ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

ACHAT D'UN SCANNER 3D

SPECIFICATION TECHNIQUE DE BESOIN

	Rédacteur	Vérificateurs		Approbateur
Fonction	Ingénieur d'essai	Ingénieur de recherche	ASD - DMAS	C.U. MC2
Nom	D. Masson	J.-M. García	F.-X. Irisarri	M. Kaminski
Visa	02/09/2026	02/09/2026	02/09/2026	02/09/2026

GEN-F24-3 (GEN-SCI-003)

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation même partielles interdites sans accord écrit préalable

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

HISTORIQUE

Version Révision	Date de mise en application	Cause et/ou nature de l'évolution
1.0	20/05/2026	Création
1.1	31/08/2026	Mise à jour du document suite aux remarques des relecteurs
1.2	02/09/2026	Mise à jour du document suite aux remarques des relecteurs

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

SOMMAIRE

1 OBJET 4
2 DOMAINE D'APPLICATION 4
3 DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS 6
4 PRESENTATION DU PRODUIT 6
4.1 MISSION 6
4.2 PRESENTATION FONCTIONNELLE 7
4.3 PRINCIPAUX CONSTITUANTS 8
5 EXIGENCES 8
5.1 EXIGENCES FONCTIONNELLES 9
5.1.1 Partie « composants matériels » 9
5.1.2 Partie « environnement logiciel » 11
5.2 EXIGENCES OPERATIONNELLES 12
5.3 EXIGENCES D'INTERFACES 13
5.4 PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES 13
6 VERIFICATIONS ET EPREUVES DE RECEPTION 14
6.1 VERIFICATION ET EPREUVE 14
6.2 ESSAIS DE RECETTE 17

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

1 OBJET

Ce document décrit les spécifications fonctionnelles, opérationnelles et d'interface afin d'acquérir au sein de l'unité Modélisation et Caractérisation Mécanique des Composites (MC2) du département Matériaux et Structures (DMAS) de l'ONERA un système de numérisation tridimensionnel (aussi appelé par la suite scanner 3D) grand volume portatif. L'acquisition d'un scanner 3D s'inscrit pour le DMAS dans le contexte du développement du dialogue essai-calcul à l'échelle de la structure. Le scanner 3D permettra notamment le contrôle dimensionnel des structures avant et après essais, la génération de maillages éléments finis à partir des mesures réalisées, la reconstruction virtuelle de la scène d'essai ou encore la rétroconception de pièces.

Ce document a pour vocation de spécifier les performances attendues, les contraintes d'utilisation, les conditions d'intégration ainsi que les prestations associées (logiciels, formation, maintenance et support).

2 DOMAINE D'APPLICATION

La solution recherchée devra permettre la numérisation de composants aéronautiques de géométries complexes, pouvant être des pièces uniques ou des assemblages, allant de quelques centimètres à plusieurs mètres de longueur, constitués de différents matériaux (métalliques, composites, polymères, etc.), afin d'en obtenir des représentations tridimensionnelles numériques, utilisables pour des opérations de CAO et la préparation de maillages pour la simulation par éléments finis. À titre d'exemples, les figures suivantes présentent des pièces et assemblages qui sont susceptibles d'être numérisés à l'aide de la solution recherchée.

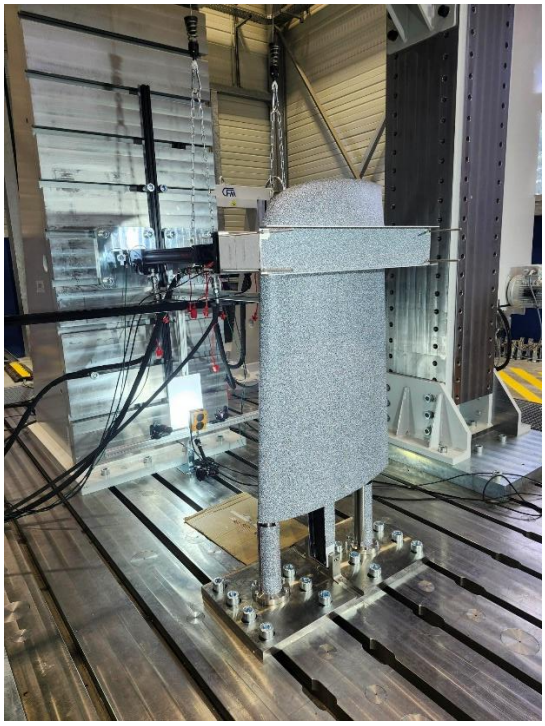


Figure 1 : Montage mécanique pour un essai de flexion sur un aileron composite (vue de face)

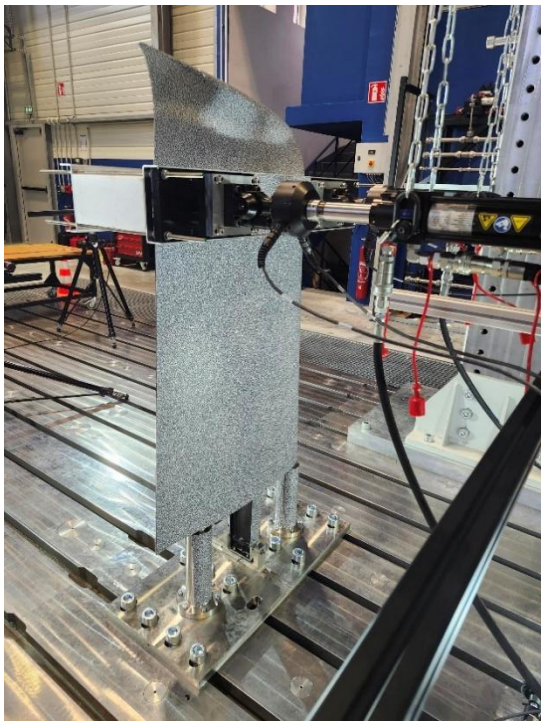


Figure 2 : Montage mécanique pour un essai de flexion sur un aileron composite (vue de dos)

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

La Figure 1**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et la Figure 2 présentent un montage d'essai réalisé sur un aileron composite. Cet exemple montre la nécessité de pouvoir numériser un montage complet, incluant les fixations, les vérins et l'instrumentation autour de la pièce. Le volume à numériser est de 2 m x 2 m x 3 m.



Figure 3 : Tronçon d'aile

La Figure 3 présente un tronçon d'emplanture d'aile, inscrit dans un volume de l'ordre de 4 m x 2 m x 1 m, dont on voudrait mesurer la géométrie des surfaces extérieures pour la comparer à une CAO nominale.

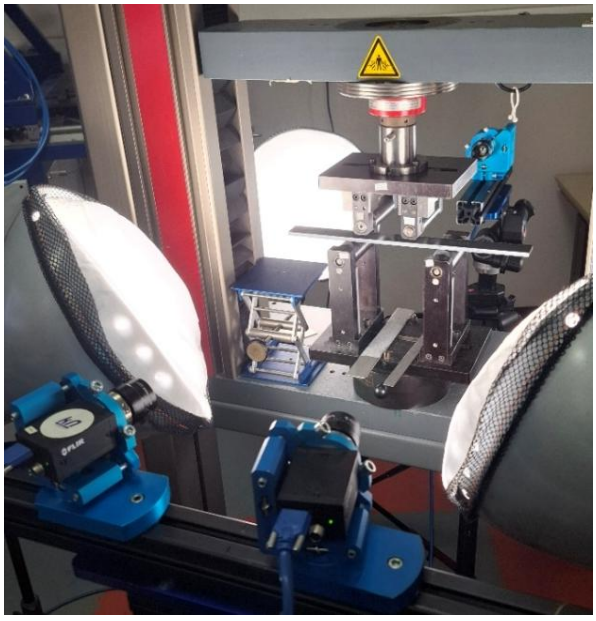


Figure 4 : Essai 4ENF sur machine de traction uniaxiale

La Figure 4 montre un essai sur une éprouvette de plus petite dimension (20 cm x 2 cm x 1 cm) mise en place sur une machine de traction uniaxiale. Comme pour l'essai de flexion sur l'aileron composite (voir Figures 1 et 2), l'intérêt ici serait de pouvoir numériser l'éprouvette en place ainsi que le montage, la machine et l'instrumentation avoisinante (notamment les caméras d'observation).

La solution recherchée est une solution complète, incluant le matériel de scan et tous les accessoires nécessaires (trépied, câbles, contrôleur, mallettes de transport etc.), le matériel de calibration (mire, barre d'étalonnage, etc.), le (ou les) logiciel(s) d'acquisition et de post-traitement (inspection, rétroingénierie, maillage, etc.) et enfin la maintenance et la formation à l'utilisation du matériel.

Grâce à ce scanner 3D, les données acquises seront utilisées pour des opérations d'inspection, de comparaison à la géométrie nominale issue de la conception assistée par ordinateur (CAO), de rétroconception, de suivi des déformations ainsi que dans les simulations numériques et la virtualisation des essais expérimentaux menés à l'ONERA.

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

3 DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

Abréviation :

- STB : Spécification Technique de Besoin
- ONERA : Office National d'Etude et de Recherche Aérospatiale
- DMAS : Département Matériaux et Structures
- MC² : unité de Modélisation et Caractérisation des Matériaux Composites
- CAO : Conception Assistée par Ordinateur

Termes d'exigence :

EF	Exigence Fonctionnelle
EI	Exigence d'Interface
EO	Exigence Opérationnelle
(M)	Niveau d'exigence Modulable, flexible, associé à une fonction non-indispensable
(P)	Niveau d'exigence Primordial, associé à une fonction indispensable pour répondre au besoin
PSE	Prestation Supplémentaire Eventuelle : ajout d'une fonctionnalité supplémentaire non nécessaire au bon fonctionnement du moyen et ne modifiant pas l'offre de base. Cela peut être vu comme une option pouvant être retenue par l'ONERA, qui doit donc être chiffrée. Dans le cas où la fonctionnalité n'est pas retenue, cela ne doit nullement remettre en cause l'offre de base.
(F)	PSE Facultative : l'offre n'a pas l'obligation de proposer une réponse à la PSE comportant la mention (F).
(O)	PSE Obligatoire : l'offre doit contenir une proposition à la PSE comportant la mention (O)

Tableau 1. Termes d'exigence

4 PRESENTATION DU PRODUIT

4.1 MISSION

Le scanner 3D constitue un moyen de mesure destiné à l'acquisition de données géométriques tridimensionnelles sur des pièces, sous-ensembles et structures de dimensions variées, sur des machines d'essais de laboratoire (voir Figure 4) ou sur un banc d'essais sur structures (voir Figure 1). Le moyen sera déployé dans différents sites et laboratoires de l'ONERA, donc devra être transportable afin de permettre des opérations de numérisation sans être contraint à opérer dans un laboratoire spécifique, tout en garantissant un niveau élevé de précision et une rapidité de mise en place tels que définis dans les exigences du présent document. De plus, le système recherché devra pouvoir s'adapter à l'environnement dans lequel il est utilisé, notamment l'encombrement de la pièce, le volume à scanner et la luminosité ambiante.

Il existe de nombreuses technologies permettant de numériser un volume, chacune présentant leurs avantages et leurs limites en fonction des applications visées. Dans l'objectif de numériser sur leur banc d'essais des éprouvettes de laboratoire ou des pièces aéronautiques de dimensions variant de quelques centimètres à plusieurs mètres, le choix s'oriente vers une solution combinant laser bleu et

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

photogrammétrie, qui apparaît comme le meilleur compromis entre précision, résolution et flexibilité d'utilisation. La photogrammétrie permet d'assurer une référence géométrique stable sur de grands volumes de mesure et de limiter les erreurs cumulatives lors du déplacement du scanner autour de la pièce. Le laser bleu vient compléter cette approche en apportant une acquisition haute résolution des surfaces et des détails locaux, avec une meilleure performance sur les géométries complexes et les surfaces difficiles. Cette combinaison permet ainsi de bénéficier à la fois d'une grande zone de mesure, d'une bonne précision volumétrique et d'une capacité à caractériser finement les défauts ou éléments géométriques nécessaires aux applications aéronautiques.

4.2 PRESENTATION FONCTIONNELLE

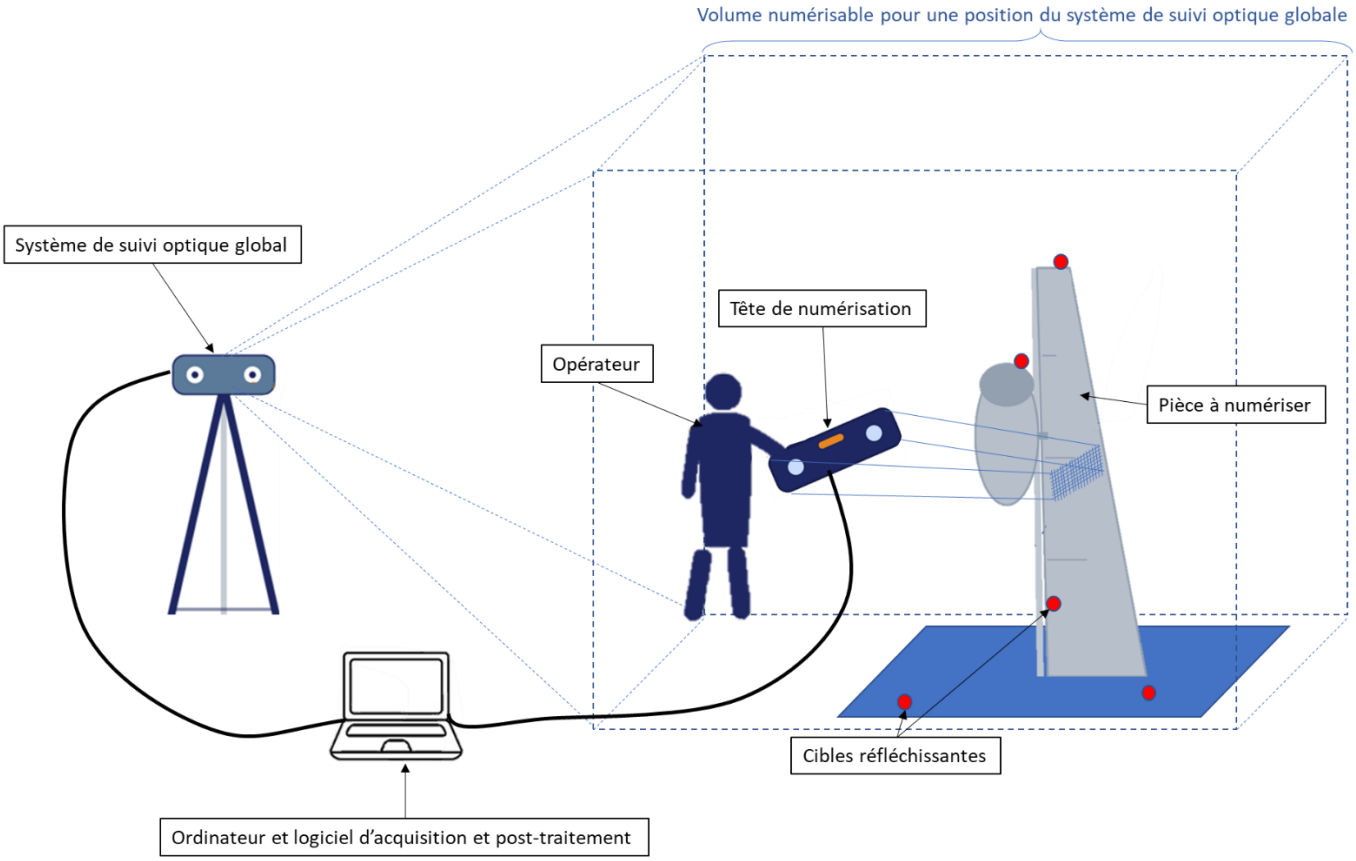


Figure 5 : Schéma de fonctionnement du système de numérisation tridimensionnelle portable

La Figure 5 schématise les principaux éléments souhaités pour le système recherché. Le système de suivi optique global est composé de caméras haute résolution qui permettent de définir un volume d'observation (en fonction des caméras, des optiques utilisées, de la distance de travail, etc.). La calibration du système doit permettre de connaitre les positions, l'orientation et les paramètres intrinsèques des caméras, afin de positionner par photogrammétrie dans un référentiel global la tête de numérisation ainsi que chaque cible réfléchissante visible dans le volume numérisable. Les cibles réfléchissantes disposées dans la scène à numériser doivent permettre de déplacer le système de suivi optique, et ainsi déplacer le volume numérisable afin de numériser de grandes pièces.

La tête de numérisation projette une grille de laser bleu servant à mesurer la géométrie de la pièce. Des caméras de mesure intégrées à la tête de numérisation observent les lignes laser et calculent les coordonnées de chaque point par triangulation. Dans cette configuration, il n'est pas nécessaire d'apposer un grand nombre de cibles réfléchissantes sur la structure à scanner, car connaissant les coordonnées de chaque point dans le repère de la tête de numérisation et connaissant les coordonnées et le repère local de la tête de numérisation dans le référentiel global, on peut déterminer les

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

coordonnées 3D du nuage de point dans le référentiel global. La calibration du système de suivi optique global et de la tête de numérisation doit être aussi simple que possible à réaliser.

Il peut également s'avérer que, par souci d'encombrement et de manque de place dans les laboratoires, il soit impossible de mettre en place le système de suivi global qui demande une certaine distance de travail. La tête de numérisation doit alors pouvoir être utilisée seule, sans le système de suivi optique global, en utilisant des cibles / pastilles apposées sur la structure à scanner afin de replacer précisément chaque acquisition dans un référentiel global unique.

Les données du système de suivi optique global et de la tête de numérisation sont transmises au logiciel d'acquisition qui permet de prévisualiser le scan de la pièce étudiée en temps réel, en fonction des paramètres de numérisation sélectionnés. A posteriori, le nuage de point ou le maillage issus de l'acquisition sont traités par les logiciels de rétroingénierie, d'inspection et contrôle dimensionnel ou de remaillage.

4.3 PRINCIPAUX CONSTITUANTS

Les principaux éléments de la solution recherchée peuvent être répartis en 3 parties :

- Partie « composants matériels » :
  - Tête de numérisation, tenue par l'opérateur pendant le scan
  - Système de suivi optique pour positionnement global, pour replacer la tête de numérisation dans un référentiel global
  - Accessoires de calibration : mire, barre d'étalonnage
  - Cibles, pastilles, repères de positionnement dans l'espace
- Partie « environnement logiciel » :
  - Logiciel d'acquisition : paramétrage de l'acquisition, traitement du nuage de points
  - Logiciels de post-traitement : rétroingénierie, contrôle dimensionnel, remaillage
  - Export des données
- Partie « services associés » :
  - Formation
  - Support technique et maintenance
  - Garantie

5 EXIGENCES

Cette section et les suivantes contiennent les exigences définissant le besoin. Chaque spécification se compose d'une exigence (EF, EI, EO, PSE) associée à un niveau d'importance (P, M, O, F). Une exigence est définie comme :

- une condition ou une capacité spécifique que le système ou le projet doit satisfaire ou remplir pour être considéré comme réussi ;
- elle décrit ce que le système doit faire ou posséder pour répondre aux besoins des utilisateurs ou aux objectifs du projet ;
- elle peut être fonctionnelle (EF), décrire des interfaces (EI) ou opérationnelles (EO).

Chaque exigence est associée à un niveau d'importance :

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

- **(P)** : fonction primordiale. Exigence ou spécification dont l'existence et le niveau (minimal ou maximal, le cas échéant) ne sont pas négociables. Le titulaire doit impérativement répondre à cette exigence.
- **(M)** : fonction modulable. Fonction importante mais non indispensable (meilleur compromis possible). Le titulaire peut ne pas répondre à cette exigence.

Enfin, toute spécification **PSE** est considérée comme une prestation supplémentaire éventuelle, c'est-à-dire qu'elle est vue comme une option pouvant être retenue ou non par l'ONERA. Chaque PSE doit être chiffrée individuellement.

Dans le cas où la fonctionnalité n'est pas retenue, cela ne doit nullement remettre en cause l'offre de base.
Elle est suivi d'une spécification O ou F détaillant le caractère obligatoire ou facultative. Ainsi, toute exigence PSE (O) devra obligatoirement trouver une réponse dans l'offre.

5.1 EXIGENCES FONCTIONNELLES

5.1.1 Partie « composants matériels »

[EF_01] Taille de pièces à numériser (P)

La solution devra permettre à minima la numérisation de pièces comprises entre 0,2 m et 8 m de longueur.

[EF_02] Résolution atteignable (P)

La solution proposée devra permettre d'atteindre des résolutions de mesure inférieures à 0.03 mm.

[EF_03] Technologies utilisées pour la numérisation 3D (P)

La solution devra être constituée d'une tête de numérisation et d'un système permettant de déterminer en temps réel la position et l'orientation de cette dernière dans le volume de mesure. Elle devra mettre en œuvre une technologie de mesure sans contact permettant l'acquisition de données tridimensionnelles avec un niveau de précision compatible avec les exigences du présent cahier des charges. Le système de localisation devra garantir un suivi continu de la tête de numérisation afin d'assurer la cohérence géométrique des acquisitions sur l'ensemble du volume de mesure.

[EF_04] Recalage à l'aide de cibles (P)

La solution proposée devra inclure un kit de cibles / éléments de repérage (magnétiques et adhésifs, au moins 10 cibles) afin que le système de suivi global puisse repérer la tête de numérisation dans la scène, et que lors du déplacement du système de suivi global le recalage puisse se faire entre plusieurs positions. Le nombre nécessaire de cibles à apposer ne devra pas dépasser 15 cibles pour un volume de 3 m x 2 m x 2 m.

[EF_05] Possibilité d'utiliser la tête de numérisation seule (P)

La solution proposée devra permettre d'utiliser la tête de numérisation seule, sans couplage avec le système de suivi optique global. Dans ce cas, le recalage des acquisitions devra être réalisé à l'aide de cibles de référence apposées sur la pièce (au moins 10 cibles) ou par une méthode équivalente

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

assurant la continuité et la précision de la numérisation. Le nombre de cibles à apposer n'est pas limité dans ce contexte d'utilisation.

[EF_06] Distance de travail du système de suivi optique (P)

Le système de suivi optique devra permettre de détecter la tête de numérisation dans une plage allant d'au moins 1,5 mètre à 6 mètres.

[EF_07] Précision volumétrique (P)

La solution proposée devra présenter une précision volumétrique inférieure à 0,1 mm pour une position du système de suivi optique donné et une distance de travail variable. Cette précision doit être le résultat de la précision du positionnement de la tête de numérisation par le système de suivi optique et la précision de la numérisation par la tête de numérisation.

[EF_08] Précision de la tête de numérisation (P)

La solution proposée devra indiquer une précision de la tête de numérisation seule inférieure à 0,03 mm.

[EF_09] Volume mesurable (P)

La solution proposée devra permettre de mesurer un volume d'au minimum 30 m^3, en cohérence avec la profondeur de champ du système de suivi optique, avec la possibilité d'étendre le volume de mesure par déplacement de l'opérateur ou du système de suivi optique.

[EF_10] Préparation des surfaces et environnement de travail (P)

La numérisation des pièces ne devra nécessiter aucune préparation des surfaces. Le système devra pouvoir s'adapter à différents types de matériaux (à minima métaux, composites, céramiques, polymères). De plus, le système devra fonctionner dans une plage de température extérieure allant de 10°C à 40°C, une plage d'humidité allant de 10% à 90% et il devra permettre la numérisation même en cas d'intensité lumineuse variable.

[EF_11] Vitesse d'acquisition (P)

La solution proposée devra atteindre une cadence de mesure d'au moins 2.000.000 de points par seconde.

[EF_12] Fourniture des éléments de calibration des appareils (P)

La solution proposée devra inclure tous les appareils nécessaires à la calibration du matériel avant numérisation : mire / barre d'étalonnage pour le système de suivi optique, mire / barre d'étalonnage pour la tête de numérisation.

[EF_13] Longueur de câbles (M)

La solution proposée devra également fournir une longueur de câbles d'au minimum 7 mètres entre le PC et le système de suivi optique et entre le PC et la tête de numérisation.

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

5.1.2 Partie « environnement logiciel »

[EF_14] Suite logicielle et licence(s) (P)

La solution proposée inclura une suite logicielle (un seul logiciel avec plusieurs modules ou plusieurs logiciels) permettant de réaliser les fonctionnalités suivantes : la calibration du système, l'acquisition, la visualisation, ainsi que les différents post-traitements. Le système de licence devra être défini pour toute la suite logicielle (logiciel ou fonctionnalité nécessitant une licence supplémentaire, licence flottante sur un serveur interne, licence sur un serveur externe, dongle).

[EF_15] Fonctionnement hors-réseau (P)

La solution proposée devra fonctionner sans avoir besoin de connexion au réseau Internet lors de l'acquisition des points de mesure.

[EF_16] Calibration et acquisition (P)

La suite logicielle devra couvrir les fonctionnalités de calibration et d'acquisition. Il devra être possible de visualiser en temps réel le résultat de la numérisation. La solution proposée devra permettre de récupérer en sortie brute le nuage de points ou le maillage dans des formats standards tels que *.stl*, *.ascii*, *.obj*, *.ply*.

[EF_17] Continuité de la numérisation (P)

Le système devra permettre l'acquisition continue de données sur l'ensemble du volume de mesure, sans perte de suivi ni nécessité de recalage manuel entre deux acquisitions successives (notamment pendant les opérations de déplacement du système de suivi optique, pendant une pause de l'acquisition par l'opérateur, etc.).

[EF_18] Paramétrage de l'acquisition (P)

Le logiciel d'acquisition devra permettre de régler les paramètres de la numérisation, notamment la résolution du maillage, l'exposition des caméras, les modes de numérisation (avec ou sans le système de suivi optique, mode trous profonds, affinage du maillage, etc.)

[EF_19] Fonctionnalités de rétroingénierie (P)

La suite logicielle devra inclure les fonctionnalités de rétroingénierie, permettant le traitement des nuages de points ou des maillages, la reconstruction de surfaces et de modèles issues de la CAO. Le logiciel devra permettre l'identification de géométries simples (plan, surface courbes, cylindre, sphères, etc.), la définition d'objets séparés et permettre de nettoyer, fusionner ou combler des trous dans une acquisition. La solution devra également permettre d'exporter des données dans des formats standards compatibles avec les principaux logiciels de conception assistée par ordinateur (*step*, *iges*, etc.).

[EF_20] Fonctionnalités de comparaison avec la géométrie nominale et de contrôle dimensionnel (P)

La suite logicielle devra inclure des fonctionnalités permettant de comparer une géométrie issue de la CAO avec la numérisation réalisée. Le logiciel devra permettre l'alignement des deux modèles et l'analyse des écarts sous forme de cartographie colorimétrique. De plus, le logiciel devra permettre l'analyse des nuages de points ou de maillages, la réalisation de contrôles dimensionnels (cotes, distances, angles, rayons, diamètres, profils, etc.) ainsi que la génération de rapports d'inspection personnalisables.

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

[EF_21] Mise à l'échelle et déformation du maillage (M)

La suite logicielle devra permettre de changer l'échelle du maillage (transformation isotrope ou anisotrope dans les trois directions) et de déformer le maillage numérisé.

[EF_22] Raffinage du maillage dans certaines zones (P)

La solution proposée devra permettre de raffiner localement le maillage lors de la numérisation et lors du post-traitement afin d'améliorer la numérisation dans les zones d'intérêt.

[EF_23] Automatisation et interface de programmation du logiciel (M)

La solution devra préciser si les logiciels de post-traitement permettent l'automatisation des traitements et des analyses par l'intermédiaire d'une interface de programmation (API, SDK ou équivalent) et/ou des fonctionnalités d'exécution en mode batch accessibles à l'opérateur. Cette interface devra permettre le développement de scripts afin d'automatiser certaines opérations de traitement, d'inspection, de génération de rapports et d'export des données.

5.2 EXIGENCES OPERATIONNELLES

[EO_01] Classe de sécurité des lasers (P)

Les lasers utilisés pour la numérisation devront être classe II conformément à la norme EN 60825-1 (ou équivalent).

[EO_02] Norme de certification et d'étalonnage (P)

La solution proposée devra répondre à des normes de certifications métrologiques en termes de précision de mesure et d'étalonnage. La solution proposée devra être certifiée ou calibrée selon au moins l'une des normes suivantes : ISO 10360, VDI/VDE 2634, ISO 17025 (ou équivalent).

[EO_03] Certification et calibration du matériel au bout d'un an (P)

La solution proposée devra couvrir la certification et la calibration du matériel au bout d'un an d'utilisation. Ces opérations doivent couvrir les éléments de calibration, la tête de numérisation et le système de suivi optique selon l'une des normes listées à l'exigence [EO_02]. Cette prestation se fera chez le fournisseur et doit comprendre le port retour.

[EO_04] Garantie (P)

La solution proposée devra inclure une garantie matérielle et logicielle minimale de 2 ans (pièces, main-d'œuvre et déplacements).

[EO_05] Formation du personnel ONERA sur site (P)

Le titulaire du contrat proposera une formation complète du personnel ONERA à l'utilisation et à la maîtrise du système de numérisation ainsi que du logiciel. La formation devra être adaptée pour 4 participants à minima.

[EO_06] Mise à disposition de la documentation (P)

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

Les manuels seront fournis en version électronique et en papier (1 version papier). Ils seront rédigés en français ou en anglais, et couvriront à la fois les aspects matériels et logiciels du système.

[EO_07] Disponibilité des pièces détachées (P)

Le candidat devra assurer la disponibilité des pièces de rechanges pour une durée minimale de 5 ans à compter de la réception de l'équipement.

5.3 EXIGENCES D'INTERFACES

[EI_01] Portabilité et maniabilité du scanner 3D (P)

La solution proposée devra être portable afin d'être installée et mise en œuvre par un seul opérateur, sans nécessiter d'installation fixe. Elle devra comprendre une tête de numérisation de moins de 1,5 kg manipulable par un opérateur ainsi qu'un système de suivi optique permettant notamment de repérer la tête de numérisation dans l'espace.

[EI_02] Transportabilité (P)

La solution proposée devra contenir une ou plusieurs mallettes de transport compartimentées pour le matériel.

[EI_03] Alimentation électrique du système (P)

Le système de numérisation devra être compatible avec les standards électriques en vigueur en France. Les équipements alimentés sur secteur devront fonctionner sous une alimentation monophasée 230 V – 50 Hz. Les alimentations, chargeurs et accessoires fournis devront être conformes aux normes et réglementations européennes applicables (marquage CE) et être équipés de prises compatibles avec les installations électriques françaises.

[EI_04] Spécifications techniques du PC (P)

La solution devra détailler explicitement la configuration PC optimale pour l'utilisation du scanner 3D (acquisition + post-traitement + stockage de données).

5.4 PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES

[PSE_01] Fourniture d'un PC (O)

La solution intègrera la fourniture d'un ordinateur portable assurant des performances optimales lors de l'acquisition des données et lors de leur traitement.

[PSE_02] Licence supplémentaire pour le post-traitement (F)

La solution devra proposer en option la possibilité de fournir une deuxième licence ne couvrant que les fonctionnalités de post-traitement (analyse, rétroconception, remaillage, etc.).

[PSE_03] Fourniture d'un palpeur local (O)

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

La solution intègre la fourniture d'un palpeur local permettant de mesurer des points précis (comme des trous profonds par exemple). Cette solution devra être couplée et utilisable avec le scanner 3D et toute l'interface logicielle.

[PSE_04] Montage du système sur un bras robotisé (O)

Le système devra pouvoir être adapté sur un bras robotisé 6 axes type Universal Robots UR10. La solution devra intégrer les pièces mécaniques d'interfaces. De plus, la solution devra proposer un logiciel permettant de générer automatiquement les trajectoires du robot afin de permettre la numérisation de la pièce. Cette PSE n'inclut pas le bras robotisé en lui-même, déjà à disposition de l'ONERA.

[PSE_05] Système de numérisation sans fil (F)

La solution proposée devra inclure une option sans fil entre l'ordinateur et les différents composants matériels (système de suivi optique et tête de numérisation) sans perte des performances de numérisation.

6 VERIFICATIONS ET EPREUVES DE RECEPTION

Ce chapitre doit spécifier les vérifications et les épreuves qui serviront à démontrer formellement au client que le produit répond aux exigences.

6.1 VERIFICATION ET EPREUVE

Le Tableau 2 présente les méthodes de vérification retenues pour chacune des exigences. Plusieurs vérifications sont possibles, numérotées de la façon suivante.

1. Essais (définis en concertation entre le titulaire et l'ONERA).
2. Examen de documents.
3. Contrôles avec PV attestant de la bonne fourniture des documents ou du matériel ou de la bonne réalisation des prestations.

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

Tableau 2 Méthodes de vérification retenues pour chacune des exigences

REFERENCES	QUALIFICATION	RECEPTION
[EF_01] Taille de pièces à numériser (P)	2	1
[EF_02] Résolution atteignable (P)	2	1+3
[EF_03] Technologies utilisées pour la numérisation 3D (P)	2	1+3
[EF_04] Recalage à l'aide de cibles (P)	2	1
[EF_05] Possibilité d'utiliser la tête de numérisation seule (P)	2	1
[EF_06] Distance de travail du système de suivi optique (P)	2	3
[EF_07] Précision volumétrique (P)	2	1+3
[EF_08] Précision de la tête de numérisation (P)	2	1+3
[EF_09] Volume mesurable (P)	2	1
[EF_10] Préparation des surfaces et environnement de travail (P)	2	1
[EF_11] Vitesse d'acquisition (P)	2	1
[EF_12] Fourniture des éléments de calibration des appareils (P)	2	1
[EF_13] Longueur de câbles (M)	2	1
[EF_14] Suite logicielle et licence(s) (P)	2	1+3
[EF_15] Fonctionnement hors-réseau (P)	2	1
[EF_16] Calibration et acquisition (P)	2	1
[EF_17] Continuité de la numérisation (P)	2	1
[EF_18] Paramétrage de l'acquisition (P)	2	1
[EF_19] Fonctionnalités de rétroingénierie (P)	2	1
[EF_20] Fonctionnalités de comparaison avec la géométrie nominale et de contrôle dimensionnel (P)	2	1
[EF_21] Mise à l'échelle et déformation du maillage (M)	2	1

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

[EF_22] Raffinage du maillage dans certaines zones (P)	2	1
[EF_23] Automatisation et interface de programmation du logiciel (M)	2	1
[EO_01] Classe de sécurité des lasers (P)	2	3
[EO_02] Norme de certification et d'étalonnage (P)	2	3
[EO_04] Certification et calibration au bout d'un an (P)	2	2
ERREUR ! SOURCE DU RENVOI INTROUVABLE. ERREUR ! SOURCE DU RENVOI INTROUVABLE.	2	2
[EO_05] Formation du personnel ONERA sur site (P)	2	3
[EO_06] Mise à disposition de la documentation (P)	2	2
[EO_07] Disponibilité des pièces détachées (P)	2	2
[EI_01] Portabilité et maniabilité du scanner 3D (P)	2	1
[EI_02] Transportabilité (P)	2	1
[EI_03] Alimentation électrique du système (P)	2	2+3
[EI_04] Spécifications techniques du PC (P)	2	2
[PSE_01] Fourniture d'un PC (O)	2	1
[PSE_02] Licence supplémentaire pour le post-traitement (F)	2	1
[PSE_03] Fourniture d'un palpeur local (O)	2	1
[PSE_04] Montage du système sur un bras robotisé (O)	2	1
[PSE_05] Système de numérisation sans fil (F)	2	1

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable

6.2 ESSAIS DE RECETTE

Les essais de recette seront réalisés conjointement par le prestataire et l'ONERA. Ils pourront être réalisés au choix lors de la formation ou lors d'une venue sur site séparée. Ces essais de recette ont pour but de vérifier l'ensemble des exigences listées comme nécessitant des essais pour être validées.

A minima, les essais de recette envisagés comprendront la séquence expérimentale suivante :

- Mise en place du matériel et calibration ([EF_12], [EF_16], [EI_01], [EI_02], [EF_10]).
- Numérisation d'un montage (à définir le jour des essais) sans nécessité de déplacer le système de suivi optique ([EF_01], [EF_02], [EF_03], [EF_06], [EF_07], [EF_08], [EF_09], [EF_11], [EF_18]).
- Numérisation d'un montage (à définir le jour des essais) avec repositionnement du système de suivi optique (mêmes exigences que le point précédent + [EF_17]).
- Numérisation d'un montage (à définir le jour des essais) en utilisant la tête de numérisation seule (même exigences que précédemment + [EF_05], [EF_08]).
- Rétroingénierie d'un maillage numérisé mettant en avant la reconstruction de surface, la détection de forme simple ou la définition d'objet, avec export vers un logiciel de CAO type CATIA V5. Comparaison numérisation et CAO initiale et réalisation de mesures virtuelles ([EF_14], [EF_15], [EF_18], [EF_19], [EF_20], [EF_22]).

A l'issue de ces essais, un procès-verbal de recette devra être rédigé résumant les essais réalisés et les points vérifiés. Les essais seront considérés comme réussis si toutes les exigences listées sont vérifiées dans les tolérances spécifiées.

Propriété de l'ONERA - Reproduction, communication, utilisation
même partielles interdites sans accord écrit préalable