ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROJET <MODERNISATION DU SYSTEME DE CONTRÔLE ET DE PILOTAGE D'UNE MACHINE DE TRACTION/COMPRESSION DE 150KN >

SPECIFICATION TECHNIQUE DE BESOIN

	Rédacteur	Vérificateurs		Approbateur
Fonction	Cadre technique	Ingénieur de recherche	Responsable AQ étude	C.U MC2
Nom	A. Mavel	J. M García	C. Huchette	M. Kaminski
Visa				

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	23/04/26	Création STB_Modèle de document évolutif_AM_version9.docx
1.1	03/07/26	Modification STB_Retrofit_Z150_01Juillet2026.docx
2.0	09/09/2026	Modification V2
2.1	10/09/2026	Modification V3

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

SOMMAIRE

1 OBJET 5
2 DOMAINE D'APPLICATION 5
3 DOCUMENTS APPLICABLES ET DE RÉFÉRENCE 5
4 DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS 6
5 PRESENTATION DU PRODUIT 6
5.1 MISSION 6
5.1.1 Présentation de la machine d'essai ZwickRoell Z150kN 7
5.1.2 Applications et utilisations de la machine ZwickRoell Z150 7
5.1.3 Profils de chargement « complexes » 8
5.1.4 Essais de fluage multiples en traction ou en compression 8
5.1.5 Caractérisation de la viscosité d'un matériau 9
5.1.6 Déménagement du moyen vers le site de l'ONERA Palaiseau 9
5.2 PRESENTATION FONCTIONNELLE 10
5.3 CONCEPTS PRINCIPAUX 11
5.4 PRINCIPAUX CONSTITUANTS 11
5.4.1 Bâti / structure mécanique (ne fait pas partie de la STB) 11
5.4.2 Logiciel de pilotage et acquisition 12
5.4.3 Capteurs & instrumentation 12
5.4.4 Le contrôleur 12
5.4.5 Le variateur 13
5.4.6 Le moteur 13
5.4.7 Vis à billes pour la transmission 13
5.4.8 Boitier d'acquisition 14
5.4.9 Fonctionnement général résumé 14
6 EXIGENCES 14
6.1 EXIGENCES FONCTIONNELLES 15
6.2 EXIGENCES TECHNIQUES 17
6.3 EXIGENCES OPERATIONNELLES 18
6.4 EXIGENCES D'INTERFACES 18
6.5 EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES 19
6.6 PRESTATION SUPPLEMENTAIRE EVENTUELLE 20
7 CONTRAINTES IMPOSEES 20
7.1 CONTRAINTES DE MISE EN ŒUVRE, D'UTILISATION ET DE MAINTENANCE 20
7.2 CONTRAINTES DE CONCEPTION ET DE REALISATION 21
7.3 CONTRAINTES LOGISTIQUES ET DE MISE EN ŒUVRE 21
8 PRESTATIONS DEMANDEES 22
8.1 ESSAIS DE RECETTE 22
9 RAPPEL DES LIMITES DE FOURNITURE 23

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

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

Table des exigences et des contraintes :

[EF_01] MODERNISATION DU CONTROLEUR ET DU VARIATEUR (P) 15
[EF_02] REGULATION EN FORCE, EN DEPLACEMENT OU EN DEFORMATION (P) 15
[EF_03] CHANGEMENT DE REGULATION EN COURS D'ESSAI (P) 15
[EF_04] PROGRAMMATION ET EXECUTION DE SEQUENCES D'ESSAIS (P) 15
[EF_05] ACQUISITION DES DONNEES D'ESSAIS PENDANT UNE PAUSE AU NIVEAU DU LOGICIEL (M) 16
[EF_06] PILOTAGE A PARTIR D'UN SIGNAL EXTERNE (M) 16
[EF_07] PILOTAGE CONDITIONNEL A PARTIR D'EVENEMENTS EXTERNES (M) 16
[EF_08] REGLAGE DES PID (P) 16
[EF_09] ACCES AU REGLAGE DES PID (M) 16
[EF_10] NON-REGRESSION DES PERFORMANCES DE LA MACHINE (P) 16
[EF_11] FOURNITURE ET CAPACITES D'UN LOGICIEL DE CONTROLE (P) 17
[EF_12] ENREGISTREMENT CONTINU ET SECURISE DES SIGNAUX (P) 17
[EF_13] ÉVOLUTIVITE : INTEGRATION FUTURE D'UN FOUR (M) 17
[EF_14] CONFIGURATION ET COMPATIBILITE DES SYSTEMES INFORMATIQUES (P) 17
[EF_15] GARANTIE DES ELEMENTS FOURNIS (P) 17
[EF_16] DOCUMENTATION ET MAINTENANCE DES ELEMENTS FOURNIS (P) ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
[EF_17] VERIFICATION COMPATIBILITE MOTEUR (M) 17
[EO_01] PRESENCE DE BOUTONS D'ARRET D'URGENCE A PROXIMITE DE LA MACHINE (P) 18
[EO_02] DECLENCHEMENT DE L'ARRET EN CAS DE DEPASSEMENT DE LIMITES (P) 18
[EO_03] FOURNITURE DU SYSTEME DE COMMANDE (M) 18
[EI_01] INTERFACE ENTREES / SORTIES (M) 18
[EI_02] INTERFACE HOMME/MACHINE (P) 18
[EI_03] TELECOMMANDE OU PAD MOBILE (P) 19
[EI_04] INTERFACE BOITIER EXTERNE NATIONAL INSTRUMENT (M) 19
[EE_01] EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES SUR LES COMPOSANTS (P) 19
[EE_02] EXIGENCE ENVIRONNEMENTALE SUR LA DURABILITE/ REPARABILITE (P) 19
[PSE_01] FOURNITURE D'UN ONDULEUR (F) 20
[PSE_02] EXTENSION DE GARANTIE MATERIELLE ET LOGICIELLE (O) 20
[CM_01] RACCORDEMENT AUX CAPTEURS ACTUELS ET AU MOTEUR DE LA MACHINE ZWICKROELL Z150 (P) 20
[CM_02] MAINTENANCE ET SUPPORT DE L'ELECTRONIQUE DE COMMANDE (P) 20
[CM_03] MANUEL D'UTILISATION ET D'ENTRETIEN(P) 20
[CM_04] PLANS DU SYSTEME DE COMMANDE (M) 20
[CM_05] SCHEMAS DES INTERFACES (M) 20
[CM_06] FICHIERS D'INSTALLATIONS DES LOGICIELS DU SYSTEME DE COMMANDE (P) 20
[CM_07] FORMATION DU PERSONNEL ONERA (P) 20
[CM_08] VERIFICATION DES CELLULES DE FORCE ET DU CAPTEUR DE DEPLACEMENT AVANT ET APRES LE RETROFIT (P) 21
[CC_01] RACCORDEMENT ET CONDITIONNEMENT DES ELEMENTS EXISTANTS AVEC LA NOUVELLE ELECTRONIQUE (P) ... 21
[CC_02] PLANNING DETAILLE (P) 21
[CI_01] INSTALLATION DE L'ELECTRONIQUE DE PILOTAGE ET DU PC D'ACQUISITION LOCAL E8-1.24(P) 21

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

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

1 OBJET

Ce document décrit les spécifications fonctionnelles, opérationnelles et d'interface pour le rétrofit de l'électronique de puissance, du système de commande et de la partie informatique de la machine d'essais mécaniques électromécaniques en traction/compression Allround 4kW référence BTC-FR150TL.A4K numéro interne 0020064 fabriquée par ZwickRoell, installée au centre ONERA de Châtillon (92). L'upgrade de l'électronique de la machine devra satisfaire aux exigences de pilotage et d'acquisition déjà existantes sur la machine.

Le rétrofit concerne le système de commande de la machine de traction 150kN, mais ne concerne pas la partie bâti de la machine ni son moteur (**Kollmorgen Seidel de type 6SM 77S-3.000-09-G-6R)**. Cependant le moteur 6SM77S-3000 joue un rôle central dans la transformation de l'énergie électrique en mouvement linéaire précis puisque la machine BTC-FR150TL.A4K est une machine d'essai de traction/compression avec vis à billes. Si cette génération de moteur n'était pas compatible avec le rétrofit proposé, un remplacement du moteur pourra être envisagé.
L'interfaçage entre les éléments existants et conservés devra être assuré avec la nouvelle électronique.

La machine d'essais BTC-FR150TL.A4K permet de solliciter des éprouvettes en traction et en compression, cisaillement pour différents types de matériaux, afin de déterminer leurs propriétés mécaniques que ce soit à l'ambiante ou en température. Cette machine a été achetée en 2002, elle est utilisée quotidiennement. L'électronique de la machine présente des signes de défaillance. De plus, la partie logicielle de pilotage n'est plus compatible avec les nouvelles mises à jour de Windows.

2 DOMAINE D'APPLICATION

Cette modernisation comprendra la fourniture, l'installation d'une nouvelle électronique de puissance et de commande, de la chaine d'acquisition et du système informatique. Il s'agira de réaliser une étude détaillée de l'équipement, de remplacer le système de commande, le variateur et de s'assurer de la compatibilité avec le moteur + résolveur existants **(le cas échéant un modèle récent et compatible sera proposé)** puis de réaliser un étalonnage de type COFRAC pour les capteurs intégrés à la machine d'essais avant et après modernisation pour les capteurs de force et de déplacement. Il s'agira d'assurer également la formation à l'utilisation de la nouvelle électronique et la maintenance sur la nouvelle électronique de pilotage, au logiciel de pilotage et d'acquisition des données et de fournir les manuels d'utilisation, les documentations techniques et schémas des modifications réalisées lors de cette modernisation.

3 DOCUMENTS APPLICABLES ET DE RÉFÉRENCE

Documents de référence :

Le classeur d'instructions de service de la machine d'essais des matériaux TC-FR150TL.A4K est disponible en version papier à l'ONERA. Cette documentation a été scannée et la version numérique pourra être mise à disposition du titulaire à la notification du marché.

[DR1]	Chap0_Instructions de service de la machine.pdf
[DR2]	Chap1_Instructions de service Manuel de securite.pdf
[DR4]	Chap2_Instructions de service Manuel technique.pdf
[DR5]	Chap3_Instructions de service Manuel Installation .pdf
[DR6]	Chap4_Instructions de service Manuel de Reference.pdf
[DR7]	Chap7_Instructions de service Programme Utilisateur Special.pdf
[DR8]	Chap10_Instructions de service Manuel Entretien et Maintenance.pdf
[DR9]	Chap11_Instructions de service Schémas des Connexions de la Machine.pdf
[DR10]	Chap13_Instructions de service Certificat.pdf

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

4 DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

Abréviations utilisées dans la suite de ce document :

- ONERA : Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales
- DMAS : Département Matériaux et Structures
- MC² Unité Modélisation et Caractérisation des Matériaux Composites
- Z150 : Machine ZWICKROELL BTC-FR150TL.A4K
- IHM : Interface Homme Machine
- Machine d'essais : Equipement avec ses mors et son électronique de pilotage capable de réaliser des sollicitations de type traction/compression.
- Traction/compression : la contrainte appliquée peut être dans le sens d'une traction ou d'une compression.
- Asservissement : mode de pilotage de régulation en force, déplacement ou déformation, canal externe
- PID : Proportionnel Intégral Dérivée

Termes d'exigence :

CM	Contrainte de Mise en œuvre, d'utilisation et de maintenance
CI	Contrainte d'Installation
CC	Contrainte de Conception
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. 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

5 PRESENTATION DU PRODUIT

5.1 MISSION

La machine a pour mission de réaliser des essais mécaniques contrôlés sur des éprouvettes en appliquant des efforts (traction, compression), des déplacements contrôlés et des vitesses précises tout en mesurant des grandeurs physiques (force, position, vitesse) et en garantissant la répétabilité et la traçabilité des essais.

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

5.1.1 Présentation de la machine d'essai ZwickRoell Z150kN

Ce moyen d'essai permet de réaliser des essais classiques de la mécanique de la rupture en traction, compression, cisaillement.

La machine est utilisée pour la réalisation d'essais de caractérisation mécanique, de suivi d'endommagement et la rupture de différents matériaux composites. Ces travaux sont réalisés en étroite collaboration avec les ingénieurs de l'équipe qui développent des modèles de simulation de comportement et de l'endommagement des matériaux composites.

La machine ZwickRoell Z150 comprend deux cellules de force de capacité 150kN (constructeur G.T.M, type XforceK et numéro de série 45200), et 10kN (constructeur G.T.M, type Série K et numéro de série 46851), adaptées pour des gammes de vitesse de déplacement traverse de 0,00005 à 900mm/min. La course totale du déplacement traverse est de 1539mm sans outillage.

L'électronique de contrôle et de puissance qui fait l'objet de cette STB constitue l'un des organes principaux de la machine. Elle comprend un contrôleur et intègre un variateur qui alimente et pilote le moteur et régule son résolveur, elle réalise la régulation principale avec le capteur de force et conditionne les signaux issus des capteurs internes et externes (branchement d'extensomètres, de jauges de déformation) et effectue les asservissements à partir de ces différents capteurs. Un boîtier électronique complémentaire permet d'enregistrer des signaux analogiques et numériques supplémentaires qui sont synchronisés avec l'électronique de la machine d'essais.

L'électronique de la machine actuelle est vieillissante, les composants électroniques et informatiques deviennent difficiles à provisionner et la maintenance n'est plus opérée que dans la limite des pièces disponibles. L'obsolescence électronique et informatique de cet équipement nous conduit à demander une opération de rétrofit qui consiste à fournir, livrer, installer, mettre en service une nouvelle électronique, un nouveau logiciel de pilotage et d'acquisition. L'opération de modernisation intègrera également la vérification des différents capteurs de la machine (force, déplacement, déformation) avant et après rétrofit et des essais de validation seront également effectués afin de s'assurer des bonnes performances du moyen avant et après rétrofit. La documentation contenant les instructions de service relative à la machine est disponible en version numérique et papier à l'ONERA.

L'opération de modernisation inclura la formation à l'utilisation de la machine, la maintenance et la fourniture de toute la documentation technique dont un manuel d'utilisateur.

5.1.2 Applications et utilisations de la machine ZwickRoell Z150

Les essais réalisés avec ce moyen ont pour objectif de caractériser le comportement élastique, l'endommagement et la rupture des matériaux composites. Il s'agit de réaliser des essais mécaniques à l'ambiante ou en température (une enceinte thermique s'adapte sur le bâti de la machine Z150) qui sont de différents types :

-des essais de traction et compression
-des essais cisaillement
-des essais de flexion
-des essais mécaniques pilotés par des signaux externes

Des montages expérimentaux spécifiques à la réalisation d'essais « non conventionnels » ont été développés à l'ONERA et s'adaptent sur le bâti de la machine.

Afin de réaliser des essais mécaniques richement instrumentés, la machine d'essais est interfacée avec les équipements de mesures de laboratoire : jauges de déformation, extensomètres, caméras optiques, caméras thermiques, capteurs d'émission acoustique, capteurs ponctuels de déplacement ou autres, figure 1. Le système électronique de la machine doit être capable d'enregistrer des signaux électriques +/-10V générés par ces différents instruments de manière identique à ce qui est réalisé actuellement.

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

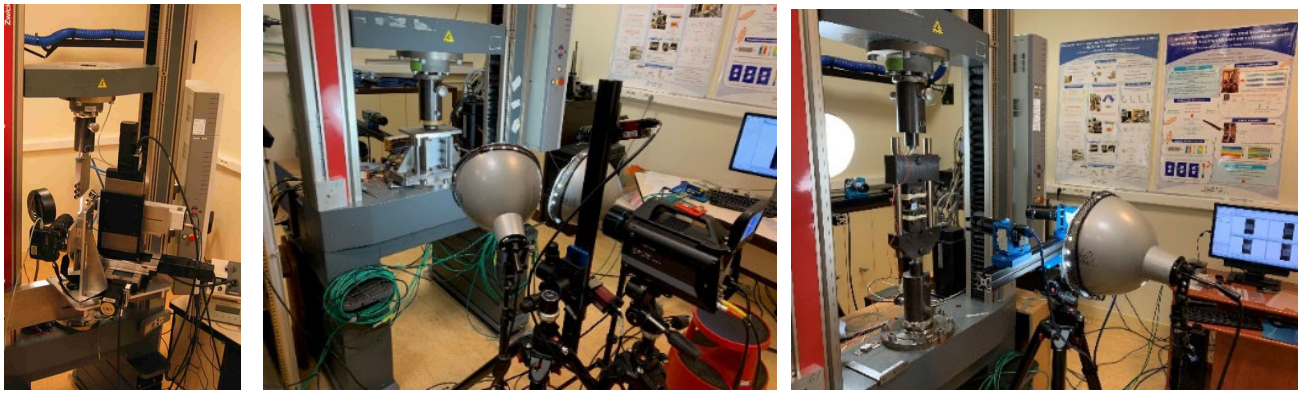


Figure 1 Exemples d'essais instrumentés réalisés avec la machine ZwickRoell Z150

5.1.3 Profils de chargement « complexes »

La compréhension des mécanismes d'endommagement pour les matériaux composites nécessite de pouvoir réaliser des profils de chargement spécifiques. Une technique utilisée au laboratoire consiste à observer le chant poli d'une éprouvette avec un microscope optique qui est installé sur le bâti de la machine ZwickRoell Z150 et d'interrompre le chargement d'une éprouvette pour observer finement les fissures apparues lors du chargement. Ces dernières sont fines ce qui impose un maintien sous charge de l'éprouvette pour faciliter leurs observations. La machine et son électronique doivent donc permettre d'appliquer différentes rampes de chargement, en déplacement ou force, puis de décharger légèrement l'éprouvette et assurer un maintien en charge pour que l'utilisateur puisse observer finement le champ de l'éprouvette (exigences **[EF_02], [EF_03][EF_03] [EF_04], [EF_05], [EF_08]).**

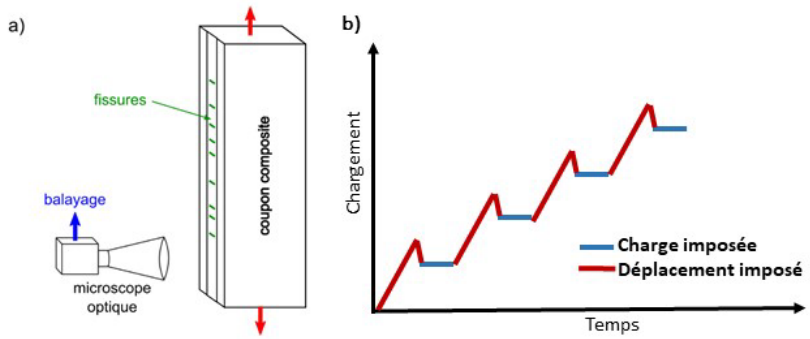


Figure 2 : a) schéma de principe de l'essai b) exemple de profil appliqué à l'éprouvette pour ce type d'essai

5.1.4 Essais de fluage multiples en traction ou en compression

De plus, certains de ces matériaux ont un comportement mécanique qui évolue fortement (viscosité et module) entre le début et la fin du chargement appliqué sur l'échantillon. Le pilotage de la machine doit prendre en compte ces évolutions pour assurer un pilotage de l'essai qui s'adapte au mieux à ce qui est demandé par l'opérateur que ce soit à l'aide d'un PID automatique ou non. Cette spécificité de comportement est une donnée importante à prendre en compte pour la qualité du pilotage de l'asservissement, notamment lors de la réalisation d'essais de fluage en traction ou compression pour des niveaux de charge croissants avec une vitesse de chargement, pour arriver aux paliers de charge relativement rapide pour lesquels il est important d'éviter un dépassement du seuil de charge défini dans le profil de chargement, Figure 3 (exigences **[EF_02] [EF_08]**)

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

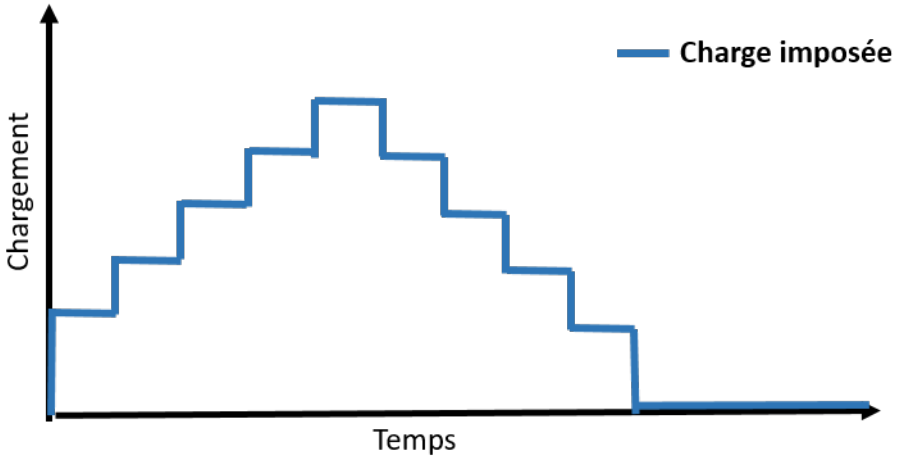


Figure 3. Illustration du profil de chargement pour un essai de fluage complexe

5.1.5 Caractérisation de la viscosité d'un matériau

La caractérisation du comportement visqueux d'un matériau est réalisée grâce à une série d'essais de traction monotone, chacun suivant une vitesse de déformation $\dot{\varepsilon}$ définie au préalable par l'opérateur. La figure 4 illustre schématiquement le dispositif expérimental nécessaire pour ce type d'essais. L'allongement instantané de l'éprouvette $L(t)$ est mesuré à l'aide d'un extensomètre. En connaissant cette mesure et la longueur initiale entre les couteaux de l'extensomètre (L_0), le système est capable de calculer la déformation instantanée $\varepsilon(t)$ appliquée à l'éprouvette. En se basant sur la déformation instantanée de l'éprouvette, le système calcule la sollicitation F(t) de manière à respecter la vitesse de déformation définie au préalable par l'opérateur.

La consigne est calculée à partir d'un signal analogique externe (voir exigence **[EF_02]** et **[EF_06]**).

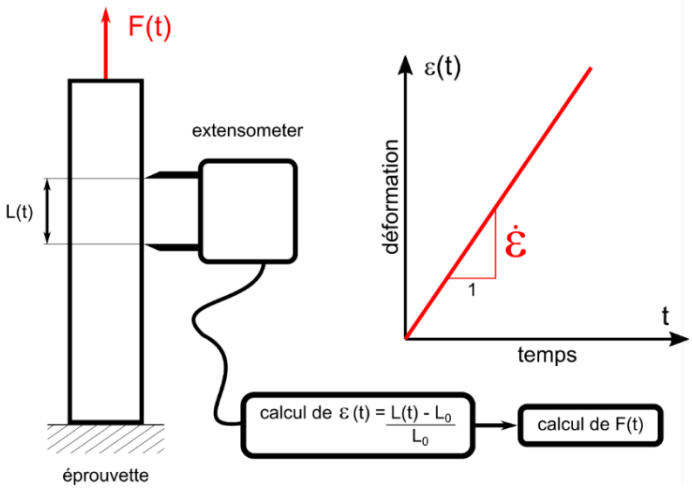


Figure 4. Schéma de principe de la caractérisation de la viscosité avec l'équipement

5.1.6 Déménagement du moyen vers le site de l'ONERA Palaiseau

La machine d'essais Z150 sera installée dans un laboratoire dédié aux essais mécaniques sur le site de l'ONERA Châtillon (92). Elle fait partie des équipements du DMAS qui déménageront sur le site de Palaiseau (91) d'ici 4 ans.

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

5.2 PRESENTATION FONCTIONNELLE

Le principe de la machine est de transmettre une consigne utilisateur (force, déplacement, vitesse) au contrôleur qui communique l'information au variateur. Ce dernier actionne le moteur et le résolveur en boucle fermée. Parallèlement, le contrôleur assure la surveillance et la régulation du signal de la cellule de charge.

Le schéma fonctionnel de la machine (Figure 5) devra respecter l'architecture suivante : un contrôleur en temps réel, un variateur compatible avec le moteur actuel et le résolveur (ou un moteur de technologie plus récente). Ce schéma comprend :

- La machine avec son bâti et le capteur de déplacement, les capteurs de force (1)
- Un entraînement : un moteur avec un résolveur **(7)**
- **Le système de commande des essais qui fait l'objet de la STB** avec
  - une électronique
    - un contrôleur temps réel **(3)**
    - un variateur **(4)**
  - un PC avec le logiciel de pilotage et d'acquisition des données
    - Interface Homme Machine **(2)**
    - Télécommande **(6)**
    - Boîtier d'acquisition de voies externes **(5)**

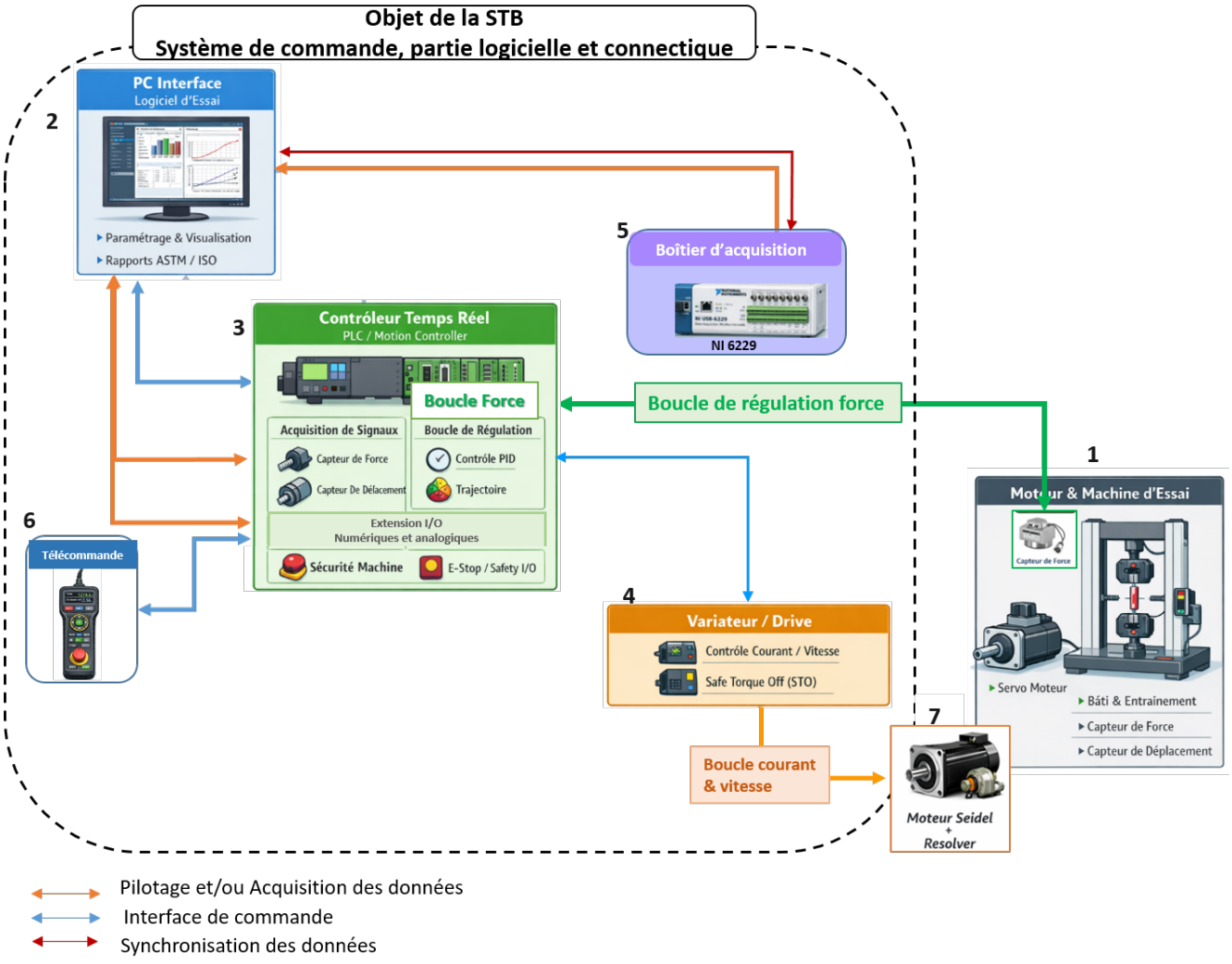


Figure 5. Schéma fonctionnel de la machine Z150 et de ses équipements

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

5.3 CONCEPTS PRINCIPAUX

Dans le cadre du rétrofit de l'électronique de la machine de traction Zwick BTC-FT150TL, plusieurs concepts techniques seront étudiés afin d'assurer les différentes fonctions nécessaires au fonctionnement de la machine. Le périmètre concerne le système de pilotage principal de la machine, qui comprend : le contrôleur, le variateur, les conditionneurs de signaux, un boîtier d'acquisition multi-voies (synchronisé avec les voies de mesures de la machine), un PC, un logiciel associé ainsi que les interfaces de connexion entre les différents composants de la machine.

Les principaux concepts étudiés concernent la chaîne de mesures (conditionnement, acquisition, calibration), l'asservissement de la machine (régulation en boucle fermée, modes force/déplacement/déformation), ainsi que le pilotage du moteur via un variateur adapté.

Seront également intégrés le contrôle du système (architecture temps réel, séquencement), la réalisation des essais (génération de profils, acquisition et exploitation des données), ainsi que l'interface opérateur (visualisation, paramétrages).

Enfin, les problématiques de sécurité, de communication et de maintenance (diagnostic, traçabilité) feront l'objet d'une attention particulière afin de garantir la fiabilité et la conformité du système.

La partie mécanique de la machine sera conservée.

Le changement de l'électronique et les opérations nécessaires à ces modifications seront réalisés par le titulaire sur le site de l'ONERA à Châtillon (92). Ce changement de l'électronique devra être compatible avec le raccordement électrique actuel de la machine (400V AC +/-10%-50 à 60Hz-3PH N PE régime TNS6 kVA).

5.4 PRINCIPAUX CONSTITUANTS

Ce paragraphe décrit les principaux constituants de la machine ZwickRoell Z150.

5.4.1 Bâti / structure mécanique (ne fait pas partie de la STB)

Le bâti ne fait pas partie de l'objet de cette STB, il comprend :

- Une structure rigide qui supporte tous les efforts mécaniques.
- Le cadre, la colonne, la traverse mobile guidée et les éléments de liaison, qui assure la précision et la reproductibilité des mouvements durant l'essai.

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

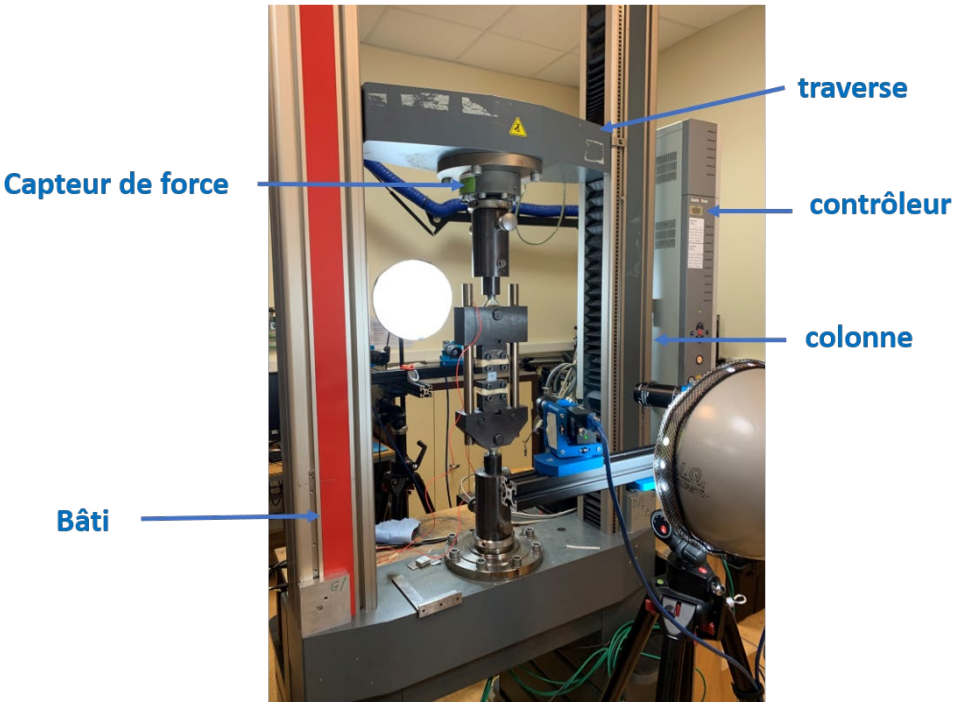


Figure 6. Vue de la machine Z150

5.4.2 Logiciel de pilotage et acquisition

- Rôle : interface PC qui permet de piloter l'essai, de paramétrer les séquences, de visualiser les mesures (force, déplacement, temps), de tracer les courbes et d'enregistrer les données puis de les exporter.

5.4.3 Capteurs & instrumentation

- Capteurs de force : cellule de charge qui mesure la force appliquée à l'éprouvette.
- Capteur de déplacement / position : mesure la position de la traverse (donc déformation).
- Les signaux issus de ces capteurs sont acquis par l'électronique et transmis au logiciel et au système de régulation.

5.4.4 Le contrôleur

- Contrôle la force appliquée sur l'éprouvette et la compare à la consigne.
- Réalise une boucle d'asservissement avec la cellule de force de la machine.
- C'est l'électronique qui reçoit les consignes de vitesse/force du logiciel et génère les commandes pour le variateur de vitesse, qui actionne le moteur.

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



Figure 7. Vues du contrôleur actuel de la machine (face avant, côté et arrière de la machine)

5.4.5 Le variateur

Le variateur alimente le moteur, le régule en temps réel et adapte la fréquence du réseau pour faire varier la vitesse et le couple du moteur en fonction des besoins de la machine et stabilise le mouvement

5.4.6 Le moteur

Le moteur de la machine est en fait constitué de 2 éléments : un moteur et un résolveur qui constituent deux éléments importants au bon asservissement de la machine. C'est un moteur 4,41kW.

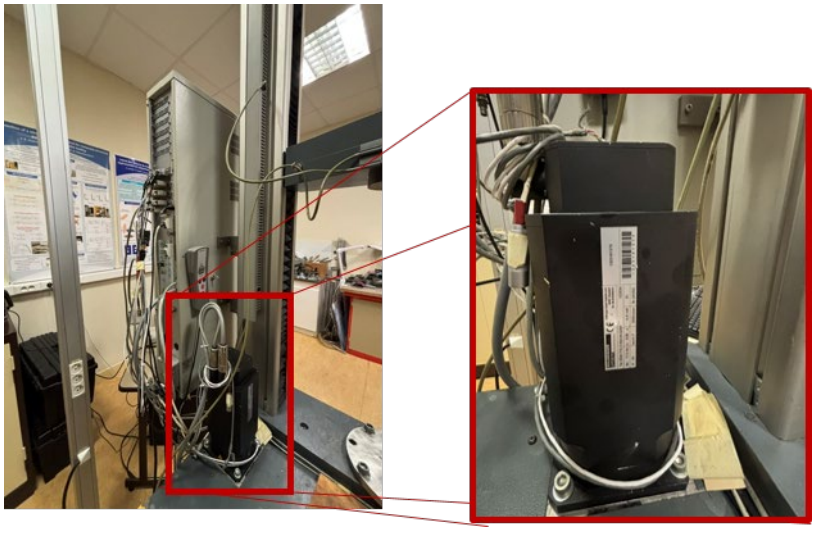


Figure 8. Moteur de la machine Zwick : vue sur le bâti et en détail

5.4.7 Vis à billes pour la transmission

Transforme la rotation en translation
Influe sur la précision et la rigidité
Introduit des frottements

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

5.4.8 Boitier d'acquisition

Des signaux externes sont enregistrés sur un boîtier d'acquisition National Instrument NI-USB-6229 externe via l'électronique et synchronisés avec la machine (Figure 9). Ces signaux sont enregistrés et paramétrés sur le logiciel de pilotage et d'acquisition de la machine.



Figure 9. Boîtier d'acquisition National Instrument Module Ni-USB-6229 connections BNC

5.4.9 Fonctionnement général résumé

- Paramétrage : l'utilisateur définit les paramètres d'essai (force cible, vitesse, type d'essai…) dans le logiciel de pilotage.
- Commande : le logiciel envoie des consignes de mouvement à la chaîne de commande / variateur.
- Actionneur : le variateur pilote le moteur pour déplacer la traverse suivant la loi d'essai.
- Mesure : les capteurs récupèrent les données de force et de déplacement.
- Acquisition & traitement : les données sont transmises au logiciel qui traite, affiche et enregistre les résultats.

6 EXIGENCES

Cette section et les suivantes contiennent les exigences et contraintes auxquelles la prestation complète doit répondre. Chaque spécification se compose de trois éléments :

- Un terme d'exigence ou de contrainte [EF, EI, EO, CM, CI, CC, PSE]
- Un niveau d'exigence [P ou M]

Veuillez consulter le Tableau 1 pour les termes d'exigence.

Le premier terme définit la nature de la spécification, soit :

- Une contrainte,
  - C'est-à-dire une limitation ou une restriction imposée sur un système, un processus ou un projet ;
  - Elle contribue à définir les limites dans lesquelles le système doit fonctionner ou le projet doit être réalisé ;
  - Elle peut être de nature technique, temporelle, légale ou liée à l'environnement du projet.
- Une exigence,

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

- C'est-à-dire 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 spécification est associée à un niveau d'importance :

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

Enfin, toute exigence **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.
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 F ou O détaillant le caractère obligatoire ou facultative. Ainsi, toute exigence PSE (O) devra obligatoirement trouver une réponse dans l'offre.

6.1 EXIGENCES FONCTIONNELLES

La nouvelle électronique fournie est composée notamment d'un contrôleur et d'un variateur.

[EF_01] Modernisation du contrôleur et du variateur (P)

Le nouveau contrôleur et le nouveau variateur proposés devront être compatibles avec la machine d'essai et assurer les fonctions de pilotage en force, vitesse et déplacement. Ce nouveau système de commande devra garantir la précision des différents modes d'asservissements pour les essais, la compatibilité avec les capteurs et actionneurs de la machine, l'acquisition des données d'essai ainsi que la gestion des fonctions de sécurité et de protection nécessaire à l'équipement. Ce nouveau système de commande sera compatible avec les caractéristiques électriques actuelles de la machine d'essai.et le moteur de la machine.

[EF_02] Régulation en force, en déplacement ou en déformation (P)

Le système de commande doit permettre d'asservir le contrôleur en temps réel à partir d'une consigne portant sur une grandeur mesurée, selon l'un des trois modes de pilotage suivants :

- Pilotage en déplacement, basé sur la mesure du capteur de déplacement
- Pilotage en effort basé sur la mesure du capteur de force de la machine.
- Pilotage en déformation basé sur un signal analogique fourni par un instrument externe (extensomètre, jauge de déformation…)

[EF_03] Changement de régulation en cours d'essai (P)

Le système de commande doit permettre de changer de mode de pilotage (en déplacement, en effort ou en déformation) en cours d'essais. Le système doit garantir la continuité du suivi de la consigne (pas de saut de valeur) lors du basculement.
Le système permettra de combiner ces asservissements et de passer de l'un à l'autre en cours d'essai.

[EF_04] **Programmation et exécution de séquences d'essais (P)**

Le système de commande doit permettre de programmer et d'exécuter des méthodes d'essai personnalisées pilotant la traverse. Le système doit supporter la définition de séquences composées de phases successives utilisant les différents modes d'asservissement (déplacement, effort, déformation).

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

[EF_05] **Acquisition des données d'essais pendant une pause au niveau du logiciel (M)**

Le système de commande doit permettre de mettre en pause l'exécution d'un essai tout en poursuivant l'acquisition des données de l'essai sans interruption, puis reprendra la séquence d'essais telle que définie dans le profil d'essai initialement défini.

[EF_06] Pilotage à partir d'un signal externe (M)

Le système de commande doit permettre de suivre une consigne fournie en temps réel par un système externe via un signal analogique.

[EF_07] Pilotage conditionnel à partir d'évènements externes (P)

Le système de commande doit permettre le déclenchement conditionnel ou l'arrêt conditionnel de cycles expérimentaux. Les conditions d'activation doivent pouvoir être définies via des signaux analogiques ou numériques (par exemple, des fronts montants ou descendants). Par ailleurs, la machine doit intégrer des fonctionnalités de synchronisation (Trig-In / Trig-Out). Ces éléments permettent de garantir la synchronisation de certaines séquences d'essais avec des systèmes extérieurs.

[EF_08] Réglage des PID (P)

Le paramétrage nécessaire à la communication entre la nouvelle électronique et le moteur de la machine sera réalisé par le titulaire lors de l'installation sur le site de l'ONERA.

[EF_09] Accès au réglage des PID (M)

Le système de commande proposera une fonction de réglage automatique ainsi que la possibilité de régler manuellement un ou des paramètres PID pour garantir un asservissement précis selon la vitesse de chargement ou selon la rigidité des éprouvettes.

[EF_10] Non-régression des performances de la machine (P)

Le système de commande doit permettre d'atteindre des performances équivalentes à celles du système actuel (capacité nominale, vitesse et course maximale). Le nouveau système de commande installé dans le cadre du rétrofit de la machine permettra d'atteindre des performances équivalentes à celles du système actuel, rappelées ci-après.

Pour ce qui est de l'entrainement :

- La vitesse de la traverse est réglable de 0.00005 à 900mm/min
- La précision de la vitesse sélectionnée 0.005% de la V_{nom}
- La résolution de la course d'entraînement est 0.0123µm
- La reproductibilité du positionnement (sans changement de direction) <2.0µm
- Fréquence d'essai maximum 0.5Hz

Pour ce qui est de l'électronique de pilotage :

- Le taux d'enregistrement dans le système 500Hz
- Le taux de transmission sur le PC réglable entre 10 et 500Hz
- La correction du drift zéro sur l'ensemble de la chaîne de mesure, sans capteur : automatique en début de mesure
- Correction en temps réel du système de mesure : oui

En mai 2026, la machine d'essai a été vérifiée. Cette vérification indique que la machine ZwickRoell BTC-FR150TL.A4K numéro interne 0020064 utilisée pour la mesure de la force en traction et /ou compression selon les normes NF ISO 5893 pour la partie force et NF EN ISO 7500-1 est conforme et de classe0.5 pour les capteurs de force 150kN et 10kN. Le déplacement de la traverse de la machine a également été vérifié et la comparaison des indications données par un système extensométrique à des variations de longueurs connues imposées par un appareil d'étalonnage selon les prescriptions de la norme NF EN ISO9513. Cette vérification montre que le déplacement de la traverse est conforme, le dispositif d'entraînement de la traverse permet l'obtention d'une vitesse « linéaire » satisfaisante.

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

[EF_11] Fourniture et capacités d'un logiciel de contrôle (P)

Le titulaire fournit un logiciel de contrôle et d'acquisition de l'électronique de commande complet. L'interface doit être disponible en français et/ou anglais. Ce logiciel doit offrir des fonctionnalités équivalentes ou supérieures à celles du système installé et utilisé avant le rétrofit pour le pilotage et l'acquisition des données d'essais. Le logiciel doit permettre la réalisation de séquences d'essais ainsi que des enchaînements avec possibilité de réaliser des rampes, différents types de maintien, des boucles sur des séquences en traction, compression…. Chaque cycle d'essai doit pouvoir être programmé indépendamment des autres (paramètres, durée, critères d'arrêt).

[EF_12] Enregistrement continu et sécurisé des signaux (P)

Le système de commande et d'acquisition doit permettre d'enregistrer tous les signaux en **continu.** Ceci pour éviter toute perte de données en cas d'arrêt brutal de la commande (coupure de courant ou bug logiciel). Les données seront disponibles à l'exportation sous format a minima csv, txt, ascii.

[EF_13] Évolutivité : Intégration future d'un four (M)

Le système de commande doit être conçu pour permettre l'ajout ultérieur du contrôle d'un four installé sur le bâti, avec interface possible sur le logiciel de pilotage de la machine d'essais.

[EF_14] Configuration et compatibilité des systèmes informatiques (P)

En concertation avec l'ONERA, le titulaire s'assure de la compatibilité de l'électronique de contrôle ainsi que des logiciels de pilotage et d'acquisition avec le matériel informatique fourni par l'ONERA.

[EF_15] Garantie des éléments fournis (P)

Le titulaire devra garantir l'ensemble du matériel fourni pour une durée minimale de douze mois à compter de la date d'admission couvrant les pièces, la main d'œuvre et les logiciels associés.

Le titulaire fournira, à la livraison, la documentation nécessaire permettant à l'ONERA d'identifier les équipements couverts, leur durée de garantie et les modalités de mise en œuvre de celle-ci.

[EF_16] Documentation et maintenance des éléments fournis (P)

Le titulaire fournit la documentation nécessaire à l'entretien de la machine, qui doit préciser également les opérations de maintenance nécessaires au maintien des performances et de la conformité de la machine, notamment pour les systèmes de mesure, de contrôle, d'asservissement, d'acquisition et de sécurité introduits ou modifiés dans le cadre du rétrofit.

[EF_17] Vérification compatibilité moteur (M)

Le titulaire vérifiera la compatibilité de ces équipements avec les nouveaux dispositifs de commande et d'asservissement proposés dans le cadre du rétrofit. En cas d'incompatibilité du moteur actuel avec le nouveau variateur ou avec les dispositifs de commande proposés, le titulaire doit proposer un moteur de remplacement présentant des caractéristiques et fonctionnalités au moins équivalentes à celles du moteur actuel. Le nouveau moteur proposé devra être compatible avec les caractéristiques électriques de la machine.

6.2 EXIGENCES TECHNIQUES

Les solutions techniques fournies doivent permettre de réaliser le pilotage, l'asservissement et l'acquisition des données expérimentales de manière identique à l'existant.

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

6.3 EXIGENCES OPERATIONNELLES

[EO_01] Présence de boutons d'arrêt d'urgence à proximité de la machine (P)

Des boutons d'arrêt d'urgence sont indispensables pour la sécurité des opérateurs et de la machine. Un bouton devra être positionné à proximité de la machine et un second sur la télécommande de la machine, conformément à la directive CE2006/42/CE.

[EO_02] Déclenchement de l'arrêt en cas de dépassement de limites (P)

Le système de commande doit permettre de déclencher l'arrêt d'urgence d'un essai ou du déplacement de la traverse, des niveaux de charge en cas de limites dépassées. A minima, les limites sont définies dans le système de commande comme des bornes supérieures et inférieures de déplacement traverse et de force mesurée à ne pas dépasser.

[EO_03] Fourniture du système de commande (M)

Le système de commande est fourni sous forme de boîtier compatible avec l'environnement existant.

6.4 EXIGENCES D'INTERFACES

[EI_01] Interface entrées / sorties (M)

La configuration minimale souhaitée est la suivante :

*Fourniture de conditionneurs universels et de nouvelle fiche de connexion entre le contrôleur de la nouvelle électronique et :

les 2 capteurs de force actuels (10kN et 150kN)
la traverse

*2 Cartes d'entrée/sortie pour le traitement de signal analogique et numérique :

- 2 modules d'entrées sorties pour le traitement de signaux analogiques et numériques comprenant :
  1 entrée analogique +/-10V
  2 sorties analogiques +/-10V programmables
  4 entrées numériques galvaniques
  3 sorties numériques
  1 sortie relai contact sec
  1 sortie courant 100µA

2 boîtiers de connexion aux modules d'entrée/sortie avec connexions BNC avec câble de 2 m de longueur

Connexion simple via une fiche BNC
Une entrée analogique synchrone+/-10V avec une résolution de 24bits
Deux sorties analogiques synchrones +/-10V pour la sortie par exemple du signal force, du Déplacement traverse
2 sorties numériques de 5V et 24V peuvent être utilisées pour le déclenchement
1 sortie numérique 24V
1 sortie relais pouvant être chargée jusqu'à 1A.
Configuration de ces voies via le logiciel de pilotage et d'acquisition de la machine

* Une télécommande reliée à l'électronique de la machine et connectée au logiciel de pilotage et d'acquisition de la machine.

[EI_02] Interface homme/machine (P)

L'interface graphique du (ou des) logiciel(s) de pilotage et d'acquisition doit permettre l'affichage en temps réel des courbes Force/Déplacement en fonction du temps, ainsi que l'affichage instantané de l'ensemble des signaux enregistrés par l'instrumentation. Le logiciel doit proposer un format d'export standard lisible (CSV, ASCII, etc.) compatible avec les outils logiciels.

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

[EI_03] Télécommande ou PAD mobile (P)

Le système doit inclure 1 télécommande ou 1 PAD mobile pour piloter la traverse "au pied" du banc. Les fonctions à inclure a minima sont les suivantes :

- Connexion directe avec le logiciel de pilotage de la machine
- Affichage des valeurs de déplacement et de la force
- Monter / descendre la traverse avec réglage fin et rapide
- Bouton d'arrêt d'urgence de la machine
- Prévoir une longueur de câble (>2m) suffisamment longue pour travailler autour du bâti.
- Possibilité de piloter des ouvertures/fermetures de mors avec la protection de l'échantillon.

[EI_04] Interface boîtier externe National Instrument (P)

La synchronisation et l'acquisition des données enregistrées en continu avec **le boîtier externe National Instrument Module Ni-USB-6229**, (16 entrées analogiques 0-10V, 4 sorties, 16 bits de résolution et interface USB) seront intégrées dans le logiciel fourni avec la machine. Si le modèle NI-USB-6229 n'est plus compatible, le fournisseur doit proposer une solution équivalente.
*Pour la connexion du boîtier National Instrument NI USB -6229

Un module d'entrée/sortie pour le traitement de signal analogique et numérique
1 entrée analogique +/-10V
2 sorties analogiques +/-10V programmables
4 entrées numériques galvaniques
3 sorties numériques
1 sortie relai contact sec
1 sortie courant 100µA

Un câble pour la synchronisation entre la nouvelle électronique de la machine et le boîtier d'acquisition National Instrument NI-USB-6229 (si le câble déjà existant sur la machine ne convient pas)

6.5 EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES

[EE_01] Exigences environnementales sur les composants (P)

Le titulaire garantit que les équipements, composants, accessoires et pièces détachées fournis respectent les dispositions réglementaires applicables relatives aux substances chimiques et aux substances dangereuses, notamment :

-le règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 (REACH), concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances ;

-la directive 2011/65/UE du Parlement européen et du Conseil du 8 juin 2011 (RoHS), relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques, ainsi que ses textes modificatifs et transpositions applicables.

[EE_02] Exigence environnementale sur la durabilité/ réparabilité (P)

Le titulaire doit proposer un équipement conçu pour une utilisation professionnelle minimale de 1500h/an.
À ce titre :

- les principaux sous-ensembles des composants utilisés pour la modernisation de la machine et de ses accessoires doivent être remplaçables individuellement lorsque cela est techniquement possible, afin d'éviter le remplacement complet de l'équipement en cas de défaillance d'un composant ;
- les pièces d'usure et consommables nécessaires à l'exploitation doivent être identifiés dans la documentation fournie ;
- le titulaire doit assurer la disponibilité des pièces détachées nécessaires à la maintenance pendant une durée minimale de **5 ans** à compter de la date de fin de garantie ;

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

- les pièces électroniques/ électriques remplacées et les consommables doivent être orientés par le titulaire vers les filières appropriées de réemploi, de réutilisation, de recyclage ou de traitement en fin de vie, conformément à la réglementation applicable ;
- le titulaire doit pouvoir assurer un support technique et une disponibilité des mises à jour logicielles nécessaires au maintien en condition opérationnelle du système pendant une durée minimale de **5 ans** à compter de la date de fin de garantie.

6.6 PRESTATION SUPPLEMENTAIRE EVENTUELLE

[PSE_01] Fourniture d'un onduleur (F)

L'onduleur permettra de protéger la machine d'essai d'une rupture d'alimentation électrique en cours d'essai. En cas de coupure, l'onduleur doit permettre l'enregistrement sécurisé des données avant l'arrêt.

[PSE_02] Extension de garantie matérielle et logicielle (O)

Le titulaire doit proposer une extension de garantie supplémentaire portant sur les pièces, la main d'œuvre et les logiciels pour une durée additionnelle de 12 mois minimum au-delà de la garantie minimale de 12 mois prévue au titre de l'offre de base, soit une garantie totale de 24 mois minimale à compter de la réception du contrat.

7 CONTRAINTES IMPOSEES

7.1 CONTRAINTES DE MISE EN ŒUVRE, D'UTILISATION ET DE MAINTENANCE

[CM_01] Raccordement aux capteurs actuels et au moteur de la machine ZwickRoell Z150 (P)

L'électronique de commande sera conforme aux caractéristiques électriques de la machine et se raccordera aux capteurs existants (cellules de 150kN et 10kN et déplacement de la traverse) et au moteur, avec des nouvelles prises de connexion si nécessaire.

[CM_02] Maintenance et support de l'électronique de commande (P)

Le titulaire doit être à même de maintenir l'électronique de commande, que ce soit pour une maintenance régulière ou pour son dépannage sur le site de l'ONERA, dans un délai raisonnable en concertation avec le titulaire et l'ONERA.

[CM_03] Manuel d'utilisation et d'entretien (P)

Au moins un exemplaire du manuel d'utilisation et d'entretien de la machine, précisant les procédures d'exploitation, de réglage, de maintenance courante et les consignes de sécurité associées. Une version électronique et une version papier seront remises lors de l'intervention sur le site de l'ONERA. Il sera rédigé en français ou en anglais, et couvrira à la fois les aspects matériels et logiciels du système de commande.

[CM_04] Plans du système de commande (M)

Il est demandé au titulaire de fournir les plans de l'électronique du système de commande.

[CM_05] Schémas des interfaces (M)

Il est demandé au titulaire de fournir les plans électriques et électroniques des interfaces (entrées / sorties) du système de commande avec la machine.

[CM_06] Fichiers d'installations des logiciels du système de commande (P)

Les fichiers d'installation des logiciels du système de commande seront fournis pour archivage par l'ONERA pour être réinstallés en cas de besoin.

[CM_07] Formation du personnel ONERA (P)

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

Le titulaire du contrat proposera une formation complète du personnel ONERA (5 personnes) à l'utilisation de la machine après le rétrofit sur le site de l'ONERA Châtillon (92). Cette formation permettra au personnel de maîtriser efficacement les fonctionnalités du système de commande, garantissant ainsi une utilisation optimale et sécurisée de la machine.

[CM_08] Vérification des cellules de force et du capteur de déplacement avant et après le rétrofit (P)

Le titulaire du contrat s'engage à assurer la validité métrologique des cellules de force et du déplacement traverse de la machine en réalisant une vérification COFRAC de la chaîne de mesure de la machine avant et après son rétrofit. Un rapport de vérification sera fourni pour ces deux phases.

7.2 CONTRAINTES DE CONCEPTION ET DE REALISATION

Le titulaire devra s'assurer que les solutions proposées permettent la connexion des différents composants actuels qui seront conservés et notamment :

- Les capteurs de force actuels respectivement 10kN et 150kN
- Le capteur de déplacement
- Les extensomètres
- La connectique avec le moteur actuel de la machine

Préalablement à l'intervention, le titulaire fournira un planning détaillé de son intervention sur le site ainsi que les caractéristiques du PC nécessaire au bon fonctionnement de la nouvelle électronique fournie.

[CC_01] Raccordement et conditionnement des éléments existants avec la nouvelle électronique (P)

La nouvelle électronique de commande sera raccordée au moteur et aux capteurs existants. Si la connexion avec le moteur actuel de la machine n'est pas compatible avec la nouvelle électronique, un nouveau moteur sera proposé avec l'accord de l'ONERA. Une validation de compatibilité sera effectuée avant l'installation.

[CC_02] Planning détaillé (P)

Avant toute intervention sur site, le titulaire fournira un planning détaillé incluant le calendrier (dates début/fin et durée), les phases de l'intervention (démontage, installation, tests, validation), le personnel nécessaire et la durée de présence et l'impact sur l'activité du laboratoire (temps d'arrêt de la machine).

7.3 CONTRAINTES LOGISTIQUES ET DE MISE EN ŒUVRE

Le titulaire devra mettre en œuvre tous les moyens de transport et de manutention nécessaires pour assurer des conditions de transport garantissant l'intégrité du matériel jusqu'à la livraison dans le laboratoire de l'ONERA à Châtillon. Le titulaire devra prévoir des échanges préalables avec l'ONERA afin de s'assurer de la logistique pour les accès et l'aménagement dans le laboratoire existant.

La machine se trouve dans un laboratoire situé au sous-sol du bâtiment E8.-1.02 à l'ONERA Châtillon (92).

Les pièces seront livrées en suivant l'un des cheminements représentés en bleu sur la Figure 10- implantation de la machine et accès par l'extérieur.

[CI_01] Installation de l'électronique de pilotage et du PC d'acquisition local E8-1.24 (P)

L'ensemble des équipements livrés seront installés au 1er sous-sol du bâtiments E8.

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

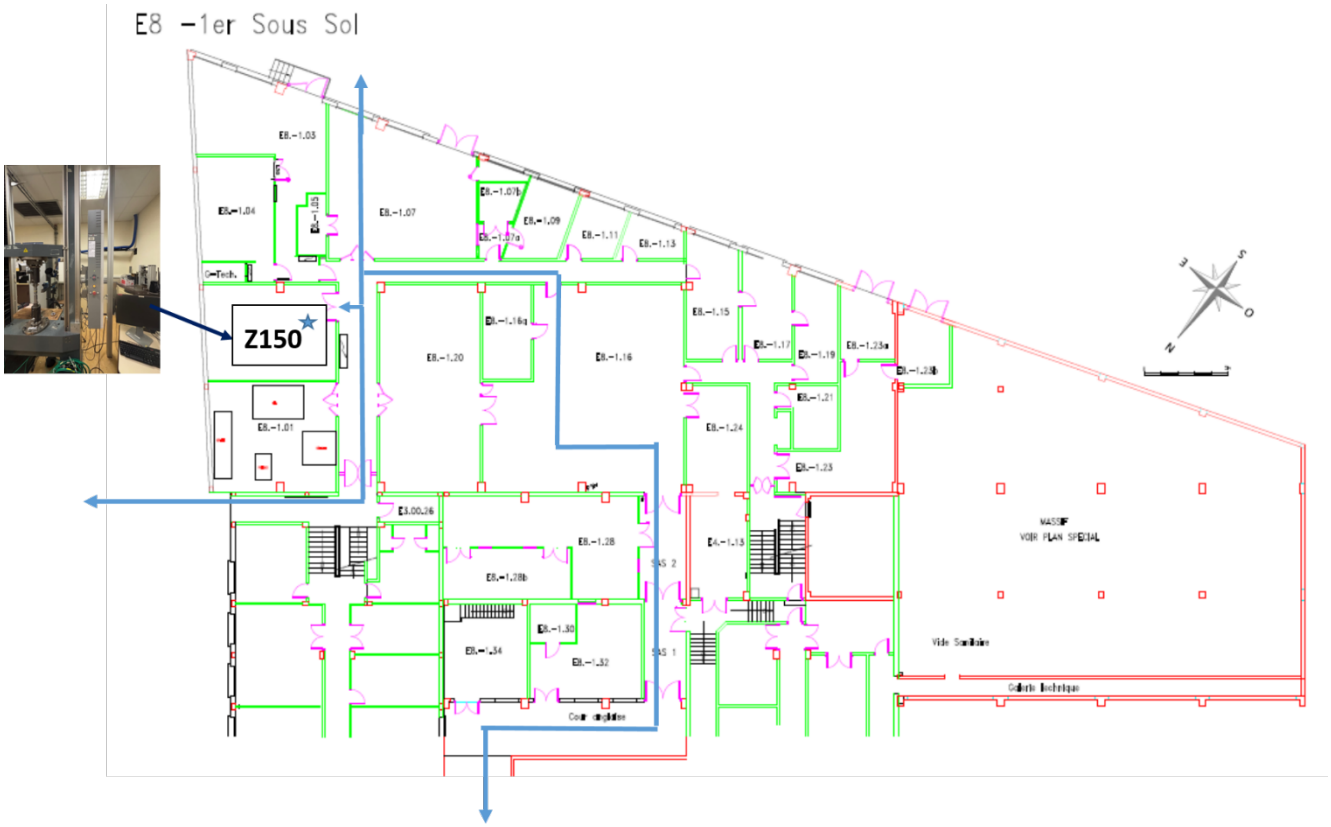


Figure 10- implantation de la machine et accès par l'extérieur

8 PRESTATIONS DEMANDEES

Voici la liste des prestations demandées pour cette opération de rétrofit :

Poste 1 : Etude détaillée de l'équipement existant

Poste 2 : Vérification des capteurs de force, de la vitesse de déplacement traverse

Poste 3 : Fourniture et installation de la nouvelle électronique + raccordements aux éléments existants et conservés dans le cadre du rétrofit

Poste 4 : Vérification des capteurs de force, de la vitesse de déplacement traverse

Poste 5 : Tests de réception

Poste 6 : Formation du personnel ONERA.

8.1 ESSAIS DE RECETTE

Les essais de recette seront réalisés conjointement par le prestataire et l'ONERA après la réalisation de l'upgrade de l'électronique.

A minima, les essais de recette envisagés contiendront la séquence expérimentale suivante, réalisable sur une ou quelques éprouvettes.

- Mise en place de l'essai pour valider les exigences **[EF_08]**, **[EO_01]**
- Essai de traction monotone interrompu pour tester les boutons d'arrêt d'urgence (**[EF_02]**, **[EO_01]**, **[EF_04]**, **[EO_01]**).
- Essai de cyclage interrompu pour piloter l'essai à partir d'un signal externe (**[EF_06]**).

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

- Essai de traction et/ou compression avec changement de mode de régulation (paragraphes 5.1.3, 5.1.4), et vérification de l'enregistrement des données expérimentales en cours d'essai et de leur accessibilité pendant celui-ci (**[EF_02]**, **[EF_04]**, **[EF_05], [EF_07]**, **[EF_12]**,
- Essai de traction avec paliers et changements de mode de régulation en quasi-statique, mené jusqu'à rupture de l'éprouvette (cf. 5.1.3). Mener l'essai à rupture permettra de valider les limites de sécurité définies via le logiciel de commande, en force ou en déplacement (**[EF_03]**, **[EF_04]**, **[EO_02]**).
- Vérification du conditionnement et de l'acquisition des capteurs externes, régulation sur un extensomètre **[EF_06]**.
- Vérification de la synchronisation entre un boitier d'acquisition externe et la nouvelle électronique de pilotage, garantie des fréquences d'acquisition déjà préalablement disponibles sur le moyen.**[EF_12]**.

À ces essais s'ajouteront les opérations suivantes :
- Vérification des cellules d'effort et du déplacement traverse de la machine (**[CM_08]**).

9 RAPPEL DES LIMITES DE FOURNITURE

- **À charge du prestataire**

  Livraison, décharge, moyens de manutention, manutention elle-même, installation (réalisation des connexions, au PC, au contrôleur), logiciels, fichiers d'installation des logiciels, sauvegardes, documentations techniques en français ou en anglais, description des interfaces du système, étalonnage, validation du système et de ses fonctionnalités, formation.

- **A charge de l'ONERA :**

  Bâti machine prêt et utilisable, réseau électrique, réseau informatique et éprouvettes et dispositifs expérimentaux pour la réalisation des essais de recette.

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