LOT 2 : CAHIER DES CHARGES – CRYOSTAT

1. BUT

Le cryostat permet de caractériser des matériaux et/ou composants à basse température. Les applications envisagées sont l'étude de défauts électroniques dans les matériaux semi-conducteurs, sur des échantillons constitués de substrats de quelques cm².

2. DOMAINE D'APPLICATION

Projet : CERTeM 5.0
Université : Université de Tours
Site : STMicroelectronics Tours
Plateforme : CERTeM Bâtiment Innovation

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

CCAP Acquisition des équipements scientifiques du CERTeM.

3.1. Normes et Directives

Si applicable :

- Norme ISO 50001 ou équivalent (Energie)
- Norme ISO 14064 ou équivalent (Gaz PFC PerFluoroCarbures, gaz à effets de serre)
- Norme ISO 14001 ou équivalent (Environnement)
- Norme ISO 13850 ou équivalent : fonction d'arrêt d'urgence - principes de conception
- Directive relative aux machines 2006/42/CE ou équivalent
- Directive basse tension (LVD : Low Voltage DIRECTIVE) 2014/35/EU ou équivalent
- Directive compatibilité électromagnétique (EMC : Electromagnetic Compatibility DIRECTIVE) 2014/30/EU ou équivalent
- Directive champs électromagnétiques (EF : Electromagnetic fields DIRECTIVE) 2013/35/EU ou équivalent
- Directive ATEX 2014/34/EU ou équivalent
- Directive rayonnements optiques artificiels (Artificial Optical Radiations (laser, UV, IR…) DIRECTIVE 2006/25/CE ou équivalent
- Directive équipement sous pression (simple pressure vessels DIRECTIVE) 2014/29/EU ou équivalent
- Directive instruments de mesure (Measuring instruments DIRECTIVE) 2004/22/EC ou équivalent
- Directive rayonnements ionisants (X, α, β, γ) NFC 74-100 ou équivalent
- CLP règlement (CE) n°1272/2008 du Parlement européen relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances chimiques et des mélanges, ou équivalent.

Le cas échéant, l'équipement devra aussi être conforme à toute directive applicable

3.2. Site STMicroelectronics Tours

Demande de produits chimiques nouveaux	7069850
Recommandations environnementales concernant l'achat d'équipement.	0088693
Manuel Sécurité	7408499
Manuel Environnement, Santé, Sécurité au travail et Energie du site de Tours	DM01001564

4. DÉFINITIONS

CERTeM : Centre d'Etudes et de Recherches Technologiques en Microélectronique
SAT : Site Acceptation Test (test d'acceptation sur site)
EMO : Emergency Machine Off (bouton d'arrêt d'urgence)
REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) : Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques.
CLP (Classification, Labelling, Packaging) : Règlement relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances chimiques et des mélanges.
ROHS (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) : Restriction de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.
FDS : Fiche De Sécurité
CCAP : Cahier des Clauses Administratives Particulières

5. GÉNÉRALITÉS

5.1. Documentation

- **Le manuel d'installation** *sera fourni 13 semaines avant la date de livraison de l'équipement*, incluant les dimensions, le poids de l'équipement ainsi que de ses différents sous-ensembles, les plans d'implantation en format .DWG, .STEP ou .DXF.

Le titulaire remettra au plus tard à la date de livraison de l'équipement, un ensemble de deux jeux de notices d'instructions originales complètes en langue française dans la mesure du possible, ainsi qu'une version informatique.

Ces documentations seront conformes à la configuration machine livrée.
Ces jeux de notices devront au minimum comprendre la documentation suivante ::

- Le **manuel d'utilisation** incluant la spécification de mise en route, les procédures de paramétrage et configuration, les procédures d'utilisation en mode standard, les procédures de sécurité spécifiques.
- Un schéma électrique de la partie puissance de l'équipement.
- Un carnet de câbles si justifié par l'installation.
- La déclaration de conformité CE de l'équipement et/ou de ses sous-ensembles

5.2. Formation

Le titulaire dispensera une formation se déroulant comme suit ::
1 journée de formation sur site pour un maximum de 4 personnes avec remise d'un document attestant la formation.

6. EXIGENCES SÉCURITÉ

Les spécifications actuelles présentes dans ce cahier des charges viennent compléter les spécifications fournies par le titulaire. Toutes les caractéristiques énoncées sont susceptibles de faire l'objet d'un contrôle lors de l'installation de l'équipement au CERTeM. Les sous-ensembles de l'équipement devront satisfaire aux normes de sécurité et décrets en vigueur en France au jour de livraison.

- Directive basse tension : 2014/35/EU ou équivalent
- Directive compatibilité électromagnétique : 2014/30/EU ou équivalent
- Directive ATEX 2014/34/EU ou équivalent
- Directive équipement sous pression : 2014/29/EU ou équivalent
- Directive rayonnements ionisants (X, α, β, γ) : NFC 74-100 ou équivalent
- Directive rayonnements non ionisants (laser, UV, IR…) : 2006/25/CE ou équivalent
- Directive rayonnements électromagnétiques : 2013/35/EU ou équivalent

Une déclaration de conformité (Annexe II de la directive 2006/42/CE du 17.05.2006 ou équivalent) ainsi qu'un marquage avec le logo CE seront exigés sur les sous-ensembles de l'équipement.

Dans le cas d'un équipement doté de un ou plusieurs laser(s), le titulaire s'engage à livrer au plus tard à la date de livraison une fiche comprenant clairement la classe du/des laser(s) ainsi que ses recommandations en matière de protection individuelle lors de l'utilisation et la maintenance de ce/ces laser(s).

Dans le cas où l'équipement utilise une source lumineuse dans des longueurs d'onde U.V., l'opérateur ne pourra être exposé à ses rayonnements.

Des champs magnétiques de fortes intensités peuvent entrainer des risques pour les personnes portant des Pacemakers ou broches réparatrices. Le titulaire déclarera si l'équipement présente en risque ou non. Dans le cas où le risque serait présent des indicateurs serait placés autour de l'équipement et sur l'équipement. (Respect du DÉCRET N°2016-1074 DU 3 AOÛT 2016 ou équivalent)

L'arrêt d'urgence sera conforme à la norme en vigueur (Norme ISO13850 ou équivalent).

7. PROCÉDURE

7.1. Définition de l'équipement :

Les équipements de démonstration sont acceptés :

☒ Non

7.1.1. Caractéristiques du/des produits (s) à transformer

Le cryostat devra supporter des échantillons de Silicium, Nitrure de Gallium, Carbure de Silicium de taille pouvant aller jusqu'à 4 cm², et d'épaisseur variant de 80 à 700 µm.

7.1.2. Contraintes liées à l'environnement de l'équipement

Bâtiment Innovation
Le cryostat prendra place dans une salle propre équipée d'un sol ESD et de classe ISO8 dont les caractéristiques sont les suivantes :

Température	:	22°C +/- 1°C
Hygrométrie	:	40% +/- 5%
Vide réseau	:	200 mbars absolu
ACS réseau	:	6,5 bars
N2 réseau	:	6,5 bars
Electricité	:	

Réseaux triphasés normes CE 400V 50Hz
Réseaux monophasés normes CE 240V 50Hz
Schéma Liaison à la Terre (SLT) : TNS (Neutre à la Terre)
Eclairage 600 lux, température de couleur 3500K
Réseau eau de refroidissement : Température 19°C +/- 1°C pression aller = 6 bars et pression retour = 1 bar, régulée à 21°C

7.1.3. Prestations de base – Fonctions

F1 : Le cryostat comportera une tête froide permettant de réguler la température des échantillons de 20K à 300K. Le système de refroidissement en boucle fermée inclura l'ensemble des lignes nécessaire à l'approvisionnement d'hélium gazeux sur une longueur au maximum de 20 mètres.

F2 : Le cryostat comportera une résistance chauffante permettant de porter les échantillons à une température de 500K.

F3 : Le cryostat sera accompagné d'un contrôleur de température afin de réguler la température de 20K à 500K

F4 : Le cryostat comportera un porte échantillon permettant de mesurer jusqu'à 3 échantillons simultanément, dans un seul balayage de température. Les connectiques doivent être du type BNC en intégrant du cuivre. Les câbles situés à l'intérieur du cryostat, entre les connecteurs BNC et le porte-échantillon, doivent être de petits câbles en cuivre, blindés et isolés au Téflon, tant pour le conducteur interne que pour la tresse de blindage. La résistance de ces câbles doit être inférieure à 10 Ω/m.

F5 : Le cryostat doit contenir une enveloppe supérieur optique pour le vide avec 4 hublots latéraux et un hublot supérieur. Les fenêtres seront en silice fondue de qualité UV afin d'être transparente aux longueurs d'onde comprise entre 170 nm et 2000 nm.

7.1.4. Performance process

P1 : La durée de variation en température de la tête froide pour descendre de 300K à 20K devra être inférieur à 120 minutes.

7.2. Acceptation

L'acceptation permet de valider, sur le lieu d'exploitation défini à l'Article 2, que l'équipement est fonctionnel et conforme à sa description faite dans le présent document.

Elle suivra la liste des points de vérification décrits au paragraphe 7.1, repris dans la liste de vérification en annexe 1.

Elle devra être réalisée dans le délai indiqué dans le CCAP et la fiche « Récapitulatif Acceptation » (Annexe 1) sera complétée et signée par les 2 parties.

- Si tous les objectifs sont atteints, l'ADMISSION TOTALE sera prononcée.
- Si les critères d'acceptation ne sont pas tous validés, le titulaire devra présenter un plan d'actions correctives afin de tenir les objectifs fixés (ADMISSION REPORTEE). Un délai devra être fixé pour une nouvelle acceptation.

Si certains critères s'avèrent ne pas être atteignables, une ADMISSION AVEC REFACTION pourra être prononcée, voire un REJET EQUIPEMENT.

7.3. Les critères

Les tableaux de l'annexe 1 doivent être dûment renseignés (colonnes SAT), avant la signature des fiches « SYNTHESE… » respectives des phases 1 et 2 mentionnées au § 7.2.

8. EXIGENCES QUALITÉ

8.1. Livraison

8.1.1. Expédition

La procédure d'acheminement sera à la charge et sous la responsabilité dutitulaire.
Avant expédition, le titulaire transmettra par fax ou par e-mail les données suivantes :

- Nombre de caisse(s),
- Dimension et poids de(s) caisse(s),
- Nom du transporteur,
- Numéro de suivi du colis exploitable par le transporteur,
- Date estimée de réception.

L'adresse d'expédition sera la suivante :

Plateforme CERTeM – Bâtiment Innovation
Attn.: M. Damien Valente
STMicroelectronics
153 Rue des Douets
37100 Tours Cedex 2
France
E-mail : damien.valente@univ-tours.fr

La responsabilité du titulaire durant la phase d'acheminement s'arrêtera à partir du début du déchargement de l'équipement depuis son mode de transport. Cette responsabilité deviendra alors conjointe entre le CERTeM et le titulaire pendant les phases de déchargement, décaissage et acheminement vers le lieu d'exploitation.

8.1.2. Décaissement

Le décaissement sera réalisé en présence d'un représentant du CERTeM ainsi que d'un représentant qualifié du titulaire. Le but sera de vérifier que la totalité des sous-ensembles de l'équipement sont conformes et n'ont été endommagés ni par le transport ni par le décaissement.

8.2. Garantie

La durée de garantie des équipements ne devra pas être inférieure à 2 ans à partir de la date de prononciation de l'acceptation conformément aux dispositions du CCAP.

Prestation supplémentaire facultative : extension de garantie d'un an supplémentaire
Le soumissionnaire peut proposer, en prestation supplémentaire facultative, une **extension de la durée de garantie de l'équipement d'une année supplémentaire** au-delà de la période de garantie prévue au marché.

Cette extension de garantie couvrira les mêmes équipements, pièces, composants et prestations que la garantie de base, dans les mêmes conditions et selon les mêmes modalités d'intervention.

Pendant cette période supplémentaire, le titulaire prendra notamment en charge les éléments listés ci dessous.
Le soumissionnaire indiquera distinctement dans son offre le **prix forfaitaire de cette extension de garantie d'un an**.

L'acheteur se réserve la possibilité de retenir ou non cette prestation supplémentaire facultative lors de l'attribution du marché.

Celle-ci couvre :

- tout défaut de matériel et/ou logiciel, hors consommables,
- l'amélioration du matériel et du logiciel sans frais jusqu'à réalisation de l'ensemble des items, même mineurs, compris dans ce présent cahier des charges
- la pleine atteinte des performances également spécifiées,
- les frais de main d'œuvre (incluant transport, restauration et logement des intervenants) et de matériel (incluant l'acheminement des pièces) en cas de nécessité d'intervention dutitulaire, pour réparation des éventuelles défaillances matérielles et/ou logicielles.

Pendant cette période de garantie, le titulaire s'engage en cas de défaillance de l'équipement ayant entraîné un arrêt de l'équipement, à faire intervenir un de ses spécialistes dès que possible. Le déclenchement d'une telle intervention se fera à l'issue d'une demande du CERTeM par téléphone ou e-mail. Ce déclenchement pourra se faire à l'issue d'une tentative de dépannage à distance qui sera rendue possible par la disponibilité d'un technicien spécialiste par téléphone dès que possible, hors jours fériés.

8.3. Confidentialité

Les employés du titulaire qui seront amenés à travailler sur le site du CERTeM devront considérer comme confidentielle toute information qu'ils pourraient collecter pendant leurs travaux. Le titulaire sera tenu responsable des actes de ses collaborateurs.
Tout manquement à cette règle entraînera des poursuites légales.

8.4. Pérennité

L'ensemble des **pièces détachées** de l'équipement sera **fourni** par le titulairer pendant une durée minimum de **10 ans**.

Pendant les **5 années** suivant l'installation du système, le titulaire s'engage à **informer** par écrit le CERTeM des **améliorations** apportées au **produit**.
Cette communication, gratuite pour le CERTeM, portera au minimum sur les sujets suivants :

- Modifications et **améliorations** des procédures de sécurité,
- Pièces obsolètes,
- Améliorations du logiciel,
- Amélioration du matériel.

9. EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES / ÉCOLOGIQUES

L'équipement ne comprendra aucun matériau à base d'amiante.

9.1. Substances interdites

Le titulaire respectera les règlements Européens comme REACH, CLP et ROHS

L'équipement et les outils ne contiendront pas d'amiante. Ils n'utiliseront pas de substance interdite comme PCB, CFC ou HCFC (R11…) ni de fluides dont l'interdiction est programmée dans les prochaines années, (typiquement R22, R403B, R124…)

Pour les équipements de réfrigérations, les Gaz à effets de serre fluorés dont le PRP (potentiel de réchauffement planétaire) supérieur ou égal à 2500 seront également interdits.

En cas d'utilisation de substance non interdite mais couverte par les accords de Kyoto, (fluor, gaz…), même si cette substance se trouve dans une zone hermétiquement scellée, une étiquette claire et indélébile est obligatoire comportant au moins les informations suivantes :

- Nom du gaz (molécule)
- Quantité
- Statut clair : « contient fluor couvert par le protocole de Kyoto »

****

Annexe 1 - Liste des critères d’acceptation usine et site et certificats SAT

Annexe 2 - Dossier de raccordement

ANNEXE 1 - Liste des critères d'acceptation usine et site et certificats SAT

RECAPITULATIF ACCEPTATION			
N° de marché :			
Appel d'Offres :			
Numéro de lot :			
DETAILS EQUIPEMENT	Titulaire:		
	Modèle :		
	Numéro de Série :		
SAT Resultats (*)	☐ ADMISSION TOTALE ☐ REFACTION ☐ ADMISSION REPORTEE Date prévisionnelle : ☐ REJET de l'EQUIPEMENT		
Commentaires			
	Nom	Signature	Date
Titulaire			
CERTeM			

(*) supprimer la mention inutile

ANNEXE 1 SUITE

DOCUMENTATION.	**CONDITIONS DU TEST.**	**CRITERES.**	**MESURE**	**SAT**
Manuel d'installation	Avec le titulaire	Procédure d'installation	Lecture	
Manuel d'utilisation	Avec le titulaire	Mise en route, paramétrage, utilisation en mode standard.	Lecture	

ANNEXE 1 SUITE

SECURITE	**CONDITIONS DU TEST.**	**CRITERES.**	**MESURE**	**SAT**
Présence du marquage CE et certificat de conformité.	N/A	Plaque CE + Certificat signé	Visuel lecture	
Toute la machine ou la ligne est-elle reliée à la masse et branchée sur la borne générale de mise à la terre ?	N/A	Présence de branchement	Observation	

ANNEXE 1 SUITE

FORMATION	**CONDITIONS DU TEST.**	**CRITERES.**	**MESURE**	**SAT**
Formation fonctionnement	N/A	Certification par le titulairer après formation	Certificat de formation remis à chaque personne formée	
Formation process	N/A	Certification par le titulaire après formation	Certificat de formation remis à chaque personne formée	
Formation maintenance	N/A	Certification par le titulaire après formation	Certificat de formation remis à chaque personne formée	

ANNEXE 1 SUITE

FONCTION	**CONDITIONS DU TEST**	**CRITERES**	**MESURES**	**SAT**
Le cryostat doit comporter une tête froide permettant de réguler la température des échantillons de 20K à 300K. Le système de refroidissement en boucle fermée doit inclure l'ensemble des lignes nécessaire à l'approvisionnement d'hélium gazeux sur une longueur au maximum de 20 mètres. Le cryostat doit aussi comporter une résistance chauffante permettant de porter les échantillons à une température de 500K.	Vérifier la présence de l'ensemble des éléments. Mettre en route la tête froide à 300K et programmer la descente en température à 20K. Vérifier la valeur de température atteinte au travers du contrôleur de température en comparaison avec une sonde de température externe., puis remonter à 500K et vérifier la valeur de la température.	Confirmer la présence de l'ensemble des éléments mentionnés. Vérification de la température à 300K, 20K et 500K sur la sonde de température externe.	Mesure de température	
Le cryostat doit comporter un porte échantillon permettant de mesurer jusqu'à 3 échantillons simultanément, dans un seul balayage de température. Les câbles utilisés pour la connexion électrique doivent être en cuivre.	Mettre 3 échantillons de référence dans le cryostat et mesurer leur capacité respective	Vérifier avec un capacimètre, les valeurs de capacités des 3 échantillons à -5V	Mesure de capacité	

ANNEXE 1 SUITE

PERFORMANCES PROCESS	**CONDITIONS DU TEST**	**CRITERES**	**MESURES**	**SAT**
P1 : La durée de variation en température de la tête froide pour descendre de 300K à 20K devra être inférieur à 120 minutes.	Mise en route du régulateur de température, programmation d'une descente en température de 300K à 20K.	Mesure de la durée nécessaire pour basculer de 300K à 20K	Chronomètre	

ANNEXE 2 - Dossier de raccordement

Marque de l'équipement : Réf :

Nom du module :

Quantité	**Poids (Kg)**	**Sensible aux vibrations**	**Bruit (dB)**	**Encombrement (mm) L x l x h**	**m²**	**Réseau informatique**

Electricité			
Tension (VAC)	Intensité (A)	Puissance (Kva)	Specif. Elec (nombre de phases - neutre-terre - frequence - ondulé - …)

Produits chimiques		
Nom	Type de connexion	Conso

Récupération (bidon, H2SO4 -…)		
type de récup	type de connexion	rejet (l/min)

Effluents		
Drain	Type de connexion	Rejet (l/min)

Fluides					
Nom	Pression (bar)	Pression retour (bar)	type de connexion	conso (l/min)	Spécif (Résistivité - t° - …)

Exhaust				
Type d'exhaust	Usage	Type de connexion	conso (m3/h)	spécif (chauffé,...)

Gaz Process				
Nom des gaz	Pureté	Pression (bar)	Type connexion	Conso process (slm)

Gaz Neutre						
Nom du gaz	Usage	Pureté	Pression (bar)	Type de connexion	Conso (l/min)	Conso max (l/min)