
CCTP N° CNRS/2026/008 : Fourniture de câbles électro-optiques sous-marins et des joints associés

ATRIUM-1095691

Sylvain Henry, Stéphane Théraube

CPPM

Résumé

Les présentes spécifications décrivent les exigences techniques relatives à la fourniture de câbles électro-optiques sous-marins et des joints associés dans le cadre de l'extension NEUMED du LSPM (dans le cadre du CPER neumed).

Destinataires

Appel d'offres

Statut du document

Révision	Date	Description
1	16/02/2026	Version applicable

Suivi des évolutions

Révision	Date	Commentaire	Revu par	Approuvé par
0	20/11/2025	Création du document		
1	16/02/2026	Mises à jour	Sylvain Henry Philippe Lagier Stéphane Théraube	

Table des matières

1	Documentation	3
1.1	Abréviations	3
1.2	Documents de référence	3
2	Introduction	4
3	Objet du marché.....	5
4	Généralités.....	5
5	Environnement.....	5
6	Câbles électro-optiques.....	5
6.1	Caractéristiques mécaniques.....	6
6.2	Caractéristiques électriques.....	6
6.3	Caractéristiques optiques.....	6
7	Kits de jointage.....	7
8	Boîtes de bouclage	7
9	Quantités (minimum de commande).....	7
10	Contrôle d'acceptation en usine.....	7
11	Contrôle d'acceptation à la livraison	8
12	Documentation	8
13	Assurance qualité.....	9
13.1	Non-conformités.....	9
13.2	Modifications.....	9

1 Documentation

1.1 Abréviations

Abréviation	Description
ASN	Alcatel submarine networks
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CPPM	Centre de physique des particules de Marseille
DC	Direct current (courant continu)
HTA	Haute tension
KM3NeT	Kilometer cube neutrino telescope
LSPM	Laboratoire sous-marin Provence-Méditerranée
LW	Light weight
LWS	Light weight sleeve
MECMA	Mediterranean cable maintenance agreement
MEOC	Main electro-optical cable
NOTS	Nominal operating tensile strength
NPTS	Nominal permanent tensile strength
NTTS	Nominal transient tensile strength
RMS	Root mean square (valeur efficace)
NZDSF	Non-zero dispersion-shifted fiber
ORCA	Oscillation research with cosmics in the abyss
UJ	Universal joint

1.2 Documents de référence

Abréviation	Titre	Référence
-------------	-------	-----------

2 Introduction

Le projet d'extension NEUMED vise à poursuivre la construction de l'infrastructure du laboratoire sous-marin Provence-Méditerranée (LSPM) qui héberge un observatoire sous-marin à neutrinos (KM3NeT-ORCA) et de l'instrumentation pour les sciences de la mer et de l'environnement (Figure 1).

Déployé à 2500 m de profondeur en mer méditerranée, à environ 40 km au large de Toulon, l'infrastructure est constituée d'un ensemble de connexions sous-marines organisées en un réseau relié à la terre au moyen d'un câble électro-optique (MEOC). Ce câble assure l'alimentation électrique HTA des équipements sous-marins ainsi que la transmission des données par fibres optiques.

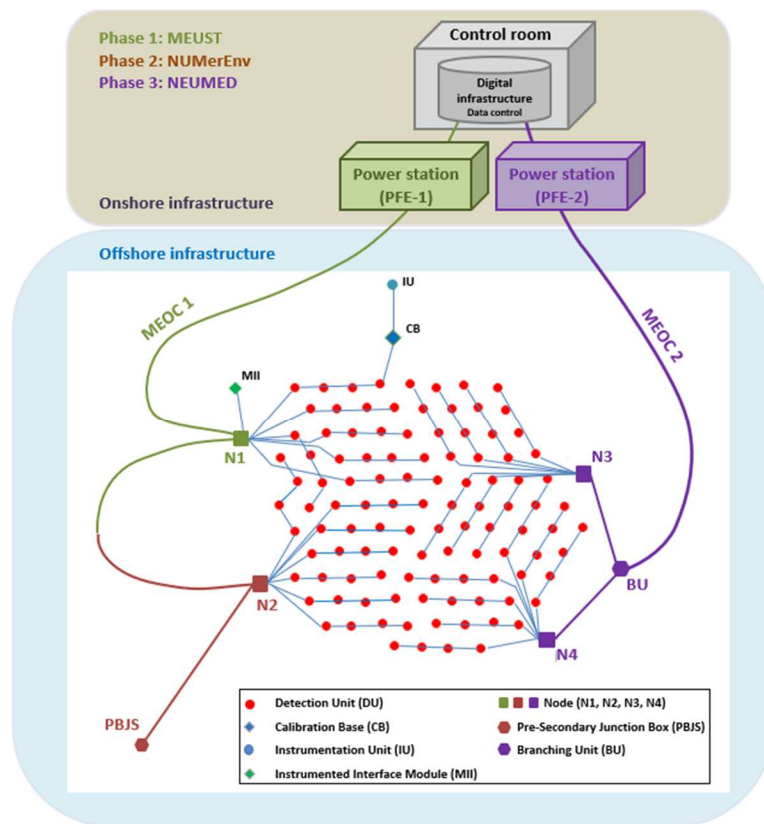


Figure 1 : vue générale de l'infrastructure

L'extension NEUMED implique la création d'une seconde branche réseau, partiellement câblée. Le câble MEOC existant (URC-3 de chez Alcatel Submarine Network) doit être prolongé par un câble similaire et compatible. L'interconnexion entre les différents tronçons de câble se fera au moyen de joints universels appropriés et qualifiés (UJ).

Le présent CCTP décrit toutes les obligations techniques contractuelles du Titulaire. Elles constituent pour le Titulaire une obligation de résultats.

3 Objet du marché

Ce marché a pour objet la fourniture du câble MEOC additionnel ainsi que des joints associés. Il s'exécute à bons de commande avec un minimum de 400 000 € hors taxes et un maximum de 1 900 000 € hors taxes sur la durée totale du marché. Il a pour objet la fourniture des éléments suivants :

- La fabrication, le transport et la mise en cuve de stockage de câbles électro-optiques sous-marins (MEOC) type ASN OALC-7 LWS, compatible avec le câble ASN URC-3 LW existant.
- La fourniture et la livraison des composants spécifiques permettant la réalisation de raccordement entre différents tronçons de câble sous-marin (UJ)
- La fourniture et la livraison des composants spécifiques permettant la réalisation de terminaison de câble sous-marin (boîte de bouclage).

4 Généralités

Les câbles proposés doivent avoir des caractéristiques techniques similaires au câble OALC-7 LWS (Light weight sleeved) fourni par ASN. Les câbles doivent être compatibles avec le câble URC-3 LW (Light weight) de chez ASN.

La maintenance de l'infrastructure sous-marine est réalisée par le MECMA, consortium de maintenance des câbles sous-marins en mer Méditerranée, ce qui impose d'utiliser des câbles et des joints qualifiés Universal Joint (UJ).

5 Environnement

Les conditions environnementales et de service sont les suivantes :

- Profondeur d'immersion : 2500 m
- Pression de service : 250 bars
- Température de stockage : -10 °C à +50 °C
- Température de service : +5 °C à +40 °C
(température de l'eau de mer : +13 °C à 2500 m de profondeur)
- Salinité de l'eau de mer : 37 PSU
- Durée de vie opérationnelle : 25 ans minimum
- Durée de vie pré-opérationnelle : 5 ans minimum
(la durée de vie pré-opérationnelle est définie comme la durée entre la livraison du système et sa mise en service effective dans l'eau)

6 Câbles électro-optiques

Les câbles OALC-7 LWS ou équivalent sont de type grand fond. Ils comprennent 1 conducteur électrique et 36 fibres optiques monomodes.

Les fibres optiques sont logées dans un tube métallique hermétique aux ions et protégé par une armure en fil d'acier, à l'exclusion de tous matériaux synthétiques. Les fibres sont identifiées par coloration effectuée en continu au moment de la fabrication, de préférence suivant le code défini en annexe 1.

Le transport d'énergie électrique est assuré par un conducteur cuivre isolé. Cette isolation assure une résistance à l'abrasion et une isolation haute tension.

Une gaine supplémentaire vient recouvrir le tout pour assurer une protection mécanique légère.

Les câbles sont pourvus d'un système d'étanchéité longitudinal pour limiter la pénétration d'eau en cas de défaut.

6.1 Caractéristiques mécaniques

Les câbles sont des câbles de télécommunication sous-marins capables de résister à une pression de 100 MPa minimum.

Le rayon de courbure minimal permanent du câble est de 1,5 m maximum (sous pression et sous tension).

Les charges admissibles sont :

NTTS	NOTS	NPTS
Charge admissible pendant 1 heure	Charge admissible pendant 48 heures	Charge admissible pendant la durée de vie du câble soit 25 ans
≥ 80 kN	≥ 50 kN	≥ 25 kN

Tableau 1 : charges admissibles du câble

6.2 Caractéristiques électriques

Nombre de conducteur	1 (cuivre ou équivalent)
Tension nominale (U_0 : circuit to ground)	≥ 5 kV RMS
Courant nominal permanent	≥ 24 A RMS
Fréquence nominale	50 Hz
Résistance ohmique linéique	$\leq 0,7 \Omega/\text{km}$ à $+13^\circ\text{C}$
Résistance d'isolement (conducteur / eau)	$\geq 10^5 \text{ M}\Omega.\text{km}$ sous 1 kV DC pendant 1 min
Rigidité diélectrique (conducteur / eau)	> 45 kV DC pendant 5 mn
Capacité linéique (conducteur / eau)	$\leq 0,133 \mu\text{F}/\text{km}$ à 50 Hz
Inductance linéique	$\geq 1849 \mu\text{H}/\text{km}$ à 50 Hz

Tableau 2 : caractéristiques électriques du câble

6.3 Caractéristiques optiques

Les 36 fibres optiques monomodes sont de type NZDSF LEAF EP suivant la recommandation ITU-T G.655, avec une dispersion chromatique négative. Les spécifications techniques des fibres optiques sont données en annexe 2.

7 Kits de jointage

Les joints permettent de raccorder 2 tronçons de câble MEOC. Les joints doivent conserver les mêmes propriétés mécaniques et électriques que le câble. Ils doivent être de type UJ et qualifiés.

Chaque joint se compose de :

- 1 kit commun : « KITH9002 – HFC common component »
- 1 kit de protection : « KIT10013 – LW protection kit » (ou équivalent KIT10012)
- 2 kits spécifiques (1 par extrémité, à adapter suivant le type de câble jointé) :
 - o Pour une extrémité de câble type OALC-7 LWS : « KIT26110 – ASN OALC-7 LWS end specific kit »
 - o Pour une extrémité de câble type URC-3 LW : « KIT25400 – ASN URC-3 LW end specific kit »

8 Boîtes de bouclage

La boîte de bouclage (version sans anode) est montée à l'extrémité d'un câble immergé en attente d'un futur raccordement. Elle permet de boucler les fibres optiques et d'avoir une isolation électrique du conducteur électrique par rapport à la mer. La boîte de bouclage peut être conservée montée à l'extrémité du câble immergé pendant plusieurs années.

Chaque boîte de bouclage se compose de :

- 1 kit commun : « KITH9002 – HFC common component »
- 1 kit de protection : « KIT10013 – LW protection kit » (ou équivalent KIT10012)
- 1 kit fibres optiques : « KIT14110 – Looped fiber end seal »
- 1 kit spécifique, à adapter suivant le type de câble jointé :
 - o Pour une extrémité de câble type OALC-7 LWS : « KIT26110 – ASN OALC-7 LWS end specific kit »
 - o Pour une extrémité de câble type URC-3 LW : « KIT25400 – ASN URC-3 LW end specific kit »

9 Quantités (minimum de commande)

La commande relative au(x) câble(s) électro-optique(s) type OALC-7 LWS porte(nt) sur une longueur minimale de 10 km.

Possédant déjà en stock certaines pièces composant les kits UJ, la commande en boîte de bouclage et en joint ne portera que sur les composants manquants à notre besoin, à savoir au minimum :

- 18x KIT26110 – ASN OALC-7 LWS end specific kit
- 2x KIT25400 – ASN URC-3 LW end specific kit
- 2x KIT14110 – Looped fiber end seal
- 6x KIT10013 – LW protection kit
- 9x KITH9002 – HFC common component

10 Contrôle d'acceptation en usine

Le Titulaire explicite dans son offre technique les tests qu'il effectuera. Ils comprendront au minimum :

Tests optiques du câble électro-optique :

- Mesure d'atténuation optique des fibres à 1550 nm
- Mesure de dispersion chromatique à 1550 nm
- Mesure de la dispersion de polarisation (PMD) à 1550 nm

Tests électriques du câble électro-optique :

- Mesure de la résistance linéique et de l'inductance linéique du conducteur
- Mesure de la capacité linéique entre conducteur et eau
- Mesure de la résistance d'isolement entre conducteur et eau, à une tension test de 1 kV DC pendant 1 min
- En complément du test de haute tension standard que subira le câble (45 kV pendant 5 min), idéalement un test « longue durée » à 20 kV pendant 1 heure serait souhaitable.

Le Titulaire informe le CNRS de la date des tests d'acceptation au moins 3 semaines avant leur tenue. Les tests pourront se faire en présence du CNRS ou de son représentant.

Le processus de livraison ne sera déclenché qu'après remise, et validation par le CNRS, du rapport des tests d'acceptation.

11 Contrôle d'acceptation à la livraison

A la livraison, le Titulaire effectuera à minima les mesures et contrôles suivants :

- Inspection visuelle du matériel
- Vérification de la documentation
- Mesures d'atténuation des fibres optiques du câble à 1550 nm
- Mesure de la résistance linéique du conducteur du câble
- Mesure de la résistance d'isolement du câble entre conducteur et eau (si possible)

Ces contrôles ont pour objectif de vérifier le maintien de l'intégrité de l'équipement après son transport et sa mise en cuve.

Ces contrôles seront faits en présence du CNRS ou de son représentant ainsi que d'un représentant d'Orange Marine.

Le processus de réception définitive sera déclenché à la suite de la validation de ces contrôles.

12 Documentation

Toute la documentation doit être fournie au plus tard le jour de la livraison du matériel.

Une version électronique (préférentiellement au format .pdf) est obligatoirement remise.

La documentation comprendra à minima les pièces listées ci-dessous :

- Documentation des kits de jointage
- Documentation des boîtes de bouclage
- Documentation et fiche technique du câble électro-optique
- Compte rendu de fabrication du câble (avec position des soudures et réparations éventuelles)
- Documentation et fiche technique des fibres optiques, comprenant le repérage des fibres
- Compte rendu détaillé des tests d'acceptation en usine et après livraison
- Certificats de conformité
- Notice d'utilisation, de stockage et de maintenance

13 Assurance qualité

Le Titulaire fournit dans son offre un plan qualité conforme à l'ISO 9001 ou équivalent, définissant les procédures mises en œuvre.

13.1 Non-conformités

Les non-conformités et anomalies lors de la réalisation de la prestation sont traitées et maîtrisées en conformité avec le plan assurance-qualité du Titulaire.

Les anomalies ou non-conformités majeures pouvant entraîner un défaut plaçant le produit concerné en dehors des critères de réception sont indiquées par écrit et transmises au plus tôt au CNRS.

Les actions correctives proposées par le Titulaire sont soumises à l'accord du CNRS.

13.2 Modifications

Toute modification de procédure, de matériau ou de dimension est soumise pour validation au CNRS.

Ces modifications doivent être soumises à validation au moyen d'un formulaire conforme au plan qualité du Titulaire du marché, intitulé « Demande de modification ».

En cas de problème de mise en œuvre d'une spécification demandée, une demande de dérogation doit être soumise au CNRS. Celle-ci prendra la forme d'un formulaire conforme au plan qualité du Titulaire.

Annexe 1 : code couleur pour le marquage des 36 fibres optiques

1R180 (respectivement 1R250) signifie un anneau de marquage tous les 180 mm (respectivement tous les 250 mm)

Section		
1	LEAF EP / RED	1
2	LEAF EP / YELLOW	2
3	LEAF EP / BLUE	3
4	LEAF EP / GREEN	4
5	LEAF EP / BLACK	5
6	LEAF EP / BROWN	6
7	LEAF EP / ORANGE	7
8	LEAF EP / PINK	8
9	LEAF EP / PURPLE	9
10	LEAF EP / AQUA	10
11	LEAF EP / GREY	11
12	LEAF EP / WHITE	12
13	LEAF EP / TAN	13
14	LEAF EP / OLIVE	14
15	LEAF EP / MAGENTA	15
16	LEAF EP / RED 1R250	16
17	LEAF EP / YELLOW 1R250	17
18	LEAF EP / GREEN 1R250	18
19	LEAF EP / ORANGE 1R250	19
20	LEAF EP / PINK 1R250	20
21	LEAF EP / PURPLE 1R250	21
22	LEAF EP / AQUA 1R250	22
23	LEAF EP / GREY 1R250	23
24	LEAF EP / WHITE 1R250	24
25	LEAF EP / TAN 1R250	25
26	LEAF EP / OLIVE 1R250	26
27	LEAF EP / MAGENTA 1R250	27
28	LEAF EP / RED 1R180	28
29	LEAF EP / YELLOW 1R180	29
30	LEAF EP / GREEN 1R180	30
31	LEAF EP / ORANGE 1R180	31
32	LEAF EP / PINK 1R180	32
33	LEAF EP / PURPLE 1R180	33
34	LEAF EP / AQUA 1R180	34
35	LEAF EP / GREY 1R180	35
36	LEAF EP / WHITE 1R180	36

Annexe 2 : caractéristiques techniques des fibres optiques LEAF EP (NZDSF G655)

Optical attenuation @ 1550 nm	$\leq 0,25$ dB/km
Typical CD (ps/nm/km) @ 1550 nm et 20 °C	- 4,0
Zero Dispersion temperature coefficient	0,03nm/°C
Typical Dispersion slope @ 1550 nm (ps/nm ² /km)	0,123
Typical core effective area (μm ²) @ 1550 nm	68
Typical Mode field diameter (μm) @ 1550 nm	9,2
Effective refractive index	1,470
Non linear parameter @ 1550 nm (10 ⁻²⁰ m ² /W)	2,5
Cable Cut - off λ_{cc} (nm)	< 1520
Fibre diameter (μm)	125 ± 1
Core Concentricity error (μm)	$\leq 0,6$
Fibre non-circularity (%)	< 2
Coating diameter (μm)	250 ± 5
Local attenuation discontinuity (dB)	< 0,1
Typical PMD (ps/km ^{1/2}) @ 1550 nm	$\leq 0,15$
Proof Test (kpsi)	≥ 200