

# SPECIFICATIONS TECHNIQUES

**Objet : Développements, optimisations et montée en maturité  
d'électroniques numériques sur  $\mu$ ZED Zynq pour accéléromètres et  
gyromètres MEMS**

Date : 29/01/2026

Affaire suivie par : Sébastien Boisseau

Nom	Fonction	Entité	Visa
<b>Auteur(s)</b>			
<b>S. BOISSEAU</b>	Chef de laboratoire	DSYS/SSCE/LAIC	BOISSEAU, Sébastien Signé numériquement Le 29/01/2026
<b>Vérificateurs</b>			
<b>M.MIELET</b>	Ingénieur Sécurité	DSYS/DIR	MIELET, Magali Signé numériquement Le 29/01/2026
<b>K. WARLOUZEL</b>	ASSI	DSYS/DIR	WARLOUZEL, Karine Signé numériquement Le 29/01/2026
<b>Approbateur</b>			
<b>M. PLISSONNIER</b>	Chef de Service	DSYS/SSCE	PLISSONNIER, Marc Signé numériquement Le 30/01/2026
<b>F. CLERMIDY</b>	Chef de Département	DSYS/DIR	CLERMIDY, Fabien Signé numériquement Le 02/02/2026

Diffusion :

Prestataires



☒ Le présent cahier des charges ne contient aucune information de niveau « Diffusion Restreinte » ou « classifiées » ou relevant de la protection du potentiel scientifique et technique de la nation, ce qui permet la mise en ligne de ce document sur la plate-forme dématérialisée du CEA

☐ Le présent cahier des charges contient des informations Diffusion Restreinte (DR) ou relevant de la Protection du Potentiel Scientifique et Technique de la Nation de ce fait la mise en ligne sur la plateforme dématérialisée du CEA de ce document est possible via un conteneur chiffré ZED !

☐ Le présent cahier des charges contient des informations classifiées, de ce fait la mise en ligne sur la plate-forme dématérialisée du CEA de ce document est strictement interdite.

## 1 Objet

Ce cahier des charges a pour objet le développement et l'optimisation d'électroniques numériques sur plateforme  $\mu$ ZED Zynq destinées au pilotage, à l'acquisition et au traitement des signaux issus (i) d'accéléromètres MEMS et (ii) de gyromètres MEMS asservis, développés au CEA-LETI.

La prestation sera réalisée sur site ou en partie sur site, pour le compte du CEA. Elle est structurée en une tranche ferme de 6 mois et deux tranches optionnelles de 3 mois chacune, et vise à améliorer les performances, la précision, la robustesse et la maturité technologique des électroniques numériques du CEA-LETI en vue de leur transfert technologique vers un partenaire du CEA-LETI.

### Description de l'unité :

Le Laboratoire Autonomie et Intégration de Capteurs (LAIC) du CEA LETI a pour principales missions le développement de systèmes de capteurs, et en particulier de capteurs inertiels pour des applications de mesures hautes précision d'accélération (accéléromètres MEMS) et de vitesse angulaire (gyromètres MEMS).

Les activités de l'équipe sont à l'interface du hardware (électronique, optronique, semi-conducteurs), du software (intelligence artificielle, traitement du signal) et du Système (architecture électronique, mécatronique, modélisations multiphysiques).

### Contexte :

Les centrales inertielles hautes performances (classe tactique de précision  $10^{-5}$  à  $10^{-6}$ ) sont stratégiques pour des domaines tels que l'aéronautique ou la défense.

Le CEA développe ainsi des accéléromètres et des gyromètres à très haute précision à base de structures MEMS pilotées par des électroniques numériques d'asservissement.

Afin d'accompagner nos développements autour des accéléromètres et des gyromètres MEMS et leur transfert technologique, nous recherchons un prestataire en conception VHDL FPGA pour développer ces électroniques d'acquisition et d'asservissement sur base  $\mu$ ZED Zynq (des tests intermédiaires pourront se faire sur Artix7).

Les prestations à réaliser comprendront :

- Optimisation, documentation et transfert technologique des architectures numériques et logicielles (IHM)
- Implémentation en langage VHDL des fonctions nécessaires à l'acquisition des mesures physiques inertielles (drivers ADC et DAC, décimation, modulation et démodulation, asservissements, filtrage, oscillateur contrôlé numériquement, machine d'état, correction polynomiale, communication avec le PC...) nécessaires au bon fonctionnement des accéléromètres et des gyromètres.  
**L'électronique numérique devra avoir un impact négligeable sur les performances de bruit et de linéarité par rapport aux contributions du MEMS et de l'électronique analogique de proximité.**
- Vérifications par simulation, testbench, tests d'intégration sur cible, validation fonctionnelle et de performances selon un plan de test à établir par le prestataire, en comparant avec le modèle système existant (Matlab, Simulink).
- Rédaction des documents associés (documents de conception, résultats de test, etc.).
- Evolution des IHM Python permettant de programmer les paramètres de mise en œuvre et de récupérer les données mesurées, corrigées de la température ainsi que des données internes de fonctionnement.
- La livraison de l'ensemble des sources commentées, versionnées et documentées, couvrant les développements matériels et logiciels, et leur transfert vers le partenaire du CEA-LETI.
- Support à la mise en œuvre des MEMS associés à leur électronique au sein d'un démonstrateur.

## 2 Définition de la prestation

### 2.1 Description détaillée des tâches

La prestation est composée de 1 Mission ferme, elle-même constituée de 4 tâches, et de 3 Missions optionnelles. Ces différentes tâches sont décrites ci-dessous :

***Mission 1 : Optimisation d'électroniques numériques pour l'acquisition de données d'accéléromètres et l'asservissement de gyromètres MEMS (tranche ferme)***

*Le CEA développe actuellement plusieurs accéléromètres et plusieurs gyromètres MEMS hautes performances et leurs électroniques de pilotage associées. Plusieurs ingénieurs (analogiciens, numériciens, concepteurs MEMS, salles blanches LETI) travaillent sur ce projet, le prestataire travaillera donc dans un environnement d'équipe projet pluridisciplinaire avec un chef de projet CEA. Le prestataire sera responsable de la conduite et de la réalisation des travaux numériques relevant de la présente mission, incluant l'optimisation des architectures existantes, l'intégration de fonctions avancées et la participation aux phases de validation et de montée en TRL.*

***Tâche 1.1 : Gyromètres : optimisation du NCO et de la PLL pour l'amélioration de la résolution fréquentielle et la précision de l'asservissement de phase, modification du bloc de correction en température.***

Cette tâche vise à optimiser le NCO (Numerically Controlled Oscillator) et ses mécanismes de commande au sein des architectures numériques, afin d'utiliser la fréquence d'oscillation du résonateur MEMS comme indicateur de température, d'améliorer la résolution fréquentielle, la mise en oscillation et la précision de l'asservissement de phase. Les travaux comprendront notamment : (i) l'optimisation du NCO : résolution initiale de 0.2Hz et fréquence maximale de 1.5MHz à porter à mieux qu'une résolution de 0.006Hz et l'ajout d'une troisième sortie sinusoïdale de déphasage paramétrable, (ii) l'adaptation des interfaces de pilotage/paramétrage, de sortie numérique (vers la liaison série), l'adaptation du correcteur de phase, (iii) l'adaptation de la compensation polynomiale en température pour pouvoir prendre la commande du NCO comme référence de température, (iv) la validation par testbench puis en fonctionnement et en performance sur cible  $\mu$ ZED Zynq, en s'appuyant sur des mesures expérimentales, (v) la mise à jour de la documentation.

***Livrable L1.1 :***

*Blocs NCO, PLL et correction de température optimisés (code VHDL) testés et document de synthèse présentant les évolutions apportées, la stratégie d'optimisation et les résultats expérimentaux obtenus en termes de résolution de fréquence et de correction en température.*

***Tâche 1.2 : Optimisation et consolidation des architectures numériques existantes-gyromètres***

La tâche 1.2 portera sur l'amélioration et la consolidation d'un circuit numérique sur  $\mu$ ZED Zynq permettant d'assurer tout le traitement numérique de gyromètres MEMS vibrants, à asservir. Il s'agira notamment de (i) optimiser les architectures numériques et logicielles, (ii) améliorer le circuit numérique mettant en œuvre les différentes fonctions d'asservissement, de filtrage, de démodulation/modulation et de correction nécessaires au bon fonctionnement des gyromètres (drivers ADC et DAC, décimation, modulation et démodulation, asservissements, PLL, filtrage, machine d'état, correction polynomiale en température, communication avec le PC...), en langage VHDL et (iii) de l'implémenter sur cible embarquée  $\mu$ ZED Zynq. Il s'agira finalement de valider et

de tester sur cible le circuit numérique développé. Le prestataire fera aussi évoluer l'IHM Python permettant de programmer les paramètres de mise en œuvre et de récupérer les données mesurées, corrigées de la température ainsi que des données internes de fonctionnement.

**Livrable L1.2 :**

*Circuit numérique en VHDL (code VHDL) et document de synthèse associé présentant l'architecture, la stratégie mise en œuvre et les résultats expérimentaux - gyromètres*

**Tâche 1.3 : Optimisation et consolidation des architectures numériques existantes - accéléromètres**

La tâche 1.3 portera sur l'optimisation et la consolidation d'un circuit numérique sur  $\mu$ ZED Zynq permettant d'acquérir les données d'accéléromètres MEMS. Il s'agira notamment (i) d'améliorer les architectures numériques et logicielles (IHM), (ii) d'améliorer le circuit numérique mettant en œuvre les fonctions d'acquisition de données et de filtrage nécessaires au bon fonctionnement des accéléromètres (drivers ADC, filtres numériques, génération de modulation et démodulation synchrone sinus, correction polynomiale en température, liaison série avec le PC), en langage VHDL et (iii) de l'implémenter sur cible embarquée  $\mu$ ZED Zynq. Il s'agira finalement de valider et de tester sur cible le circuit numérique consolidé. Le prestataire fera aussi évoluer l'IHM Python permettant de programmer les paramètres de mise en œuvre et de récupérer les données mesurées, corrigées de la température ainsi que des données internes de fonctionnement.

**Livrable L1.3 :**

*Circuit numérique en VHDL (code VHDL) et document de synthèse associé présentant l'architecture, la stratégie mise en œuvre et les résultats expérimentaux - accéléromètres*

**Tâche 1.4 : Développement d'une maquette de démonstration accéléromètre et gyromètre avec son électronique de pilotage**

Cette tâche porte sur le développement d'une maquette de démonstration du système complet, incluant au moins un système gyromètre MEMS et un système accéléromètre MEMS, une table tournante et les électroniques de pilotage associées.

Les travaux comprendront notamment : (i) le développement d'interfaces homme-machine (IHM) Python permettant le pilotage et la configuration des capteurs et des électroniques numériques (paramètres de fonctionnement, réglages, modes d'opération), (ii) l'identification (choix du modèle) et le pilotage de la table tournante (patterns de rotation à vitesse et angle réglables, (iii) la récupération, l'affichage et la visualisation des données issues des capteurs, en temps réel, et (iii) le développement d'une application de démonstration illustrant le fonctionnement et les performances globales du système, destiné à des usages de démonstration, de diagnostic et de support aux phases de test et de transfert.

**Livrable L1.4 :**

*Maquette de démonstration gyromètre & accéléromètre (IHM et application de démonstration) opérationnelle, documentée et livrée*

## ***Mission 2 : Amélioration de la maturité technologique vers TRL4 (tranche optionnelle 1)***

### ***Tâche 2.1 : Développement d'un bloc de correction polynomiale de la non-linéarité des capteurs gyromètres MEMS***

Cette tâche vise au développement, à l'intégration et à la validation d'un bloc de correction polynomiale destiné à compenser les effets de non-linéarité des capteurs gyromètres MEMS asservis. Les travaux comprendront notamment : (i) l'analyse de la non-linéarité issues de mesures réalisées en table tournante (ii) la définition et l'implémentation d'un bloc de correction polynomiale adapté (ordre du polynôme, paramétrage, précision numérique), en langage VHDL, (iii) l'intégration du bloc dans les architectures numériques existantes, (iv) la validation par testbench puis en fonctionnement et en performance sur cible  $\mu$ ZED Zynq sur la base de mesures expérimentales et (v) l'adaptation des outils logiciels (IHM) pour le paramétrage et l'exploitation de la correction.

#### ***Livrable L2.1 :***

*Bloc de correction polynomiale testé pour gyromètres (code VHDL) et document de synthèse présentant l'architecture, la stratégie de correction et les résultats expérimentaux.*

### ***Tâche 2.2 : Développement d'un bloc de correction polynomiale de la non-linéarité des capteurs accéléromètres MEMS***

Cette tâche vise au développement, à l'intégration et à la validation d'un bloc de correction polynomiale destiné à compenser les effets de non-linéarité des capteurs accéléromètres MEMS. Les travaux comprendront notamment : (i) l'analyse de la non-linéarité issues de mesures réalisées en centrifugeuse, (ii) la définition de l'architecture du bloc de correction polynomiale (ordre du polynôme, paramétrage, précision numérique), (iii) l'implémentation du bloc de correction en langage VHDL et son intégration dans les chaînes de traitement existantes, (iv) la validation par testbench puis en fonctionnement et en performance sur cible  $\mu$ ZED Zynq, en lien avec les données expérimentales issues des capteurs et (v) la mise à jour de l'IHM afin de permettre la configuration des paramètres de correction.

#### ***Livrable L2.2 :***

*Bloc de correction polynomiale testé pour accéléromètres (code VHDL) et document de synthèse présentant l'architecture, la stratégie de correction et les résultats expérimentaux.*

### ***Tâche 2.3 : Nettoyage et refactoring des architectures numériques et logicielles***

Cette tâche vise au nettoyage et au refactoring des architectures numériques et logicielles développées dans le cadre des missions précédentes, dans un objectif d'amélioration de la qualité, de la lisibilité et de la maintenabilité des développements. Les travaux comprendront notamment : la revue du code VHDL et des codes logiciels associés (Python, scripts de test), la restructuration des architectures afin d'améliorer leur modularité, leur lisibilité et leur évolutivité, l'harmonisation des conventions de

codage, des interfaces et de la documentation associée, la suppression des éléments obsolètes ou redondants identifiés et la mise à jour de la documentation technique.

**Livrable L2.3 :**

Codes nettoyés et refactorisés (VHDL et logiciels), accompagnés d'un document de synthèse décrivant les principales évolutions et recommandations associées.

**Tâche 2.4 : Amélioration du démonstrateur – détermination du nord géographique**

Cette tâche porte sur l'amélioration du démonstrateur système développé dans le cadre de la Mission 1, par l'ajout d'un applicatif logiciel de démonstration, implémenté en Python, permettant la détermination du nord géographique à partir des données issues des gyromètres MEMS, des électroniques numériques associées et d'une table tournante.

**Livrable L2.4 :**

Démonstrateur système enrichi pour la détermination du nord géographique à partir des gyromètres MEMS (applicatif Python et IHM associée), documenté.

**Mission 3 : Amélioration de la maturité technologique vers TRL5 et soutien au transfert technologique (tranche optionnelle 2)**

**Tâche 3.1 : Mise en œuvre de la sélection et du réglage utilisateur de la fréquence de sortie des données**

Cette tâche vise à mettre en œuvre des mécanismes permettant à l'utilisateur de sélectionner et de régler la fréquence de sortie des données issues des accéléromètres et des gyromètres MEMS, directement au niveau des architectures numériques et des interfaces de pilotage. Les travaux comprendront notamment : la définition des modes de sélection et de réglage de la fréquence de sortie des données, en cohérence avec les architectures numériques existantes, l'implémentation des fonctions associées au sein des chaînes numériques (gestion de la décimation, synchronisation, contrôle des flux de données), l'adaptation des interfaces de configuration afin de permettre le paramétrage utilisateur de la fréquence de sortie, la bonne gestion de la décimation pour ne pas impacter par repliement les performances dans les bandes d'intérêt (0Hz à 100Hz ou 200Hz) et la validation fonctionnelle sur cible µZED Zynq.

**Livrable L3.1 :**

Fonctions de sélection et de réglage utilisateur de la fréquence de sortie des données, intégrées et validées, accompagnées d'un document de synthèse.

**Tâche 3.2 : Participation aux tests avancés et montée en maturité en vue du transfert technologique et de nouveaux composants MEMS (RUN2)**

La tâche 3.2 visera à tester, en conditions avancées, les électroniques numériques développées et optimisées en tâches 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3 et 3.1 en les mettant



en œuvre avec les capteurs MEMS accéléromètres et gyromètres. Il s'agira notamment de qualifier le bon fonctionnement et la robustesse des différentes fonctions numériques avec différents capteurs issus notamment d'un nouveau RUN de MEMS, dans des configurations représentatives des usages visés.

Par ailleurs cette tâche s'attachera à générer et mettre à disposition les sources des projets accéléromètre et gyromètre permettant de faire le transfert et le portage des systèmes numériques (vers une autre cible type FPGA ou vers un ASIC).

Cette tâche s'inscrit en effet dans un objectif de montée en maturité technologique des électroniques et des capteurs associés, en vue de leur transfert technologique vers un partenaire du CEA-LETI. Le prestataire contribuera à l'analyse des résultats expérimentaux et au retour d'expérience.

**Livrable L3.2 :**

*Rapport de tests des électroniques associées aux capteurs en vue de leur transfert technologique vers un partenaire du CEA-LETI et sources des projets numériques.*

**Mission 4 : Electroniques numériques pour capteurs hautes performances (tranche optionnelle 2)**

**Tâche 4.1 : Développement d'électroniques numériques de pilotage pour des capteurs hautes performances**

Cette tâche vise au développement d'électroniques numériques de pilotage, d'acquisition et de traitement destinées à des capteurs hautes performances, nécessitant des architectures numériques avancées de commande, d'asservissement et de lecture des signaux. Les travaux comprendront notamment : la participation à la définition des architectures numériques adaptées aux capteurs considérés, en lien avec l'électronique analogique et le système global ; le développement en langage VHDL des fonctions numériques nécessaires au pilotage des capteurs, incluant notamment des fonctions d'acquisition, de génération et de modulation des signaux de commande, de démodulation, de filtrage numérique, d'asservissement, de gestion d'états et de communication avec un système hôte ; l'implémentation et la mise au point des architectures numériques sur cible embarquée ( $\mu$ ZED Zynq ou plateforme équivalente) et la validation fonctionnelle des électroniques numériques développées, en interaction avec les capteurs et l'environnement de test associé.

**Livrable L4.1 :**

Électroniques numériques de pilotage développées (codes VHDL commentés et versionnés) et document de synthèse présentant l'architecture retenue, les choix techniques et les premiers résultats de validation.

----



## 2.2 Mise à disposition des résultats de la prestation

Les résultats seront documentés et transférés au CEA par le biais des livrables dont la nature, la fréquence et le nombre sont détaillés ci-dessus (§2.1).

Il sera en outre demandé au prestataire d'assister aux réunions de projet hebdomadaires en interne CEA et, à cette occasion, de faire un bref résumé au reste de l'équipe de son avancement sous forme de synthèses techniques régulières (planches powerpoint). Ce suivi vient en complément du suivi d'avancement administratif et organisationnel décrit au paragraphe 5.3 ci-dessous.

## 2.3 Répartition de la charge de travail et facturation :

A titre purement indicatif, nous estimons que la répartition des efforts pourrait être la suivante :

- Mission 1 : 50% (ferme)
- Mission 2 : 25% (optionnelle 1)
- Mission 3 : 15% (optionnelle 2)
- Mission 4 : 10% (optionnelle 2)

## 3 Planning prévisionnel

Démarrage souhaité de la prestation : 20 mars 2026

Tâches	Livrables	Durée estimée	Début	Fin	Tranche
<b>Mission 1 : Développement d'électroniques numériques pour l'acquisition d'accéléromètres MEMS et l'asservissement de gyromètres MEMS</b>					
Tâche 1.1 : Gyromètres : Optimisation du NCO et de la PLL pour l'amélioration de la résolution fréquentielle et la précision de l'asservissement de phase, modification du bloc de correction en température	Livrable L1.1 : <i>Blocs NCO, PLL et correction de température optimisés (code VHDL) testés et document de synthèse présentant les évolutions apportées, la stratégie d'optimisation et les résultats expérimentaux obtenus en termes de résolution de fréquence et de correction en température</i>	30 jours	T0	T0+ 2 mois	Ferme

Tâche 1.2 : Optimisation et consolidation des architectures numériques existantes-gyromètres	Livrable L1.2 : <i>Circuit numérique en VHDL (code VHDL) et document de synthèse associé présentant l'architecture, la stratégie mise en œuvre et les résultats expérimentaux - gyromètres</i>	22 jours	T0+2 mois	T0+3.5 mois	Ferme
Tâche 1.3 : Optimisation et consolidation des architectures numériques existantes-accéléromètres	Livrable L1.3 <i>Circuit numérique en VHDL (code VHDL) et document de synthèse associé présentant l'architecture, la stratégie mise en œuvre et les résultats expérimentaux - accéléromètres</i>	15 jours	T0+3.5 mois	T0+4.5 mois	Ferme
Tâche 1.4 : Développement d'une maquette de démonstration accéléromètre et gyromètre avec son électronique de pilotage	Livrable L1.4 : <i>Maquette de démonstration gyromètre &amp; accéléromètre (IHM et application de démonstration) opérationnelle, documentée et livrée.</i>	23 jours	T0+4.5 mois	T0+6 mois	Ferme

Tâches	Livrables	Durée estimée	Début	Fin	Tranche
<b>Mission 2 : Amélioration de la maturité technologique vers TRL4 (tranche optionnelle 1)</b>					
Tâche 2.1 : Bloc de correction polynomiale pour gyromètres (code VHDL) et document de synthèse	Livrable L2.1 : <i>Bloc de correction polynomiale testé pour gyromètres (code VHDL) et document de synthèse présentant l'architecture, la</i>	15 jours	T0+6 mois	T0+7 mois	Optionnelle 1

présentant l'architecture, la stratégie de correction et les résultats expérimentaux.	<i>stratégie de correction et les résultats expérimentaux.</i>				
Tâche 2.2 : Développement d'un bloc de correction polynomiale de la non-linéarité des capteurs accéléromètres MEMS	Livrable L2.2 <i>Bloc de correction polynomiale testé pour accéléromètres (code VHDL) et document de synthèse présentant l'architecture, la stratégie de correction et les résultats expérimentaux.</i>	7.5 jours	T0+7 mois	T0+7.5 mois	Optionnelle 1
Tâche 2.3 : Nettoyage et refactoring des architectures numériques et logicielles	Livrable L2.3 : <i>Codes nettoyés et refactorisés (VHDL et logiciels), accompagnés d'un document de synthèse décrivant les principales évolutions et recommandations associées</i>	15 jours	T0+7.5 mois	T0+8.5 mois	Optionnelle 1
Tâche 2.4 : Amélioration du démonstrateur – détermination du nord géographique	Livrable L2.4 : <i>Démonstrateur système enrichi pour la détermination du nord géographique à partir des gyromètres MEMS (applicatif Python et IHM associée), documenté.</i>	7.5 jours	T0+8.5 mois	T0+9 mois	Optionnelle 1

<i>Tâches</i>	<i>Livrables</i>	<i>Durée estimée</i>	<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>Tranche</i>
<b>Mission 3 : Amélioration de la maturité technologique vers TRL5 et soutien au transfert technologique (tranche optionnelle 2)</b>					
Tâche 3.1 : Mise en œuvre de la	Livrable L3.1 :	15 jours	T0 + 9 mois	T0+12 mois	Optionnelle 2

sélection et du réglage utilisateur de la fréquence de sortie des données	Fonctions de sélection et de réglage utilisateur de la fréquence de sortie des données, intégrées et validées, accompagnées d'un document de synthèse.				
Tâche 3.2 : Participation aux tests avancés et montée en maturité en vue du transfert technologique et de nouveaux composants MEMS (RUN2)	Livrable L3.2 : <i>Rapport de tests des électroniques associées aux capteurs en vue de leur transfert technologique vers un partenaire du CEA-LETI et sources des projets numériques.</i>	7.5 jours	T0+9 mois	T0+12 mois	Optionnelle 2

<i>Tâches</i>	<i>Livrables</i>	<i>Durée estimée</i>	<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>Tranche</i>
<b>Mission 4 : Electroniques numériques pour capteurs hautes performances (tranche optionnelle 2)</b>					
Tâche 4.1 : Développement d'électroniques numériques de pilotage pour des capteurs hautes performances	Livrable L4.1 : Électroniques numériques de pilotage développées (codes VHDL commentés et versionnés) et document de synthèse présentant l'architecture retenue, les choix techniques et les premiers résultats de validation.	22 jours	T0+9 mois	T0+12 mois	Optionnelle 2

## 4 Compétences requises

Pour le présent cahier des charges, les compétences attendues sont les suivantes :

- **Développements sur FPGA Xilinx serie 7 et Zynq avec environnement de développement Vivado idéalement :**
  - **Développement de circuits (VHDL)**
  - **Script de génération et gestion de projet (TCL)**
- **Développement d'électroniques pour gyromètres et accéléromètres MEMS (expertise avancée)**
- Gestion de version git
- Traitement du signal embarqué (filtres numériques, génération de sinus, mesure de phase, démodulation synchrone)
- Asservissement de fréquence, d'amplitude
- Python (IHM et communication série avec FPGA)

## **5 Conditions d'exécution des prestations**

### **5.1 Mise à disposition de locaux et équipements**

La prestation sera effectuée sur le site ou en partie sur le site du CEA Grenoble. Les modalités de mise à disposition des locaux sont décrites dans le document « PROJET DE MARCHE » joint au dossier de consultation.

### **5.2 Moyens techniques d'exécution - Mise à disposition de fichiers ou programmes informatiques**

Dans le cadre des Prestations confiées au Prestataire et pour leur bonne exécution, le CEA peut mettre à la disposition du Prestataire des fichiers informatiques de données, des programmes informatiques, sous quelque forme que ce soit (codes sources, codes objets, codes exécutables).

Il est de convention expresse que le CEA est et reste propriétaire des ensembles mis à la disposition du Prestataire. Les données contenues dans ces fichiers ou programmes ne peuvent être exploitées par le Prestataire que pour les besoins des Prestations qui lui sont confiées. Toute autre diffusion ou exploitation, sous quelque forme que ce soit, lui est interdite. De même, il lui est interdit d'effectuer des copies de ces fichiers ou programmes.

En conséquence, le Prestataire doit s'obliger à prendre toutes mesures tendant à assurer le secret le plus absolu sur les données communiquées. Il ne peut communiquer les éléments relatifs à celles-ci qu'aux membres de son personnel appelés à travailler pour exécuter les Prestations considérées. A l'issue des Prestations, le Prestataire doit restituer sans délais les fichiers ou programmes au CEA et n'en conserver aucune trace.

Les modalités de mise à disposition des fichiers informatiques sont décrites dans le document « PROJET DE MARCHE » joint au dossier de consultation.

### **5.3 Suivi**

Le suivi de l'avancement des prestations sera réalisé entre le chef de laboratoire LAIC et/ou le responsable projet du CEA, et le responsable identifié par le prestataire. La fréquence sera tous les mois et/ou à chaque livraison de livrable comme spécifié dans la description des tâches.

Ces réunions s'accompagnent de remise de comptes rendus d'activités en se basant sur les livrables. Des réunions « projet » seront également organisées entre les responsables techniques CEA et le prestataire, comme décrit au paragraphe 2.2 ci-dessus.

Toutes ces activités de suivi (réunions et comptes rendus) sont comprises dans le prix indiqué dans l'offre financière.

#### **5.4 Confidentialité**

Les obligations en matière de secret et de confidentialité sont régies par les articles 11 et 12 des Conditions Générales d'Achat (CGA) applicables aux marchés passés par le CEA.

Le prestataire doit préciser quelles sont les informations confidentielles contenues dans son offre. Il précise l'usage qui peut en être fait, la durée de l'obligation de confidentialité, les personnes tenues au secret et les personnes auxquelles l'information ne doit pas être transmise

### **6 Garanties**

Sous réserve de leur acceptation par le CEA, le prestataire explicitera les conditions de garanties de sa prestation.

### **7 Sécurité**

**Les règles de sécurité applicables aux entreprises extérieures sont définies dans le document EQ/CS 23-10 indice A, qui est joint au présent cahier des charges.**

**L'attention du prestataire est attirée sur l'importance d'examiner attentivement ce document, afin de pouvoir répondre point par point à ces règles et s'y conformer dans le cadre du Marché.**

**Dans sa réponse à l'appel d'offres, le prestataire donnera au CEA les éléments permettant de s'assurer que les exigences en matière de sécurité, définies notamment dans le document EQ CS23-10 indice A, sont bien comprises et appliquées.**

Les éléments mentionnés ci-dessous, dans la partie sécurité du cahier des charges ne se substituent pas aux règles définies dans le document EQ/CS 23-10 indice A, qui font référence.

#### **7.1. Dispositions générales**

Voir le document **EQ/CS 23-10 indice A**

Le PRESTATAIRE conserve l'entière responsabilité des personnels qu'il emploie. Il est donc de sa responsabilité d'appliquer et de faire appliquer les règles de sécurité en vigueur au CEA-Grenoble.

Un Plan de Prévention (ref. page 4 document EC/CS 23-10) sera conjointement établi, entre le CEA, le Prestataire et ses sous-traitants éventuels, préalablement au démarrage du contrat, et à l'issue de la « visite d'inspection commune ».

L'analyse des risques et le plan de prévention seront mis à jour en cas de travaux non définis dans le plan de prévention initial (activités, lieux, changements des risques d'interférence ou de coactivité etc...).

Le personnel du PRESTATAIRE devra assister aux réunions d'accueil sécurité des nouveaux arrivants d'entreprises extérieures (ref. page 2 document EC/CS 23-10).

Certains personnels volontaires du PRESTATAIRE pourront, si besoin, faire partie de l'Equipe Locale de Premier secours (ELPS), mise en place dans les bâtiments concernés par le Marché. En cas d'incident ou accident et sur appel de la Formation Locale de Sécurité (FLS), ces personnes se mettent à disposition du directeur des secours et effectuent un certain nombre de tâches prédéfinies dans la circulaire de sécurité n° 47 du CEA-Grenoble (mise en sécurité des expériences, interdiction d'accès aux locaux, aide aux victimes, aide au regroupement et au recensement des salariés). La formation associée à cette tâche est prise en charge par le CEA-Grenoble.

## **7.2. Dispositions particulières (réf. pages 5-6-7 et 8 document EQ/CS 23-10)**

Le prestataire est responsable de la formation et de la qualification de son personnel (ref. page 8 document EQ/CS 23-10)

### **Produits chimiques :**

Toute introduction de produits chimiques par le prestataire est soumise à l'accord préalable du Chef d'installation et de l'ingénieur sécurité d'Installation, avec à minima la fourniture au CEA de la Fiche de Données de Sécurité des produits concernés, et leurs quantités.

**Risque électrique** : Le personnel du prestataire doit être formé, habilité et désigné par son employeur. Le travail sous tension et au voisinage de la tension est interdit (ref. page 6 document EC/CS 23-10).

Un état des formations et habilitations du personnel affecté au Marché sera communiqué en début de contrat, cet état sera nominatif (ref. pages 7 et 8 document EC/CS 23-10).

Les attestations des différentes formations et habilitations seront présentées par le prestataire à toute demande du CEA, lors de l'établissement du plan de prévention, et avant tout changement de personnel.





L'attention du prestataire est attirée sur sa responsabilité de fournir l'ensemble des matériels nécessaires à l'exécution du Marché, y compris les équipements de protection individuelle.