



CEA/LR/DXPL/SCEME
DO 98 07/03/25



25YYAU000174

CAHIER DES CHARGES

[DO]

ETUDE, CONCEPTION ET FABRICATION

D'UN BANC DE FROTTEMENT

SUR MATERIAUX ENERGETIQUES

INS BT308 YAU CDC Q23 01 CEM B

EMETTEUR	
NOM FONCTION	Didier POULLAIN Chef d'Installation CEME
DATE SIGNATURE	

Nombre total de pages : 28

PAS DE TEXTE

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	5
2. OBJET	5
3. DOCUMENTS APPLICABLES AUX SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES	5
4. RÉFÉRENCES	6
5. PRESTATIONS ASSOCIÉES À L'ÉTUDE, LA CONCEPTION ET LA RÉALISATION DE L'ÉQUIPEMENT	6
5.1 Phase d'étude et de définition	6
5.2 Phase de conception	7
5.3 Phase de fabrication	7
6. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU BESOIN	8
6.1 Présentation sommaire de l'essai de chute oblique Pantex Skid Test	8
6.2 Description principale du besoin	9
6.3 Lieu d'implantation et espace frontière	10
6.4 Caractéristiques et performances	10
6.4.1 Caractéristiques des échantillons de test	11
6.4.2 Surfaces de frottement	11
6.4.3 Caractéristiques et fonctionnalités du banc d'essais	11
6.5 Caractéristiques des matériaux étudiés	15
6.6 Conditionnement des échantillons de test	15
6.7 Dispositif pare-éclats	16
6.8 Instrumentation et mesures	17
6.9 Spécifications informatiques	18
6.9.1 Poste informatique	18
6.9.2 Intégration au réseau informatique industriel	18
6.9.3 Logiciel(s) de pilotage / supervision et d'acquisition de données	18
6.9.4 Données rémanentes	19
6.9.5 Communication sans fils	19
6.10 Cybersécurité	19
6.11 Gestion des modes dégradés	19
6.11.1 Coupure électrique générale	19
6.11.2 Coupure d'énergie motrice (hydraulique, pneumatique)	20
7. VISITE DU LIEU D'IMPLANTATION DE L'ÉQUIPEMENT	20
7.1 Contraintes liées à l'entrée sur le site	20
8. DÉLAIS	20
9. DESCRIPTION DES PRESTATIONS ASSOCIÉES	21
9.1 Formation	21
10. MAINTENANCE	21
10.1 Maintenance préventive	21
10.2 Maintenance curative	22
10.3 Contrôle de l'exécution des prestations	23
11. DOCUMENTATION ET LIVRABLES	23
11.1 Documents à remettre au CEA	23
11.2 Délai de remise des documents	24
11.3 Format et quantité	24
11.4 Vérification des documents	24
12. CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE ET CONDITIONS DE RÉCEPTION	25
12.1 Contrôle de conformité	25
12.2 Recette et réception	25
12.2.1 Recette usine	25

12.2.2 Réception sur site.....26

13. SUIVI ET CONTRÔLE DE L'EXÉCUTION DU MARCHÉ26

13.1 Réunion d'enclenchement26

13.2 Réunions de suivi26

13.3 Compte rendu des réunions27

14. CONFIDENTIALITÉ27

15. CORRESPONDANTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES.....27

16. ANNEXE28

1. CONTEXTE

Le site du CEA du Ripault, situé à 15 km au sud de Tours, est amené à approfondir ses connaissances dans l'étude de la sensibilité des matériaux énergétiques au frottement.

La sensibilité d'un matériau énergétique au frottement dépend de la pression au contact, de la vitesse de glissement et de la durée du contact.

Pour étudier le frottement dynamique de ses matériaux, le CEA a longtemps utilisé l'essai de frottement « Pantex Skid Test », caractérisé par la chute oblique d'un explosif venant impacter un sol plan et revêtu de papier abrasif. Pour cet essai, ces trois grandeurs physiques sont intimement liées à la hauteur de chute par le mouvement pendulaire d'une masse suspendue à un câble. Autrement dit, une hauteur de largage induit une pression de contact, une vitesse de glissement et une durée. Il n'est pas possible de découpler ces trois grandeurs.

Compte tenu de la disparition de ce moyen d'essais sur son terrain d'expérimentation et de l'évolution de ses besoins, le CEA souhaite disposer d'un banc d'essais permettant de reproduire ce type de sollicitation à l'échelle du laboratoire afin de :

- ✎ Caractériser la tenue au frottement de ses compositions sur des échantillons de quelques grammes ;
- ✎ Découpler les paramètres influant sur la sensibilité (échauffement pouvant conduire à une réaction) de ses matériaux (pression au contact, vitesse de glissement et durée du contact).

Pour élaborer un futur essai standard de laboratoire et fournir le moyen d'essais permettant d'atteindre cet objectif, et comme suite à l'étude de faisabilité concluante [1][2] menée en 2022, le CEA souhaite désormais réaliser l'étude, la conception et la fabrication d'un tel dispositif.

2. OBJET

Le présent Cahier Des Charges (CDC) a pour objectif de définir les besoins du CEA / LR, en accord avec les résultats de l'étude de faisabilité menée préalablement.

Le CDC concerne l'étude, la conception et la fabrication d'un banc de frottement de laboratoire appliqué aux matériaux énergétiques.

Les options sont les suivantes :

- ✎ Installation d'un dispositif pare-éclats sur le banc de frottement ;
- ✎ Fourniture et installation de moyens de diagnostics supplémentaires liés au banc d'essais (capteurs, vidéos, traitement des données, ...)
- ✎ Contrats de maintenance préventive et de maintenance curative ;
- ✎ Étude et chiffrage d'une évolution des caractéristiques du banc de frottement.

3. DOCUMENTS APPLICABLES AUX SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

Afin de respecter les objectifs réglementaires en matière de sécurité, le Titulaire du marché devra appliquer, outre les dispositions légales en vigueur à la date d'établissement dudit marché, les principales règles suivantes :

- ✎ Les normes et décrets en vigueur, notamment AFNOR FD E 11-157 ;
- ✎ La réglementation liée aux règles d'hygiène et de sécurité (art. L.4311 et L.4321 du Code du travail) ;
- ✎ Les décrets 92-765, 92-766 et 92-767 du 29.07.1992, le décret 93-40 et tous textes applicables ;
- ✎ La directive Machine 2006/42/CE (sûreté et C.E.M.).

La présente liste n'est pas exhaustive. En effet, le Titulaire doit appliquer toutes les normes et réglementation en vigueur et doit travailler en application des règles de l'art de son domaine d'activité.

Glossaire :

Sigle	Définition
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
DAM	Direction des Applications Militaires
LR	Le Ripault
BPE	Bon Pour Exécution

4. RÉFÉRENCES

- [1] CEA/LR/DXPL/SCEME DO 382 du 15/09/2021 – Cahier des charges – Étude de faisabilité d'un banc de frottement sur matériaux énergétiques
- [2] CEA/LR/DXPL/SCEME DO 437 du 02/10/2023 – Étude de faisabilité d'un banc de frottement sur matériaux énergétiques (Dossier justificatif de choix de concept + Dossier justificatif de conception)

5. PRESTATIONS ASSOCIÉES À L'ÉTUDE, LA CONCEPTION ET LA RÉALISATION DE L'ÉQUIPEMENT

La prestation est découpée en trois phases successives, avec point d'arrêt au terme de chaque phase. Après acceptation des dossiers techniques et validation par le CEA (Visa Sans Observation - VSO), le Titulaire réalise la phase suivante.

Ces trois phases sont respectivement :

- ↳ L'étude et la définition du banc d'essais de frottement et des moyens de diagnostic ;
- ↳ La conception du moyen d'essais ;
- ↳ La fabrication du moyen d'essais, son installation et sa mise en service avec les contrôles réglementaires associés sur site et la formation des utilisateurs.

5.1 PHASE D'ÉTUDE ET DE DÉFINITION

Cette phase fait suite à l'étude de faisabilité [2] qui a démontré la possibilité de concevoir un banc d'essais répondant aux spécifications de besoin du CEA [1].

La phase d'étude et de définition consiste à valider les résultats obtenus lors de la phase de faisabilité et à converger vers une solution optimisée répondant au besoin.

Au terme de cette phase, le Titulaire doit remettre un dossier technique au CEA comportant les éléments suivants :

- ↳ Un dossier justificatif de définition ;
- ↳ La définition des éléments du banc d'essais ;
- ↳ La définition des organes de Contrôle / Commande, des moyens de diagnostic et des dispositifs ayant trait à la sécurité ;
- ↳ Une note de calcul associée aux différents éléments constituant l'équipement (Dimensionnement mécanique, performances sur la plage de fonctionnement, ...) ;
- ↳ Un avant-projet sommaire APS implanté dans son environnement.

5.2 PHASE DE CONCEPTION

La phase de conception du banc d'essais est enclenchée par le Titulaire suite à l'acceptation des dossiers techniques de la phase d'étude et de définition, et après la validation par le CEA.

La phase de conception consiste en :

- ✎ La matérialisation des concepts par fonction ;
- ✎ L'assemblage de ces éléments conduisant à l'élaboration du banc de frottement.

Cette phase consiste également à imaginer, mettre en place ou encore pré-positionner les différents moyens de diagnostics sur et autour du banc d'essais permettant l'analyse et l'interprétation des essais de frottement.

Au terme de la phase de conception, un dossier technique doit être remis au CEA. Celui-ci comportera les éléments suivants :

- ✎ Un dossier de conception présentant l'équipement proposé, implanté dans son environnement ;
- ✎ Un dossier de plans d'ensemble, nomenclatures et plans de détails pour les raccordements et utilités ;
- ✎ Un dossier de plans de détails et nomenclature BPE ;
- ✎ Une note de calcul de l'équipement considéré et en particulier, une note énergie et fluide ;
- ✎ Un bilan de puissance électrique de l'équipement ;
- ✎ Un schéma type d'implantation dans son environnement d'accueil ;
- ✎ La liste exhaustive des besoins en servitude liés au banc, en particulier les besoins en énergie et les liaisons à installer avec le poste de contrôles pour le pilotage et la gestion des sécurités.

5.3 PHASE DE FABRICATION

La phase de fabrication est enclenchée après acceptation du dossier technique de conception par le CEA (Visa Sans Observation - VSO). Le Titulaire doit réaliser l'équipement, sur la base des plans BPE.

Cette phase consiste en :

- ✎ La fabrication des éléments du banc d'essais et à leur assemblage ;
- ✎ La réalisation des essais de fonctionnement et de recette en usine ;
- ✎ La livraison, l'installation, la mise en service et la recette du banc d'essais dans les locaux du CEA et la formation des utilisateurs.

Comme suite à la phase de conception du banc d'essais et la fourniture par le Titulaire de la liste exhaustive des besoins en servitude liés au banc, en particulier les besoins en énergie et les liaisons à installer avec le poste de contrôles pour le pilotage et la gestion des sécurités, le CEA engagera les modifications infrastructurelles nécessaires dans le bâtiment d'accueil.

Le CEA prendra à sa charge :

- ✎ La mise en place de tous les réseaux fluides nécessaires au fonctionnement du banc d'essais dans son local d'accueil ;
- ✎ La mise en place de tous les réseaux informatiques et des reports des dispositifs de sécurité installés sur le banc vers le poste de contrôles ;
- ✎ La mise à disposition (si besoin) du (ou des) poste(s) informatique(s) nécessaire(s) au fonctionnement et au pilotage à distance du banc d'essais.

Les logiciels nécessaires à l'exploitation de l'équipement, fournis et développés par le Titulaire, sont :

- ✎ Le logiciel de pilotage à distance du banc d'essais avec renvoi des états des éléments constitutants ;
- ✎ Le(s) logiciel(s) d'acquisition de données (capteurs, vidéos,...).

6. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU BESOIN

6.1 PRÉSENTATION SOMMAIRE DE L'ESSAI DE CHUTE OBLIQUE PANTEX SKID TEST

Le frottement est une agression pouvant dégager de l'énergie thermique par dissipation mécanique sur la surface de contact. Auparavant au CEA-DAM, un dispositif expérimental permettait de tester la sensibilité de matériaux énergétiques au frottement. Baptisé sous le nom de « Pantex Skid Test », il permettait de déterminer le seuil d'une composition explosive lors d'un impact sous frottement dynamique ; il se caractérisait par la chute oblique d'un explosif venant impacter un sol plan et revêtu de papier abrasif (Cf. Figure 1).

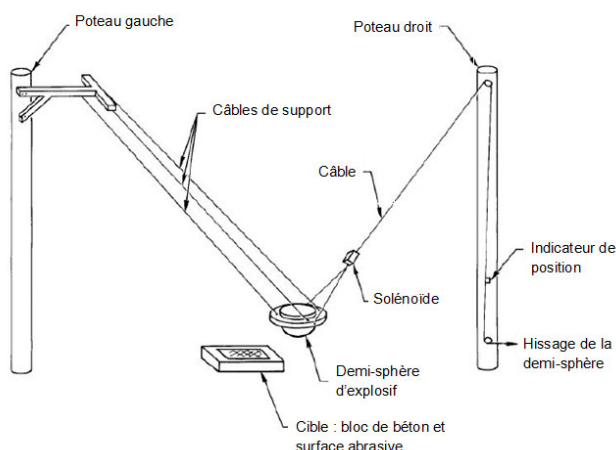


Figure 1 : schéma complet du dispositif "Skid test"

Une demi-sphère d'explosif est suspendue à deux poteaux par des câbles, au-dessus d'une cible plane posée au sol. Le dispositif de lancement sectionne l'un des câbles et la demi-sphère vient impacter la cible de façon oblique.

Le Skid Test permet de déterminer la hauteur seuil, c.à.d. la hauteur de chute pour laquelle le matériau ne réagit pas. La hauteur de chute est la distance séparant le pôle de la demi-sphère et le plan de papier abrasif (Cf. Figure 2). Plusieurs essais sont nécessaires pour déterminer la hauteur de chute critique pour laquelle une réaction apparaît.

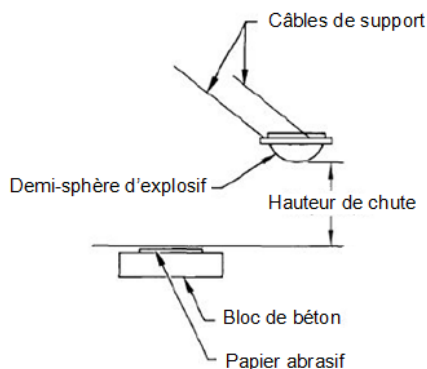


Figure 2 : chute de la demi-sphère d'explosif sur la surface de frottement (bloc de béton) revêtu de papier abrasif

Cette hauteur limite varie en fonction du matériau énergétique, de la géométrie de l'objet qui chute, de l'angle d'impact et de la surface de frottement.

Au CEA-DAM, la demi-sphère n'est pas totalement composée de matériaux énergétiques. Une masse inerte entoure l'explosif (Cf. Figure 3). Ce projectile a été choisi afin de n'utiliser que le minimum de matériau détonant possible, tout en conservant un projectile lourd, et donc une pression de contact suffisante.

L'autre rôle de la masse est de confiner latéralement l'explosif. Du fait de leur composition granulaire (cristaux d'explosifs + liant inerte), les matériaux énergétiques sont sensibles à la pression. Le confinement permet de conserver l'intégrité de l'échantillon lorsqu'il est soumis à de fortes contraintes.

L'inconvénient de ce projectile réside dans le fait (vérifié expérimentalement) qu'une partie de la masse inerte entre en contact avec la surface abrasive. La pression de frottement n'est ainsi pas totalement encaissée par l'explosif.

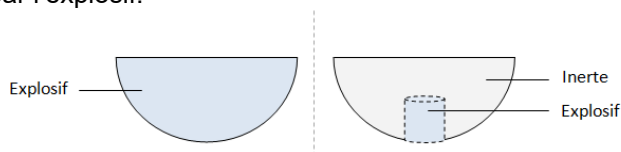


Figure 3 : schéma des projectiles utilisés par Green et al. (à gauche) et au CEA-DAM (à droite). Pour ce dernier, l'échantillon d'explosif est confiné dans une demi-sphère de matériau inerte de même densité que l'explosif

6.2 DESCRIPTION PRINCIPALE DU BESOIN

Avec la disparition de l'installation d'essais Pantex au CEA et l'apparition de nouveaux besoins, le CEA souhaite mettre en place un essai de « laboratoire » répondant à de nouveaux objectifs.

Pour rappel, la sensibilité d'un matériau au frottement dépend de la pression au contact, de la vitesse de glissement et de la durée du contact. Dans un contexte de recherche scientifique, le CEA souhaite disposer d'un outil de test permettant de découpler ces paramètres, dont la maîtrise permettra une meilleure connaissance de ses matériaux.

Ainsi, pour élaborer un essai standard de laboratoire et fournir le moyen d'essais permettant d'atteindre cet objectif, le Titulaire doit étudier, concevoir et fabriquer un dispositif capable de figer deux de ces paramètres pour observer indépendamment l'effet du troisième.

Trois objectifs primordiaux sont fixés pour les trois grandeurs :

- 1) La pression de contact, entre la surface de frottement et l'échantillon de matériau énergétique (confiné), est paramétrable et évolue dans la plage [0 ; 220 MPa]. L'objectif primordial à atteindre étant de 200 MPa sur la durée du contact ;
- 2) La vitesse de glissement primordiale de l'échantillon sur la surface de frottement est de 14 m/s. Le dimensionnement du moyen d'essais doit conduire à une vitesse de glissement paramétrable évoluant dans l'intervalle [1 ; 25 m/s]. La vitesse doit être constante sur la durée du contact ;
- 3) La durée de contact primordiale à atteindre entre l'échantillon et la surface de frottement est de 1,5 ms. Le moyen d'essais est conçu de manière à paramétrer une durée de contact évoluant dans l'intervalle [1 ms ; 2,2 ms].

6.3 LIEU D'IMPLANTATION ET ESPACE FRONTIERE

Le bâtiment d'accueil du banc d'essais se situe dans une enceinte pyrotechnique. Dans ce cadre, il est soumis aux règles d'usage des machines dans cet environnement, en particulier au regard des dispositifs de sécurité et des protections à mettre en place pour son fonctionnement.

Le dispositif de test est un banc d'essais de laboratoire. Il est installé dans un local adapté au sein d'un bâtiment merlonné (Local 004). Concernant sa surface d'accueil (Cf. Figure 8 en annexe), son implantation se situe sur une surface d'environ 5,5 m² (6,50 m x 0,85 m) maximum, entourée d'un passage de 80 cm de largeur permettant de circuler autour. La hauteur utile sous plafond est de 3,20 m. En complément, il est important de noter que le passage (locaux 001 et 004A, portes d'accès) pour accéder au local (004) est au maximum de 1,40 m de largeur et de 2,50 m de hauteur.

Les servitudes (fluides, installation spécifiques, etc...) sont intégrées dans le local d'essais. Elles feront l'objet de discussions et seront soumises à accord quant à leurs caractéristiques et leurs emplacements.

6.4 CARACTERISTIQUES ET PERFORMANCES

Le banc d'essais est piloté à distance depuis le poste de contrôles du bâtiment d'accueil (Local 002). Il est équipé de différents appareils d'actionnement en sécurité positive pour éviter des fonctionnements intempestifs. Son fonctionnement est asservi au minimum à :

- ✚ Un capteur de fermeture de porte (porte située entre les locaux 001 et 004A) ;
- ✚ Un capteur de positionnement du dispositif pare-éclats (dispositif additionnel de protection (option) dont le banc d'essais récupère un signal de présence) ;
- ✚ Un dispositif à clé exclusive pour le travail à proximité et le travail à distance ;
- ✚ Un Feu tricolore du bâtiment positionné au rouge ou rouge clignotant.

L'automate du banc d'essais récupère a minima les informations d'état des dispositifs cités ci-avant pour autoriser (ou refuser) le déroulement d'une séquence d'essais.

Le capteur de fermeture de porte, le feu tricolore, ainsi que les liaisons filaires depuis ces dispositifs jusqu'à l'armoire électrique de l'automate ne font pas partie de la prestation. En accord avec le CEA, le Titulaire discutera en temps voulu les caractéristiques de ces dispositifs (si besoin) pour récupérer les informations d'état de ces capteurs sur son automate.

Les contraintes d'implantation de l'équipement sont :

- ✚ Le bâtiment d'accueil se situe dans une enceinte pyrotechnique ;
- ✚ Le banc d'essais est inclus dans un espace frontière figurant en annexe (Cf. Figure 8) ;
- ✚ Le local d'essais étant un local pyrotechnique, l'ensemble des fluides ou servitudes liés au banc d'essais doivent faire l'objet d'un accord préalable du CEA pour leur compatibilité et leur installation ;
- ✚ Les dimensions de l'équipement et son intégration dans le local d'essais conduisent à laisser un espace de circulation tout autour d'au moins 80 cm.

6.4.1 Caractéristiques des échantillons de test

Afin de limiter les risques de transition vers la détonation et ainsi de minimiser les dégâts matériels, les dimensions des échantillons (i.e. la masse) sont volontairement réduites. Les échantillons de test sont a priori des cylindres de 10 mm de diamètre (diamètre minimum $\varnothing_{\min} = 5$ mm) pour une hauteur variant de 10 mm à 30 mm. Les extrémités de ces échantillons sont planes. Par ailleurs, les échantillons sont partiellement confinés dans un support « consommable » permettant de maîtriser et de maintenir une pression homogène dans l'échantillon.

Les dimensions et la forme des échantillons ne sont pas figées. Le CEA souhaite par ailleurs disposer d'une certaine latitude à ce sujet, en particulier relativement au diamètre des échantillons ; pour autant, les échantillons auront une masse maximum de 5 g (éq. TNT).

En cas de besoin justifié et à l'exception de la masse maximale d'explosif, le Titulaire peut proposer une modification des dimensions et des formes des échantillons de test, voire suggérer une gamme d'échantillons type permettant de répondre aux besoins (variation du diamètre et de l'épaisseur des échantillons, modification de la surface de frottement (exemple : demi-sphère, ...)).

6.4.2 Surfaces de frottement

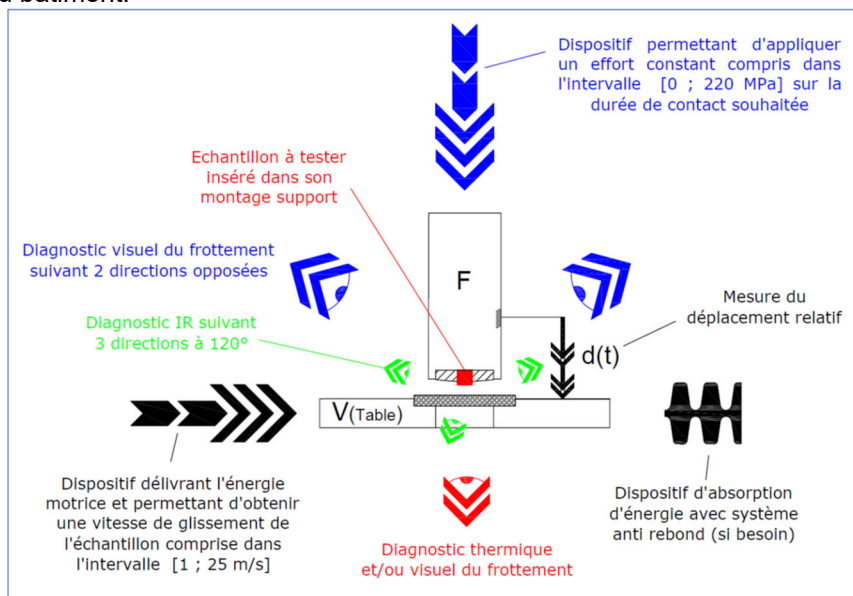
Une attention particulière doit être accordée à la surface de frottement. Usuellement, cette surface sera en acier et de rugosité variable ; elle pourra être également en céramique ou en verre.

Cette surface de frottement est modulable et transformable à souhait. Par exemple, l'utilisation d'un plan de faible conductivité thermique comme le verre devrait sévérer l'essai en limitant les pertes thermiques par conduction.

Aussi, avec l'objectif de mesurer la température au contact [273 K ; 1000 K] et/ou de visualiser la réaction lors du contact, le Titulaire proposera les solutions technologiques à mettre en œuvre et les aménagements à réaliser pour parvenir aux diagnostics attendus.

6.4.3 Caractéristiques et fonctionnalités du banc d'essais

Pour évoluer en toute sécurité, le banc d'essais sera piloté à distance depuis le poste de contrôles (local 002) du bâtiment.



Espace frontière disponible au sol (0,85m x 6,5m) - Hauteur sous plafond 3,20m

Figure 4 : schéma de principe du banc de frottement

Le schéma de principe ci-avant ne préfigure en rien des solutions technologiques envisagées ou même qui sont imposées par le CEA pour le banc d'essais. Ce schéma de principe a comme seul objectif de fournir une représentation des caractéristiques et fonctionnalités souhaitées et identifiées ci-après.

Le banc de frottement est a priori constitué des éléments suivants :

- ✎ Un dispositif permet de délivrer l'énergie motrice mettant en mouvement la surface de frottement, afin d'obtenir une vitesse de glissement de l'échantillon évoluant dans l'intervalle [1 ; 25 m/s]. Par ailleurs, la vitesse doit être constante sur la durée du contact. Enfin, le temps de mise en vitesse est très largement inférieur à la durée du frottement ;
- ✎ Un dispositif permettant d'appliquer le frottement sur une durée maîtrisée comprise dans l'intervalle [1 ms ; 2,2 ms] ;
- ✎ Le banc dispose d'un moyen piloté venant contraindre l'échantillon sur la surface de frottement à une pression de contact comprise dans l'intervalle [0 ; 220 MPa] sur une durée déterminée ;
- ✎ Le banc est équipé d'un système gérant les pièces mobiles à son extrémité ;
- ✎ Le banc comporte l'instrumentation pour diagnostiquer le frottement, à savoir les moyens pour mesurer l'effort, la vitesse et la durée du contact et pour visualiser les réactions des échantillons (dégagement de fumées, observation de phénomènes lumineux, observation de l'échauffement de l'échantillon au contact et visualisation du champ thermique (cas particulier du frottement sur matériau transparent aux infrarouges), ...).

Comme suite à l'étude de faisabilité du banc de frottement [1][2], des orientations technologiques par fonction (concernant les dispositifs à mettre en place) ont été préconisées pour répondre au besoin du CEA.

Avec l'objectif de pouvoir découpler les paramètres influant sur la sensibilité des matériaux testés (pression au contact, vitesse de glissement et durée du contact), l'étude a conduit à choisir pour chacune des fonctions la (ou les) technologie(s) la (les) mieux adaptée(s) répondant aux besoins et à la faisabilité technologique.

Pour rappel, les fonctions mises en évidence sont les suivantes :

- ✎ Mise en pression de l'explosif ;
- ✎ Mise en vitesse du projectile et / ou de la table ;
- ✎ Guidage de la table ;
- ✎ Amortissement de la table et du projectile.

En ayant fait le choix de mettre en pression l'explosif préalablement à la mise en vitesse de la plaque abrasive placée sous l'explosif (ceci afin de connaître exactement la pression dans l'explosif au moment de l'essai), les technologies retenues pour chaque fonction sont les suivantes :

1. Fonction de mise en pression de l'explosif :
 - Vérin pneumatique ;
 - Vérin hydraulique.
2. Fonction de mise en vitesse :
 - Vérin hydraulique ;
 - Lanceur pneumatique.
3. Fonction de guidage :
 - Guidage par frottement.
4. Fonction amortissement :
 - Amortissement hydraulique ;
 - Amortissement mécanique par déformation d'une mousse ou d'un nid d'abeilles.

Le choix de ces technologies issu de l'étude de faisabilité [2] n'est pas ferme et définitif. Si le soumissionnaire envisage de construire un banc d'essais utilisant d'autres technologies, il conserve cette liberté. Dans ce cadre, le soumissionnaire devra apporter les justifications de ses choix qui répondent pour chaque fonction dissociée aux besoins du CEA.

Le CEA souhaite cependant attirer la vigilance du soumissionnaire quant à sa volonté d'utiliser d'autres technologies. En particulier, l'étude de faisabilité a montré la difficulté de répondre aux configurations à basse vitesse, notamment à la condition de fonctionnement suivante (Vitesse de 1 m/s, pression de 220 MPa et durée de frottement comprise dans l'intervalle [1 ms ; 2,2 ms]).

Ainsi, le CEA veillera au respect de cette configuration d'essai qui revêt une importance fondamentale, parmi d'autres, dans ses standards de caractérisation des explosifs au frottement.

6.4.3.1 Fonction de mise en pression de l'explosif

Pour rappel, le choix de mettre en pression l'explosif (en quelques minutes), préalablement à la mise en vitesse de la plaque abrasive placée sous l'explosif (ceci afin de connaître exactement la pression dans l'explosif au moment de l'essai), a conduit à retenir deux technologies pour assurer la fonction.

La mise en pression de l'explosif peut être réalisée à l'aide d'un vérin hydraulique ou à l'aide d'un vérin pneumatique. Pour ces deux technologies, la difficulté réside dans la conservation du niveau d'effort appliqué à l'échantillon sur la plaque abrasive sur la durée de frottement déterminée. L'abrasion enlève de la matière et contribue de fait à baisser la pression de contact.

Le soumissionnaire a la liberté de choisir entre ces deux technologies. Il doit cependant démontrer que l'une ou l'autre répond aux spécifications de besoin, à savoir en particulier, que l'effort sur l'échantillon est maintenu tout du long de la durée de frottement souhaitée, en prenant en compte la dégradation de l'échantillon (érosion) due au frottement. Pour accompagner et renforcer cette donnée, le CEA souhaite que soit mesurée précisément (incertitude maximale à 10 μ m) au cours d'un essai la hauteur (le déplacement relatif) entre le support échantillon et le plan de la table mise en vitesse.

Le soumissionnaire a également le choix d'exploiter d'autres voies ; dans ce cadre, il doit apporter toutes les justifications nécessaires répondant aux besoins du CEA.

Quelle que soit la technologie choisie, le soumissionnaire doit fournir la preuve que la solution adoptée est maîtrisée, au regard par exemple de réalisations antérieures.

6.4.3.2 Fonction de mise en vitesse

L'étude de faisabilité [2] a mis en lumière la possibilité d'utiliser deux dispositifs de mise en vitesse pour répondre aux spécifications du cahier des charges. Compte tenu des avantages et inconvénients de ces deux technologies, l'utilisation d'un lanceur pneumatique apparaît comme la solution nominale pour le CEA. Pour autant, la mise en vitesse à l'aide d'un vérin hydraulique ne peut être écartée. Le soumissionnaire, s'il voulait faire ce choix, devra l'argumenter et le justifier.

Quelle que soit la technologie choisie, le soumissionnaire doit fournir la preuve que la solution adoptée est maîtrisée, au regard par exemple de réalisations antérieures.

La fonction du lanceur est de propulser un projectile venant impacter et mettre en mouvement une table sur laquelle est placé l'échantillon de test préalablement précontraint. La vitesse spécifiée de la table ([1 ; 25 m/s]) doit être atteinte en moins de 0,5 ms.

Le lanceur pneumatique, en plus de respecter les exigences du cahier des charges, offre de la précision sur les vitesses. De plus, d'un point de vue pratique, le lanceur n'utilise qu'un seul projectile pour couvrir l'intégralité de la gamme de vitesse ; en outre, ce projectile reste à demeure dans le tube du lanceur, dispensant l'opérateur de manipulation lors de la mise en œuvre d'un essai.

Remarque : Pour répondre à d'autres besoins, le CEA souhaite que le lanceur pneumatique, ou la solution alternative choisie par le soumissionnaire, puisse être découplé du banc de frottement. Il pourrait ainsi être déplacé vers une autre zone d'essais et positionné sur un support adapté (hors marché). Dans ce cadre, le CEA demande au soumissionnaire l'étude des modifications à réaliser permettant la mise en vitesse d'un projectile de 1 Kg et de Ø60 mm (ou équivalent) dans la plage de vitesses [50 m/s ; 200 m/s]. Le soumissionnaire présentera dans son offre la liste des modifications nécessaires, une note de calcul démontrant les performances et le coût de cette option.

6.4.3.3 *Fonction de guidage*

Le principe du process validé par l'étude de faisabilité [2] est de venir impacter une table à l'aide d'un projectile unique (masse = 30 Kg) de manière à la mettre en vitesse.

Compte tenu des préconisations et des technologies mises en place pour assurer la fonction de mise en vitesse, la masse de la table doit pouvoir varier pour couvrir l'ensemble des spécifications de besoin.

Pour rappel, un seul projectile de masse donnée est utilisé par le banc d'essais. L'étude a montré que trois tables de masses différentes sont alors nécessaires pour couvrir l'ensemble des vitesses de déplacement sur la plage [1 m/s ; 25 m/s].

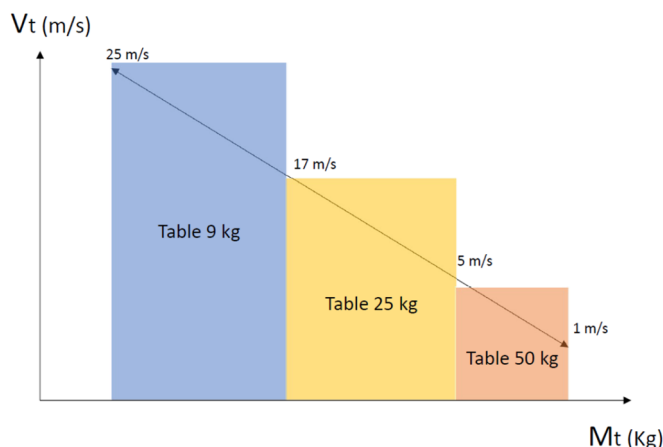


Figure 5 : Vitesse de la table V_t en fonction de la masse de la table M_t

Au regard de leur masse, la manipulation et la mise en place des tables peuvent s'avérer contraignantes pour un opérateur lors de la mise en œuvre d'un essai. C'est pourquoi un système modulaire, permettant d'ajouter ou de supprimer des éléments massiques manuellement à une table installée à poste, semble être une solution plus confortable pour cet opérateur. Notons par ailleurs que la table doit supporter plusieurs centaines d'essais sans remplacement.

Même si ce cahier des charges apparaît comme étant particulièrement incitatif, le CEA rappelle que le soumissionnaire conserve une totale liberté dans le choix des solutions proposées. L'objectif est bien de proposer les meilleures solutions pour répondre au besoin, soit d'un point de vue élémentaire soit de manière globale.

Concernant la fonction de guidage (de la table), seule la solution de guidage par frottement a été retenue. En plus de pouvoir limiter plus ou moins significativement le coefficient de frottement entre la plaque et le châssis, cette solution permet de s'affranchir en particulier de problèmes liés à la mise en vitesse.

Cette solution est conditionnée à la maîtrise du coefficient de frottement du guidage, qui est un point essentiel. Dans ce cadre, le soumissionnaire doit fournir la preuve que la solution adoptée est maîtrisée, au regard par exemple de réalisations passées.

6.4.3.4 *Fonction amortissement*

Compte tenu des technologies retenues préférentiellement dans l'étude de faisabilité [2], celles-ci induisent la mise en place d'un (ou de) dispositif(s) pour réaliser l'amortissement du projectile et de la plaque mis en mouvement.

La préconisation de l'étude est de réaliser soit un amortissement hydraulique, soit un amortissement mécanique par déformation d'une pièce, a priori consommable.

Le CEA n'a pas de préférence quant au choix de la solution d'amortissement des pièces en mouvement. Cependant, le CEA veut que cet amortissement soit tel qu'il n'y ait pas de retour de la zone de frottement de l'explosif sous la zone de mise en pression.

Quelle que soit la technologie choisie, le soumissionnaire doit fournir la preuve que la solution adoptée est maîtrisée, au regard par exemple de réalisations antérieures.

6.5 *CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX ETUDIES*

Les matériaux dont le CEA souhaite étudier les caractéristiques au frottement sont des matériaux granulaires quasi-fragiles. Leur comportement s'apparente à celui d'un béton avec les caractéristiques mécaniques suivantes :

- ↳ Module d'Young 3 à 10 GPa ;
- ↳ Coefficient de Poisson 0,3 à 0,5 ;
- ↳ Contrainte maximale : 5 à 10 MPa en traction (déformation 0,1% au pic de contrainte), 10 à 30 MPa en compression simple (déformation 1% au pic de contrainte) et jusqu'à 100 MPa sous confinement supérieur à 100 MPa (déformation 20% au pic de contrainte) ;
- ↳ Coefficient de frottement matériau / acier : environ 0,1 à 0,4 pouvant ensuite chuter vite à 0,05 ;
- ↳ Densité comprise entre 1,8 et 1,9.

Ces matériaux peuvent se modéliser dans les codes de calcul par une loi de type Drucker-Prager linéaire pour décrire l'évolution de la contrainte maximale avec le confinement, et une plasticité parfaite ensuite.

6.6 *CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS DE TEST*

Compte tenu des caractéristiques mécaniques des échantillons de test et de la pression de contact maximale pouvant être exercée sur ceux-ci durant un essai de frottement, chaque échantillon devra être positionné dans un outillage support structurant consommable. Cet outillage support permet de maîtriser et de maintenir une pression homogène dans l'échantillon.

L'étude de faisabilité [2] a montré, pour le cas majorant où un effort de 220 MPa est appliqué à un échantillon cylindrique et que la table est mise en vitesse à 25 m/s, que le diamètre de cet échantillon doit être au maximum de 5 mm. La hauteur de cet échantillon sera définie en relation avec la contrainte de masse acceptée (5 g (éq. TNT)). Par ailleurs, compte tenu des contraintes d'usinage des matériaux énergétiques au CEA, le diamètre des échantillons usinés est de 5 mm au minimum.

Si les dimensions et la forme des échantillons sont figées pour répondre à quelques configurations d'essais comme celles décrites précédemment, le CEA souhaite néanmoins disposer d'une certaine latitude à ce sujet. En particulier, la possibilité de tester des échantillons dits « standards » est fortement souhaitable. Ces échantillons « standards » sont des cylindres de 10 mm de diamètre pour une hauteur de 20 mm.

Le Titulaire définira alors les plages de fonctionnement du banc d'essais (intervalle de vitesse, intervalle d'effort, intervalle de durée), en cohérence avec les spécifications de besoin émises par le CEA, permettant de solliciter un échantillon « standard ».

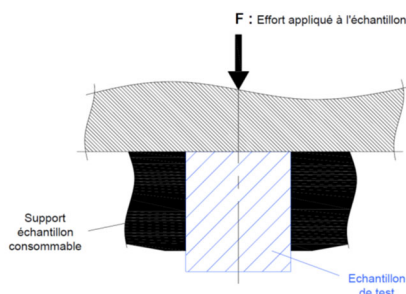


Figure 6 : élément de structuration des échantillons de test

Cette démarche sera conduite pour trois autres cas de figure comme définis dans le tableau ci-après :

Diamètre de l'échantillon (en mm)	Plage d'effort applicable (en MPa)	Plage de vitesse (en m/s)	Hauteur maximale de l'échantillon (en mm)
Ø 5	[5 ; 220]	[1 ; 25]	À définir
Ø 10	À définir	À définir	À définir
Ø 15	À définir	À définir	À définir
Ø 20	À définir	À définir	À définir

Ainsi, le banc d'essais disposera de quatre formats de support échantillon (consommables) venant se positionner à l'extrémité de la zone de mise en pression.

6.7 DISPOSITIF PARE-ECLATS

L'étude de la sensibilité de matériaux énergétiques au frottement peut conduire à des réactions violentes de ces matériaux. Ces réactions violentes peuvent entraîner le fractionnement et la mise en vitesse de matériaux métalliques directement au contact des matériaux énergétiques.

Dans ce cadre, afin d'arrêter les éclats (dits primaires) générés par la réaction violente d'un matériau énergétique, le CEA doit mettre en place un dispositif pare-éclats à proximité de la zone de réaction. Ce dispositif permettra d'arrêter des fragments véloce dans le plan horizontal de la zone de réaction suivant trois directions ; la quatrième, en direction du mur du merlon du local (004), sera couverte par l'installation d'une plaque métallique sur le mur du bâtiment.

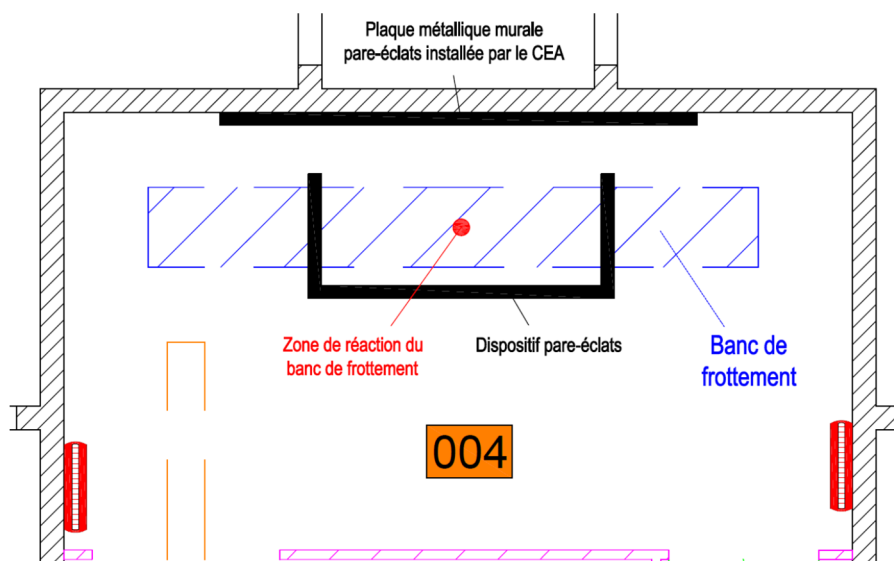


Figure 7 : schéma de principe de l'installation du pare-éclats

Deux solutions se détachent quant à la mise en place d'un tel dispositif, à savoir :

- ✎ Installation d'un dispositif indépendant amovible pare-éclats dans le local (004) du bâtiment. Ce dispositif est rapporté et positionné à proximité de la zone de réaction préalablement à un essai de frottement ;
- ✎ Le dispositif pare-éclats fait partie intégrante du banc de frottement. Son positionnement fait partie du mode opératoire de l'essai de frottement et intervient après l'installation de l'échantillon de test. Sa mise en place est l'une des nombreuses conditions autorisant le lancement d'un essai.

Le soumissionnaire chiffrera en option l'intégration d'un dispositif pare-éclats sur le banc de frottement. Au cours du marché, en cas de levée d'option, ce dispositif fera l'objet d'une note de calcul validée par le CEA.

6.8 INSTRUMENTATION ET MESURES

Dans sa démarche d'étude et de conception du banc d'essais, le Titulaire doit prendre en compte et fournir les diagnostics et les mesures que le CEA souhaite recueillir lors d'un essai.

Conformément aux objectifs primordiaux fixés, le CEA souhaite mesurer et enregistrer a minima tout du long de l'essai :

- ✎ La pression au contact ;
- ✎ La vitesse de glissement ;
- ✎ La durée du contact.

De plus, le CEA souhaite que soit mesuré précisément et enregistré au cours d'un essai le déplacement relatif entre le support échantillon et le plan de la table mise en vitesse.

Par ailleurs, le CEA veut réaliser un diagnostic visuel de la réaction (ou de la non réaction) de ses échantillons au moment du frottement.

L'apparition de fumées, d'émissions lumineuses ou d'une zone d'échauffement forte constituent les principales réactions de l'échantillon, en dehors des phénomènes violents.

L'allumage se traduit par un échauffement que le CEA veut visualiser par-dessous le contact à l'aide de surfaces frottantes en verre ou en matériaux transparents aux infrarouges (cas des essais dits « sévérés »).

D'autre part, le dégagement de fumées et / ou l'apparition de phénomènes lumineux doivent être détectés et observés latéralement à la zone de frottement, au minimum suivant deux directions opposées (utilisation de caméras, de dispositifs à diodes IR, ...).

Ceci étant, le Titulaire sera force de proposition pour suggérer tout élément ou moyen utile pour compléter ou étoffer les diagnostics (option).

Le Titulaire proposera dans le Dossier Justificatif de Définition (DJD) l'ensemble des moyens de mesures et d'acquisition à mettre en place pour diagnostiquer le frottement.

Le CEA pourra utiliser des moyens de diagnostics additionnels, tels que des caméras à vidéo rapide (type caméra rapide PHOTRON SA-1). Aussi, le banc offrira la possibilité de connecter, de synchroniser et de récupérer les données de ces moyens (présence de connectiques BNC, RJ45, autres). Le banc disposera également d'une connectique de proximité (type BNC), distribuant un signal électrique pour trigger la déclenche d'éléments positionnés à proximité.

Enfin, le CEA souhaite a minima que le système d'acquisition de mesures associé au moyen d'essais puisse enregistrer les données d'essais (Force, Vitesse, Déplacement) à la fréquence de 100 kHz sur la période maximale de frottement de 2 ms.

Le temps de réaction des capteurs associés aux grandeurs physiques sera de fait en cohérence avec la spécification ci-avant énoncée. L'incertitude de mesures des différents capteurs sera de 1% sur l'étendue de la plage de fonctionnement imposée (i.e. 2,2 MPa sur la plage [0 ; 220 MPa], 0,25 m/s sur la plage [1 ; 25 m/s] et 22 μ s sur la plage [1 ms ; 2,2 ms]).

Le soumissionnaire est invité à présenter et à justifier dans son offre technique, de manière exhaustive, les solutions qu'il proposera, en particulier à l'aide d'exemples de réalisations éprouvées qu'il (ou ses sous-traitants) a (ont) déjà mis en œuvre.

Le soumissionnaire présentera et chiffrera dans son offre l'ensemble des solutions proposées en option.

6.9 SPECIFICATIONS INFORMATIQUES

6.9.1 Poste informatique

Le prestataire retenu fournira l'indice de performance Windows (CPUScore, D3D Score, DiskScore, GraphicScore, MemoryScore) nécessaire au bon fonctionnement de son installation. Le CEA choisira un ordinateur homologué dans son catalogue qui répond aux spécifications (ou standard à défaut).

Le système d'exploitation installé est Windows 10 Enterprise 1809 LTSC et pourra évoluer dans les futures versions de Windows.

Dans le but de valider des recettes usine ou d'affiner des configurations matérielles, l'ordinateur choisi pourra être livré dans les locaux du prestataire. Dans ce cas, le PC ne devra **JAMAIS** être connecté à internet.

6.9.2 Intégration au réseau informatique industriel

Les équipements informatiques doivent être connectés au réseau informatique industriel du CEA et donc accepter les contraintes de sécurité standards de la DAM (antivirus, gestion des imports / exports de données, fonctionnement avec des droits utilisateurs non-administrateur du poste, ne pas disposer d'équipement de remontée d'information, pas d'équipement Wifi ni Bluetooth...).

L'intégration au réseau informatique sera réalisée par le service informatique du CEA.

6.9.3 Logiciel(s) de pilotage / supervision et d'acquisition de données

Le(s) logiciel(s) de pilotage / supervision et d'acquisition de données fonctionnera(ont) sous environnement Windows 10 Enterprise 1809 LTSC (et compatible pour les futures évolutions comme la V11) ; Le logiciel d'acquisition de données permettra l'acquisition et l'exportation de l'ensemble des données de façon simple et automatique (par exemple sous Microsoft Excel).

Le prestataire fournira les sources logicielles et les licences du logiciel de pilotage / supervision. Le Titulaire du marché s'engagera à maintenir les composants logiciels pour répondre aux évolutions de l'environnement (mise à jour du système d'exploitation, évolution du matériel, évolution algorithmique, etc.). Il fournira au CEA une vue 3D spécifique de la machine au format standard.

L'activation des licences devra pouvoir se faire hors connexion Internet et devra se présenter préférentiellement sous la forme de fichiers licences (si possible FlexNet).

Le soumissionnaire présentera dans son offre technique la(les) solution(s) qu'il proposera, notamment à l'aide d'exemples de réalisations éprouvées qu'il (ou ses sous-traitants) a (ont) déjà mis en œuvre.

6.9.4 Données rémanentes

Conformément à la protection du secret, tout support de données tels que disques durs, CD rom, clé USB, carte mémoire ou tout autre support rémanent ayant été raccordé à un réseau classifié ou ayant traité des données classifiées, sera définitivement la propriété du CEA. Il sera donc impossible, dans tous les cas de figure, de sortir ces supports à l'extérieur du centre. Le CEA se chargera de leur gestion et de leur destruction.

Le Titulaire prendra en compte cette contrainte.

6.9.5 Communication sans fils

Aucun matériel ou système installé sur le banc ne possèdera de moyen de communication sans-fils (Bluetooth, Wifi, DECT, NFC, etc.). A défaut il sera possible de neutraliser ces communications via une procédure fournie par le Titulaire.

6.10 CYBERSECURITE

Dans un contexte général de renforcement de la cybersécurité de tous les systèmes d'information, et notamment de l'obligation réglementaire édictée par l'Instruction Interministérielle N° 901 relative à la protection des systèmes d'information sensibles, le soumissionnaire est informé que les exigences en matière de cybersécurité sont jointes au cahier des charges et doivent être respectées dans l'exécution du marché.

Les documents applicables sont :

- ✎ IGI 1300 / II901 ;
- ✎ Directive DAM sur la Protection des Systèmes d'Information (D2PSI) ;
- ✎ Cybersécurité : mesures ANSSI ;
- ✎ Tableau des exigences pour un système de classe 1.

6.11 GESTION DES MODES DEGRADES

Ce paragraphe concerne les actions que doit réaliser le banc de frottement en cas d'événement anormal ou inattendu au cours de ses différents cycles.

Les situations dégradées les plus probables concernent notamment le cas d'une coupure d'énergie électrique et le cas de pannes sur les systèmes délivrant toute autre forme d'énergie motrice (hydraulique, pneumatique).

Ces situations sont traitées dans les paragraphes suivants.

La criticité d'un événement anormal ou inattendu dépend du moment où cet événement intervient. Dans le cas du banc de frottement, la période la plus critique est celle liée à un essai, notamment lorsqu'un explosif est mis sous pression.

6.11.1 Coupure électrique générale

Dans le cas d'une coupure électrique générale, l'ensemble des éléments constituant le banc de frottement sont arrêtés. Le retour de l'énergie électrique est sans effet. Les opérations préalables à la coupure électrique et les programmes en cours ne reprennent pas, en particulier si le banc de frottement est dans un cycle d'essai sur explosif. Pour s'affranchir de fonctionnements intempestifs, le banc d'essais est constitué d'éléments paramétrés en sécurité positive.

Au retour de l'alimentation électrique, seul l'opérateur décide des actions à mener au regard de l'instant de la coupure. Tous les éléments du banc sous contrainte doivent ou peuvent être libérés.

Concernant le système d'acquisition de données de l'automate, pour pallier à ce genre d'événement et éviter de perdre l'intégralité des données d'essai, le CEA souhaite que dès lors qu'un opérateur initie un essai de frottement, l'automate génère automatiquement un fichier d'acquisition de mesures sur le disque dur de l'automate.

6.11.2 Coupure d'énergie motrice (hydraulique, pneumatique)

Dans le cas d'une panne sur un système hydraulique ou pneumatique (ou autre), plus encore si celle-ci intervient au cours d'un essai sur explosif, le banc de frottement doit se mettre en sécurité et arrêter les programmes en cours. Le système doit permettre de relaxer tout élément du banc d'essais sous pression. Par la suite, seul l'opérateur décide des actions à mener.

7. VISITE DU LIEU D'IMPLANTATION DE L'ÉQUIPEMENT

Le Titulaire pourra, si besoin et sur demande justifiée, visiter le bâtiment d'accueil du banc d'essais suite à la réunion de lancement du marché. Cette visite sera soumise aux disponibilités de l'installation.

7.1 CONTRAINTES LIEES A L'ENTREE SUR LE SITE

Le Titulaire sera amené à se rendre sur le site CEA / Le Ripault. Le site se trouve sur la commune de Monts dans le département de l'Indre-et-Loire (France, 37).

Les modalités d'entrée sur le site du CEA / LR sont les suivantes :

- ↳ Les heures d'entrée sont, pour les entreprises, 7h30-18h30 ;
- ↳ L'entrée sur le site est soumise à demande d'entrée pour chaque intervenant ;
- ↳ Les délais de demande d'entrée sont de 5 jours ouvrés pour les personnes de nationalité française et de 9 semaines pour les ressortissants étrangers. Les informations pour la demande d'entrée seront à transmettre par anticipation au responsable de l'affaire et sont pour chaque intervenant :
 - Copie recto-verso de la carte d'identité en cours de validité ;
 - Nom et prénom ;
 - Date de naissance ;
 - Lieu de naissance ;
 - Société ;
 - Fonction dans la société.

Après acceptation par le CEA / LR de la demande, l'entrée sur le site du CEA / LR est soumise à présentation au poste de garde de la carte nationale d'identité ou du passeport en cours de validité. Aucun autre document ne sera accepté.

L'entrée de matériel informatique (ordinateur, supports informatiques amovibles) est interdite. Si un matériel informatique est absolument nécessaire, celui-ci doit faire l'objet d'une demande d'entrée. Les informations (marque, modèle et numéro de série) devront être transmises au responsable du projet 10 jours ouvrables avant entrée sur site.

Nota : Les téléphones portables sont strictement interdits sur le site du CEA / LR.

8. DÉLAIS

Le CEA souhaite que le Titulaire livre l'équipement avant le mois de décembre 2026 et que sa mise en service intervienne à titre indicatif avant le mois de juin 2027.

Dans son offre technique et financière, le soumissionnaire présentera un planning réaliste au plus court et le détail des actions à mener lors de la prestation pour atteindre ces objectifs.

9. DESCRIPTION DES PRESTATIONS ASSOCIÉES

9.1 FORMATION

Une formation des utilisateurs est incluse dans le marché et doit avoir lieu suite à la mise en service de l'équipement.

La formation aura lieu sur le site du CEA / LR et devra pouvoir accueillir un minimum de 4 personnes.

10. MAINTENANCE

Associé au banc de frottement, le CEA souhaite que le Titulaire propose des prestations de maintenance comme mentionnées ci-après :

- ❖ Une prestation de maintenance préventive complétée par la réalisation de l'étalonnage des capteurs liés à la machine ;
- ❖ Une prestation de maintenance curative.

10.1 MAINTENANCE PREVENTIVE

Le CEA souhaite que le soumissionnaire propose une prestation de maintenance et comportant au minimum les actions suivantes.

Le Titulaire s'engage à effectuer une visite de maintenance préventive par an sur l'équipement. Elle est destinée à assurer le fonctionnement de l'équipement dans ses caractéristiques d'origine et à réduire le risque de panne au minimum.

Par ailleurs, au cours de cette maintenance préventive, le Titulaire réalise également l'étalonnage de l'ensemble des chaînes de mesures de la machine, à savoir celles concernant le capteur de vitesse, le capteur de force, le déplacement,

Au cours de cette visite, le Titulaire procède notamment :

- ↳ A l'inspection minutieuse de l'équipement ;
- ↳ Au nettoyage, au réglage et à la vérification des divers éléments ;
- ↳ A la lubrification des parties mécaniques, si nécessaire ;
- ↳ Aux contrôles et modifications de sécurité mécaniques et électriques ;
- ↳ A la fourniture et au remplacement de toute pièce détachée et de tout sous-ensemble défectueux ;
- ↳ Aux mises à jour techniques préconisées par le Titulaire pour accroître la fiabilité et la sécurité de l'équipement ;
- ↳ Aux mises à jour des logiciels acquis avec l'équipement (n'apportant pas d'extension des fonctions des appareils) ;
- ↳ Au contrôle du bon fonctionnement de l'ensemble ;
- ↳ Aux inspections de sécurité ;
- ↳ A la remise de la checklist des opérations effectuées dans le cadre de la maintenance préventive.

Le Titulaire propose toutes modifications éventuelles pouvant améliorer le fonctionnement de l'équipement.

Le Titulaire présente un calendrier annuel d'interventions qui est soumis au CEA pour accord. Toute modification de ce calendrier doit être signalée un mois à l'avance.

Les prestations liées à la maintenance préventive comprennent :

- ↳ Le déplacement ;
- ↳ La main d'œuvre ;
- ↳ Les pièces détachées à remplacer.

10.2 MAINTENANCE CURATIVE

Le Titulaire s'engage à mettre en œuvre une maintenance curative illimitée ; tous les déplacements sont inclus dans le forfait.

Les pièces détachées nécessaires à l'entretien et au dépannage de l'équipement sont fournies par le Titulaire dans le cadre du forfait et mises en place au cours des visites d'entretien et de celles des dépannages.

En cas de panne et de demande du CEA, le Titulaire s'engage à intervenir et à remettre en bon état de fonctionnement l'équipement selon les spécifications initiales.

Le Titulaire doit assurer :

- ↳ Le diagnostic complet de la panne ;
- ↳ L'échange standard ou la réparation des pièces courantes ;
- ↳ La remise en conditions opérationnelles de l'équipement suivant les spécifications techniques initiales ;
- ↳ La restauration des réglages du CEA après interventions ;
- ↳ et toutes autres actions permettant à l'équipement de retrouver sa pleine disponibilité.

Les prestations de maintenance curative comprennent les frais liés au déplacement ainsi que la main d'œuvre.

Le Titulaire s'engage à fournir au CEA, des pièces de rechange neuves d'origine (ou à défaut d'occasion avec l'accord du CEA) en parfait état de fonctionnement et conformes aux spécifications techniques. Il s'engage à ce que les pièces de rechange fournies ne modifient ni les caractéristiques techniques initiales de l'équipement, ni sa sûreté de fonctionnement ; l'équipement devant toujours répondre aux exigences essentielles du marquage CE.

La prestation de maintenance doit être proposée par le soumissionnaire pour une durée de 5 ans.

En cas de panne ou de dysfonctionnement, le Titulaire met à disposition du CEA un service d'assistance téléphonique. Le Titulaire s'engage à assister le CEA dans l'analyse de la difficulté rencontrée et à donner toutes les instructions par téléphone au correspondant technique CEA afin qu'il réalise les opérations de dépannage qui lui auront été indiquées.

L'assistance téléphonique s'effectue aux jours et heures ouvrés du CEA, pour un dépannage ou une aide à l'utilisation de l'équipement.

Le CEA souhaite que le délai de fin d'intervention soit de 10 jours ouvrés après la demande du CEA au Titulaire.

Le CEA souhaite que le délai de fin de réparation soit de 20 jours ouvrés après la demande au Titulaire.

Le délai de réparation s'entend de la prise en charge sur le site du CEA jusqu'à la remise en service de l'équipement selon les spécifications techniques.

10.3 CONTROLE DE L'EXECUTION DES PRESTATIONS

Chaque intervention du Titulaire (entretien préventif, dépannages sur le site du CEA, dans ses ateliers ou dans ceux de ses sous-traitants) donne lieu à l'établissement d'un rapport d'intervention, rappelant la prestation effectuée, les pièces remplacées ou qui sont à échanger ultérieurement et précisant éventuellement les renseignements ou conseils techniques nécessaires à un fonctionnement optimal de l'équipement.

Ces rapports, établis par le Titulaire en deux exemplaires, sont signés par le Titulaire et par le CEA. Ils doivent être remis au CEA au plus tard 10 jours après l'intervention.

Le Titulaire est responsable de la bonne exécution technique et matérielle des prestations à sa charge dans le cadre du présent marché. Toute prestation reconnue défectueuse est reprise par le Titulaire dans les délais les plus brefs et à ses frais.

11. DOCUMENTATION ET LIVRABLES

11.1 DOCUMENTS A REMETTRE AU CEA

Le Titulaire devra remettre au CEA les livrables suivants :

- ↗ Le planning global de la prestation ;
- ↗ Le Plan d'Assurance Qualité (PAQP) ;
- ↗ Les demandes d'acceptation d'éventuels sous-traitants ;
- ↗ Le compte rendu de réunion sous 72 heures ;
- ↗ Une proposition de plan d'essais usine (grille visée des deux parties) ;
- ↗ Le Procès-Verbal de recette usine ;
- ↗ Les plans électriques, programmes automate et sauvegardes informatiques ;
- ↗ La fourniture de la documentation réglementaire ;
- ↗ Le Procès-Verbal de livraison ;
- ↗ La fourniture du dossier complet de la machine ;
- ↗ Une proposition de plan d'essais site (grille visée des deux parties) ;
- ↗ Le Procès-Verbal de recette sur site ;
- ↗ Les Procès-Verbaux d'étalonnage de l'ensemble des chaînes de mesures du banc ;
- ↗ Les certificats de conformité.

L'absence de documentation, telle que demandée par le prescripteur lors d'un contrôle d'acceptation technique (recette usine, réception, livraison sur site), entraîne la non-conformité de l'élément concerné.

11.2 DELAI DE REMISE DES DOCUMENTS

Le Titulaire devra remettre les documents selon les échéances suivantes :

	Livrables	Proposition de date limite de remise
Phase d'étude et de définition	<ul style="list-style-type: none"> - Dossier justificatif de définition - Définition des éléments du banc d'essais - Note de calcul associée aux différents éléments constituant l'équipement - Avant-projet sommaire APS implanté dans son environnement 	T0 + 20 semaines
Phase de conception	<ul style="list-style-type: none"> - Dossier de conception - Plans d'ensemble et implantation dans son environnement d'accueil - Dossier de plans de détails et nomenclature BPE - Liste exhaustive des besoins en servitude liés au banc 	T1 + 12 semaines
Phase de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication des éléments du banc d'essais et à leur assemblage - Réalisation des essais de fonctionnement en usine - Livraison, installation et mise en service du banc d'essais dans les locaux du CEA 	T2 + 20 semaines

11.3 FORMAT ET QUANTITE

Pour tous les documents, le Titulaire doit effectuer la diffusion selon les modalités suivantes :

- ↗ Exemple(s) papier : 2 ;
- ↗ Fichier(s) informatique(s) au format natif Office ou logiciel spécifique : 1 ;
- ↗ Fichier(s) informatique(s) au format pdf, avec reconnaissance des caractères et page(s) de signature scannée(s) et intégrée(s) dans le fichier : 1.

11.4 VERIFICATION DES DOCUMENTS

Le CEA transmet ses analyses par voie de messagerie informatique en leur attribuant l'une des mentions ci-dessous :

Type de VISA	Commentaires
Visa avec Observations (VAO) :	Dans ce cas, le Titulaire met à jour le document en prenant en compte les remarques du CEA, et lui transmet à nouveau pour observation.
Visa sans Observation (VSO) :	Le CEA accepte le document tel quel.
Visa avec utilisation conditionnelle (VAUC) :	Le CEA accepte le document à condition que les réserves formulées avec le visa soient prises en compte par le Titulaire. Ces réserves doivent être minimales.

12. CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE ET CONDITIONS DE RÉCEPTION

12.1 CONTROLE DE CONFORMITE

Le Titulaire est responsable de la conformité de l'équipement fourni avec la réglementation en vigueur en France, en particulier les directives Européennes transposées en droit français.

La conformité du matériel sera contrôlée à la charge du CEA par un organisme habilité lors de la réception sur site du CEA / LR. Le résultat du contrôle conditionne la réception de l'équipement. Toute correction de la non-conformité constatée par le CEA doit être corrigée par le Titulaire et à ses frais.

12.2 RECETTE ET RECEPTION

12.2.1 Recette usine

Le Titulaire du marché s'engage à mettre en œuvre le moyen d'essais. Au cours du marché, le CEA et le Titulaire s'accorderont sur les termes et les conditions de recette apposés dans un cahier de recette. La validation de la recette usine autorisera le transfert de l'équipement vers le lieu d'implantation sur le site du CEA / LR. La recette usine donne lieu à l'établissement d'un procès-verbal signé contradictoirement par les parties.

En plus de la validation de l'ensemble des fonctions du banc de frottement, y compris la gestion des modes dégradés, et de la conformité réglementaire, la recette usine comprendra notamment des essais de frottement sur deux matériaux inertes tels que décrits dans le tableau ci-après :

	Pression au contact (MPa)	Vitesse de glissement (m/s)	Durée du contact (ms)	Diamètre échantillon (mm) (\varnothing_{\min} 5 mm)
PRIMORDIAL	200	1	1,5	\varnothing (P_{contact})
	200	14	1,5	\varnothing (P_{contact})
	5	14	1,5	\varnothing (P_{contact})
	5	1	1,5	\varnothing (P_{contact})
SOUHAITABLE	220	1	2,2	\varnothing (P_{contact})
	220	25	2,2	\varnothing (P_{contact})
	5	25	2,2	\varnothing (P_{contact})
	100	1	2,2	\varnothing (P_{contact})
	100	25	2,2	\varnothing (P_{contact})

Ainsi, ce sont au minimum 18 essais qui devront être réalisés. Le CEA fournira au Titulaire, préalablement à la recette usine, les lopins matières permettant d'usiner les échantillons d'essais dans les deux matériaux (les dimensions de ces échantillons seront déterminées suite aux phases d'études et de conception).

En outre, le diagnostic des essais réalisés sera rendu à l'aide des mesures des différents capteurs installés sur le banc (Pression, vitesse, durée) et des caméras visualisant la scène de sollicitation des échantillons. Au cours de cette recette, le Titulaire devra présenter les certificats d'étalonnage des différentes chaînes de mesure du moyen d'essais.

12.2.2 Réception sur site

La réception et la recette sur le site du CEA / LR seront réalisées après installation. Cette recette s'établira en fonction des éléments inscrits dans le cahier de recette. La réception donne lieu à l'établissement d'un procès-verbal signé contradictoirement par les parties.

En plus de la validation de l'ensemble des fonctions du banc de frottement et de sa conformité réglementaire, la recette sur site comprendra également des essais de frottement sur deux matériaux inertes tels que décrits dans le tableau ci-après :

Pression au contact (MPa)	Vitesse de glissement (m/s)	Durée du contact (ms)	Diamètre échantillon (mm) (Ømin 5 mm)
200	1	1,5	Ø (P _{contact})
200	14	1,5	Ø (P _{contact})
5	14	1,5	Ø (P _{contact})
5	1	1,5	Ø (P _{contact})

Ainsi, ce sont au minimum 8 essais qui devront être réalisés. Les échantillons d'essais seront ceux usinés par le Titulaire pour couvrir l'ensemble des essais de recette usine et de réception sur site.

13. SUIVI ET CONTRÔLE DE L'EXÉCUTION DU MARCHÉ

Le suivi technique de la prestation est assuré par le correspondant technique du CEA. Il est l'interlocuteur technique unique du Titulaire.

13.1 REUNION D'ENCLenchement

La réunion d'enclenchement a notamment pour but de :

- ↳ Présenter les intervenants et l'organisation mise en place au niveau du CEA et du Titulaire ;
- ↳ Rappeler les principales exigences techniques de la fourniture ;
- ↳ Fournir la documentation « de base » nécessaire au démarrage du marché ;
- ↳ Expliciter les moyens de récupération de l'information, les formats d'échange, les modalités des réunions techniques d'avancement ;
- ↳ Rappeler le planning global de l'affaire.

13.2 REUNIONS DE SUIVI

Pour suivre l'exécution du marché, des réunions de suivi sur le site du CEA seront organisées conformément au planning d'avancement fourni par le Titulaire et accepté par le CEA.

Elles auront pour but :

- ↳ De suivre les divers jalons contractuels ;
- ↳ D'échanger sur les points de blocage ;
- ↳ De valider les futures actions à mener, le cas échéant.

Toutefois, en cas de nécessité, les correspondants techniques peuvent se réunir, sans frais supplémentaire, à la demande de l'une ou l'autre des parties.

La cadence des réunions de suivi est la suivante :

- ↳ Une réunion d'avancement en présentiel au terme de chaque phase ;
- ↳ Des réunions téléphoniques de suivi (ou visio-conférences) seront organisées régulièrement au cours du marché (une par mois au minimum).

13.3 COMPTE RENDU DES REUNIONS

Chaque réunion avec le CEA fait l'objet d'un compte rendu rédigé par le Titulaire et soumis à l'approbation formelle du CEA, avant diffusion.

Sans remarques de la part du CEA sous 15 jours ouvrés, le compte rendu est considéré comme accepté.

14. CONFIDENTIALITÉ

Le présent Cahier Des Charges (CDC) est de Diffusion Ordinaire (DO).

Le marché est sans classification.

15. CORRESPONDANTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

Les interlocuteurs techniques et scientifiques en charge de l'affaire sont respectivement :

Monsieur Etienne GENDRE, dont les coordonnées sont les suivantes :

- Téléphone : 02 47 34 56 82
- E-mail : etienne.gendre@cea.fr

et

Monsieur Didier PICART, dont les coordonnées sont les suivantes :

- Téléphone : 02 47 34 41 73
- E-mail : didier.picart@cea.fr

16. ANNEXE

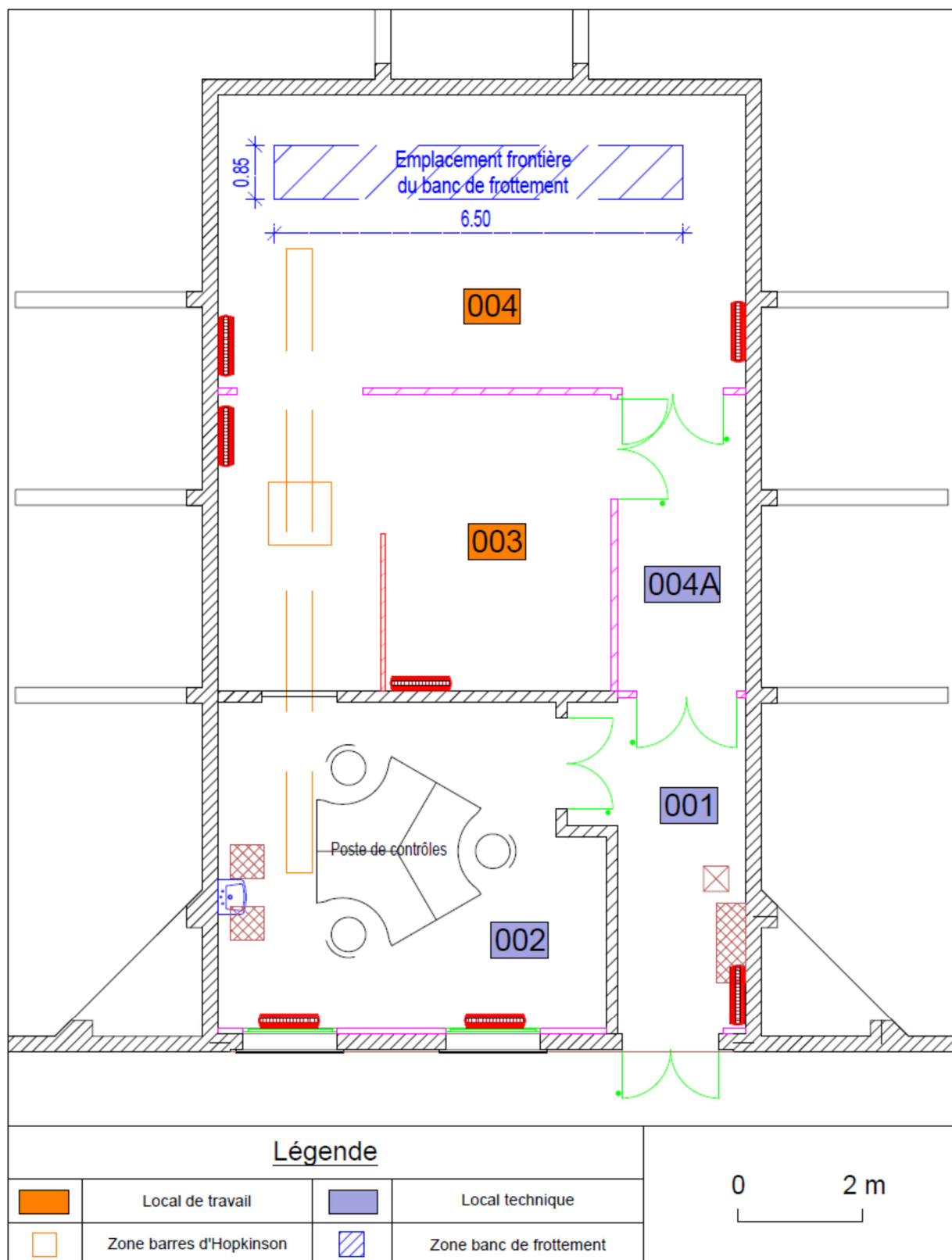


Figure 8 : Implantation du banc de frottement