

Cahier des charges (accord multi-attributaires) Développement logiciel embarqué pour systèmes de communications sans fil			
Date : 07/01/2026		Révision : V 1	
N / Réf. : DRT-LETI-DSYS-STSF-LS2PR-25-10-002355		V/ Réf. :	
	Nom	Fonction	Date et signature
Rédacteur(s)	B. Miscopein	Chef de laboratoire	
Vérificateur(s)	D. Ktéas	Chef de service	
Approbateur(s)	F. Clermidy	Chef de département	
Liste de diffusion	Isabelle Borel		

Protection des informations : *Cocher la case* :

- ☒ 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 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 Préambule

Le CEA recourt régulièrement à des prestations de développement embarqué pour la réalisation de systèmes sans fils. L'objet de ce cahier des charges est la mise en place d'un accord cadre Multi-attributaires pour encadrer ces besoins en prestation.

2 Contexte

Au sein du Département Systèmes (DSYS), le service STSF (Service technologies sans fils) a pour mission principale de mener des travaux de recherche, d'études et de développement dans le domaine des communications sans fil. En particulier le STSF est chargé de définir et de tester des algorithmes de traitement du signal et des protocoles réseaux innovants pour les futurs systèmes de communication sans fil. Il est également chargé de concevoir des architectures numériques et des plates-formes matérielles de validation pour les concepts étudiés, intégrant potentiellement des systèmes antennaires, des front-end radiofréquences, des cartes numériques utilisant des composants programmables et/ou reconfigurables et du logiciel embarqué.

L'objectif est de mettre au point des prototypes fonctionnels de systèmes de communication sans-fil (notamment de réseaux de capteurs par exemple) adaptés aux contraintes de diverses applications en milieu industriel.

Les développements seront en général réalisés sur un microcontrôleur de type ARM Cortex-M (typiquement de la famille des STM32 ou NRF52) ou cortex A0 sans OS, interfacé à un composant radio. Alternativement, certains développements pourront être faits sur un System-on-Chip (SoC) avec ou sans OS, voire sur un micro-processeur de type ARM Cortex-A incluant un linux embarqué.

Un effort particulier sera réalisé pour le développement des tests, à différents niveaux : tests unitaires, définition et implémentation d'un plan de test au niveau système. Un environnement d'exécution automatique des tests sera utilisé pour assurer une amélioration continue du logiciel.

L'ensemble des développements devront respecter une méthodologie de qualité, en suivant les règles mises en place (gestion de versions, système de tickets, règles de codage, tests de non régression), afin d'assurer l'intégration du travail réalisé au sein d'une équipe de plusieurs développeurs.

Le travail à réaliser consistera donc à :

- Développer des fonctionnalités pour des systèmes de communication sans-fil (par exemple protocoles réseau avancés) en logiciel embarqué
- Développer des tests logiciels pour les fonctionnalités développées
- Intégrer les tests développés dans un environnement d'intégration continue



3 Objet

3.1 Objectifs de l'Accord-Cadre

A l'issue de la procédure de consultation, le CEA envisage de retenir 3 sociétés qui seront titulaires d'un marché d'un accord cadre multi-attributaire relatif à la réalisation de prestations de logiciel embarqué pour systèmes de communication.

A chaque Consultation Spécifique, un Cahier des charges spécifique sera remis à l'ensemble des titulaires de l'accord-cadre. Ces derniers devront présenter une offre spécifique au besoin dans laquelle ils détailleront leurs offres financières. Celles-ci devront respecter les taux journaliers maximum définis dans l'accord-cadre. La réalisation de ces missions sera formalisée par des marchés subséquents.

Le présent cahier des charges présente les types des profils et des prestations envisagées, ainsi que le processus de consultation au sein de l'accord cadre.

3.2 Durée de de l'accord-cadre

L'accord-cadre est conclu pour une durée de 2 ans, avec la possibilité de le prolonger d'un an à 2 reprises. La durée du contrat sera donc au minimum de 2 ans et au maximum de 4 ans.

4 Typologie des prestations de l'accord-cadre

Les prestations confiées au titulaire ont pour objet le développement de logiciel embarqué temps réel sur des plateformes limitées en ressources matérielles et en énergie (typiquement à base de microcontrôleur et alimentées par batterie). Ces développements devront être conformes aux contraintes et objectifs qui seront fournis aux titulaires dans le cahier des charges objet de la demande de prestation mentionné en section 0.

Les prestations s'effectueront sur le site du CEA-GRENOBLE, sur du matériel fourni par le CEA (PC, cartes, environnement de développement, moyen de mesures et test). Le développement logiciel sera fait principalement en langage C, dans un environnement Linux, à l'aide d'outils de cross-compilation et de debug de type GCC/GDB. Un micro-OS temps réel sera potentiellement utilisé (par exemple FreeRTOS / SafeRTOS). Un portage de linux embarqué pourra aussi être considéré (OpenEmbedded). Les développements seront validés selon une méthodologie d'intégration continue, basée sur un serveur Jenkins sur lequel des tests unitaires et/ou système seront implémentés, afin de s'assurer de non régression des releases logicielles.

Chaque cahier des charges spécifiques précisera le besoin qui mobilisera tout ou partie des compétences listées ci-dessous (liste non exhaustive) :

- bonne maîtrise des aspects liés à la mise au point d'un système embarqué à base de microcontrôleur / microprocesseur : modes de programmation, procédure de boot (sans OS), gestion des périphériques (GPIO, UART, SPI, Timers, Ethernet, USB, ...) ;
- connaissances en électronique et en instrumentation pour le test et la mise au point ;
- culture orientée test logiciel, expérience de tests pour des applications robustes ;
- connaissance souhaitée en langages de script (Shell, Perl, ...) afin de faciliter l'automatisation des tests et l'analyse des résultats ;
- connaissance de langages pour le développement d'interface graphique
- maîtrise des méthodologies de développement basées sur l'utilisation d'un environnement de gestion de projet logiciel et d'intégration continue (Gitlab, Tuleap, Jenkins, ...)
- connaissance en systèmes de communication sans fil et en protocoles réseau

Le cahier des charges spécifique typique pourra contenir tout ou partie des tâches à réaliser suivantes, associées à des livrables typiques, selon le type de prestations confiées (liste non exhaustive) :

- Développement de fonctions logicielles d'interface et de drivers bas-niveau
 - Prise en main du microcontrôleur ARM, et de l'environnement de développement.
 - Programmation sur ARM des APIs d'interface avec les périphériques du SOC.
 - Développement des tests unitaires associés
 - Validation sur plateforme matérielle

- Livrables type : code source commenté (C) et documentation (générée et/ou rédigée – word)
- Développement de fonctionnalités de protocoles réseau
 - Développement de fonctionnalités protocoles réseau
 - Analyse et Identification des fonctions à implémenter
 - Analyse des contraintes temps réel
 - Programmation des fonctionnalités, suivant l'architecture logicielle identifiée
 - Développement des tests unitaires associés
 - Validation des développements sur banc de test système
 - Livrables type : code source commenté (C) et documentation (générée et/ou rédigée – word)
- Développement d'un environnement de test de fonctionnalités de communications sans-fil
 - Participer au choix et mettre en place d'une stratégie de vérification et de test automatisés, pour valider les fonctionnalités réseau.
 - Développer le plan de test identifié.
 - Valider les développements de logiciel réseau dans cet environnement de validation
 - Développer une interface de visualisation pour monitorer le bon fonctionnement du réseau à partir du PC connecté au système de test.
 - Livrables type : code source commenté (C) et documentation (générée et/ou rédigée – word)
- Mise en place de stratégies de déploiement de code et d'exécution automatisé sur plateformes matérielles.
 - Choisir une stratégie matérielle pour reflasher de manière automatisée des modules électroniques
 - Transférer l'exécution de tests unitaires de non régression existants, dans un environnement de test automatisé.
 - Mettre en place l'exécution des tests unitaires et l'analyse automatisée des résultats.
 - Livrables : code source (scripts Python) commenté et documentation (générée et rédigée – word)
- Mise en place de méthodologie pour assurer la fiabilité du logiciel
 - Participer au choix des outils / de la méthodologie nécessaires pour garantir la fiabilité du logiciel
 - Mettre les outils en place dans le flow de développement
 - Choix d'une architecture logicielle pour minimiser les risques de défaillance
 - Livrables : code source (scripts Python) commenté et documentation (générée et rédigée – word)



- Participation à une ou plusieurs campagnes de mesures et de validations basée sur des fonctions logicielles développées
 - Préparation de la campagne de test et de validation
 - Mise en œuvre opérationnelle de la campagne de test
 - Participation à l'élaboration du plan de test
 - Développement du logiciel de test spécifique
 - Participation à une ou plusieurs campagnes
 - Livrables : code source de test (scripts Python et/ou code C) commenté et documentation (générée et rédigée – word)

5 Typologie des profils demandés au sein de l'accord cadre

5.1 Définition des profils

Le profil attendu dans l'accord cadre est celui de personne ingénieure en développement logiciel embarqué, avec les compétences suivantes

- Développement de drivers et logiciel de bas niveau pour interfacer des transceivers radio
- Développement embarqué pour des fonctions de protocoles radio
- Développement de scripts et logiciels applicatifs pour le test des fonctions développées.

5.2 Typologie des profils

Les profils qui pourront être sollicités dans le cadre des marchés subséquents au sein de l'accord cadre pourront être de différentes expériences, avec une proportion donnée dans le tableau suivant.

Profil	Junior (entre 0 et 2 ans d'expérience*)	Confirmé (entre 2 ans et 8 ans d'expérience*)	Senior (plus de 8 ans d'expérience*)
Ingénieur Développement logiciel embarqué	10%	70%	20%

* sur le sujet de la consultation (c'est-à-dire profil senior (20 ans d'expérience peut être considéré comme junior s'il a très peu d'expérience sur le sujet demandé)

6 Processus de consultation des marchés subséquents

6.1 Interlocuteurs pour les consultations spécifiques

Les titulaires désigneront une personne à contacter dans le cas de consultation spécifique, en spécifiant leurs adresses mail.

Les échanges dans le cadre de consultation se feront entre :

- La personne désignée par le titulaire,
- Le responsable CEA de l'accord-cadre
- Le Service Marchés et Achats.

Une fois par an, le CEA pourra proposer une revue commerciale du contrat afin de présenter les interlocuteurs et adapter si besoin les contacts qui auraient pu changer.

6.2 Envoi de la consultation

Le CEA Grenoble consultera les titulaires de l'accord-cadre à chaque nouveau besoin et précisera :

- Le planning de la consultation à respecter comprenant la date attendue pour la réception des offres ainsi que les instances de la consultation (format de questions/réponses ou séance de questions réponses, entretiens, etc.)
- Le cahier des charges spécifique présentant le besoin fonctionnel, les exigences particulières du marché subséquent ainsi que les livrables attendus.
- Les critères de sélection

Les offres des titulaires prendront ainsi en compte l'ensemble des exigences inscrites dans le cahier des charges « accord-cadre » ainsi que celles inscrites dans le cahier des charges spécifique à un marché subséquent. Si un élément du cahier des charges spécifiques contredit ou précise un élément du cahier des charges « accord-cadre », alors le prestataire retiendra celui du cahier des charges spécifiques.

Le CEA souhaite que les titulaires répondent dans leurs propositions techniques et financières, aux exigences fonctionnelles et techniques du CEA, et détaillent le plus finement possible les solutions qu'ils proposent de mettre en oeuvre pour répondre à celles-ci.

Une remise de délai supplémentaire peut être accordé par le CEA à tous les titulaires sur demande d'au moins un titulaire et si cela ne s'oppose pas aux contraintes du CEA.

Il est demandé à chaque titulaire d'accuser réception de toute consultation, et de faire savoir s'il compte formaliser une offre ou non. Le prestataire motivera la raison pour laquelle il ne souhaite pas formaliser d'offre.

6.3 Question / réponses

Chaque titulaire consulté pourra formaliser une liste de questions et impérativement la soumettre au CEA par mail ou via la plateforme PLACE le cas échéant, avant la date limite stipulée dans le mail de consultation. Aucune question ne pourra être remise après cette date.

Le CEA rassemblera les questions posées par les différents titulaires pour leur associer des réponses. Ce document de questions-réponses sera ainsi communiqué aux différents titulaires de l'accord cadre ayant confirmé leur intention de répondre à la consultation.

Dans le cas où le titulaire n'aurait pas reçu les réponses aux questions en temps imparti (date planifiée lors de la consultation), il lui appartient de le faire savoir au CEA qui lui enverra alors le document.

6.4 Réception des offres

Chaque titulaire pourra soumettre une offre en réponse à la consultation spécifique, répondant aux exigences du cahier des charges spécifiques ainsi qu'au cahier des charges de l'accord-cadre. L'offre attendue devra répondre le plus en détail possible au besoin.

L'offre devra également contenir un chiffrage le plus détaillé possible. Le chiffrage détaillera les profils, les taux journaliers proposés (ne pouvant dépasser les taux journaliers maximum définis dans l'accord-cadre) et les charges associées pour chaque phase.

6.5 Analyse des offres – Critères d'évaluation pour les marchés subséquents

Pour chacune des consultations spécifiques, le CEA utilisera les critères d'évaluation pour les marchés subséquents définis dans le marché.

6.6 Communication du résultat de la consultation

L'offre conforme la plus pertinente selon les critères d'évaluation définis ci-avant sera retenue. Les titulaires seront informés via la plateforme PLACE du résultat de l'analyse de leur offre. Si aucune des offres reçues ne répond pas suffisamment bien aux attentes du CEA (pour des raisons qualitative ou financière), la consultation sera rendue infructueuse.