CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

MARCHE PUBLIC DE FOURNITURES

20260010 - Marché d'acquisition de drones navals et de leurs capteurs aériens et sous-marins

---

ENSTA - campus de Brest

2 rue François Verny

29806 BREST CEDEX 09

Table des matières

ARTICLE 1 - Contexte et objectifs opérationnels 4
1.1 Présentation de l'ENSTA 4
1.2 Contexte de l'AO 4
1.3 Présentation succincte des drones et leurs missions 4
1.4 Description de la prestation attendue 5
ARTICLE 2 - LOT 1 : Fourniture de la coque structurée du drone de 7m et fourniture de la remorque adaptée 7
2.1 Présentation générale du drone 7
2.2 Fourniture de la coque structurée et de la remorque 8
2.3 Equipements de pont 8
2.4 Transport 9
ARTICLE 3 - LOT 2 Fourniture de coques structurées du drone de 3.5m et fourniture de la remorque double 9
3.1 Présentation générale du drone 9
3.2 Fournitures de 4 coques structurées 10
3.3 Equipements de pont 11
3.4 Transport 11
3.5 Prestation supplémentaire éventuelle (PSE) 11
ARTICLE 4 - LOT 3 : Motorisation des coques structurées de 7m et 3m50 12
4.1 Description du système propulsif du drone de 7m 12
4.2 Ventilation et échappements 13
4.3 Description du système propulsif des drones de 3m50 13
4.4 Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE) 13
ARTICLE 5 - LOT 4 : Fourniture de l'ensemble des capteurs sous-marins : sondeurs scientifiques et sonde de célérité 13
5.1 Nature du projet 13
5.2 Normes applicables 14
5.3 Exigences techniques 14
5.3.1 Sondeur Multifaisceau 14
5.3.2 Sondeur monofaisceau 16
5.3.3 Optionnel : profileur de célérité 17
5.4 Documentation 17
5.5 Livraison, réception et installation de l'équipement 18
5.6 Garantie sur le matériel 18
5.7 Evaluation 18

ARTICLE 6 - LOT 5 : Fourniture de l'ensemble des capteurs de navigation (servitude) 20
6.1 Systèmes AIS 20
6.2 Caméras de navigation 20
6.3 Caméra infrarouge 21
6.4 Stations météorologiques 21
6.5 Capteurs GNSS Marine 21
6.6 Radar 22
6.7 Sonde tri-data 22
ARTICLE 7 - LOT 6 : Fourniture des capteurs LIDAR 23
ARTICLE 8 - LOT 7 : Fourniture des systèmes de communications équipant les drones 25
8.1 Système de liaison WIFI 25
8.2 Système de liaison 5G 25
8.3 Système de liaison Radio 25
8.4 Système de liaison Satellite 26

ARTICLE 1 - Contexte et objectifs opérationnels

1.1 Présentation de l'ENSTA

L'ENSTA est une école d'ingénieurs et un centre de recherche installé sur deux campus : Brest et Paris Saclay.

Cet appel d'offres est porté par le département Robotique du campus brestois.

1.2 Contexte de l'AO

Dans le cadre du CPER (Contrats de Plan Etat-Région), l'ENSTA souhaite se doter de plusieurs drones navals permettant de conduire des expérimentations en mer. Ces drones rejoindront une plateforme de recherche composée d'un bassin et d'un centre de prototypage qui permet de tester en conditions réelles les missions et algorithmes. Les équipements (capteurs notamment) de ces drones auront vocation à fortement évoluer au cours de leur utilisation avec des usages variés (liste non exhaustive) :

- Etude acoustique et océanographique,
- Tests d'algorithmes et de capteurs,
- Recherche d'épaves et hydrographie,
- Evitement d'obstacle, navigation dans un trafic dense et navigation portuaire,
- Etude de cybersécurité navale,
- Navigation en flottille.

Une étude de faisabilité a été réalisée par le cabinet d'architecture navale NEUMAN en décembre 2024, elle a abouti aux deux modèles de navires et spécifications associées présentées dans ce dossier.

1.3 Présentation succincte des drones et leurs missions

Un premier drone de longueur sera construit en petite série en composite (4 à 6 drones). A propulsion électrique en pods alimentés par des batteries, il est destiné à des navigations courtes avec peu ou pas de temps de transit (exemple : lac de Guerlédan, rade de Brest). Il sera utilisé pour des campagnes de mesure, mais également réaliser des essais de navigation en flottille. Il est transportable sur un châssis prévu pour 4 bateaux, Ce châssis est adapté au véhicule de type plateau-grue Maxi Cargo permettant le transport et la mise à l'eau au plus près de la zone de navigation. Ces drones pourront également être transportés via une remorque 2 places type « Double Jet-ski » et tractable par un véhicule de tourisme.

Le second drone a une longueur de 7m et sera construit à l'unité, en contreplaqué marine et/ou composite sur moule précaire. Sa propulsion électrique par lignes d'arbres est alimentée par un parc batteries, appuyé d'un petit groupe électrogène ou une pile à combustible pour augmenter son rayon d'action. Il doit pouvoir effectuer diverses missions, dont par exemple de la surveillance de parc éolien en mer. Dans ce cadre, il doit pouvoir se rendre sur zone depuis la côte, patrouiller sur zone et mettre en œuvre ses équipements de mesure de manière autonome, puis rentrer au port. Il est transportable sur remorque tractée au format routier, et sa mise à l'eau se fait depuis une cale.

Chacun de ces deux modèles de drones permet de déployer un certain nombre de capteurs (sonar remorqué, sondeur multifaisceaux, ADCP etc.) pour réaliser des mesures. L'ENSTA étant un centre de recherche, ces drones devront pouvoir être utilisés pour mener des expérimentations

(équipements, automatisation, communications, etc.), et devront faire preuve d'une capacité d'évolution importante.

Les zones de navigation possibles de ces drones sont les eaux maritimes côtières, hauturières et intérieures. Les conditions de mer maximums envisagées correspondront à celles de la catégorie de conception C soit des vents Force 6 sur l'échelle de Beaufort et des vagues et des vagues d'une hauteur significative jusqu'à 2 mètres comprise.

1.4 Description de la prestation attendue

Le présent marché porte sur la construction et la fourniture des équipements de base de ces drones, dont la conception est au stade d'avant-projet détaillé.

Le marché est séparé en sept lots distincts :

Lot 1	Fourniture de la coque structurée du drone de 7m et fourniture de la remorque adaptée
Lot 2	Fourniture de la coque structurée du drone de 3,5 m et fourniture de la remorque adaptée
Lot 3	Motorisation des coques structurées
Lot 4	Fourniture de l'ensemble des capteurs sous-marins : sondeurs scientifiques et sonde de célérité
Lot 5	Fourniture de l'ensemble des capteurs de navigation (servitude)
Lot 6	Fourniture des capteurs LIDAR
Lot 7	Fourniture des systèmes de communications équipant les drones

Les lots 1 et 2 intègrent la construction des coques structurées comprenant :

- Enveloppe extérieure et structure (cloisons et couples, carlingues et hiloires)
- Panneaux de pont et portes étanches le cas échéant
- Renforts nécessaires au positionnement des équipements principaux (moteurs, batteries, groupe électrogène le cas échéant, etc.)
- Revêtement extérieur de la coque, gelcoat et/ou peinture
- Défenses de protection contre les chocs
- Accastillage (biton, cadènes de levage, inserts de fixation sur pont, taquets, etc.)
- Quillons, crapaudines, safrans et système de barre pour le lot 1 (pelles, mèches, tubes jaumières et étanchéité, barre de liaison, mais pas le vérin)

Le lot 1 intègre également la fourniture d'une remorque de transport et mise à l'eau du drone de 7m.

Le lot 2 intègre également la fourniture d'une remorque 2 places côte à côte type jet-ski pour transporter deux drones de 3m50.

Le lot 3 intègre l'achat et la pose de tous les équipements nécessaires à la propulsion des bateaux et à la production et distribution d'énergie : moteurs, batteries, lignes d'arbres, hélices et groupe électrogène le cas échéant, boîtiers de communication, chargeurs, câblage, etc. Ce lots intègre également la mise en service de ces équipements et les tests pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

L'achat, l'installation, le câblage et la mise en service des capteurs spécifiques et de tout autre équipement que ceux liés à la motorisation, seront en revanche réalisés par l'ENSTA.

Il n’est pas demandé que les drones soient en conformité la future réglementation drones.

Une fois le(s) titulaire(s) des différents lots choisi(s), le cabinet NEUMAN leur fournira les modèles 3D à jour des drones, ainsi qu’une liste limitative de plans lors des études détaillées et de la construction, voir liste des plans fournis par l’architecte en annexe. Cette prestation fait partie du marché de conception remporté par le cabinet NEUMAN en décembre 2024. Certains sujets comme les matériaux et modes de construction pourront faire l’objet de discussions sur la base des habitudes du chantier. Les équipements principaux et leur dimensionnement ont en revanche déjà fait l’objet d’un choix et seront imposés, voir spécification détaillée dans la suite de ce document.

Toute modification vis-à-vis des plans de l’architecte, devra faire l’objet d’une validation préalable par le cabinet NEUMAN et l’ENSTA.

Toute communication publique du/des prestataire(s) devra faire l’objet d’une validation préalable par l’ENSTA, et devra mentionner le client et l’architecte, « ENSTA » et « NEUMAN ». Les drones porteront les logos de l’ENSTA et NEUMAN en plusieurs endroits visibles.

ARTICLE 2 - LOT 1 : Fourniture de la coque structurée du drone de 7m et fourniture de la remorque adaptée

2.1 Présentation générale du drone

- Le plan d'ensemble de ce drone est joint à ce document.

Ce drone a une forme type « supply », avec un pont arrière bien dégagé permettant de fixer une grande variété d'équipements de mesure, une zone avant dans laquelle se trouvent les locaux dédiés au groupe électrogène (ou pile à combustible) et à la baie électronique, et un espace sous pont abritant la propulsion et les batteries.

Une porte étanche permet d'accéder au poste avant ; la baie électronique est accessible via un grand panneau étanche facilement amovible sur la cloison arrière du poste avant ; les batteries et moteurs électriques, ainsi que l'appareil à gouverner, sont accessibles sous des trappes boulonnées sur pont.

Les deux lignes d'arbres et batteries associées sont disposées de part et d'autre de la zone d'implantation des équipements de mesure :

- Moonpool contre la cloison du poste avant, avec un rail supportant la bride pour le sondeur, qui permet de descendre celui-ci à 30cm environ sous la coque, et de le remonter jusqu'au-dessus du pont. Le système de montée-descente n'est pas à fournir ni installer dans le cadre de cet appel d'offres. En revanche, la cloison doit être compatible avec son accroche (inserts ou zones monolithique à prévoir).
- Puits vertical pour une sonde
- Zone arrière permettant l'accueil d'un sonar remorqué

Un arceau à l'arrière du poste avant supporte la mâture. Un portique amovible peut être disposé à différents endroits sur le pont pour mettre en œuvre différents instruments.

Le drone peut être soulevé par une grue sur 3 points (cadènes) disposés sur le pont. En temps normal, il est transporté et mis à l'eau par une remorque, sur cale.

Les instruments de mesure spécifiques et antennes associés, sont fournis et installés par l'ENSTA et ne font pas partie de ce marché. Seuls les réseaux sont à installer.

Les dimensions générales du drone sont les suivantes :

Caractéristiques Principales	
Longueur hors tout :	7.10 m
Longueur coque :	6.90 m
Largeur hors tout :	2.14 m
Largeur coque :	2.00 m
Creux milieu coque :	0.85 m
Franc-bord AR :	0.43 m
Franc-bord AV :	0.79 m
Tirant d'eau maximal en charge :	0.51 m
Déplacement en charge :	2.10 t
Puissance moteurs :	2*50 kW
Puissance groupe électrogène :	3.5 ou 6.4 kW
Vitesse maximale :	20 noeuds
Capacités batterie :	16*5 kWh

Ces spécifications sont contraintes par la problématique du transport du drone en charge sur une remorque tractée.

2.2 Fourniture de la coque structurée et de la remorque

Ce drone étant construit à l'unité, et destiné à être un support facilement adaptable aux différents instruments que l'ENSTA souhaitera tester, une construction en contreplaqué marine est proposée. Dans ce but, le drone est dessiné avec des formes développables. Une alternative possible pourrait être une construction de la coque en composite sur moule précaire. Ce choix du principe constructif est laissé à l'appréciation du chantier, qui proposera son meilleur compromis entre coût, respect du devis des masses et durabilité.

La coupe au maitre préliminaire version contre-plaqué est annexée à ce dossier.

Des renforts seront prévus au droit des pièces d'accastillage (cadènes, boulonnages des trappes, etc.), selon les habitudes du chantier et en accord avec l'architecte.

Des carlingages suffisamment rigides seront prévus pour supporter les équipements principaux et prévenir les vibrations induites par la propulsion.

Les quillons porte-hélice (y compris les tubes d'étambot) et crapaudines seront construites par le titulaire (les lignes d'arbres, hélices et joints tournants n'étant pas à fournir dans le lot 1, mais dans le lot 2). Le système complet d'appareil à gouverner est également à fournir et installer, sauf le vérin et son câblage qui font partie du lot 2. La partie arrière des crapaudines sera démontable (boulonnée par exemple) pour pouvoir retirer les safrans.

La masse totale de la coque structurée (hors équipements) est estimée à 420kg.

2.3 Equipements de pont

Une spécification complète des équipements à intégrer est fournie en annexe.

Panneaux de pont : ces 6 à 8 panneaux d'accès à la zone étanche intérieure seront boulonnés étanches sur tout leur pourtour.

Porte d'accès au poste avant : une porte étanche permettra l'accès au groupe électrogène. Les dimensions de son clair d'ouverture seront d'environ H750mm x L400mm.

Panneau d'accès à la baie : un panneau étanche facilement escamotable permettra l'accès à la baie électronique pour intervenir sur les branchements.

Défenses : le drone possède une ceinture de défense de faible densité, le protégeant contre les chocs. Ces défenses devront être choisies avec soin (densité et dimensions), de manière à respecter le devis de poids du bateau.

Peinture : les surfaces extérieures du drone seront peintes, tout comme les fonds, sous la forme d'un apprêt epoxy et peinture polyuréthane bi-composant si le matériau proposé est du contreplaqué ; si le composite est préféré, il s'agira plutôt de gelcoat et topcoat. Les nuances de peinture seront choisies par l'ENSTA. Des anodes en nombre et positions appropriés seront intégrées sur le drone.

Cadènes : le drone peut être soulevé en trois points situés sur le pont arrière, à proximité de renforts structurels appropriés. Des cadènes suffisamment dimensionnées seront implantées, leur position précise étant choisie en accord avec l'architecte pour s'assurer du bon équilibre du navire lors de son levage par la grue.

Portique : un portique facilement adaptable sera fourni avec le drone, et servira à mettre en œuvre un certain nombre d'équipements en fonction des besoins de l'ENSTA. Ce portique sera installable en différents points du pont et comportera plusieurs points d'accroche pour des poulies, antennes, etc.

Biton et taquets : un biton de remorquage et des taquets seront installés pour pouvoir remorquer et/ou amarrer le drone à couple d'un navire « habité », y compris en mer.

Inserts de pont : des inserts taraudés seront intégrés au pont, permettant d'y fixer un grand nombre d'équipements de dimensions diverses.

2.4 Transport

Le titulaire a à sa charge la fourniture d'une remorque immergeable adaptée pour le transport routier et la mise à l'eau de ce drone sur cale.

Le drone devra pouvoir être transporté en charge.

ARTICLE 3 - LOT 2 Fourniture de coques structurées du drone de 3.5m et fourniture de la remorque double

3.1 Présentation générale du drone

Le plan d'ensemble de ce drone est joint à ce document.

Ce drone est constitué d'une zone intérieure étanche dans laquelle sont installés pods et batteries, accessibles chacun par une trappe, ainsi que les divers boitiers électriques.

Entre les deux lignes de propulsion, une goulotte centrale accueille les équipements de mesure en fonction des missions : une sonde dans un puits vertical sous l'arceau mâture, un sondeur multifaisceaux (ou un ADCP) dans une forme d'instrumentation juste en avant des pods, ou un sonar remorqué transporté sur la plage arrière. Lorsqu'il n'y a pas d'instruments dans la forme d'instrumentation, celle-ci peut être remplie par un plug de manière à reprendre la forme du fond du drone et limiter la trainée.

Trois zones distinctes composent cette goulotte centrale :

- Une zone couverte en dur à l'avant, avec un capotage sur charnières au niveau de l'arceau, permet de positionner les équipements permanents : valise permettant la dronisation et treuil adaptable à chaque usage.
- Une zone intermédiaire, pouvant être couverte par une toile, accueille la valise de connexion des capteurs, qui varieront d'une mission à l'autre.
- Une zone arrière non couverte, ouverte sur l'arrière.

Deux arceaux délimitent ces zones : l'arceau avant supporte la mâture, l'arceau arrière est situé au niveau du centre de gravité du drone et permet de soulever celui-ci en un seul point par la grue de la remorque.

Les deux valises (automatisation et capteurs), treuil, capteurs et antennes associés, sont fournis et installés par l'ENSTA et ne font pas partie de ce marché.

Les dimensions générales du drone sont les suivantes :

Caractéristiques Principales	
Longueur hors tout :	3.54 m
Longueur coque :	3.52 m
Largeur hors tout :	1.20 m
Largeur coque :	1.14 m
Creux milieu coque :	0.50 m
Franc-bord AR :	0.23 m
Franc-bord AV :	0.50 m
Tirant d'eau de coque :	0.22 m
Déplacement en charge :	320 kg
Puissance Moteurs :	2x3 kW électrique
Vitesse maximale :	9 noeuds env.
Capacités batteries :	10 kWh env.

Ces spécifications sont contraintes par la problématique du transport des drones sur une remorque à 4 bateaux :

- la largeur du bateau doit permettre à deux bateaux d'être stockés côte à côte en respectant le gabarit routier à 2m55 ;
- son poids doit permettre, avec 4 bateaux et une structure d'accueil de ces bateaux, de respecter le poids maximal acceptable par la remorque, à savoir 2t, et la charge maximale de la grue à la portée maximale, d'environ 300kg.

3.2 Fournitures de 4 coques structurées

Ce drone est construit en composite sur moules :

- Un moule de coque
- Un moule de pont qui fait également contremoule et intègre la goulotte centrale destinée à recevoir les équipements de mesure
- Petits moules éventuels pour les arceaux, puits et capotage, selon les capacités du chantier

L'ENSTA restera propriétaire des moules qui lui seront confiés à la fin de la construction des navires.

Des cloisons intermédiaires sont prévues. Les moules de pont et de coque pourront être assemblés par collage. Les arceaux seront stratifiés sur le pont.

Le matériau envisagé est un composite verre-polyester en sandwich, avec âme type mousse PVC 70kg/m3 minimum ou feutre Soric. La coupe au maitre préliminaire est annexée à ce dossier.

Des renforts seront prévus au droit des pièces d'accastillage (cadènes, boulonnages des trappes, etc.), selon les habitudes du chantier et en accord avec l'architecte.

Des carlingages suffisamment rigides seront prévus pour supporter les équipements principaux et prévenir les vibrations induites par la propulsion.

La masse totale de la coque structurée (hors équipements) est estimée à 80kg.

3.3 Equipements de pont

Une spécification complète des équipements à intégrer est fournie en annexe.

Panneaux de pont : ces 9 panneaux d'accès à la zone étanche intérieure seront boulonnés étanches sur tout leur pourtour.

Défenses : le drone possède une ceinture de défense de très faible densité, le protégeant contre les chocs. Ces défenses devront être choisies avec soin (densité et dimensions), de manière à respecter le devis de poids du bateau.

Peinture : les surfaces extérieures du drone seront peintes, tout comme les fonds. Un gelcoat sera appliqué à l'extérieur, et un topcoat à l'intérieur. Les nuances de peinture seront choisies par l'ENSTA. Des anodes en nombre et positions appropriés seront intégrées sur le drone.

Cadène : le drone peut être soulevé en un point unique situé sur l'arceau arrière. Une cadène suffisamment dimensionnée sera implantée sur l'arceau, sa position précise étant choisie en accord avec l'architecte pour s'assurer du bon équilibre du navire lors de son levage par la grue.

Biton et taquets : un biton de remorquage et des taquets seront installés pour pouvoir remorquer les drones jusqu'à leur zone d'exploitation.

Inserts de pont : des inserts taraudés seront intégrés au pont, permettant d'y fixer un grand nombre d'équipements de dimensions dverses.

3.4 Transport

Le transport de ces drones pourra se faire à l'aide d'un utilitaire avec plateau-remorque et grue pour la mise à l'eau. Le titulaire a, de plus, à sa charge la fourniture d'une remorque (type double jet-ski) 2 places côte à côte permettant également le transport de deux drones en charge. Ils seront mis à l'eau par la grue du véhicule avec plateau-remorque. Ce véhicule ne fait pas partie du présent appel d'offres, pas plus que le véhicule tracteur de la remorque 2 places.

3.5 Prestation supplémentaire éventuelle (PSE)

Le lot 2 comporte deux PSE :

- PSE n° 1 : Fourniture d'une coque structurée supplémentaire de 3,5 m
- PSE n° 2 : Fourniture d'une coque structurée supplémentaire de 3,5 m

L'ENSTA pourra retenir une PSE, voire les deux PSE, au moment de l'attribution du marché si le budget le permet.

Les deux drones faisant l'objet d'une PSE sont identiques aux 4 premiers drones.

ARTICLE 4 - LOT 3 : Motorisation des coques structurées de 7m et 3m50

Le titulaire a à sa charge l'achat et l'installation de l'entièreté du système de propulsion / production d'énergie. Il doit également s'assurer que le système fonctionne en effectuant tous les tests nécessaires lors de la mise à l'eau des drones.

4.1 Description du système propulsif du drone de 7m

Une spécification complète des équipements à intégrer est fournie en annexe. Les sujets propulsion et production d'énergie ont fait l'objet d'une étude détaillée dans les phases précédentes de ce projet, et leur spécification est donc précise.

La propulsion est électrique, en 48V, par 2 lignes d'arbres, constituées chacune d'un moteur de propulsion, d'un réducteur, d'une ligne d'arbre et d'une hélice. Les moteurs de propulsion envisagés sont les i50 de Molabo à 50kW. Ils seront installés sur plots élastiques pour limiter les vibrations. Les lignes d'arbres et safrans sont protégées par un quillon porte-hélice et une crapaudine suffisamment dimensionnée pour supporter d'éventuels chocs liés à la mise à l'eau et récupération sur une remorque sur cale. Les safrans et quillons seront profilés. Les hélices seront optimisées pour l'usage et leurs caractéristiques adaptées à la vitesse de rotation du moteur et son réducteur.

Une protection autour du moteur et/ou des câbles pourra être nécessaire et intégrée pour limiter les interactions électromagnétiques avec les équipements de mesure.

La capacité batterie nécessaire est de 80kWh environ, répartie en 16 batteries Victron 48V 100Ah 5.12kWh. Une batterie 12V sera également fournie pour l'usage du bord.

Une baie électronique sera fournie et installée par le titulaire. Une partie des équipements y sera installée par le chantier, qui prévoira également des réservations pour les équipements de l'ENSTA. Cette baie sera pourvue de prises 12v, 24v, et 220v. Le 12 et 24 seront directement fournis par les batteries tandis que le 220v sera fourni au travers d'un onduleur de type pure sinus de minimum 2000w. Le nombre minimum de chaque type de prise sera de 5. Le type et les références des prises attendues seront communiqués par l'ENSTA.

Un groupe électrogène diesel de 6kW type Fischer Panda 8000i, capoté, sera installé sur plots pour réduire les vibrations. Une nourrice de 50L environ sera installée à proximité et sera facilement déplaçable ; son remplissage se fera en direct à l'extérieur du drone. Sur proposition du prestataire et après validation par l'ENSTA, ce groupe pourrait être remplacé par une autre technologie comme une pile à combustible ou à hydrogène de caractéristiques très proches.

Un propulseur d'étrave d'environ 5kW sera installé.

Des précautions particulières devront être prises pour éliminer tous les effets d'induction susceptibles de perturber le fonctionnement des appareils de radiocommunication, de navigation et de sécurité.

Tous les câbles, matériaux électriques, et tous les moteurs électriques seront adaptés aux applications marines et seront conformes à la règlementation, aux exigences d'exploitation et de sécurité du navire.

Les câbles sont supportés et protégés. Les passages de câbles seront soignés de manière à assurer une bonne étanchéité des cloisons et ponts.

Les composants électriques (les compteurs, les relais, les interrupteurs, les disjoncteurs, etc.) seront facilement accessibles pour effectuer leurs contrôles, réglages, réparations et remplacements ainsi que pour toutes les actions de maintenance en condition opérationnelle.

4.2 Ventilation et échappements

Le titulaire s'assurera que le volume d'air et l'écartement des batteries sont suffisants pour prévenir toute surchauffe du système qui nuirait à son bon fonctionnement et sa durabilité dans les conditions de navigation en France métropolitaine.

L'échappement du groupe électrogène sera mis en place conformément aux recommandations du fournisseur, et protégé des embruns par un déflecteur.

4.3 Description du système propulsif des drones de 3m50

Une spécification complète des équipements à intégrer est fournie en annexe. Les sujets propulsion et production d'énergie ont fait l'objet d'une étude détaillée dans les phases précédentes de ce projet, et leur spécification est donc précise.

La propulsion est électrique, en 48V, par pods. Le pod qui a été présélectionné est le pod à moyeu extérieur type RIM Drive Technology 5kW. Il est demandé de conserver autant que possible la possibilité d'évolution de la propulsion en cours de vie du drone en choisissant des équipements également compatibles avec des pods classiques type Torqeedo 3-6kW ou E-propulsion 3kW (moyennant quelques heures de travail en stratification sur le fond de coque).

La capacité batteries nécessaire est de 10kWh environ, répartie en 4 batteries Victron 24V 100Ah. Une batterie 12V sera également fournie pour l'usage du bord

Le titulaire a à sa charge l'achat et l'installation de l'entièreté du système.

4.4 Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE)

Le lot 3 comporte deux PSE :

- PSE n° 1 : Motorisation supplémentaire d'une coque de 3,5m
- PSE n° 2 : Motorisation supplémentaire d'une coque de 3,5m

L'ENSTA pourra retenir une PSE, voire les deux PSE, au moment de l'attribution du marché si le budget le permet.

Les deux drones faisant l'objet d'une PSE sont identiques aux 4 premiers drones.

ARTICLE 5 - LOT 4 : Fourniture de l'ensemble des capteurs sous-marins : sondeurs scientifiques et sonde de célérité

5.1 Nature du projet

Ce lot vise à acquérir les capteurs sous-marins pour le drone de 7m et la flottille de drones de 3.5m.

Le drone de 7m sera équipé d'un sondeur multifaisceau de qualité « hydrographique » à poste équipé d'une sonde de célérité à poste qu'on appellera « sonde de coque » dans la suite. Celui-ci sera étalonnable en position (patch test) et en amplitude (sur zone de référence).

Un sondeur monofaisceau interférométrique et étalonnable en amplitude équipera l'un des drones grâce à un système adaptable et étanche (l'électronique du sondeur sera à l'extérieur du drone).

Deux capteurs de profil de célérité qu'on appellera « profileur de célérité » pour mesure dans la colonne d'eau seront à proposer.

5.2 Normes applicables

Le sondeur multifaisceau devra avoir des performances compatibles avec les normes internationales hydrographiques les plus strictes en côtier à partir du drone de surface (**norme OHI S44 - ordre spécial et ordre exclusif**). La diversité des missions qui lui seront allouées impose des caractéristiques détaillées dans la suite de ce document.

5.3 Exigences techniques

5.3.1 Sondeur Multifaisceau

*5.3.1.1 Exigences techniques minimales obligatoires du sondeur **multifaisceau***

La non-conformité à l'une de ces exigences sera éliminatoire.

Exigences générales :

- Portée effective : 300m ;
- Compensation des attitudes (roulis, tangage, lacet) : +/- 10°;
- Nombre de cycles émission/réception : 40Hz théorique ;
- Modes de détection des sondes : amplitude et phase ;
- Modes de répartition des sondes : équiangulaire et équidistant ;
- Nombre de sondes par cycle émission/réception : 512 ;
- Choix de la fréquence : la fréquence centrale devra être modifiable et couvrir une plage minimale comprise entre 200kHz et 400kHz ;
- Choix du type de signal émis : CW ou FM (chirp) au choix de l'utilisateur ;
- Secteur angulaire : 150°, centré par rapport au nadir, pour une fréquence centrale inférieure ou égale à 400kHz ;
- Résolution en distance : ≤11mm atteignable ;
- Résolution angulaire : équivalente ou meilleure que 1° (angle longitudinal) par 1° (angle transversal) pour les faisceaux centraux, pour une fréquence inférieure à 400kHz ;
- Performances hydrographiques compatibles avec la norme S-44 de l'OHI et plus spécifiquement avec l'ordre spécial et l'ordre exclusif ;
- Possibilité d'effectuer deux fauchées par ping ;
- Support technique (préciser durée et couverture le cas échéant).
- Présence d'une sonde de célérité « de coque » :
    - Gamme de mesure : 1400-1600 m/s ;
    - Résolution : 0,01 m/s ;
    - Données temps réel transmises au sondeur multifaisceau (format compatible) ;
    - Intégration mécanique au voisinage immédiat du sondeur multifaisceau.

Exigences mécaniques :

- Dimensions du sondeur : au maximum 60cm x 60cm (largeur x longueur) ;
- Poids du sondeur : inférieur à 20kg dans l'air (hors électronique et câbles) ;
- La température de fonctionnement sera comprise entre 0° et 30°. Celle de stockage sera comprise entre -10° et 40°C.
- Le support des antennes doit être fourni, en inox marine.

Exigences sur l'électronique :

- Etanchéité : L'électronique (sous forme de rack) du système sera installée sur le drone dans un local protégé de la pluie mais non chauffé/climatisé, elle devra au minimum être résistante à l'humidité saline ambiante ;
- Sorties vers PC : les données temps réel doivent être disponibles via une liaison ethernet ;
- Synchronisation de l'électronique du sondeur par une horloge externe (PPS) ;
- Alimentation : 12V continu ou 24V continu ou 220V / 50Hz ;
- La température de fonctionnement sera comprise entre 0° et 50° ;
- Câbles fournis :
    - un câble sondeur-électronique « long » (entre 5m et 10m) ;
    - tous les câbles nécessaires au bon fonctionnement du système.

Exigences sur le logiciel d'acquisition :

- Présence d'un logiciel d'acquisition permettant de commander le sondeur, d'enregistrer les données et de visualiser les données bathymétriques (3D géoréférencées), de réflectivité et de colonne d'eau en temps réel et en simultané ;
- Possibilité d'enregistrer les données colonne d'eau à pleine résolution ;
- Possibilité d'enregistrer les données de réflectivité à pleine résolution ;
- Le format des données fournies en temps réel doit être compatible avec le logiciel d'acquisition Qinsy de la société QPS. Sur demande, les formats acceptables peuvent être fournis par l'ENSTA.
- Le système doit être configurable à travers une interface WEB ou un logiciel PC Windows 11 via ethernet. Cette application doit être maintenue à jour gratuitement durant les cinq prochaines années.

Exigences sur la station d'acquisition du sondeur multifaisceau :

- Présence d'un ordinateur rackable dans le même rack que l'électronique du sondeur, qui sera dédié à l'utilisation du logiciel d'acquisition.

*5.3.1.2 Intégration de fonctionnalités souhaitables du sondeur **multifaisceau***

- Accès aux données d'amplitude et phase, après formation de voies, sur l'ensemble de la colonne d'eau :
    - Autoriser l'export des données brutes (amplitude+phase) dans un format documenté ;
    - Pouvoir remonter au coefficient de rétrodiffusion du fond à partir de l'équation du sonar ;
    - Pouvoir remonter à la position d'un diffuseur acoustique dans le faisceau.
- Accès aux données brutes (avant formation de voies) du sondeur multifaisceau :
    - Autoriser l'export des données brutes (signaux des transducteurs) ;
    - Pouvoir effectuer la formation de voies à partir de ces données.
- Mode haute résolution bathymétrique ;
- Mode multi-fréquence : possibilité d'émettre successivement avec au moins 3 fréquences centrales différentes entre 150kHz et 700kHz ;
- Capacité à détecter plusieurs sondes au sein d'un faisceau ;
- Capacité de détection sur les côtés sans dépointage mécanique du sondeur : au minimum 80° par rapport au nadir ;
- Enregistrement possible des snippets ;

- Possibilité d'appliquer en temps réel des courbes de calibration des données de réflectivité ;
- Logiciel d'acquisition temps réel utilisable en connexion à distance ;
- Présence d'un trigger IN/OUT ;
- 1 câble « court » (<8m) entre le sondeur et l'électronique ;
- Un capteur de célérité monté directement sur le support du sondeur (mesure directe de la vitesse du son dans l'eau avec une précision ≤0,02m/s) et compatible avec celui-ci ;

5.3.2 Sondeur monofaisceau

5.3.2.1 Exigences techniques minimales obligatoires du sondeur monofaisceau

La non-conformité à l'une de ces exigences sera éliminatoire.

Exigences techniques et mécaniques :

- Fréquence d'émission : 70kHz ;
- Interférométrie : le sondeur doit être capable de positionner les cibles de la colonne d'eau dans le faisceau ;
- Choix du type de signal émis : CW sur des fréquences au choix de l'utilisateur, ou FM (large bande) ;
- Ouverture : inférieure à 20° ;
- Calibration : calibration possible par l'utilisateur in-situ, sur sphère ;
- Dimensions du sondeur : au maximum 25cm de diamètre par 20cm d'épaisseur ;
- Poids du sondeur : inférieur à 5kg dans l'air (hors électronique et câbles) ;
- La température de fonctionnement sera comprise entre 0° et 30°. Celle de stockage sera comprise entre -10° et 40°C.

Exigences sur l'électronique :

- Etanchéité : l'électronique devra être étanche ainsi que les connecteurs (possibilité d'être immergée).
- Alimentation : 15V ou 24V ;
- Câbles fournis :
    - un câble sondeur-électronique ;
    - tous les câbles nécessaires au bon fonctionnement du système.

Exigences sur le logiciel d'acquisition :

- Présence d'un logiciel d'acquisition permettant de commander le sondeur, d'enregistrer les données, de visualiser les données de colonne d'eau en temps réel, et d'effectuer la calibration ;
- Possibilité de visualiser en temps réel les données colonne d'eau et de les enregistrer à pleine résolution ;
- Prise en compte en temps réel du profil de célérité.

5.3.2.2 Intégration de fonctionnalités souhaitables du sondeur multifaisceau

Sondeur monofaisceau :

- Accès aux données d'amplitudes et angles (interférométrie) dans le faisceau :
    - Autoriser l'export des données brutes (amplitude+phase) dans un format documenté ;

    - Pouvoir remonter au coefficient de rétrodiffusion du fond à partir de l'équation du sonar ;
    - Pouvoir remonter à la position d'un diffuseur acoustique dans le faisceau.
- Accès aux données brutes (données complexes) de chaque transducteur :
    - Autoriser l'export des données brutes (signaux complexes) ;
    - Pouvoir recalculer l'amplitude et l'interférométrie dans le faisceau.
- Intégration et prise en compte des résultats de calibration sur sphère étalon ;
- Possibilité de tester l'électronique sans brancher le transducteur ;
- Fournir une sphère étalon dédiée à la calibration du sondeur.

Electronique du sondeur monofaisceau :

- Possibilité d'être immergé jusqu'à 100m de profondeur ;
- Utilisation possible avec deux transducteurs à différentes fréquences (70kHz et 120kHz) ;
- Possibilité de tester l'électronique sans transducteur.

Logiciel d'acquisition du sondeur monofaisceau :

- Utilisation possible avec deux transducteurs à différentes fréquences (70kHz et 120kHz) ;

5.3.3 Optionnel : profileur de célérité

- Caractéristiques :
    - Gamme de mesure : 1400-1600 m/s, 0-30bars ;
    - Résolution : 0,01 m/s ;
    - Disponibilité des données brutes (wi-fi, bluetooth) pour utilisation du profil en temps réel dans le logiciel d'acquisition du sondeur multifaisceau ;
    - Dimensions compatibles avec le treuil et le puits du drone.
- Mesures de température accessibles dans les données brutes de la sonde de célérité ;
- Mesures de température sur le profileur de célérité.

5.4 Documentation

Pour chacun des systèmes, leurs documentations seront fournies sur support papier et numérique. Elles devront contenir au minimum :

- le manuel d'installation et de mise en route du système (configuration, mode acquisition, réglage des entrées/sorties) ;

- les plans techniques cotés et les plans de câblages (a minima des connecteurs) ;

- les conseils de maintenance de premier ordre ;

- les spécifications de performance ;

- les précautions d'emploi et de stockage ;

- la description des procédures d'acquisition ou de récupération des données brutes ainsi que leurs formats.

5.5 Livraison, réception et installation de l'équipement

Les systèmes complets (sondeurs, électroniques, accessoires, logiciels) devront être livrés à l'ENSTA (Brest) dans un délai de douze mois maximum après la notification du marché.

Les phases de validation et recettes seront effectuées dans les 6 mois suivants la livraison par l'ENSTA.

5.6 Garantie sur le matériel

La garantie, d'une durée minimale de deux ans, doit couvrir simultanément les sondeurs (multifaisceau et monofaisceau), leurs électroniques et leurs accessoires. Il est demandé de préciser la durée effective et la couverture de la garantie proposée.

Si un support technique est également prévu, il est demandé d'en préciser la durée et les modalités. Un support à vie du système sera favorisé.

5.7 Evaluation

Exigences minimales* à remplir, sans notation.

Sondeur multifaisceau
Portée effective (minimum 300m)
Choix de la fréquence : la fréquence centrale devra être modifiable et couvrir une plage minimale comprise entre 200kHz et 400kHz
Choix du type de signal émis (CW ou FM)
Compensation des attitudes (+/- 10° minimum)
Nombre de cycles émission/réception (minimum 40Hz)
Nombre de sondes par cycles émission/réception (minimum 512 sondes)
Modes de détection des sondes : amplitude et phase
Modes de répartition des sondes : équiangulaire et équidistant
Secteur angulaire : au minimum 150°
Résolution en distance (<11mm)
Performances hydrographiques compatibles avec la norme S-44 de l'OHI et plus spécifiquement avec l'ordre spécial et l'ordre exclusif
Résolution angulaire : équivalente ou meilleure que 1° x 1° pour une fréquence inférieure à 400kHz
Possibilité d'effectuer deux fauchées par ping
Dimensions du sondeur : au maximum 60cm x 60cm (largeur x longueur).
Poids dans l'air : 20kg maximum hors électronique et câbles
Température de fonctionnement entre 0° et 30°. Température de stockage entre -10° et 40°C.
Support en inox marine des antennes fourni
Electronique du sondeur multifaisceau
Electronique résistante à l'humidité saline ambiante
Sorties de l'électronique (vers PC) : les données temps réels doivent être disponibles via une liaison ethernet
Synchronisation de l'électronique du sondeur par une horloge externe (PPS)

Alimentation : 12V continu ou 24 V continu ou 220V / 50Hz
La température de fonctionnement sera comprise entre 0° et 50°
Câbles fournis : o 1 câble « long » (5-10m) entre le sondeur et l'électronique ; o tous les câbles nécessaires au fonctionnement du système.
Logiciel du sondeur multifaisceau
Présence d'un logiciel d'acquisition permettant de commander le sondeur, d'enregistrer les données et de visualiser les données bathymétriques (3D géoréférencées), de réflectivité et de colonne d'eau en temps réel.
Le format des données fournies en temps réel doit être standard pour être compris par les principaux logiciels d'acquisition du marché (Qinsy).
Possibilité de visualiser en temps réel les données colonne d'eau et de les enregistrer à pleine résolution.
Enregistrement des données de réflectivité.
Le système doit être configurable à travers une interface WEB ou un logiciel PC Windows 11 via ethernet. Cette application doit être maintenue à jour gratuitement durant les 5 prochaines années.
Station d'acquisition du sondeur multifaisceau
Présence d'un ordinateur rackable dans le même rack que l'électronique sondeur dédié au logiciel d'acquisition
Sondeur monofaisceau
Fréquence d'émission à 70kHz
Interférométrie (positionnement des cibles)
CW ou FM large bande
Ouverture < 20°
Calibration sur sphère possible
Diamètre <25cm, épaisseur < 20cm
Poids inférieur à 5kg dans l'air
Température de fonctionnement entre 0° et 30°. Température de stockage entre -10° et 40°C.
Electronique du sondeur monofaisceau
Electronique étanche ainsi que les connecteurs
Alimentation en 15V ou 24V
Câbles fournis : o 1 câble « court » (<8m) entre le sondeur et l'électronique ; o tous les câbles nécessaires au fonctionnement du système.
Logiciel du sondeur monofaisceau
Logiciel d'acquisition permettant de : • Commander le sondeur • Enregistrer les données • Visualiser les données de colonne d'eau • Effectuer la calibration
Possibilité de visualiser en temps réel les données de colonne d'eau et de les enregistrer à pleine résolution
Sondes de célérité
Sonde de coque
Gamme de mesure : 1400-1600 m/s
Résolution : 0,01 m/s
Données temps réel transmises au sondeur multifaisceau (format compatible)

Intégration mécanique au voisinage immédiat du sondeur multifaisceau
Profileur de célérité
Gamme de mesure : 1400-1600 m/s, 0-30bars
Résolution : 0,01 m/s
Disponibilité des données brutes (wi-fi, bluetooth) pour utilisation du profil en temps réel dans le logiciel d'acquisition du sondeur multifaisceau
Dimensions compatibles avec le treuil et le puits du drone.
Autres
Documentation disponible conforme aux exigences.
Garantie conforme aux exigences (2 ans).

ARTICLE 6 - LOT 5 : Fourniture de l'ensemble des capteurs de navigation (servitude)

Ce lot regroupe l'ensemble des capteurs de servitude liés à la navigation des drones.

6.1 Systèmes AIS

Fourniture de 7 systèmes AIS avec antennes VHF et GPS :

Critères obligatoires

Rappel exigence du système WIFI
AIS Black Box
Puissance de sortie min 5W
Consommation < 250 mA
Tension alimentation 24V
Température de fonctionnement maximum supérieure à 50°
Connectivité NMEA2000
Autonomie GPS

6.2 Caméras de navigation

Fourniture de 17 caméras pour la navigation de jour :

Critères obligatoires

Rappel exigence du système WIFI
Camera HD 2688 x 1520 @ 30 fps
Focal 2.8mm
Consommation < 8W
Tension alimentation 12V
Température de fonctionnement maximum supérieure à 50°

Connectivité Ethernet
IP 67

6.3 Caméra infrarouge

Fourniture d'une caméra thermique pour drone de 7m.

Critères obligatoires

N°	Rappel exigence du système WIFI
1	Camera Thermique 320 x 240 px
3	Rafraichissement 9 Hz
4	Consommation < 20W
5	Tension alimentation 24V
6	Température de fonctionnement maximum supérieure à 50°
7	Connectivité Ethernet
8	IPX6

6.4 Stations météorologiques

Fourniture de 7 stations météo

Critères obligatoires

Rappel exigence du système WIFI
Station météo à ultrasons
Vent vrai et relatif
Température de l'air
Position GPS
Angles d'euler
Connectivité NMEA2000
Alimentation 24V

6.5 Capteurs GNSS Marine

Fourniture de 7 GPS différentiels RTK avec antennes marines (2 par ensemble)

Critères obligatoires

Rappel exigence du système WIFI
GPS différentiel RTK

Multifréquence et Multi constellation
Multi bande L1, L2 et E5b
Compatible NMEA
Antennes IP66

6.6 Radar

Fourniture d'une antenne radar pour drone de 7m ANTENNE RADAR CHIRP QUANTUM 2 Q24D DOPPLER AVEC CABLE ALI

Critères obligatoires :

Rappel exigence du système WIFI
Radar Chirp Doppler
Puissance minimum 15W
Poids maximum 6 Kg
Alimentation 24V
Antennes IPX6

6.7 Sonde tri-data

Fourniture de 7 sondes profondeur/température/loch

Critères obligatoires

Rappel exigence du système WIFI
Sonde tri-data(lock/temp/profondeur)
Puissance minimum 100W
Profondeur minimum 100m
Communication NMEA2000
Fréquence du sondeur 235 KHz

ARTICLE 7 - LOT 6 : Fourniture des capteurs LIDAR

Ce CCTP a pour objet de décrire les exigences techniques des capteurs LIDAR (Light Detection And Ranging) qui équiperont la meute de drone de surface du CPER (Contrat de Plan Etat Région) RACAM (Recherches Avancées en Cybersécurité pour les navires Autonomes et le monde Maritime).

La flotille de drones RACAM est constituée de 4 à 6 drones de surface d'une longueur d'environ 3.5 mètres et d'un drone plus gros d'environ 7 mètres de long. Les capteurs LIDAR objets de ce CCTP seront placés le plus haut possible sur chacun des drones et seront utilisés pour reconstruire numériquement l'environnement à l'avant de chaque drone, et éventuellement sur un horizon plus large. Le drone de plus grande taille pourra, selon le modèle retenu, accueillir plusieurs capteurs Lidar pour reconstruire une scène plus complète, jusque 360°. Tous les lidars auront les mêmes caractéristiques et la même référence. Le capteur est désigné par « le Lidar » dans les exigences suivantes. Il n'y a pas d'exigence concernant la technologie utilisée.

Critères techniques obligatoires :

Toute réponse non sur un critère technique obligatoire rend l'offre irrégulière.

Rappel exigence du LIDAR
Laser de Classe 1 selon la norme IEC 60825-1
Ouverture angulaire horizontale ≥ 120°
Ouverture angulaire verticale ≥ 20°
Résolution angulaire horizontale ≤ 0.15°
Résolution angulaire verticale ≤ 0.5°
Fréquence acquisition (champ de vue) ≥ 5 Hz.
Dimensions max : • Longueur : 300 mm • Largeur : 150 mm • Hauteur : 100 mm
Masse du Lidar <= 2 kg.
Indice de protection ≥ IP66 selon la NORME IEC 60 529
Alimentation continue <= 48 Volts. Puissance électrique <= 50 Watts.
Mesures et configuration via Ethernet
Exportation des informations nécessaires pour reconstituer pour chaque echo mesuré sa distance, son angle d'arrivée horizontal et son angle d'arrivée vertical dans le repère du Lidar.
Synchronisation au réseau (NTP, PTP ou autre) pour syncroniser ses mesures en temps UTC ou équivalent.

Critères optionnels :

Rappel exigence
Le Lidar est alimenté par POE
Mesures navigation externes >= 10 Hz Le Lidar peut recevoir par réseau les données d'un système de positionnement à une cadence supérieure ou égale à 10 Hz lui permettant d'exporter ses mesures dans un systèmes de coordonnées géographiques.
Serveur WEB embarqué
Entrée PPS Le Lidar peut utiliser une entrée logique de technologie TTL (Transistor Transistor Logic) ou autre pour recevoir les impulsions PPS (Pulse Per Second) provenant par exemple d'un récepteur GNSS (Global Navigation Satellite System) pour synchroniser ses mesures en temps UTC ou équivalent.
ROS 2 Une application ROS2 (Robot Operating System) permet de lire le nuage de points exportés par le Lidar et de les transmettre à d'autres applications ROS2. Cette application fait partie du livrable.

ARTICLE 8 - LOT 7 : Fourniture des systèmes de communications équipant les drones

Ce lot regroupe l'ensemble des systèmes de communication des drones.

8.1 Système de liaison WIFI

Fourniture de 7 Modems WIFI de type AIRMAX Bullet bi-bande 2.4/5 GHz ip67 avec antenne ip67 ou marinisée

Critères obligatoires :

N°	Rappel exigence du système WIFI
1	Réseau sans fil haut débit 802.11 b/g/n
3	Puissance de sortie min 22 dBm
4	Puissance absorbée min 7W
5	Tension alimentation 24V
6	Température de fonctionnement maximum supérieure à 60°

8.2 Système de liaison 5G

Fourniture de 7 Modems routeur 5g avec une ou plusieurs antennes ip67 ou marinisée

Critères obligatoires :

N°	Rappel exigence du système 5G
1	Compatible réseau 5G
3	Portée théorique minimum 15 milles des côtes
4	Intensité absorbée maximum 0.5A
5	Tension alimentation 24V

8.3 Système de liaison Radio

7 Modems radio 433 MHZ avec antenne ip67 ou marinisée

Communication RS232 et Ethernet

Soit tout en 1 ou deux systèmes séparés avec deux antennes séparées.

Critères obligatoires :

N°	Rappel exigence du système radio
1	Fréquence de travail 433 MHz
3	Puissance de sortie min 28 dBm
4	Distance théorique minimale 10 Km
5	Tension alimentation 24V
6	Température de fonctionnement maximum supérieure à 60°

8.4 Système de liaison Satellite

7 Modems iridium protocole Short Burst data avec antenne ip67 ou marinisée

Critères obligatoires :

N°	Rappel exigence du système satellite
1	Réseau satellite IRIDIUM
3	Compatible GPS
4	Intensité maximum absorbée 200 mA (Hors peak)
5	Tension alimentation 5V
6	Température de fonctionnement maximum supérieure à 60°