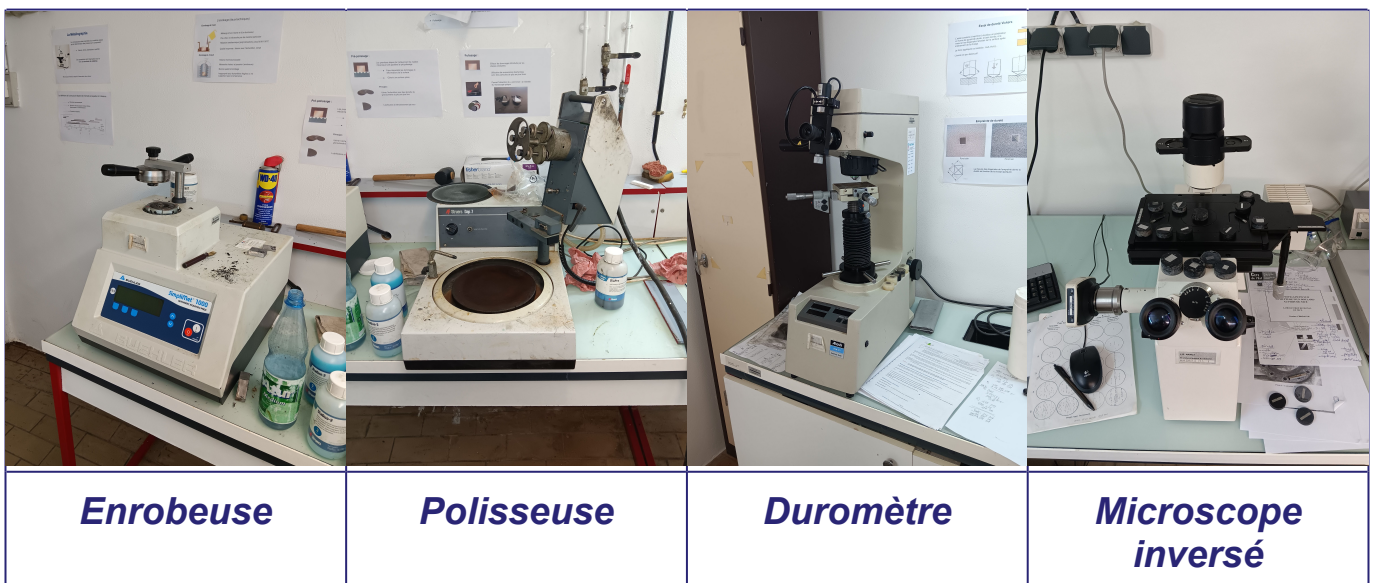
2.2 Équipements actuellement utilisés :


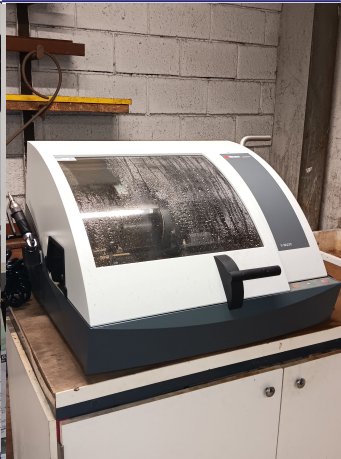
- Enrobeuse Simplimet 1000 (résine époxy ou acrylique, unité Ø 30 mm) ;
- Polisseuse Pedemin-S + DAP 7 (échantillons Ø 30 mm, disques Ø 200 mm) ;
- Duromètre Akashi AVK-C1, essais Vickers ;
- Microscope inversé Zeiss Axiovert 100A ;
- Caméra d'acquisition IDEA CMOS ;
- Logiciel d'imagerie SPOT Basic, avec PC associé ;
- Tronçonneuse Labotom, manuelle, disques Ø 250 mm ;

- Loupe binoculaire STEMI SV8.



Salle de métallographie du Cerema Est, agence de Nancy



		
Caméra d'acquisition	Loupe binoculaire	Tronçonneuse

2.3 Justification du besoin

Le parc d'équipements date majoritairement des années 1980 à 1990, à l'exception de la tronçonneuse remplacée en 2024. Il devient aujourd'hui obsolète, avec un risque élevé de panne, sans possibilité de réparation (pièces non disponibles).

De plus, il ne permet plus de satisfaire aux exigences normatives actuelles, notamment pour la détermination de la taille de grain (NF EN ISO 643) et de la teneur en inclusions non métalliques (NF EN 10247).

Le présent marché vise donc à remplacer une partie du matériel existant afin de :

- Pérenniser l'activité du laboratoire dans les années à venir ;
- Permettre la réalisation d'expertises conformes aux normes en vigueur ;
- Offrir aux agents un environnement de travail moderne, sécurisé et adapté aux enjeux de gestion patrimoniale des ouvrages d'art.

2.4 Objet du marché

L'objet du marché est l'acquisition des équipements suivants :

- Une polisseuse,
- une enrobeuse,
- une loupe binoculaire,
- un logiciel de traitement d'image avec une caméra d'acquisition et l'ordinateur permettant son fonctionnement,
- une machine de dureté.

3 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE ET PRODUITS TESTÉS

La salle de métallographie a pour vocation la réalisation d'expertises métallurgiques dans le domaine des ouvrages d'art.

3.1 Documents de référence :

Les équipements fournis devront permettre la mise en œuvre des essais et observations suivants :

- Détermination micrographique de la grosseur de grain apparent, selon la norme **NF EN ISO 643** ;
- Détermination micrographique de la teneur en inclusions non métalliques, selon la norme **NF EN 10247** ;
- Réalisation d'essais de qualification de modes opératoires de soudage, selon la norme **NF EN ISO 15614** ;
- Réalisation d'essais de dureté Vickers, selon les normes **NF EN ISO 6507 (1 à 4)** et **NF EN ISO 9015 (1 et 2)**, y compris les essais de microdureté sur assemblages soudés.

Toute évolution ou mise à jour des normes susmentionnées sera applicable si publiée un mois avant la date limite de remise des offres.

3.2 Produits testés :

Les types d'échantillons habituellement testés sont les suivants :

- Fers puddlés ;
- Aciers anciens (période 1870 à 1970) ;
- Fontes ;
- Aciers modernes, notamment ceux couverts par les normes **EN 10025-1 à -6** ;
- Assemblages soudés.

Les équipements proposés devront permettre la préparation complète de chacun de ces matériaux.

4 PRESTATIONS OBJET DE LA TRANCHE FERME :

4.1 Descriptif des matériels à fournir

4.1.1 Enrobeuse

Les caractéristiques techniques de l'enrobeuse sont les suivantes :

- Diamètre de l'unité d'enrobage : 30 mm, compatible avec la polisseuse demandée ;
- Chauffage et refroidissement rapides requis ;
- Paramètres réglables individuellement : température, pression (ou force), durée de chauffage, durée de refroidissement ;
- Interface : écran et commandes tactiles intuitives ;
- Compatibilité résines : époxy, acrylique, bakélite, mélaminée – en versions opaque et transparente ;
- Le titulaire fournira des recommandations sur le(s) type(s) de résine adapté(s) à l'usage prévu, avec les paramètres de réglage spécifiques associés ;
- La température de préparation ne devra pas altérer l'intégrité des échantillons.

4.1.2 Polisseuse :

Les caractéristiques techniques de la polisseuse sont les suivantes :

- Disques de pré-polissage et polissage aimantés Ø 200 mm ;
- Porte-échantillons compatible avec des diamètres de 30 mm, permettant la préparation simultanée d'au minimum 3 échantillons ;
- Fourniture de consommables pour un minimum de 100 échantillons (disques, enrobage, lubrifiants, suspensions diamantées, etc.) ;
- Spécifications techniques minimales attendues :
 - Réglage de la pression en fonction du type de matériau ;

- Vitesse de rotation réglable, adaptée aux matériaux et aux disques utilisés ;
- Dispositif antiprojection intégré ;
- Unité de dosage automatique intégrée pour suspensions diamantées et lubrifiants, avec compte-gouttes réglable.

4.1.3 Loupe binoculaire (stéréomicroscope) :

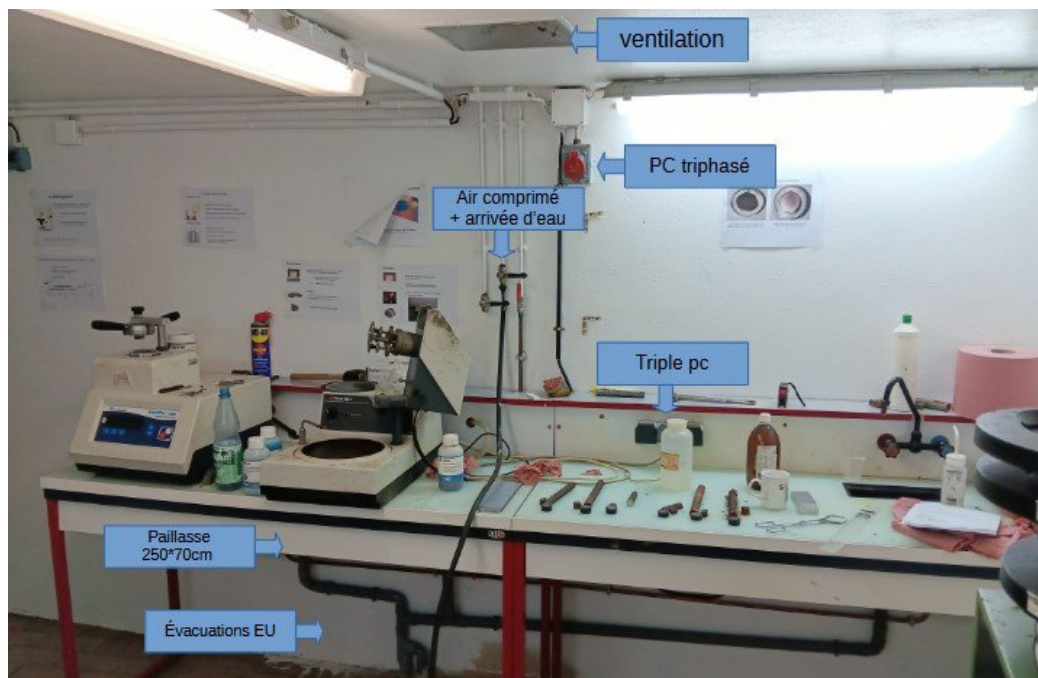
Les caractéristiques techniques de la loupe binoculaire sont les suivantes :

- Grossissement de 6,3x à 50x minimum ;
- Éclairage annulaire épiscopique ;
- Statif stable pour positionnement précis ;
- Éclairage suffisant pour les expertises mentionnées précédemment ;
- Compatibilité avec un système d'acquisition numérique d'image, interfaçable avec le système d'imagerie à fournir (cf. tranche optionnelle 1 le cas échéant).

4.2 Raccordements – Contraintes d'installation

La salle de métallographie dispose des équipements suivants :

- 14 prises 220 V standards ;
- 1 prise triphasée 380 V / 16 A ;
- Arrivée d'eau froide.



Espace de préparation des échantillons



Espace durométrie / métallographie

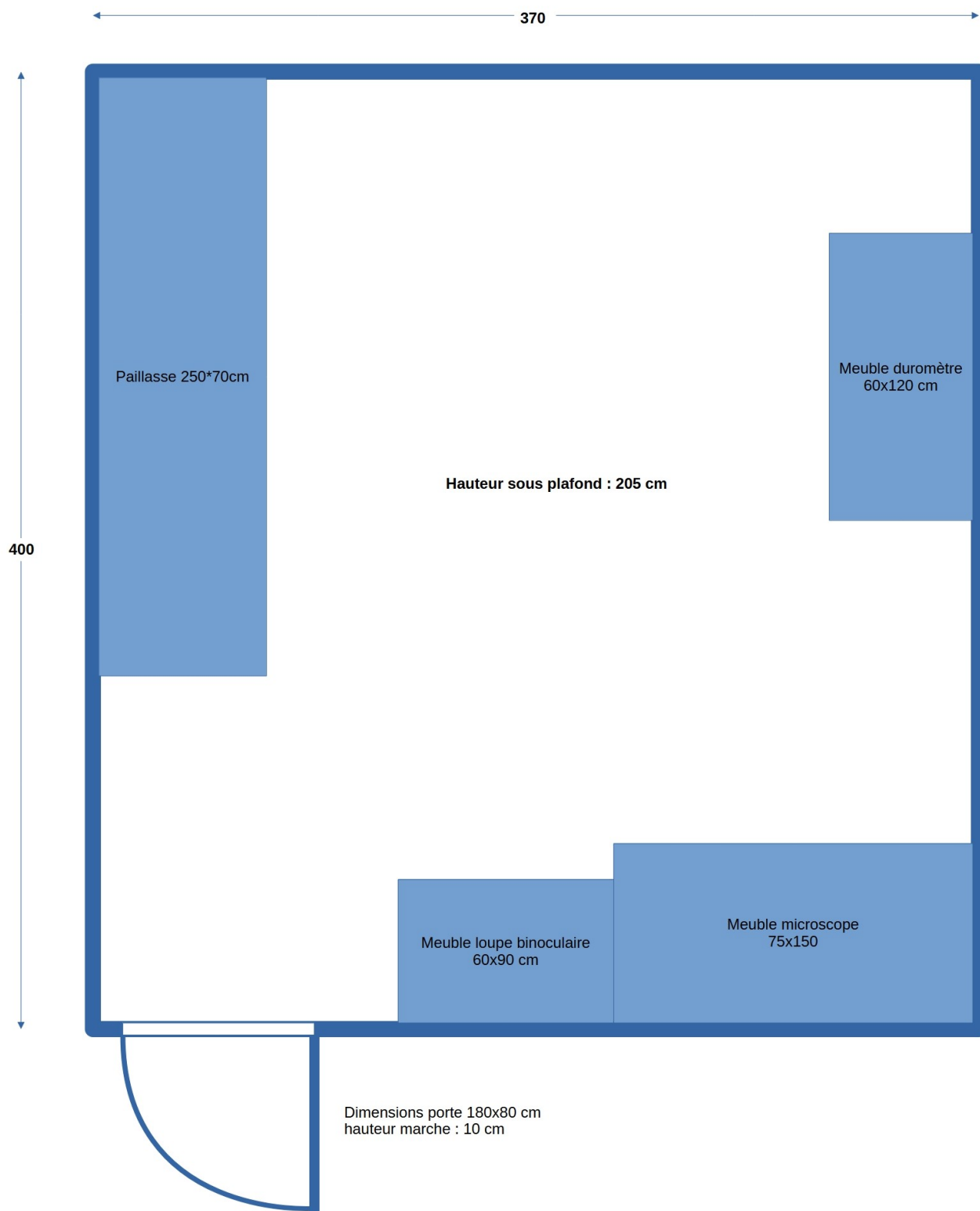


Schéma de la pièce

En cas de besoin spécifique (raccordements, évacuation, ventilation...), le titulaire devra en faire mention explicite. Ces aménagements devront être intégrés dans l'offre technique et financière. Aucune prestation supplémentaire ne sera prise en compte ultérieurement hors marché. La ventilation est de

type passive, diamètre 125 mm, l'évacuation en eau est de diamètre 40 mm (deux évacuations disponibles, une pour l'enrobeuse, une pour la polisseuse).

4.3 Formation du personnel :

Une formation de prise en main complète dispensée sur site pour les agents du Cerema utilisateurs du matériel et des logiciels, au minimum 4 utilisateurs. Cette formation devra prévoir :

- La fourniture de tutoriels pédagogiques (procédures d'essais) en français, au format numérique ou papier ;
- Une partie pratique obligatoire incluant au moins deux préparations complètes par stagiaire ;
- Les échantillons nécessaires à la formation seront fournis par le titulaire.

4.4 Documentation technique

- Fourniture de l'ensemble des manuels et notices techniques du matériel fourni ;
- Langue obligatoire : français ;
- Supports à fournir en version papier et numérique.

5 TRANCHE OPTIONNELLE 1 : FOURNITURE D'UN SYSTÈME D'IMAGERIE, CAMÉRA D'ACQUISITION, ORDINATEUR

Le système d'imagerie fourni devra permettre la réalisation des fonctions suivantes :

- Exportation des fichiers d'image aux formats TIFF, JPEG et BMP ;
- Incrustation d'échelle automatique et manuelle sur les images ;
- Réalisation de mesures interactives paramétrables, avec transfert automatique des résultats dans une feuille Excel ;
- Mesure de phases multiples, en couleurs et en noir et blanc ;
- Impression d'images ;
- Génération de rapports d'images avec redimensionnement des limites pour impression à grandissement connu (X5 à X1000) ;
- Exportation des planches d'images sous Microsoft Word ;
- Constitution d'une base de données images avec recherche multicritères, fonctionnement en local ou en réseau ;

Le système devra également permettre :

- La détermination micrographique de la grosseur de grain apparent, selon la norme NF EN ISO 643 ;
- La détermination micrographique de la teneur en inclusions non métalliques, selon la norme NF EN 10247.

Matériel associé :

- Une caméra d'acquisition compatible avec le matériel fourni, avec une résolution minimale de 2046 x 1542 pixels (soit 3 mégapixels) ;
- Une compatibilité requise avec le microscope actuel de type Zeiss Axiovert 100A ;
- Un ordinateur doté de performances adaptées pour le traitement fluide des images et données, avec ports USB et connectivité réseau ; configuration minimale : Intel Core I5 de treizième génération, Ram 32 Go DDR5, Carte graphique Geforce RTX4060 8 Go, disque dur SSD 1 To, écran 24 pouces FullHD.
- Fourniture d'un pack Microsoft Office, et Windows 11 installé.

Tout autre matériel non listé ci-avant et strictement nécessaire à la réalisation des essais conformément aux normes NF EN ISO 643 et NF EN 10247 (y compris platine motorisée, nouveau

microscope de caractéristiques similaires au microscope actuel si ce dernier ne peut être réutilisé...)

Remarque : Les exigences des paragraphes § 4.2 (raccordement), 4.3 (formation) et 4.4 (documentation technique) s'appliquent également à cette tranche optionnelle.

6 TRANCHE OPTIONNELLE 2 : FOURNITURE D'UN APPAREIL D'ESSAIS DE DURETÉ (MICRODURETÉ)

L'appareil de dureté devra permettre la réalisation d'essais de **microdureté Vickers** selon les normes suivantes :

- **NF EN ISO 6507** (essais Vickers, parties 1 à 4) ;
- **NF EN ISO 9015** (caractérisation de la dureté des soudures).

Caractéristiques attendues :

- Appareil de microdureté à faibles charges, avec gamme de charge ajustable en fonction des matériaux ;
- Écran tactile pour paramétrage et pilotage ;
- Caméra haute résolution intégrée, avec évaluation automatique de l'image ;
- Platine XY manuelle (dimensions : 100 x 100 mm, course minimum : 25 x 25 mm), avec échelle graduée ;
- Éditeur de points pour contrôle sur table XY ;
- Tourelle motorisée ;
- Micromètre digital connecté au logiciel d'analyse ;
- Hauteur d'essai : 0 à 172 mm minimum ;
- Pénétrateurs Vickers certifiés ISO, au moins pour les charges HV5 et HV10 (possibilité HV2 et HV20) ;
- Objectifs : au minimum 10x et 50x ;
- Fourniture d'une cale étalon conforme à la norme NF EN ISO 6507-3, avec une dureté comprise entre 120 et 180 HV.

Le titulaire fournit au titre du marché le cas échéant, tout autre matériel non listé mais strictement nécessaire à la réalisation des essais conformément aux normes ci-avant citées.

Remarque : Les exigences des paragraphes § 4.2 (raccordement), 4.3 (formation) et 4.4 (documentation technique) s'appliquent également à cette tranche optionnelle.

7 IMPLANTATION ET LIVRAISON :

Les équipements des tranches ferme et optionnelles seront livrés et installés dans la salle de métallographie située au rez-de-chaussée de l'Agence Cerema Nancy, 71 rue de la Grande Haie, 54510 TOMBLAINE.

Le titulaire prendra en charge :

- L'acheminement complet du matériel jusqu'au site ;
- Le déchargement depuis le véhicule de transport ;
- L'installation à l'emplacement définitif dans la salle de métallographie.

Une visite sur site est possible afin de prendre connaissance des conditions d'accès, de l'espace disponible et des contraintes d'implantation, et notamment de modalités de raccordement du nouveau matériel.

Le titulaire est réputé avoir pris connaissance des contraintes du site (cf schéma du § 4.2) et devra intégrer toutes les adaptations techniques et financières nécessaires dans son offre et notamment les dimensions de la porte permettant d'accéder à la salle où seront installés les matériels :

- Largeur de porte : 80 cm ;
- Hauteur de porte : 180 cm ;
- Seuil de porte : 10cm.

Le Cerema conservera le matériel existant, par ailleurs les locaux ainsi que les emplacements prévus pour le nouveau matériel seront libérés et dégagés avant l'arrivée du titulaire, afin de faciliter la livraison, et ce pour toute les tranches ferme et optionnelles.

8 RÉCEPTION ET MISE EN SERVICE DE L'ÉQUIPEMENT

À l'issue de l'installation, le titulaire procédera à une vérification complète du bon fonctionnement des équipements et au contrôle de conformité avec les spécifications contractuelles.

Il devra fournir en sus pour la tranche optionnelle N°2 les certificats d'étalonnage valides pour :

- L'appareil de dureté ;
- La cale étalon pour la vérification de non-dérive du duromètre ;
- Le système d'imagerie.

L'offre inclut l'ensemble des prestations nécessaires à la mise en service complète et conforme des équipements.

9 GARANTIE ET PRESTATION DE MAINTENANCE :

L'ensemble des matériels fournis bénéficiera d'une garantie minimum de 2 ans couvrant :

- Les pièces ;
- La main-d'œuvre ;
- Les déplacements.

Pendant la période de garantie le titulaire devra assurer :

- Les réparations mécaniques, électriques et électroniques, incluant la fourniture et pose des pièces défectueuses ;
- Une intervention sous 15 jours ouvrés maximum (3 semaines) en cas de panne pendant la période de garantie ;
- Une disponibilité des pièces de rechange et de réparation pendant au moins 10 ans ;
- Une garantie contre toute panne ou défaut de fabrication, d'assemblage ou d'usure prématurée.

La garantie inclut également l'entretien courant et la maintenance préventive pendant une durée de 2 ans à compter de l'admission des équipements. L'ensemble des documents relatifs à la garantie et à la maintenance ainsi que tout éventuel plan de maintenance seront fournis par le titulaire dans son offre.

10 CONSOMMABLES :

La livraison du matériel (enrobeuse, polisseuse) comprendra l'ensemble des consommables nécessaires à la préparation d'au moins 100 échantillons, incluant, sans s'y limiter :

- Résine d'enrobage ;
- Disques de polissage et de pré-polissage ;
- Solutions et suspensions de polissage.