



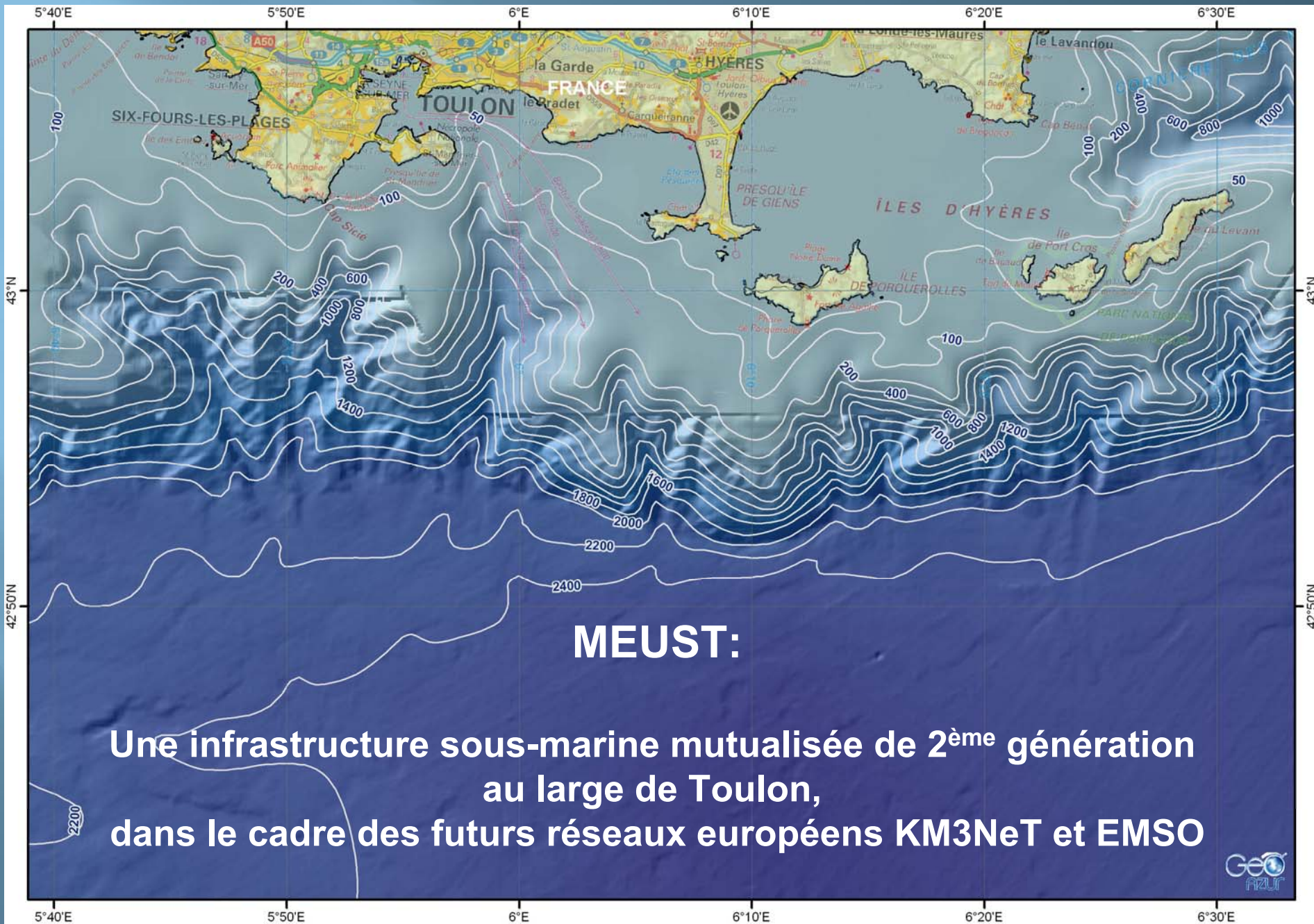
ENGINEERING du TELESCOPE à NEUTRINOS KM3NeT dans le cadre de l'INFRASTRUCTURE MEUST

Mediterranean Eurocentre for Underwater Sciences and Technologies

Claude Vallée

Conseil Scientifique de l'IN2P3
2 Février 2012





MEUST:

Une infrastructure sous-marine mutualisée de 2^{ème} génération
au large de Toulon,
dans le cadre des futurs réseaux européens KM3NeT et EMSO



1) Contexte et motivations scientifiques

2) Composants techniques

Lignes de détection neutrino
Infrastructure sous-marine

3) Organisation du projet

1) Contexte et motivations scientifiques

2) Composants techniques

*Lignes de détection neutrino
Infrastructure sous-marine*

3) Organisation du projet

Avertissement :

Mandat du présent Conseil Scientifique



Focus de la présentation sur

*le design et l'engineering des composants techniques de KM3NeT,
étape intermédiaire vers une revue d'autorisation de construction en ~2014*

MOTIVATIONS SCIENTIFIQUES

HIGHLIGHTS:

*Ouverture d'une nouvelle fenêtre
d'observation des objets galactiques*

*Une infrastructure qui révolutionne
les méthodes d'étude des abysses*

L'ASTRONOMIE NEUTRINO en 2012:



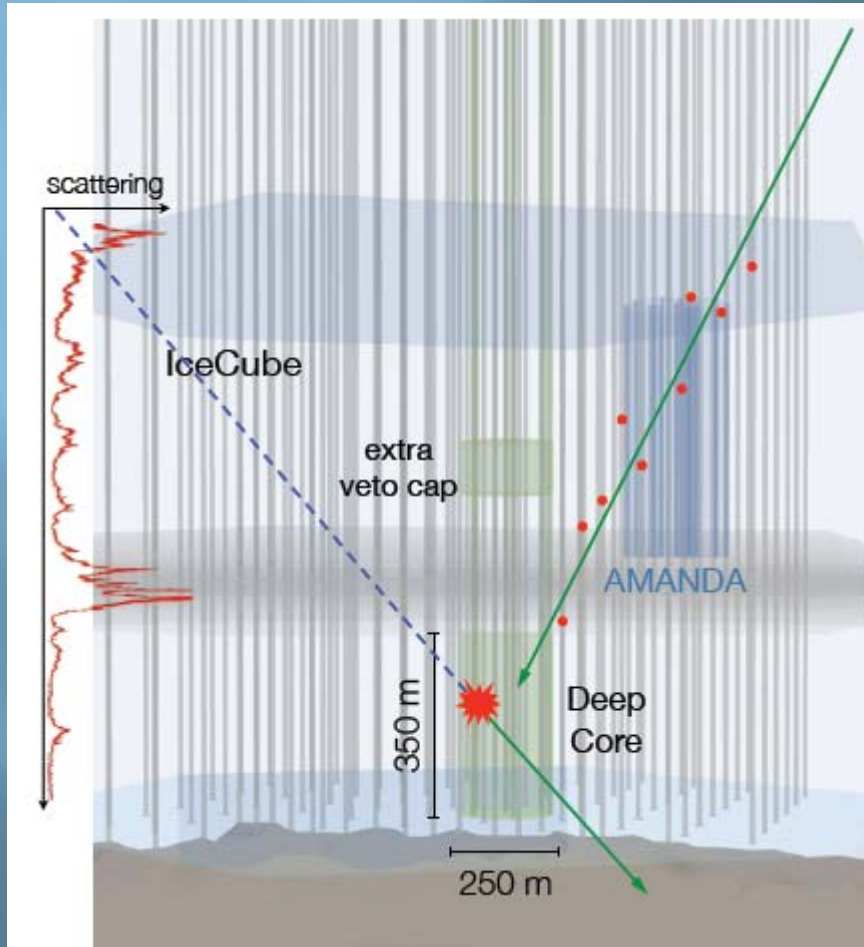
ANTARES
(talk précédent)

ICECUBE :

Complet depuis 1 an (86 lignes)

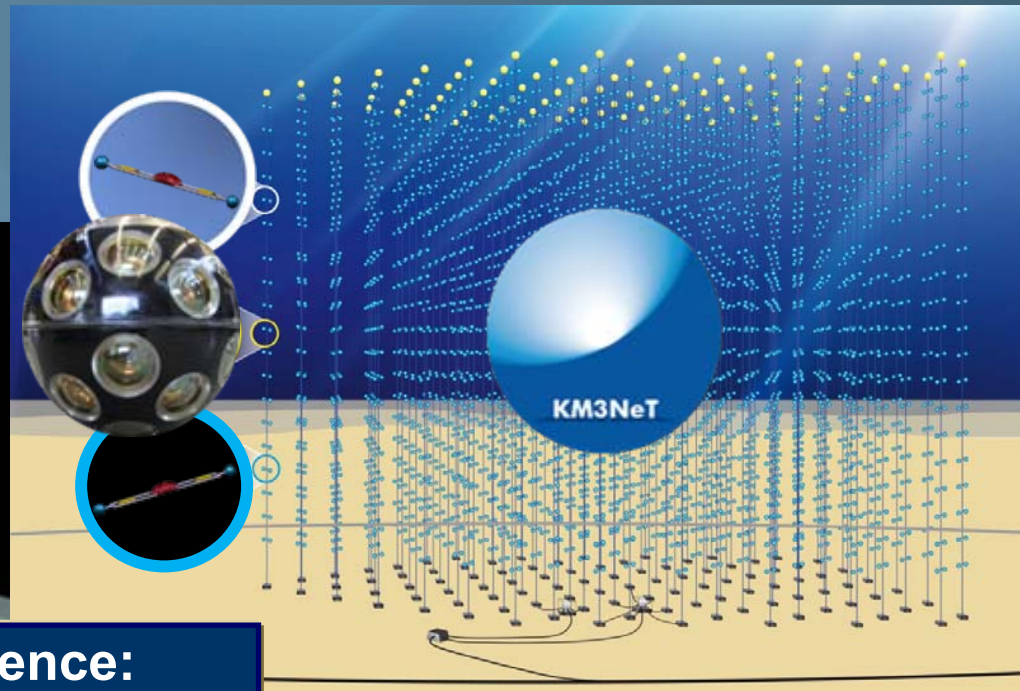
Deep Core récemment terminé:
oscillations, matière noire

Projet à long terme: PINGU
Mégatonne pour Super Novae



Le futur en Europe

KM3NeT: Telescope neutrino sous-marin de 2^{ème} génération





Configuration de référence:
320 lignes de 800 m de haut
séparées de 180m
40 multi-PM modules optiques / ligne
(sensibilité ~50 x ANTARES)

Sur les roadmaps
ESFRI et ASPERA

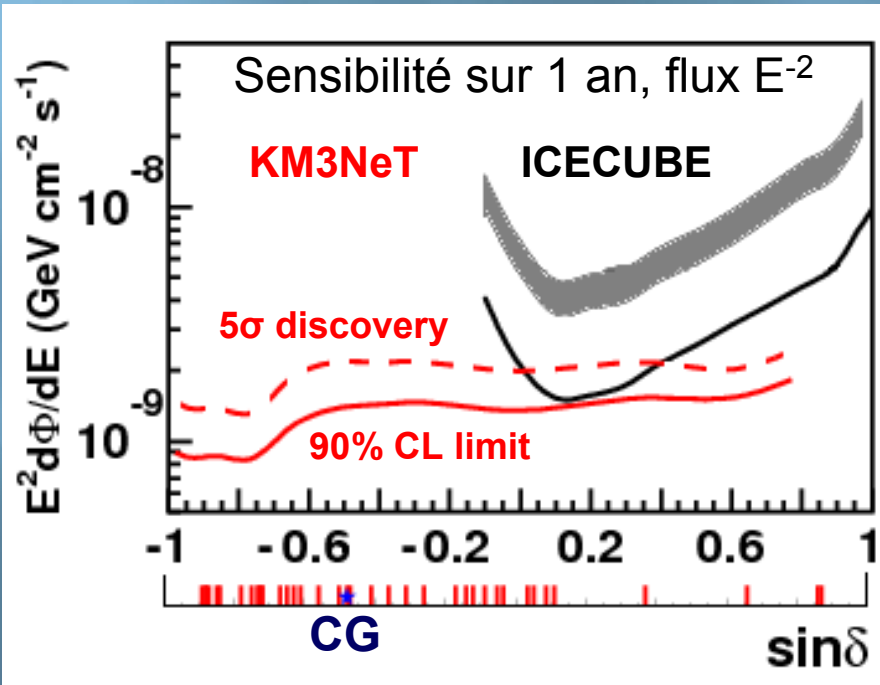
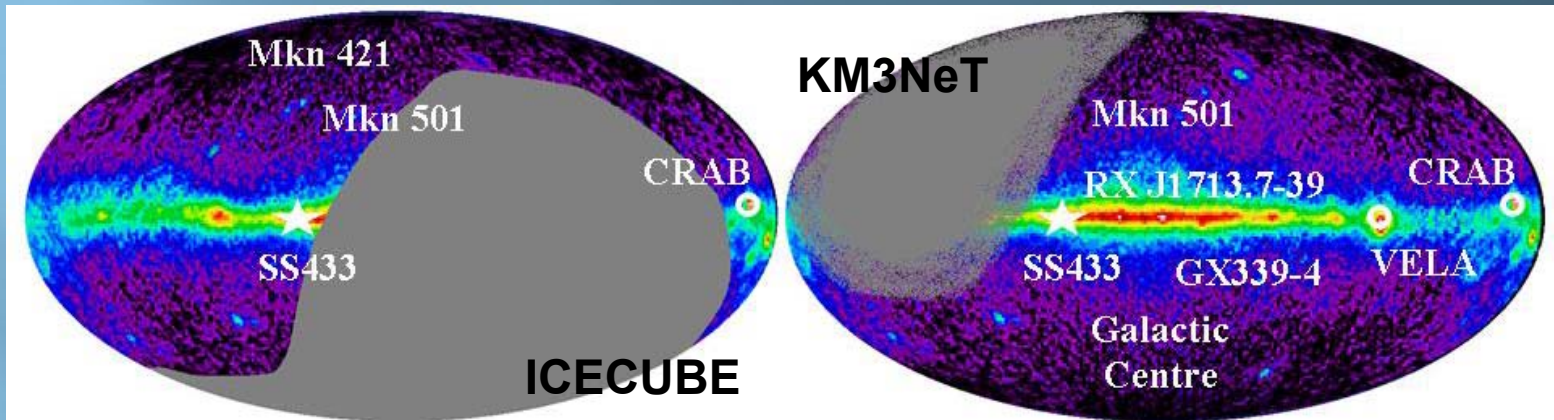
Financé par

- FP6-DS :
→ *CDR 2008 et TDR 2011*
- FP7-PP :
→ *Modèle Pré-Production
et structure collaboration*


Toulon

 
Capo Pylos
Passero

Avantages de KM3NeT vs ICECUBE

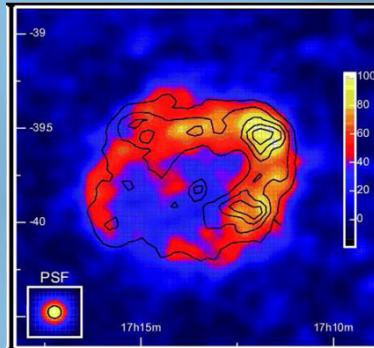


Une meilleure couverture
du ciel et du plan galactique

Une meilleure résolution
angulaire intrinsèque
(0.1° / 0.6°)

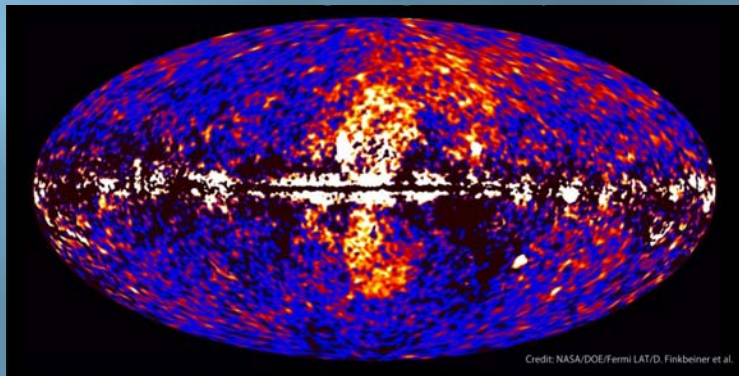
Sensibilité d'un détecteur optimisé pour les sources galactiques (analyse conservative)

SNR

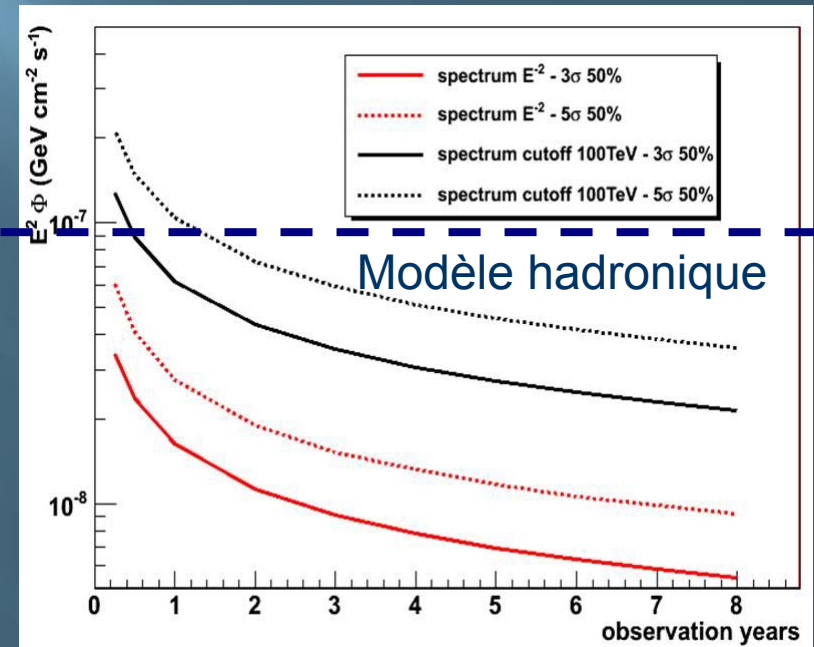


Source	Radius [degree]	N_{signal} [year] ⁻¹	$N_{\text{background}}$ [year] ⁻¹	5 σ discovery [years]
HESSJ1616-508	0.16	2.0	1.8	15.5
HESSJ1614-518	0.21	2.8	4	10
RXJ1713.7-3496	0.65	4.7	5.9	8.5
RXJ0852.0-4622	0.90	7.1	11.8	7

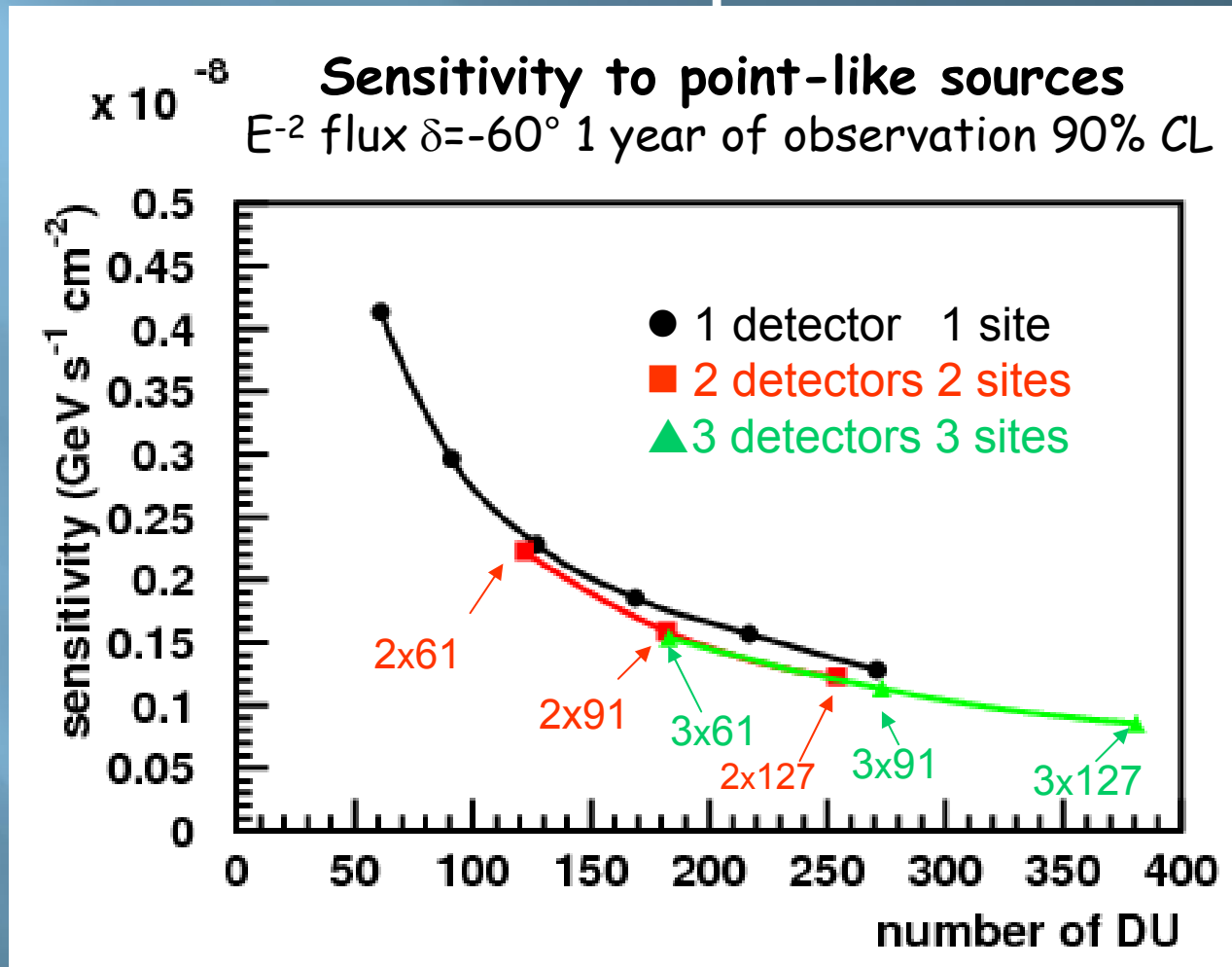
FERMI Bubbles



+ astronomie multi-messagers avec AUGER, HESS, VIRGO, satellites... Sources variables, matière noire, oscillations, exotiques...



Un détecteur qui ne souffre pas à être distribué sur plusieurs sites

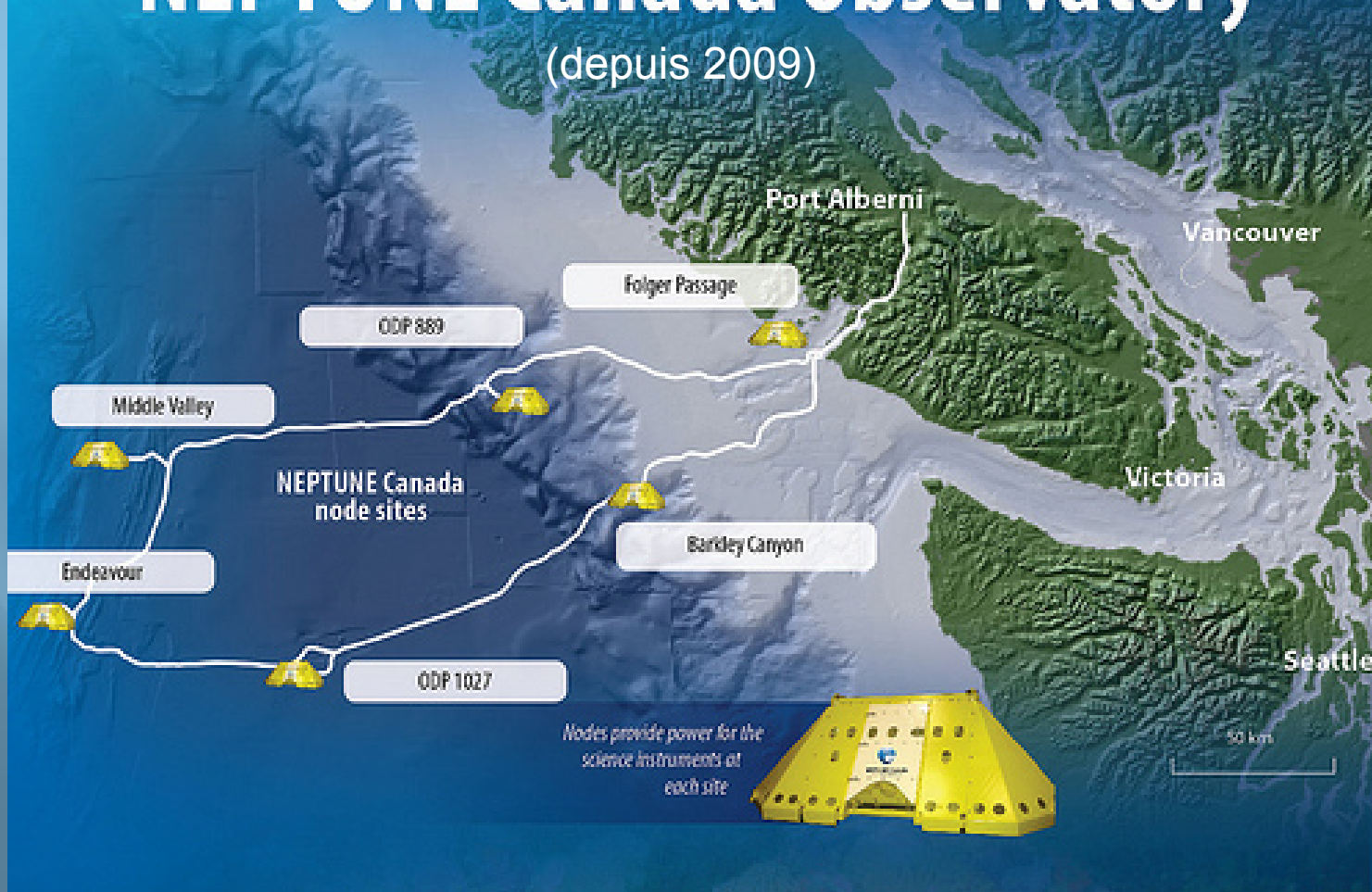


Déploiement multisites soutenu par la majorité de la Collaboration

Les observatoires câblés sous-marins: un domaine en émergence pour les sciences environnementales

NEPTUNE Canada Observatory

(depuis 2009)

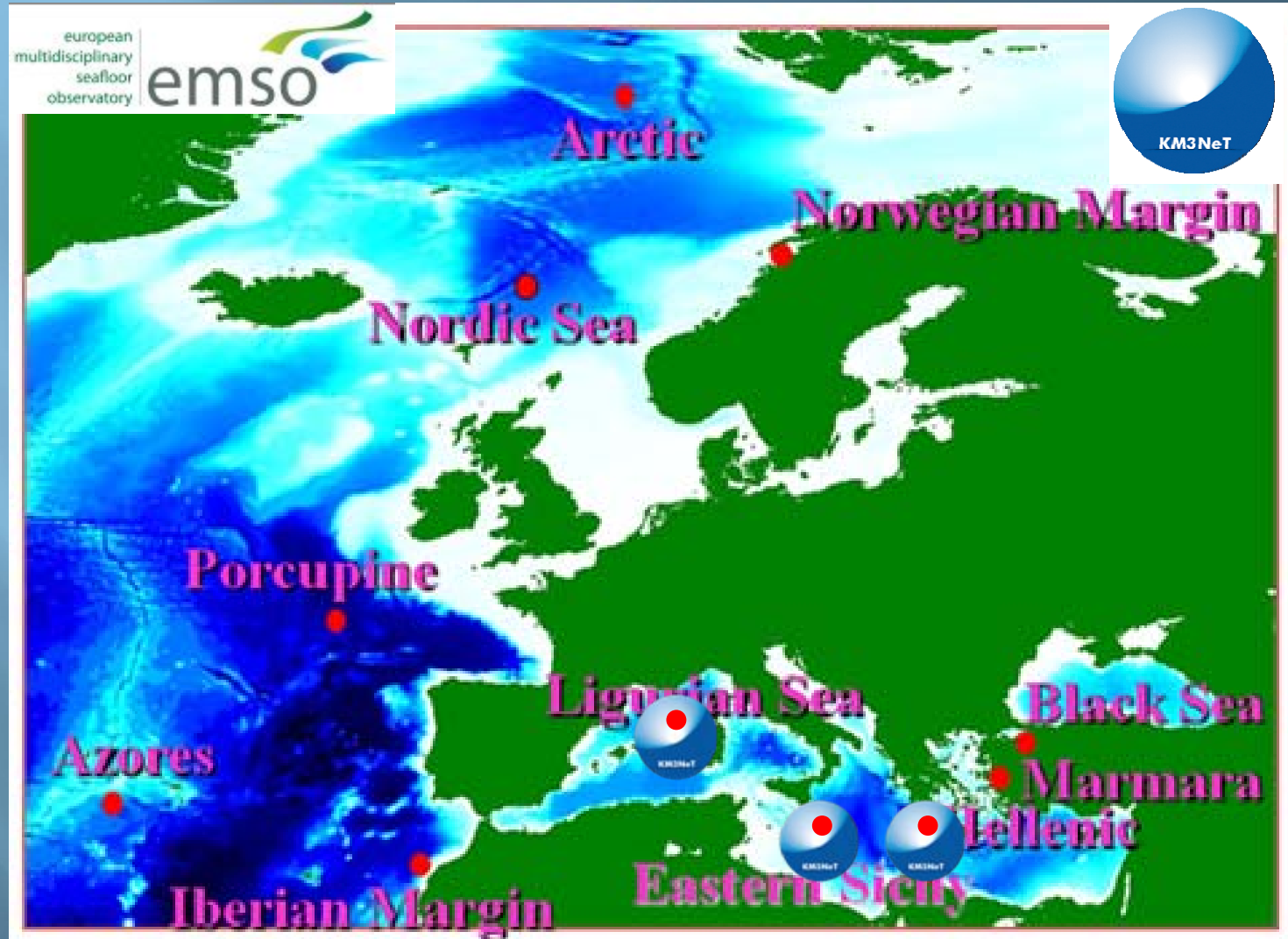


... et aussi:

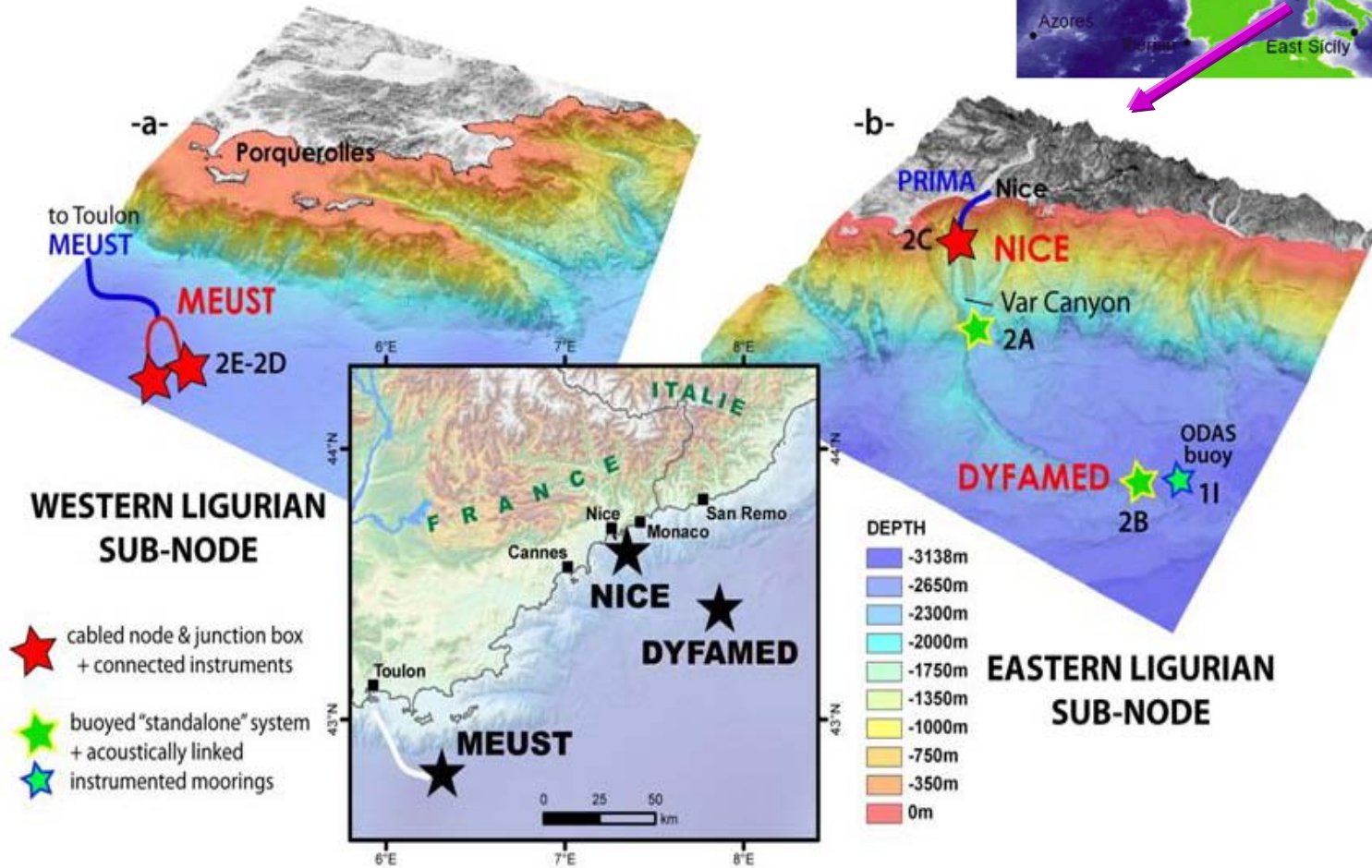
OOI
aux USA

DONET
au Japon

En Europe: EMSO, future réseau européen de 11 observatoires sous-marins permanents



Le nœud français EMSO-Ligure

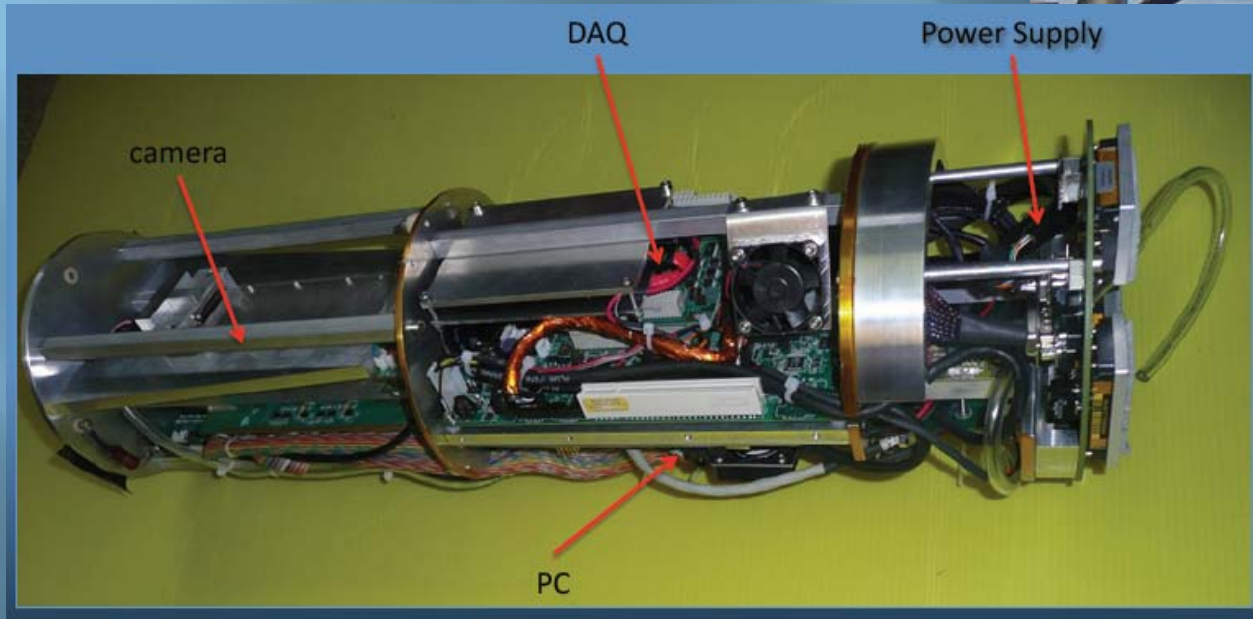


Des instruments développés en partenariat IN2P3-INSU

IODA (CPPM-COM)
Oxygen Dynamics Autosampler



1 photon ebcmos bio-camera
(IPNL - DT-INSU)



COMPOSANTS TECHNIQUES : LIGNES NEUTRINO

HIGHLIGHT:

*Convergence réussie sur
un design commun des lignes de détection*

Concept de KM3NeT

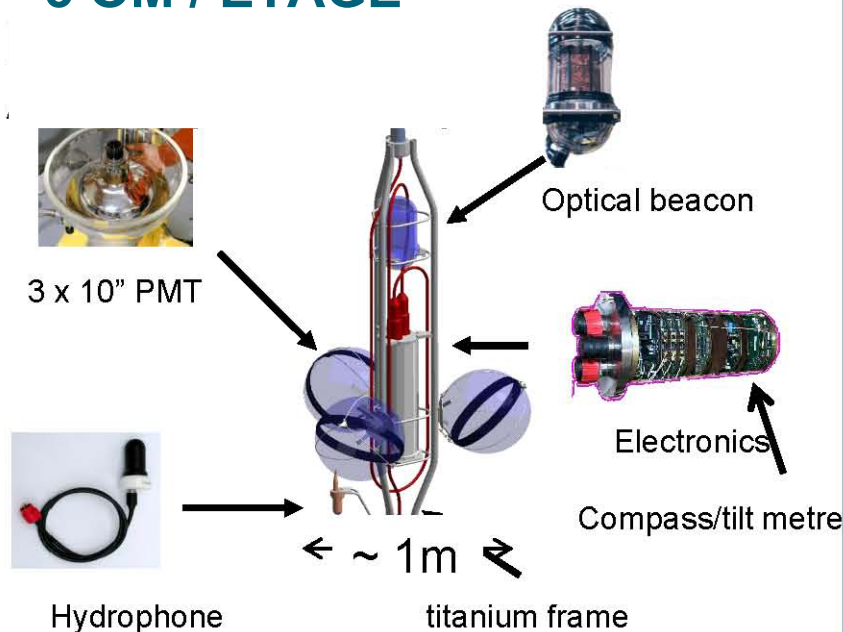
Simplification des éléments de base du télescope
(à sensibilité équivalente)...

ANTARES



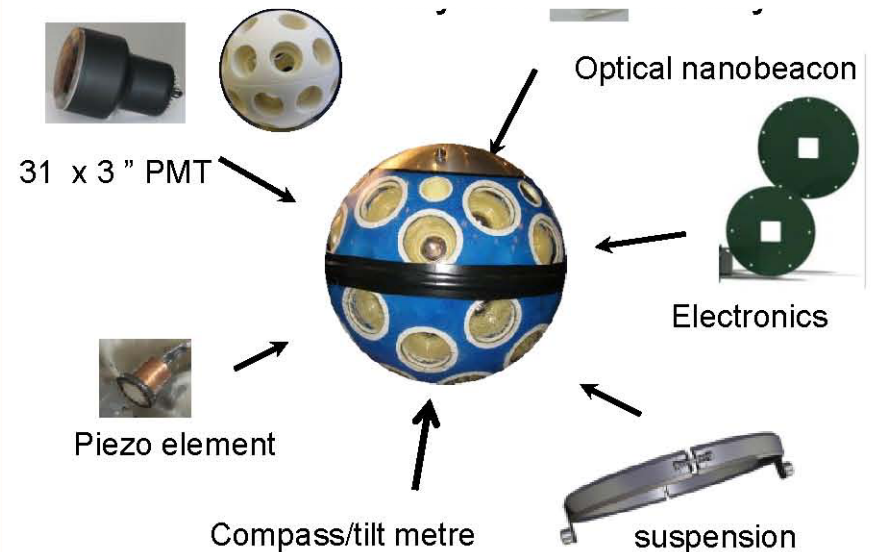
KM3NeT

3 OM / ETAGE



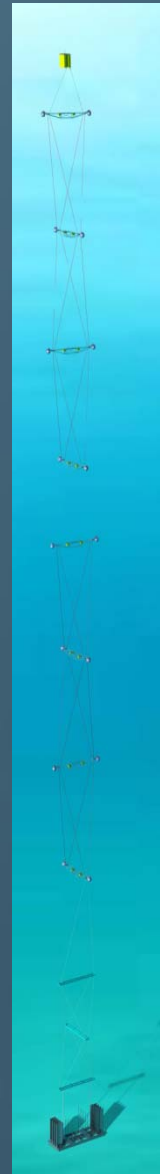
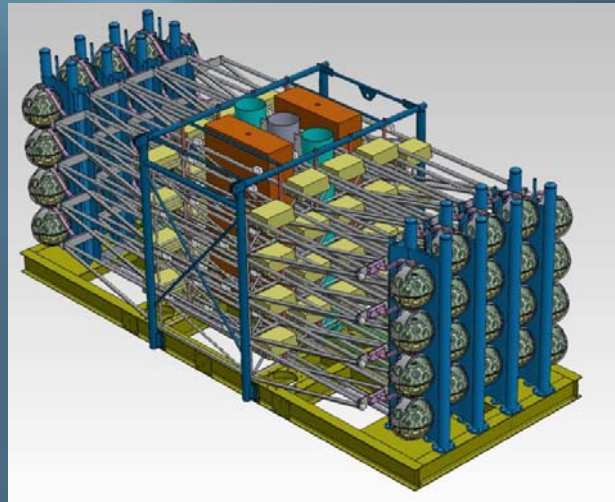
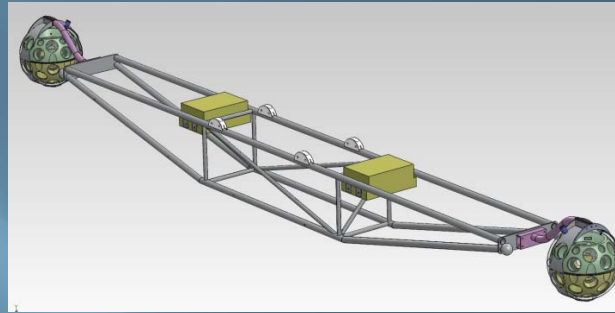
6 (+ 2 + 1) "small" penetrators
2 large penetrators cable

DOM multi-PMT



1 penetrator

...du déploiement des Unités de Détection (DU),



DU ANTARES

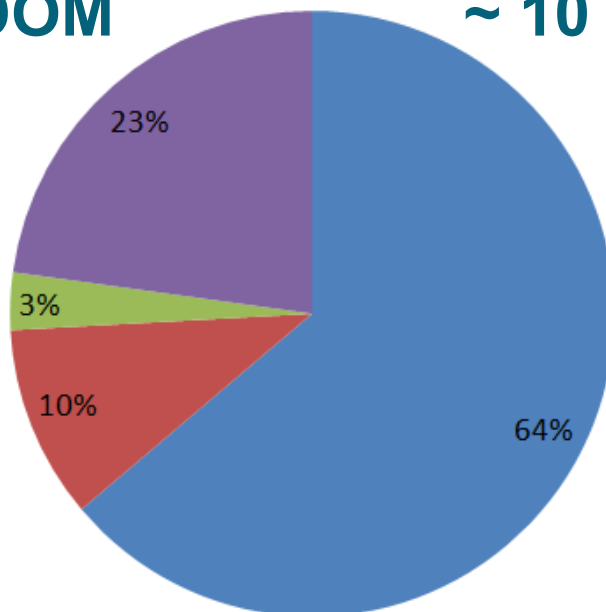


DU KM3NeT

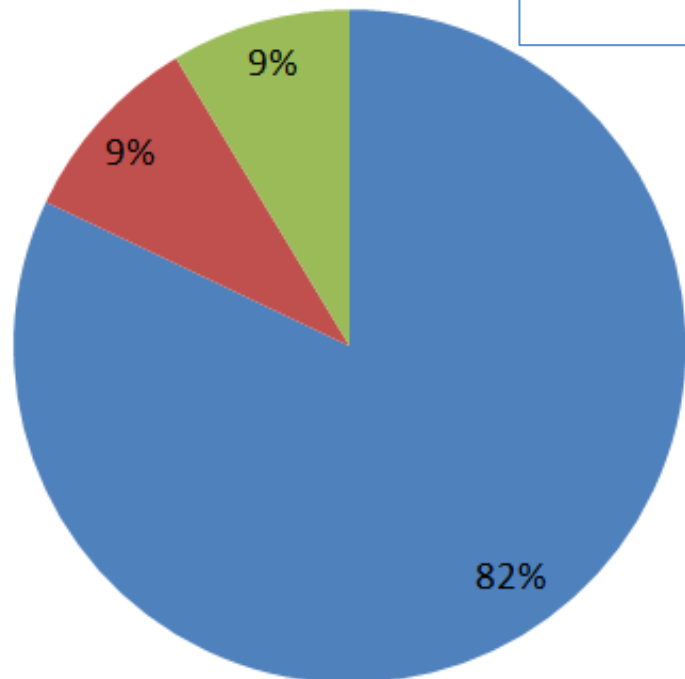
...et réduction
des coûts

DOM

~ 10 K€



- PMT unit (PMT+base+collection ring)
- Mechanics inside, penetrator and external suspension
- Instrumentation (acoustic piezo, nanobeacon, compass/tilt meter, pressure gauge)
- Electronics boards



DU ~ 0.5 M€

- DOMs
- DU-mechanics
- VEOC backbone cable

NB :

DU (KM3NeT)

2 x plus sensible que

DU (ANTARES)

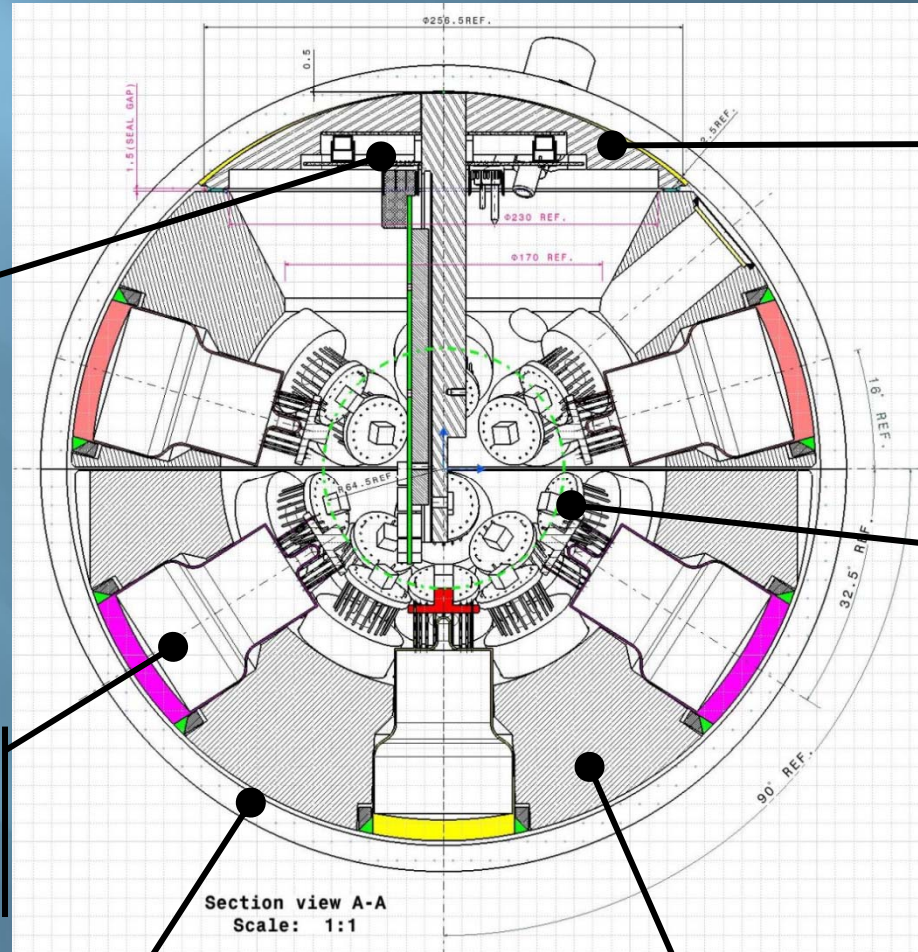
Le Module Optique (*Digital OM*)

Power cons.
< 10W

Logic board
Power board

Aluminium
heatsink

HV
base



31 x 3 inches PMT
+ Reflector rings

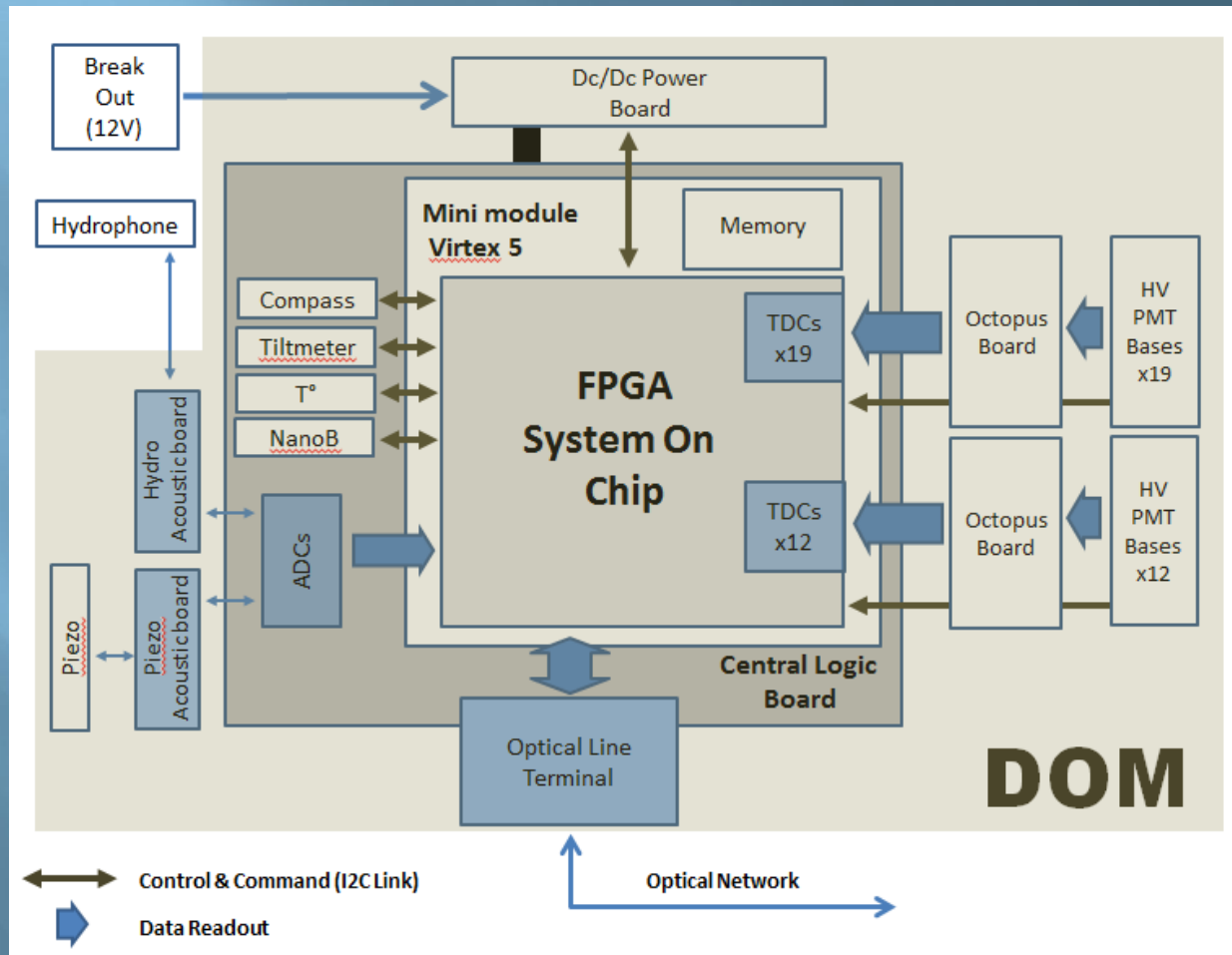
17 inches glass sphere

EPP Foam



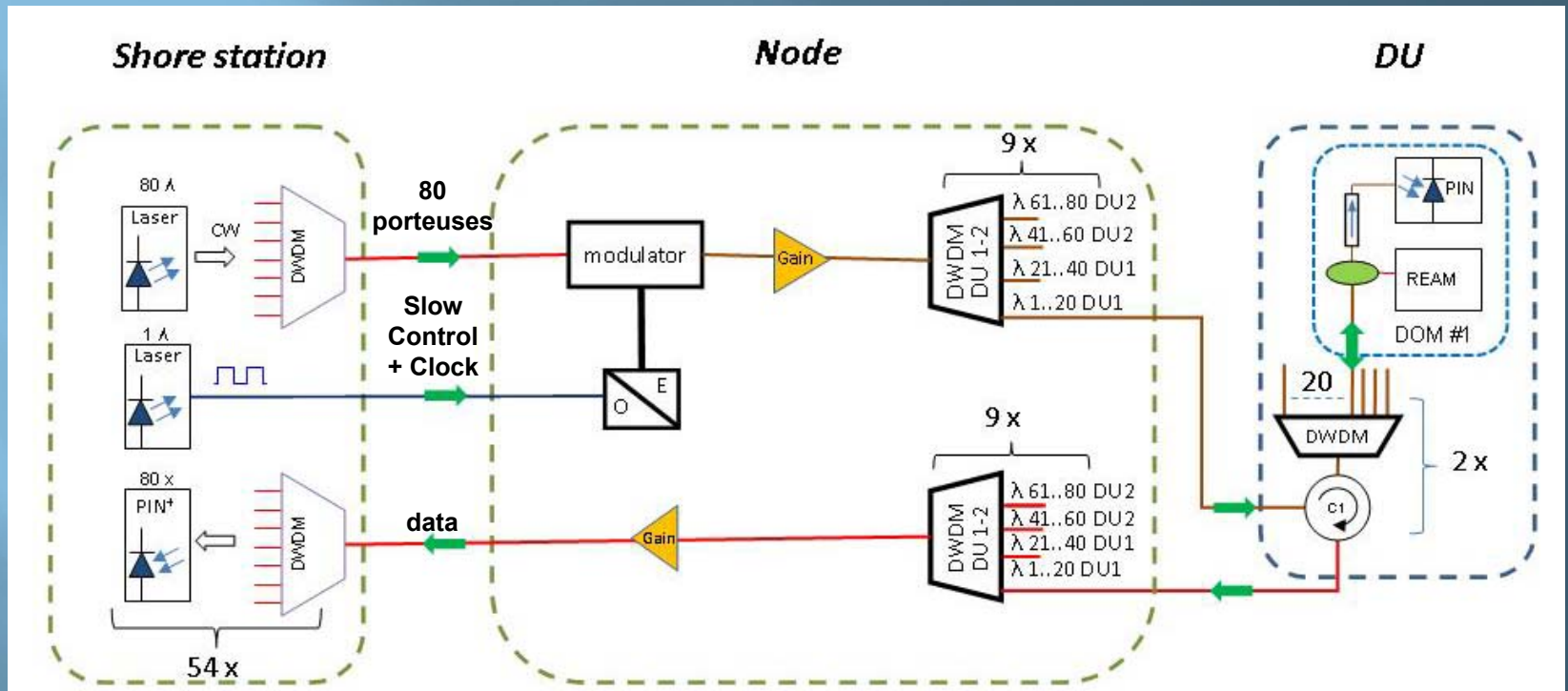
La carte logique centrale du DOM

Un hub ethernet communiquant directement avec la terre



“All data to shore” concept

“Dense Wavelength Division Multiplexing” (DWDM, 80λ / fibre)



Un concept déjà utilisé par ANTARES avec 8λ / fibre

Principales différences / ANTARES:

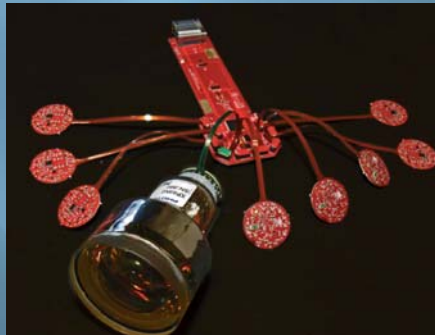
- Pas de laser offshore mais modulation réfléctive d'un signal de laser onshore
- Clock insérée dans la trame ethernet sans fibre optique dédiée

Composants DOM en cours de test et d'assemblage

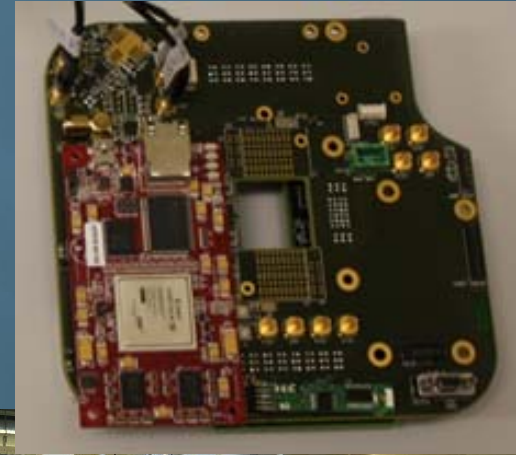


150 PM livrés
par ETEL et
HAMAMATSU

Bases basse
consommation
développées
à NIKHEF



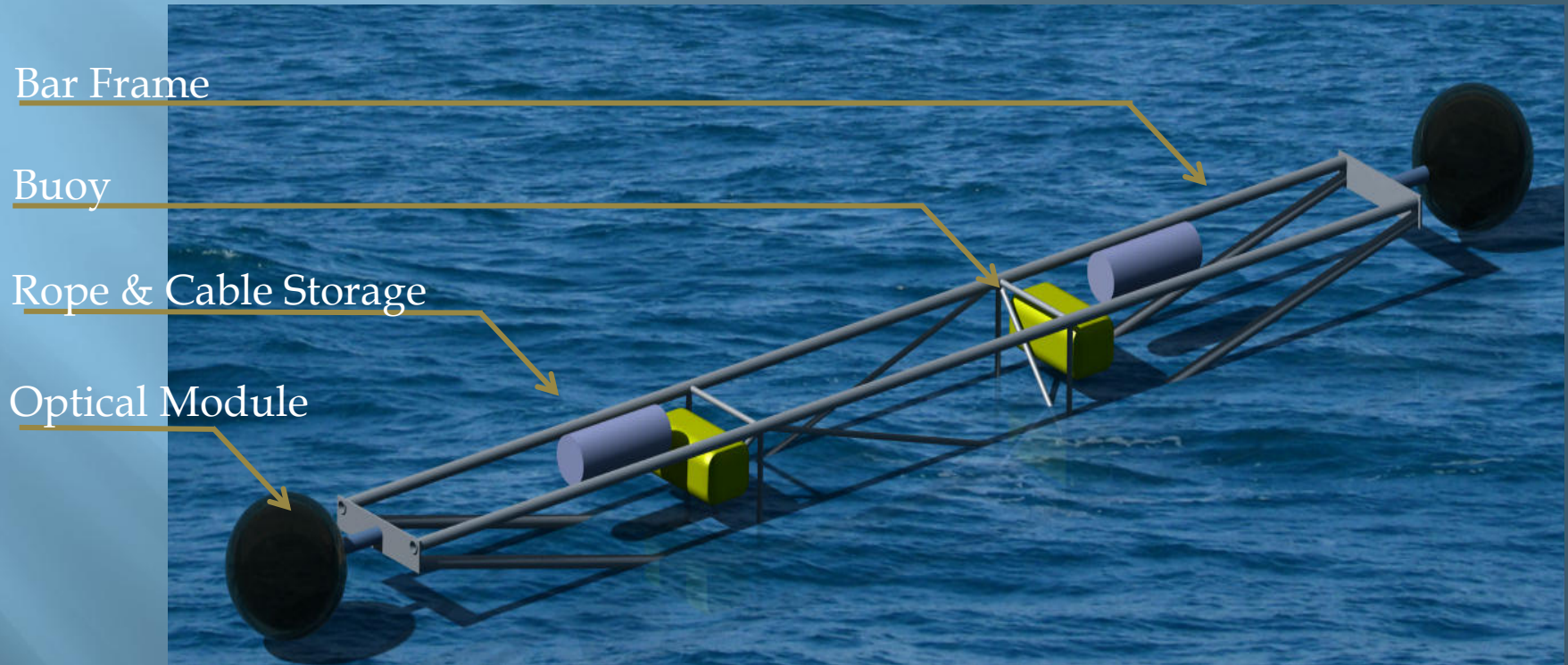
Carte
Logique
Centrale
à Saclay



Banc de test transferts optiques à NIKHEF

MECANIQUE

Un étage de ligne de détection

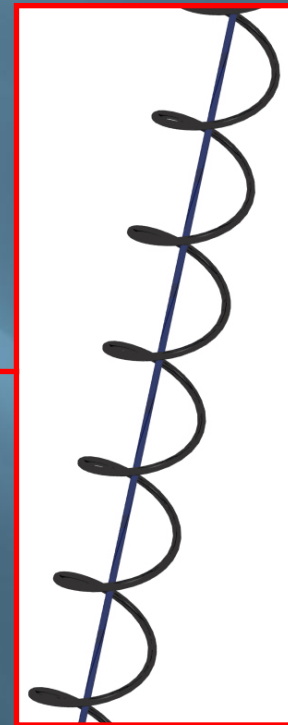
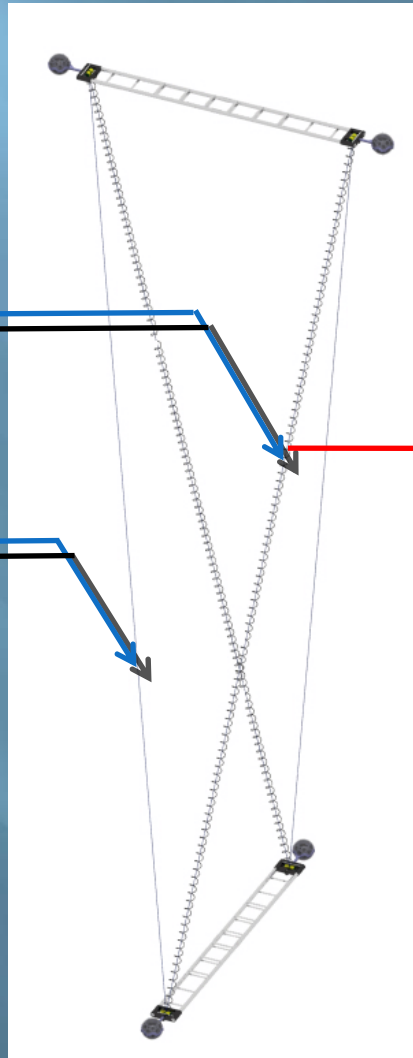


MECANIQUE

Liens entre étages

Data VEOC

Mechanical Cable
(Dyneema rope)



2 VEOCs
("Vertical
Electro-Optical
Cable")

avec chacun
2 conducteurs
et 11 fibres en
équipression

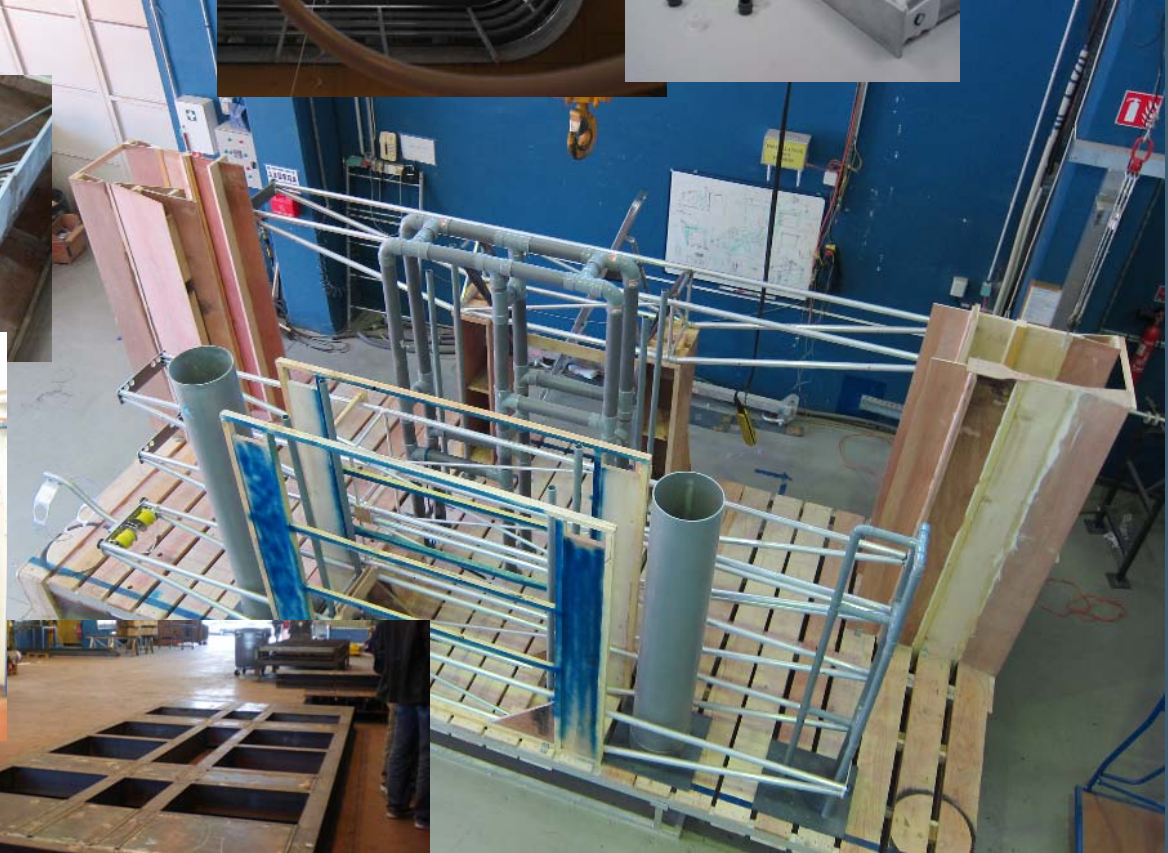
Composants mécaniques en cours de test et d'assemblage



Cable vertical
électro-optique
(VEOC)



Supports
de DOM



Ancre prototype

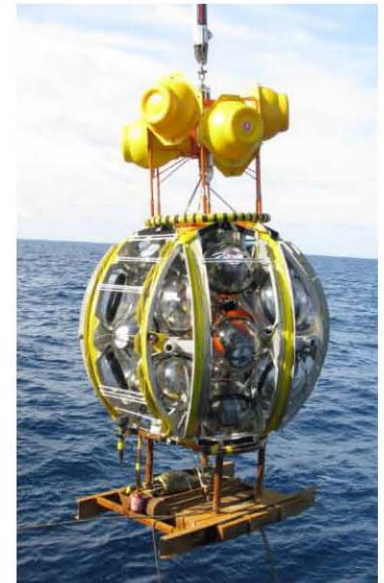
Maquette échelle 1 au CPPM

MECANIQUE

Alternative de backup: “DOM-strings”...

- *Lignes non stéréoscopiques*
- *2 x plus de connexions nécessaires*

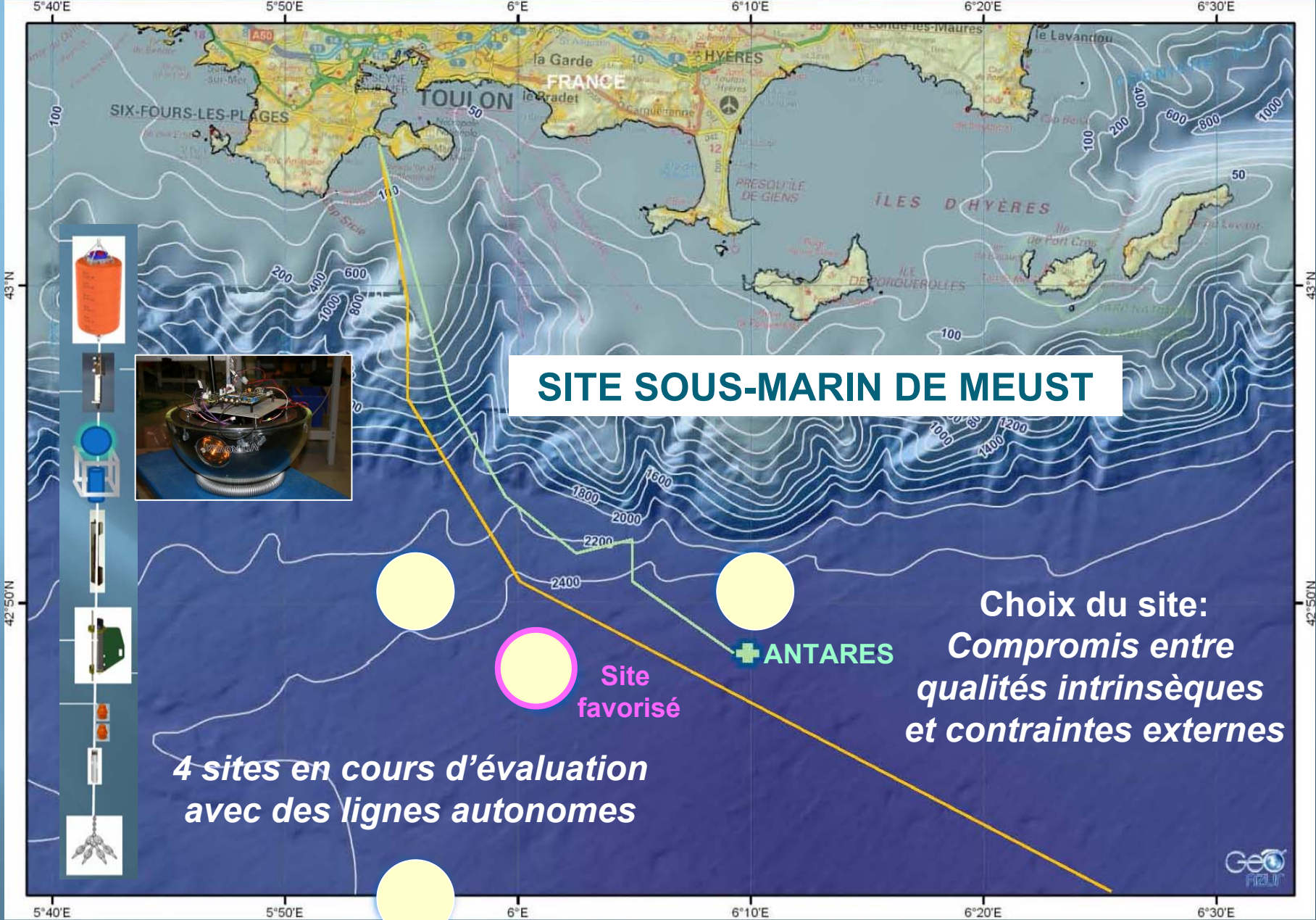
Outil de déploiement :



COMPOSANTS TECHNIQUES : INFRASTRUCTURE SOUS-MARINE

HIGHLIGHT:

*Design d'un réseau modulaire et extensible
extrapolé d'ANTARES,
fondé sur des composants industriels.*



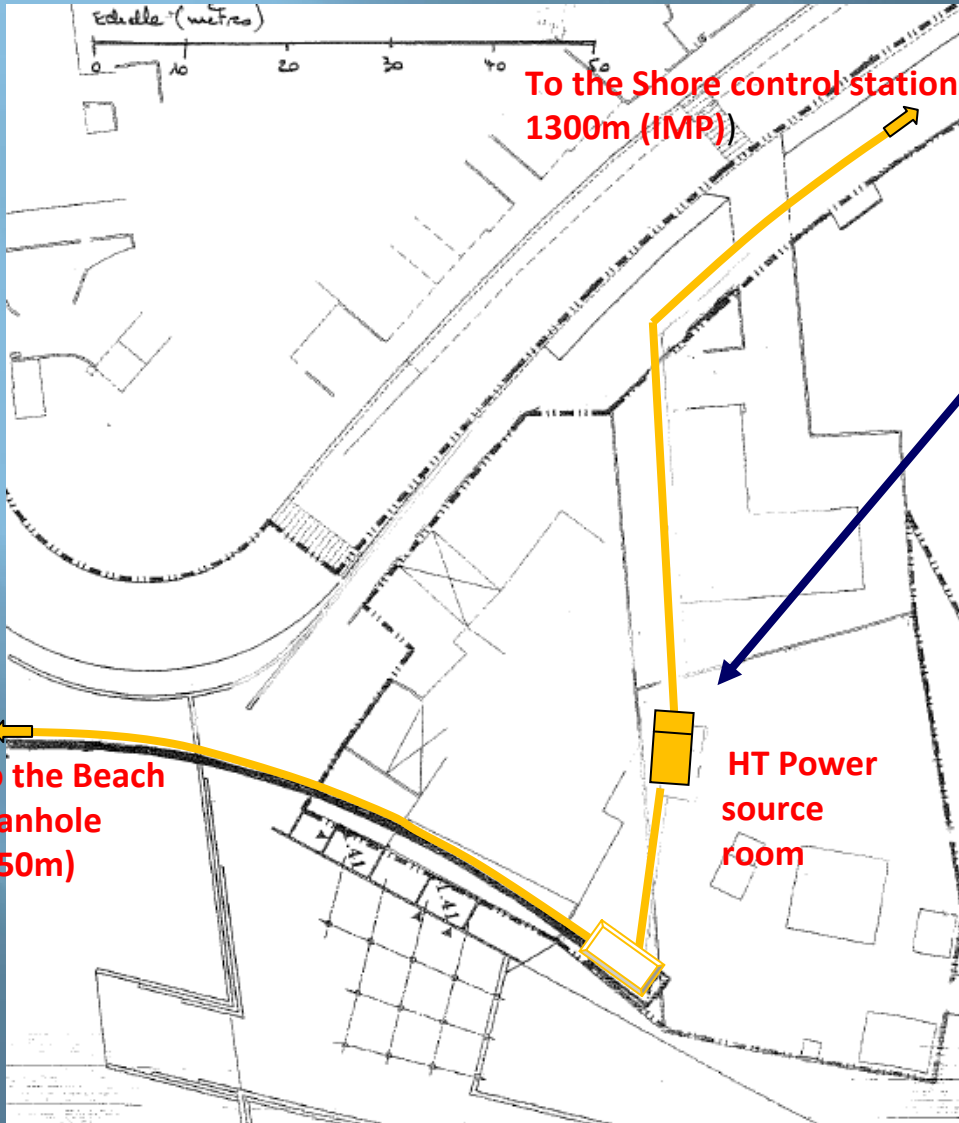
Bathymétrie préliminaire à 100m du site favorisé



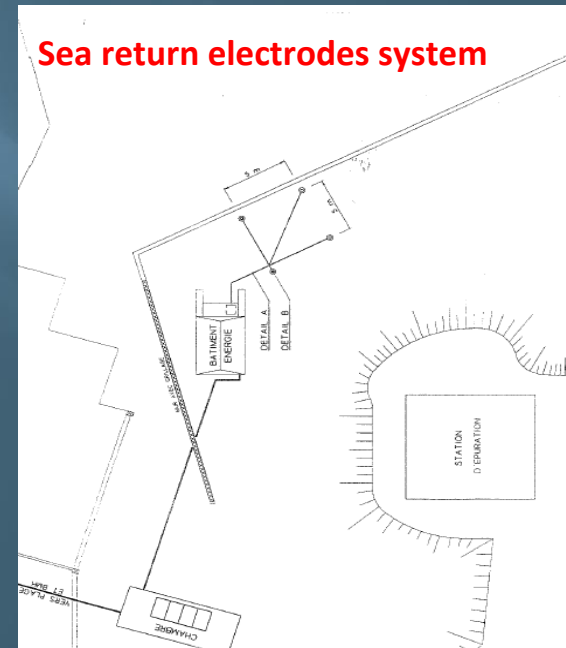
AUV IFREMER

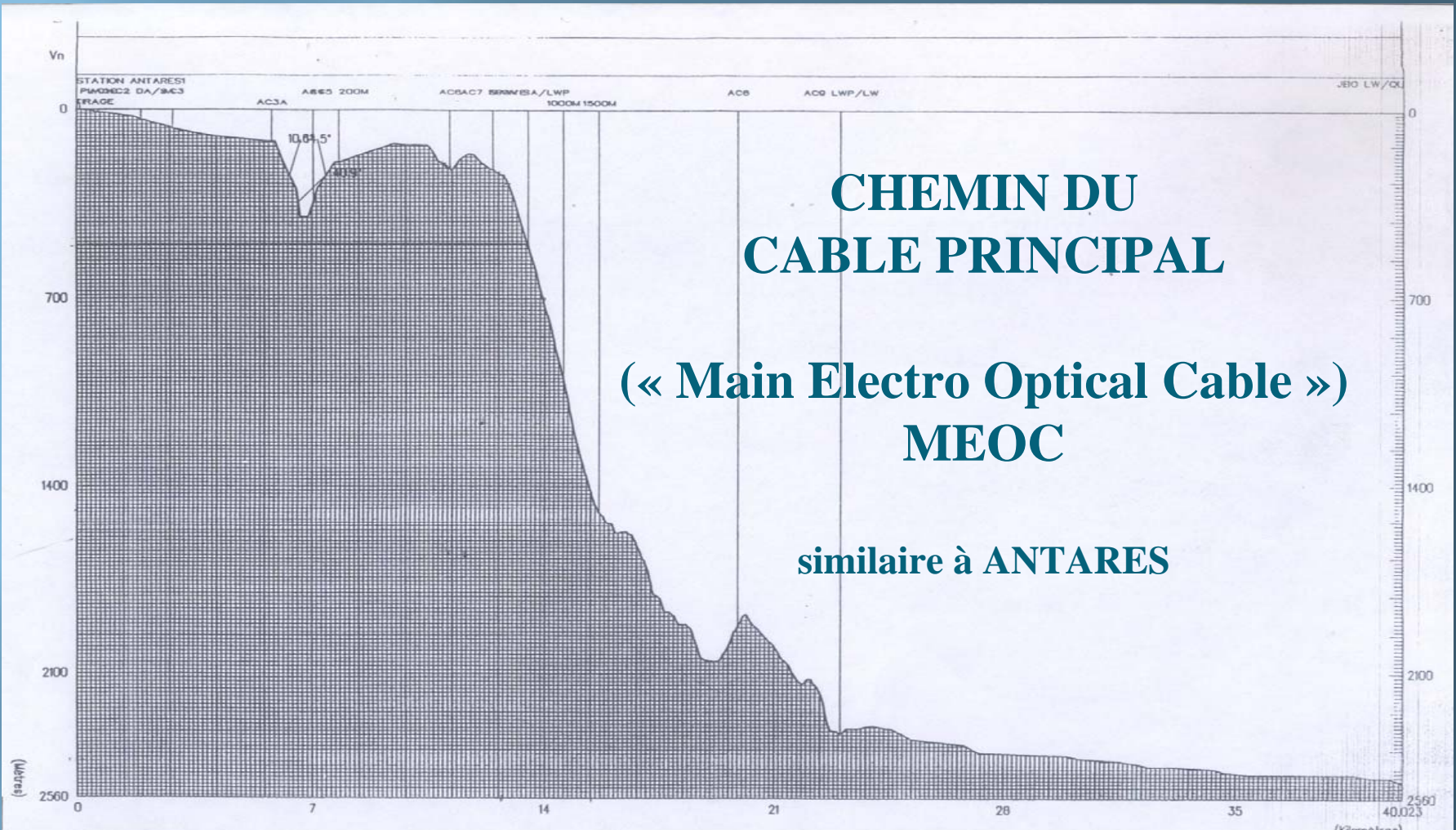
Campagnes de mesures détaillées programmées en 2012 avec l'IFREMER

ATTERRAGE AUX SABLETTES



Ne demande qu'une extension de la « Power Hut » d'ANTARES (en cours de programmation)





DA



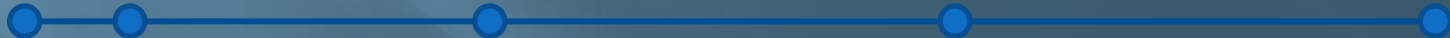
SA



LWP



LW



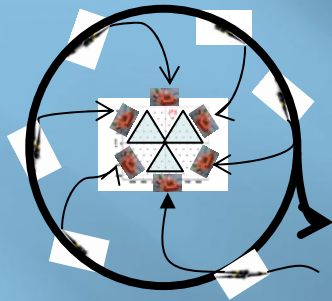
SPECIFICATIONS ELECTRO-OPTIQUES DU MEOC

*Dimensionné pour un Building Block KM3NeT (~100 DUs)
tenant compte des spécifications
en puissance et transfert de données des DUs*

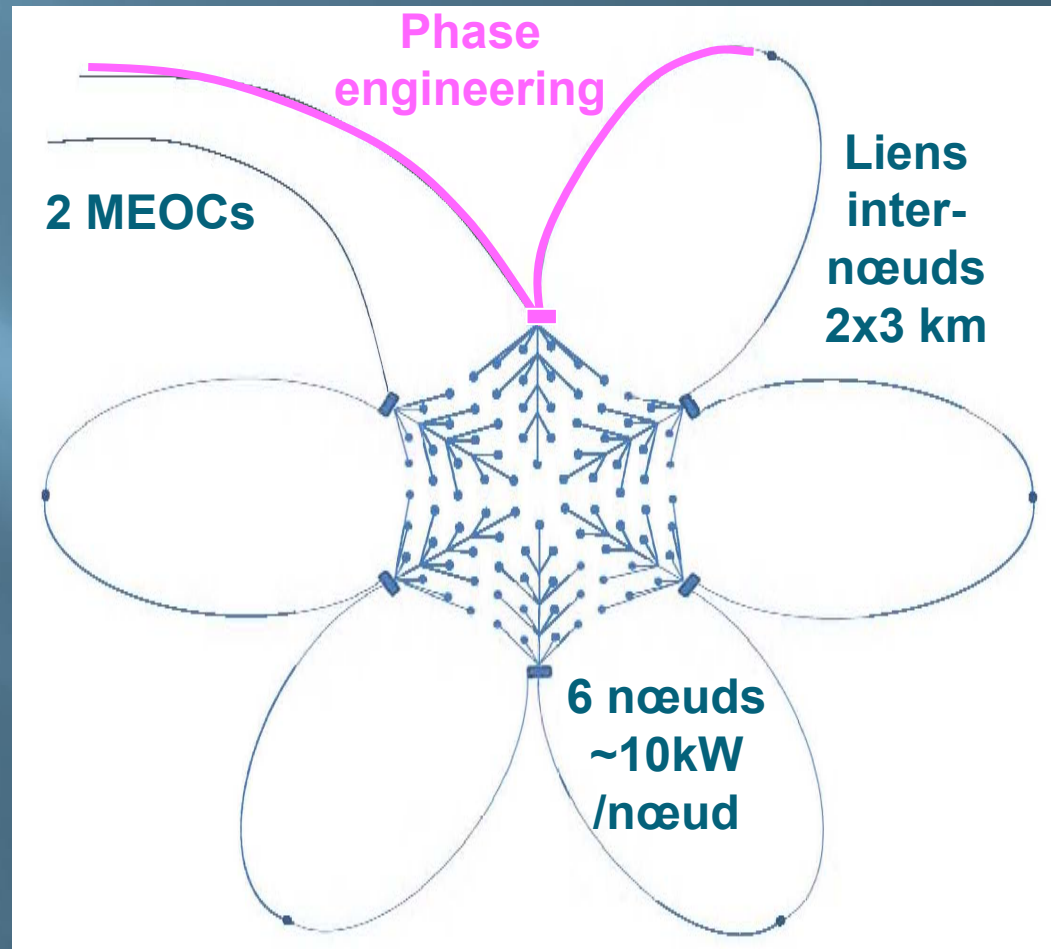
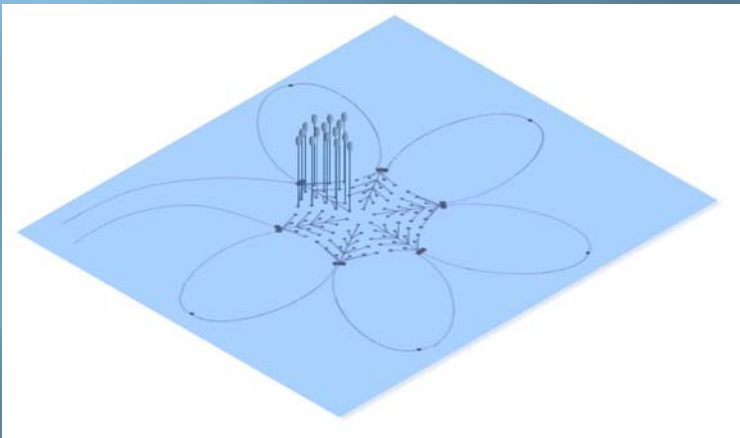
Caractéristiques similaires au MEOC ANTARES:

- Longueur 30-50 km fonction du site choisi
- 1 conducteur, retour par la mer
- Transport puissance en courant alternatif,
- Max 6500 VAC at 50 Hz, 30 A, 1 Ohm / km
- Minimum 36 fibres optiques monomode,
- Bande principale à 1550 nm, atténuation < 0.25 dB / km

TOPOLOGIE DU RESEAU SOUS-MARIN

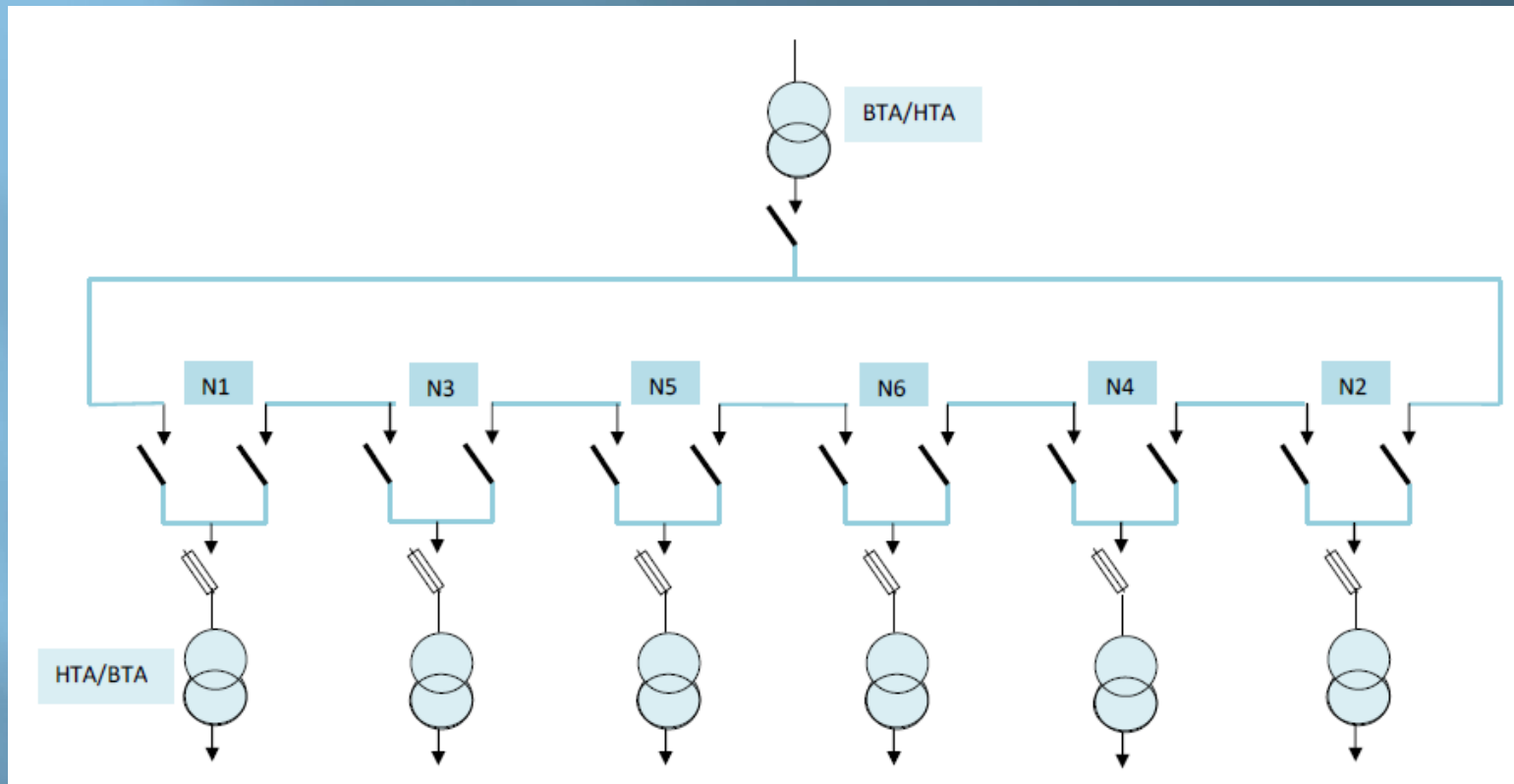


TDR
KM3NeT



**Modulaire, extensible à ~100 lignes (~1 Building Block KM3NeT),
Composant industriels pour câbles et connectique**

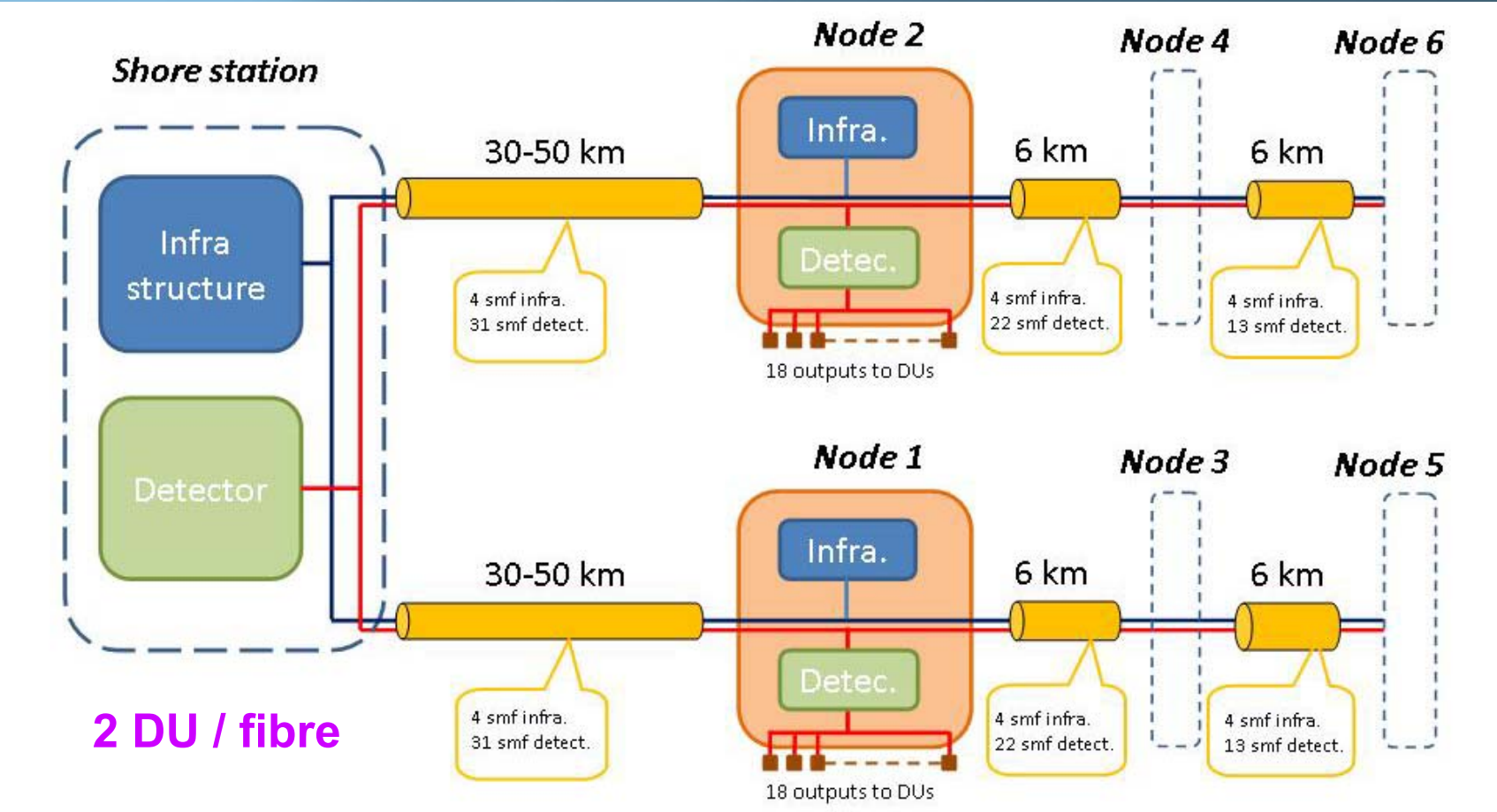
DISTRIBUTION PUISSANCE ELECTRIQUE



Réseau en boucle assurant une redondance vis-à-vis d'un défaut de connection

Fonctionnalités validées par simulation quantitative du réseau à pleine charge

RESEAU OPTIQUE TRANSFERT DE DONNEES

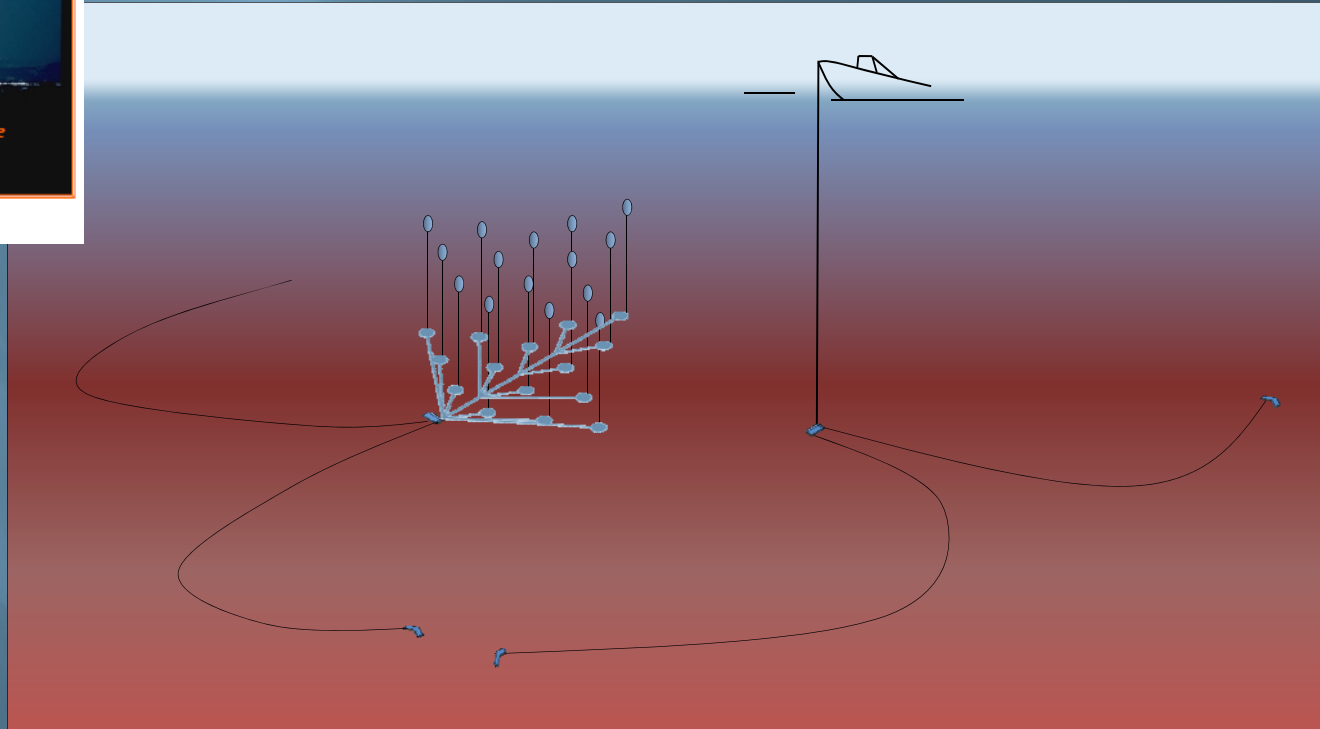


Fondé sur des méthodes et composants standards des télécommunications

PROJET MEUST

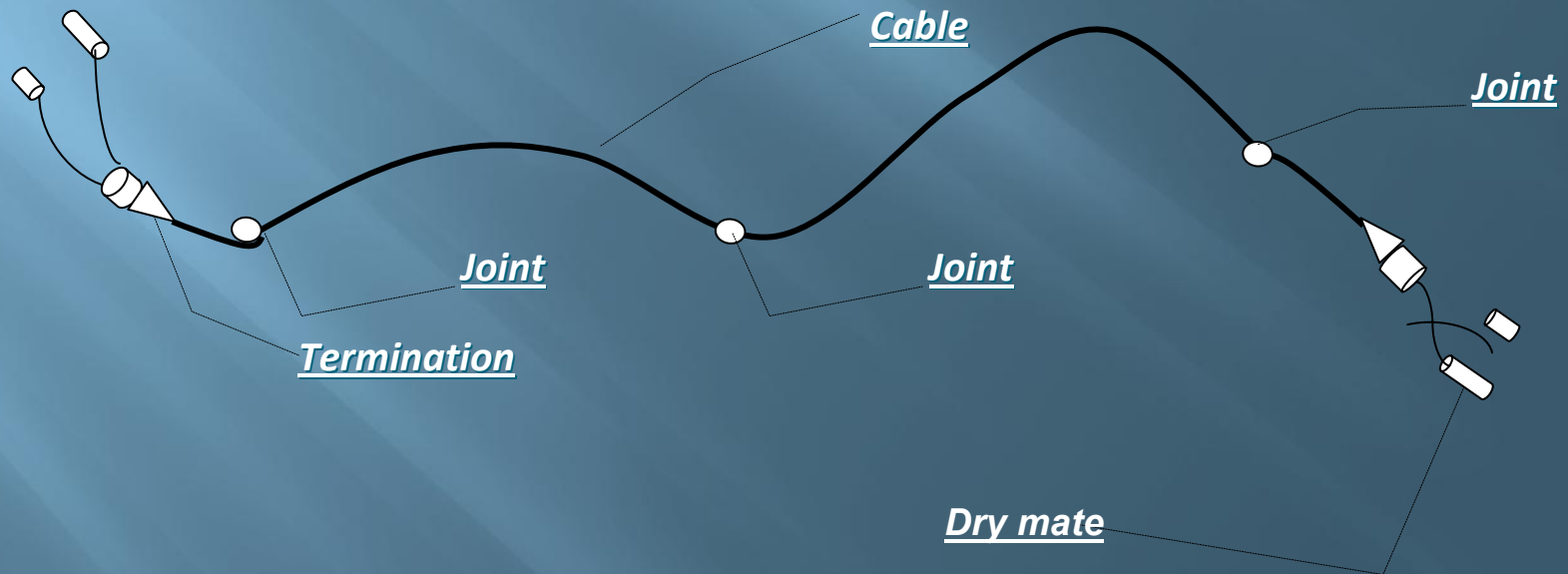


METHODE DE DEPLOIEMENT



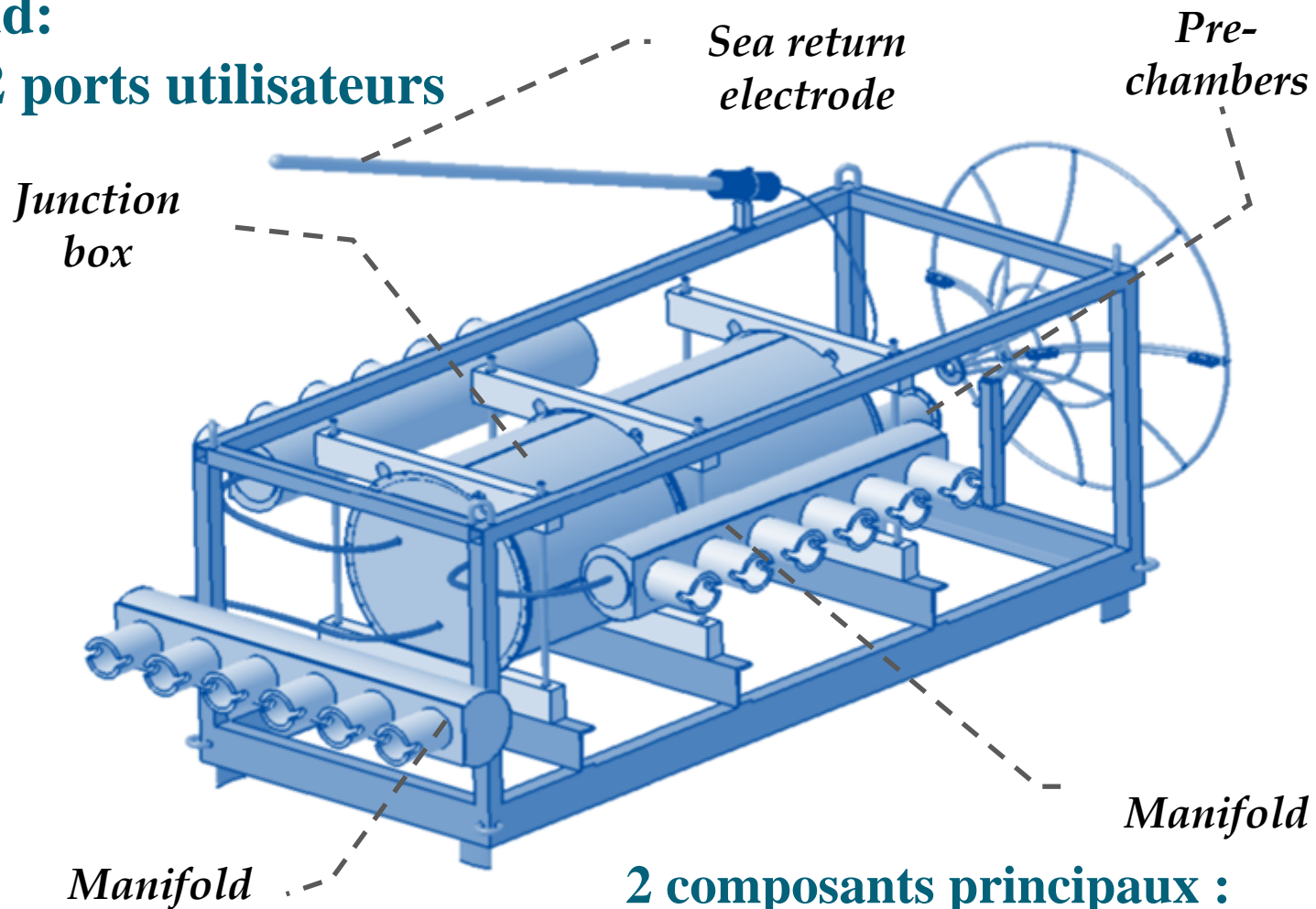
COMPOSANTS DU RESEAU

Liens inter-nœuds



COMPOSANTS DU RESEAU *suite*

Nœud:
16+2 ports utilisateurs



2 composants principaux :
Noeud = Junction Box + Manifolds

Composants infrastructure pour maquette et prototype

Maquette pour tests déploiement

Contacteur
d'entrée



Résistance
de charge
(tests)



Transformateur
HT/BT



AC/DC



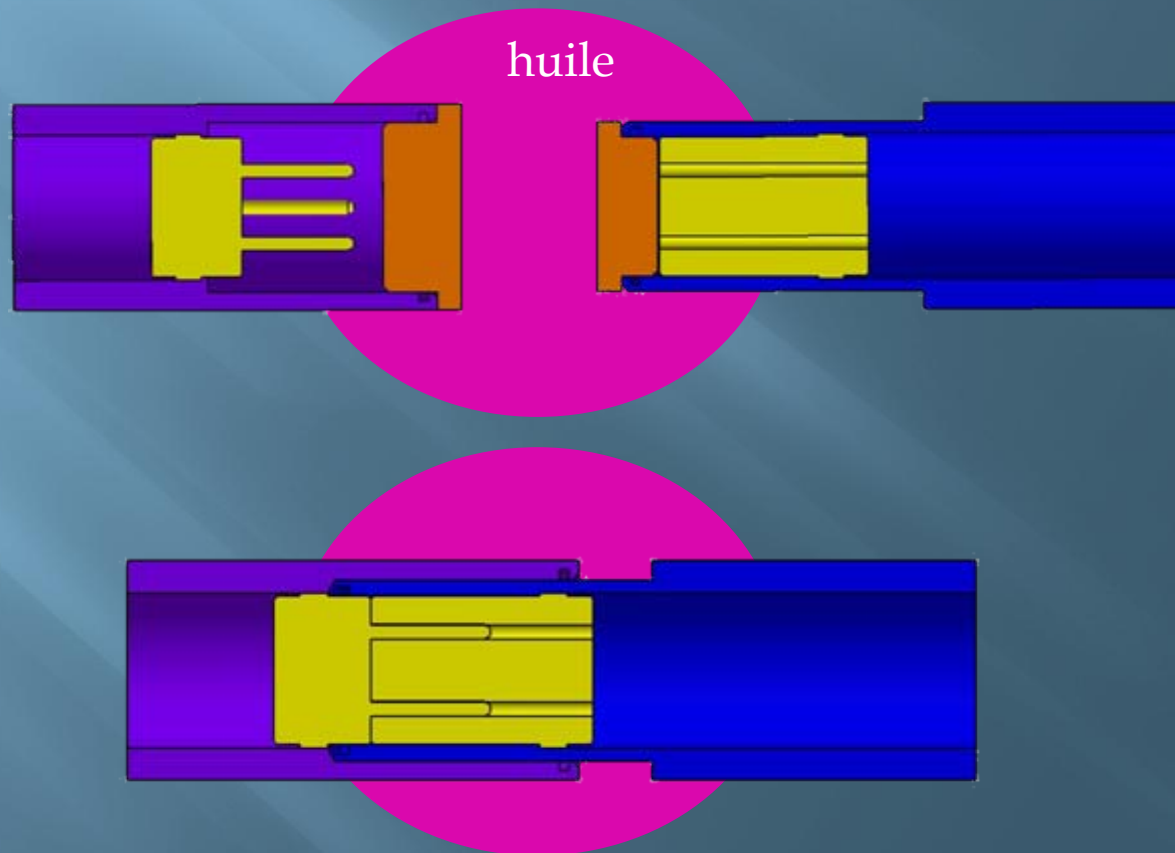
Disjoncteur

R&D CONNECTEURS

FUI POWERMATE (EDF+COMEX+CNRS)

basé sur brevet CPPM

Connectors standard (marinisés) connectés dans l'huile



ORGANISATION DU PROJET

HIGHLIGHT:

*Accord sur la mise en place
d'un management central de KM3NeT
pour la phase post-PP*

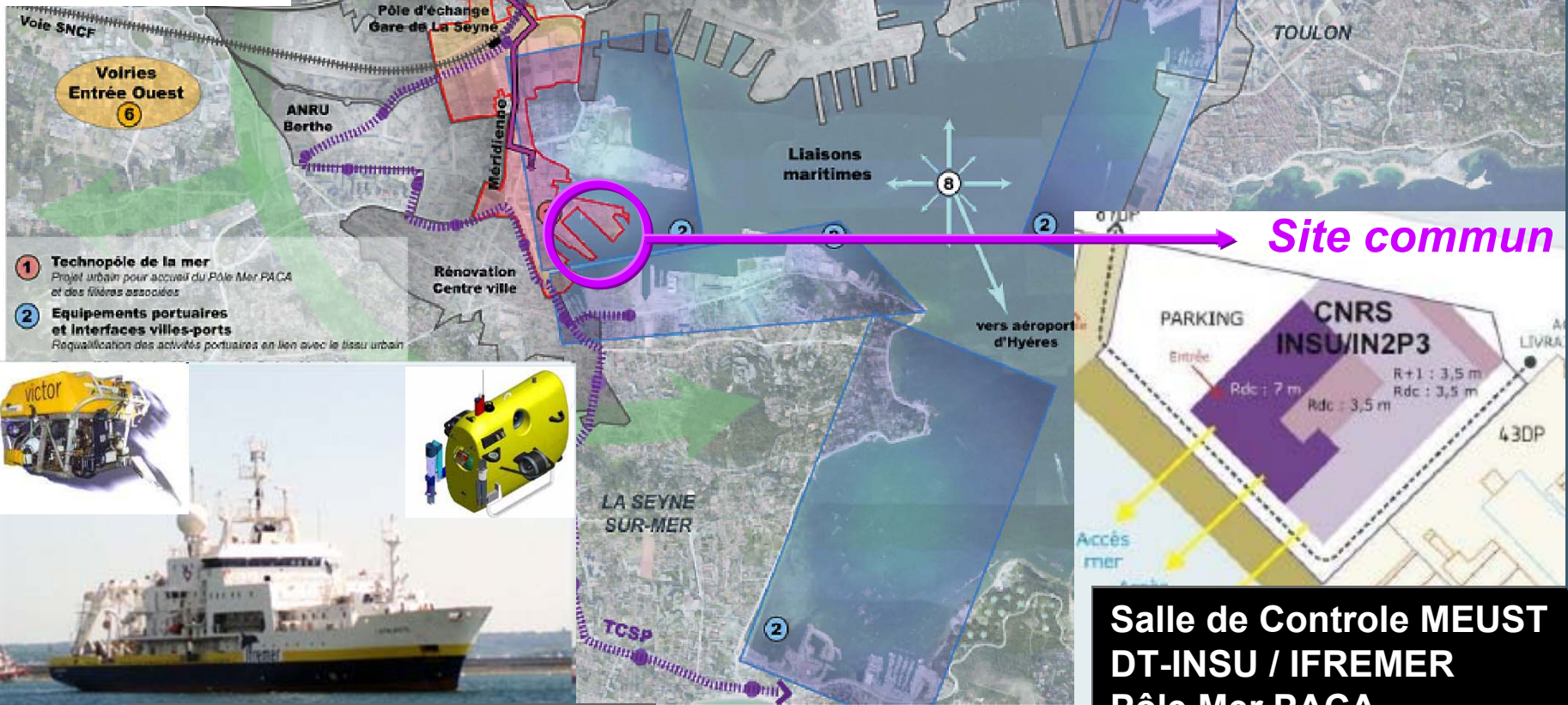
MEUST_neutrinos = KM3NeT-Toulon

LOGISTIQUE LOCALE MEUST

Intégrée dans la restructuration en cours de la rade de Toulon



TOULON PROVENCE
MÉDITERRANÉE
Territoire d'avenir !



- 1 **Technopôle de la mer**
Projet urbain pour accueil du Pôle Mer PACA et des filières associées
- 2 **Equipements portuaires et interfaces villes-ports**
Requalification des activités portuaires en lien avec le tissu urbain



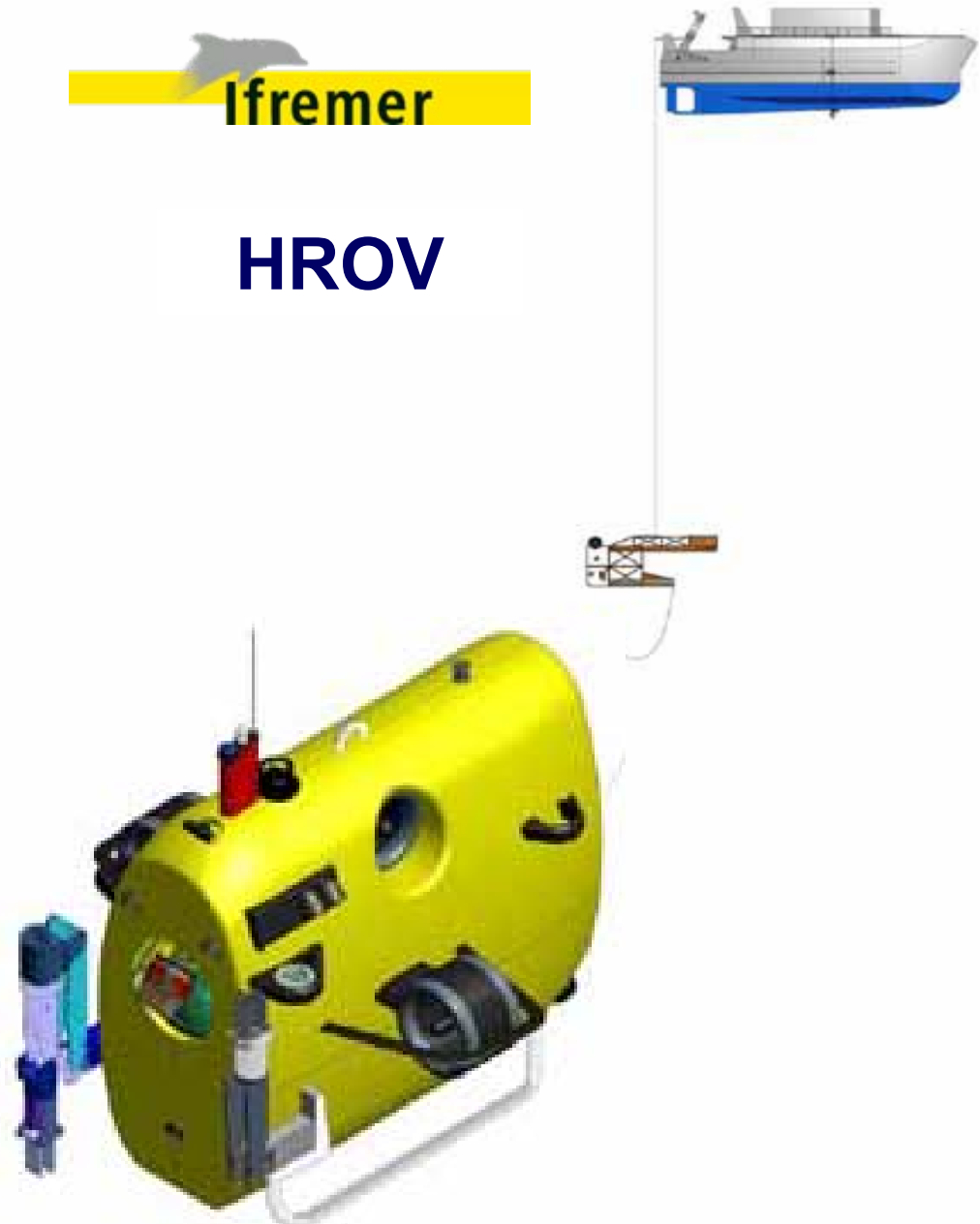
+ bateaux et moyens d'intervention sousmarins

**Salle de Contrôle MEUST
DT-INSU / IFREMER
Pôle Mer PACA
Future MIO**

- Nouveau ROV léger développé par l'IFREMER
- Déployable à partir d'un bateau de taille moyenne
- Equipage réduit pour les opérations
- Adapté à la connection des lignes KM3NeT (spécifié à 3000m)
- Basé en Méditerranée, disponible ≥ 2014

IFREMER

HROV

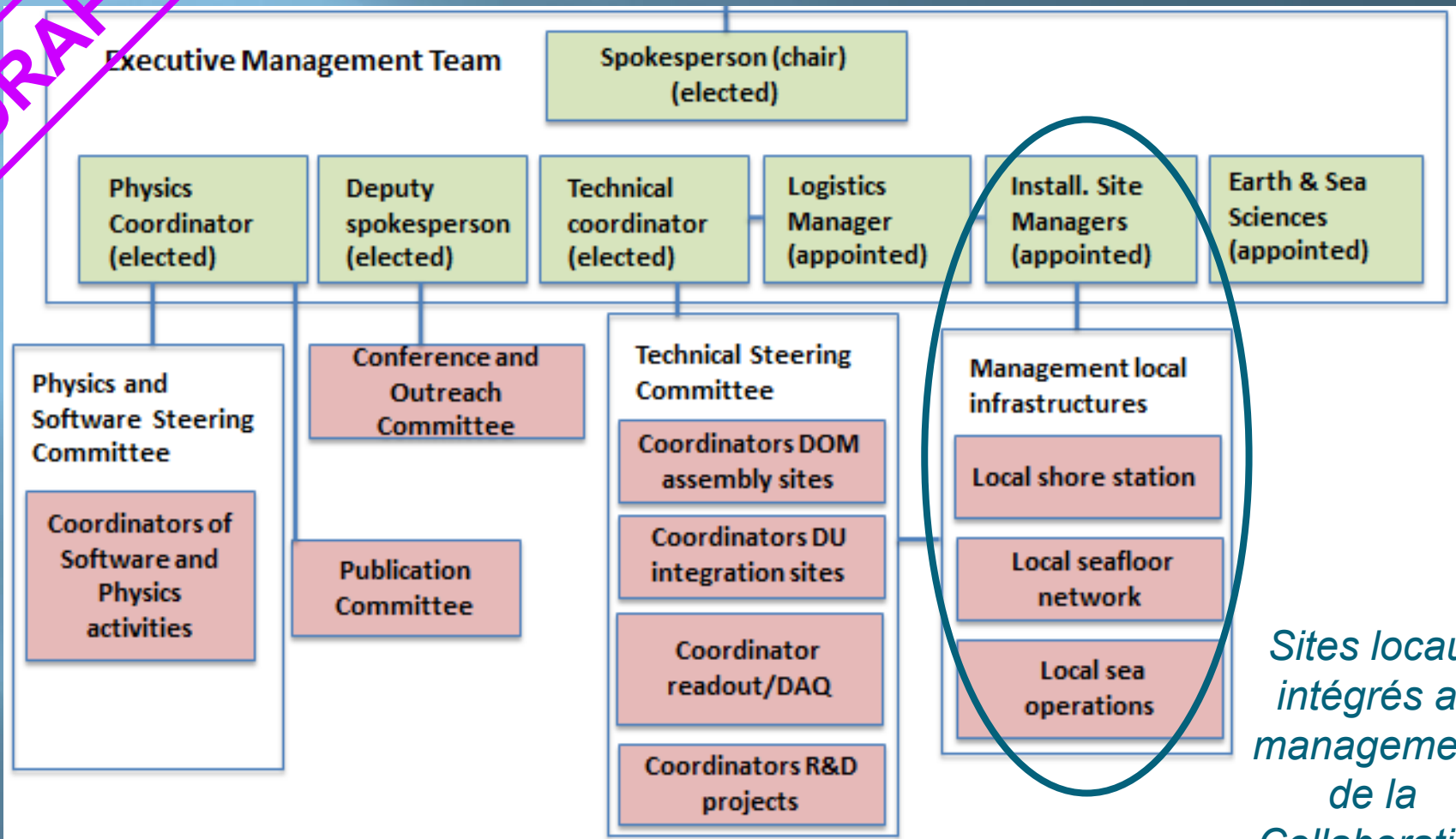


ORGANISATION KM3NeT post-PP (≥ Fév. 2012)

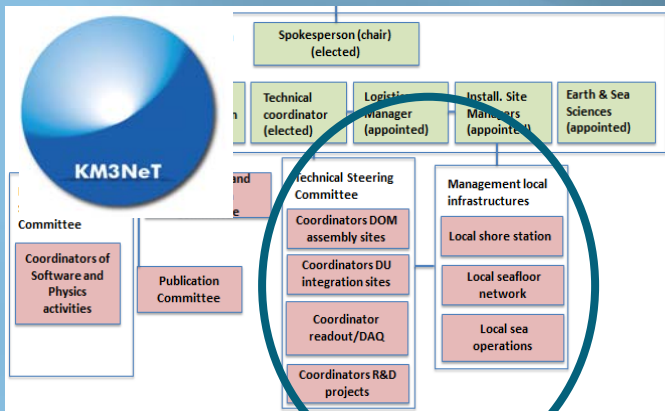
(Consortium → Collaboration)

en discussion dans le cadre d'un MOU KM3NeT

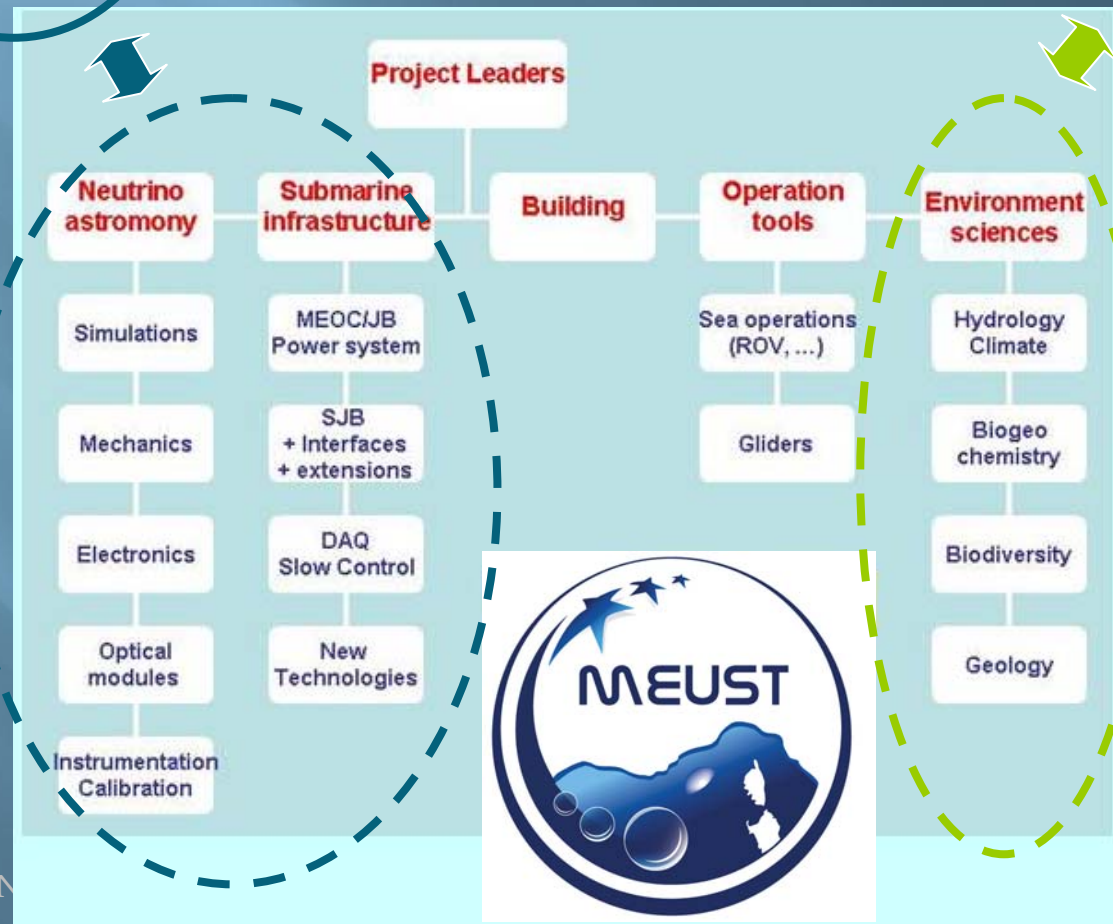
DRAFT



*Sites locaux
intégrés au
management
de la
Collaboration*

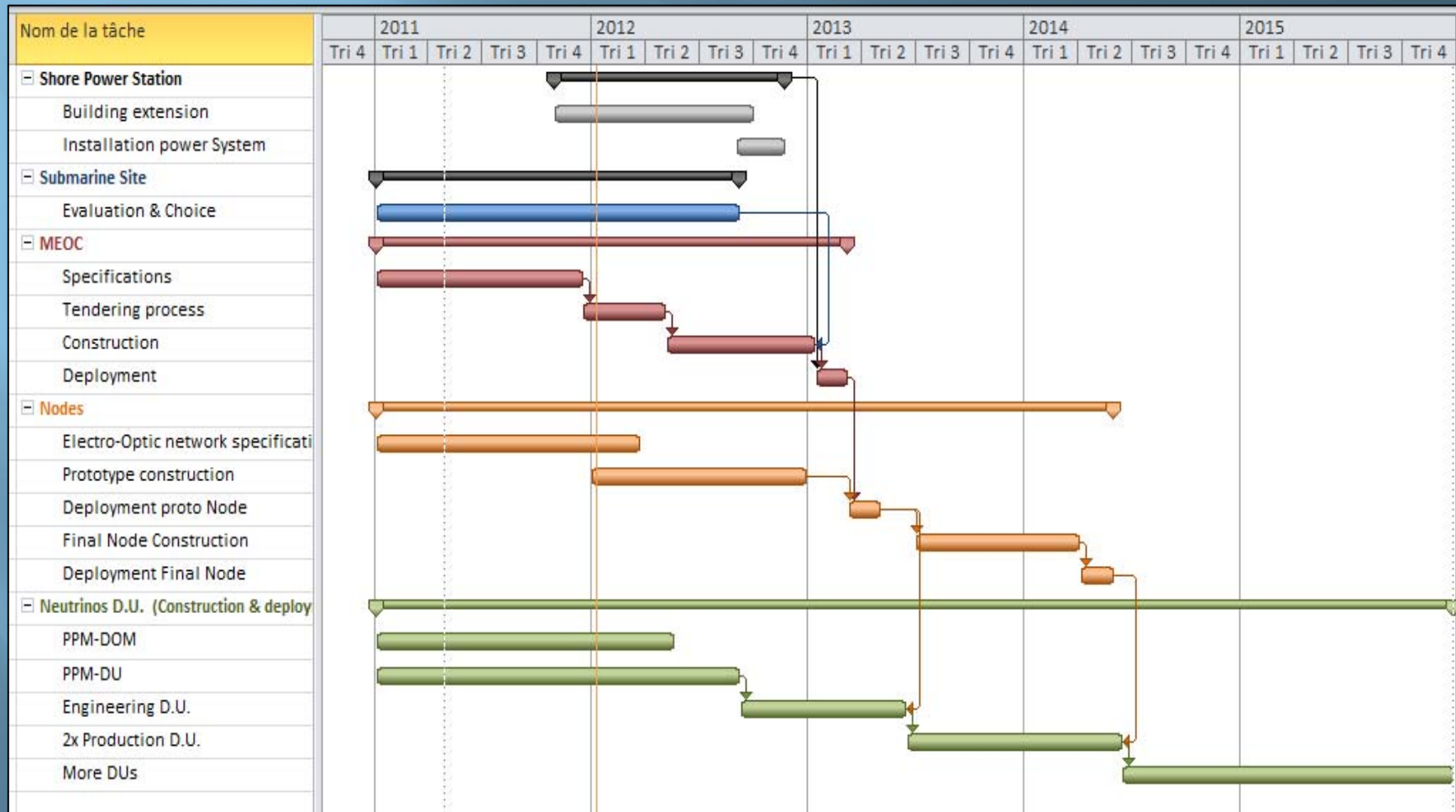


ORGANISATION INTERNE MEUST



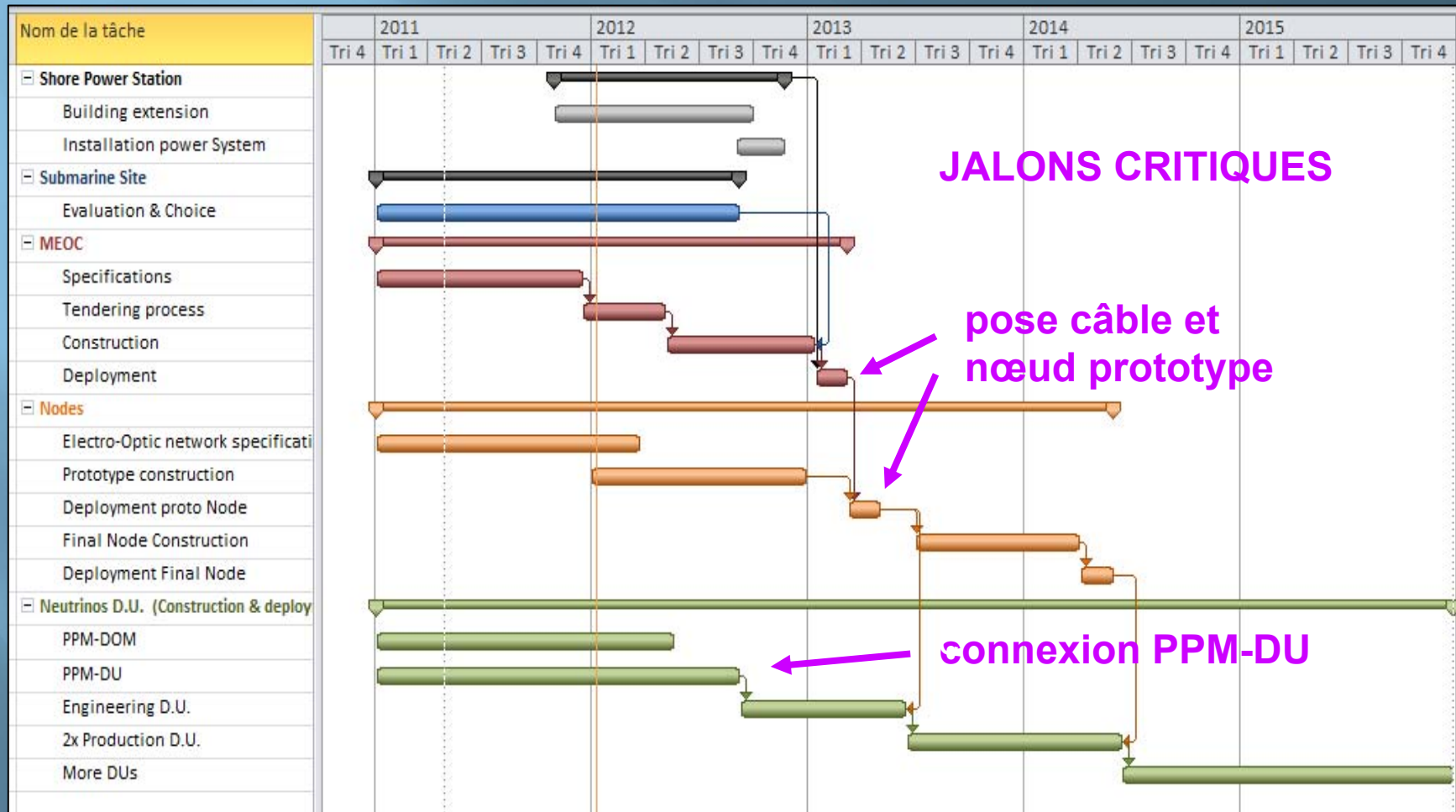
PLANNING ENGINEERING KM3NeT dans MEUST

Contrainte FEDER

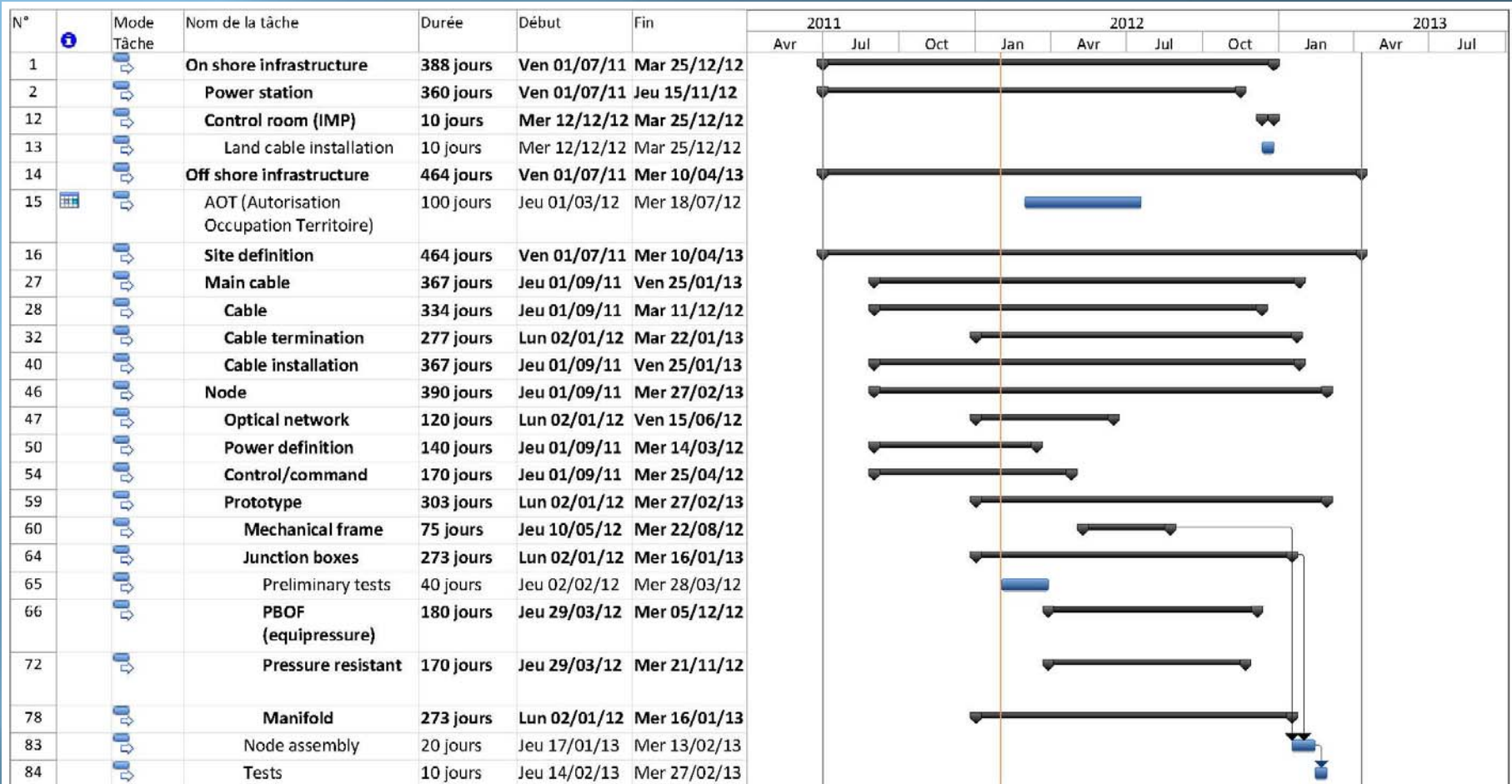


PLANNING ENGINEERING KM3NeT dans MEUST

Contrainte FEDER



ZOOM SUR 2012 : infrastructure



Projet : Infrastructure planning
Date : Mer 01/02/12

Tâche		Jalons externes		Report récapitulatif manuel	
Fractionnement		Tâche inactive		Récapitulatif manuel	
Jalon		Jalon inactif		Début uniquement	
Récapitulative		Récapitulatif inactif		Fin uniquement	
Récapitulatif du projet		Tâche manuelle		Échéance	
Tâches externes		Durée uniquement		Avancement	

ZOOM SUR 2012 : Finalisation PPM-DU KM3NeT-PP

Project	Deployment	Production Models Delivered
Mini-DOM in ANTARES	Mar 2012	PMTs (Jun-Aug 2012)
Full DOM in ANTARES	May 2012	DOM assembly/ DOM performance/calibr./readout/DAQ (Sep 2012)
Mechanical DU 5 storeys	Apr-Aug 2012	DU integration, DU mechanics, Unfurling (Sep 2012)
Mechanical DU 20 storeys	Sep 2012	Backbone (Oct 2012)
Mini-tower	Oct 2012	Update on PMs (Dec 2012)

ZOOM SUR 2012 : Finalisation PPM-DU KM3NeT-PP

Project	Deployment	Production Models Delivered
Mini-DOM in ANTARES	Mar 2012	PMTs (Jun-Aug 2012)
Full DOM in ANTARES	May 2012	DOM assembly/ DOM performance/calibr./readout/DAQ (Sep 2012)
Mechanical DU 5 storeys	Apr-Aug 2012	DU integration, DU mechanics, Unfurling (Sep 2012)
Mechanical DU 20 storeys	Sep 2012	Backbone (Oct 2012)
Mini-tower	Oct 2012	Update on PMs (Dec 2012)

2013 – 2014 :

- Mise en place modèle de production des DUs finales
- Construction des premières DU de production
- Revue de Production (“Production Readiness Review”)

CONTRIBUTIONS SOUHAITEES DES LABORATOIRES

LABO	FTE	CONTRIBUTIONS
APC-Paris	2,7	Banc de test et caractérisation des composants optiques.
CPPM-Marseille	12,9	Conception et déploiement de l'infrastructure sous-marine. Conception mécanique de l'ancre des DUs. Qualification en mer des prototypes de DU. Site d'intégration des DU.
GRPHE-Mulhouse	1,5	Qualification du site. Data Base et Slow Control de l'infrastructure.
IPHC-Strasbourg*	2,5	Qualification du site et études de la bioluminescence. Site d'intégration des DOMs.
LPC-Clermont	2,5	Carte logique centrale des DOM et firm/software embarqué. Modélisation du comportement mécanique des DUs.

* sous réserve renforcement en physiciens

(+ contribution du CEA limitée à 2012)

CONTRIBUTIONS SOUHAITEES DES LABORATOIRES

LABO	FTE	CONTRIBUTIONS
APC-Paris	2,7	Banc de test et caractérisation des composants optiques.
CPPM-Marseille	12,9	Conception et déploiement de l'infrastructure sous-marine. Conception mécanique de l'ancre des DUs. Qualification en mer des prototypes de DU. Site d'intégration des DU.
GRPHE-Mulhouse	1,5	Qualification du site. Data Base et Slow Control de l'infrastructure.
IPHC-Strasbourg*	2,5	Qualification du site et études de la bioluminescence. Site d'intégration des DOMs.
LPC-Clermont	2,5	Carte logique centrale des DOM et firm/software embarqué. Modélisation du comportement mécanique des DUs.

* sous réserve renforcement en physiciens

(+ contribution du CEA limitée à 2012)

**Expertise/contributions
à renforcer sur :**

- Conception mécanique
- Transmission optique des données
- Electronique de contrôle de l'infrastructure
- Simulations de physique

ASPECTS BUDGETAIRES

PHASE ENGINEERING DE MEUST

DEPENSES (M€)

Infrastructure sous-marine	4,6
3 lignes neutrino	2,9
Instrumentation sciences environnement	0,5
Bâtiment	8,5

ASPECTS BUDGETAIRES

PHASE ENGINEERING DE MEUST

DEPENSES (M€)

Infrastructure sous-marine	4,6
3 lignes neutrino	2,9
Instrumentation sciences environnement	0,5
Bâtiment	8,5

RESSOURCES (M€)

FEDER	4,0	Convention CNRS-FEDER de 8 M€ sur 2011-14 pour les composants sous-marins
TGIR	3,0	40% déjà distribués
IN2P3	0,5	Programmés sur 2012-2013
INSU	0,5	Déjà dépensés (rosettes/gliders)

ASPECTS BUDGETAIRES

PHASE ENGINEERING DE MEUST

DEPENSES (M€)

Infrastructure sous-marine	4,6
3 lignes neutrino	2,9
Instrumentation sciences environnement	0,5
Bâtiment	8,5
Lignes neutrino supplémentaires	?

RESSOURCES (M€)

FEDER	4,0	Convention CNRS-FEDER de 8 M€ sur 2011-14 pour les composants sous-marins
TGIR	3,0	40% déjà distribués
IN2P3	0,5	Programmés sur 2012-2013
INSU	0,5	Déjà dépensés (rosettes/gliders)
CNRS Immobilier	4,5	Programmés à partir de 2012
TPM	1,75	Budget voté
CG83	1,75	En cours de négociation
PACA	X	En cours de négociation

PLANNING DEPENSES CONVENTION CNRS-FEDER

ITEM	≤2009	2010	2011	2012	2013	Total by item
Main EO Cable & deployment			0.11	1.68		1.79
Node (1 prototype and 1 final)			0.28	0.48	1.02	1.78
<i>mechanics & elect.</i>			0.28	0.21	0.21	
<i>Manifold</i>				0.12	0.36	
<i>link node-node</i>				0.15	0.45	
Power station			0.09	0.07	0.00	0.16
Control room				0.02	0.04	0.07
Rosettes-gliders	0.50					0.50
Prototype DU		0.33	0.06	0.19	0.00	0.58
Engineering DU				0.30		0.30
Final DU (x2)					1.65	1.65
<i>PMTs</i>					0.62	
<i>mechanics</i>					0.45	
<i>Electronics</i>					0.43	
<i>installation & connection</i>					0.15	
Assembly infrastructure				0.05	0.05	0.10
Environmental instrumented lines				0.15	0.35	0.50
Interlink node-DU			0.01	0.10	0.16	0.27
Site definition		0.10	0.06	0.16		0.32
Total by year	0.50	0.43	0.60	3.20	3.27	8.00

PLANNING DEPENSES CONVENTION CNRS-FEDER

ITEM	≤2009	2010	2011	2012	2013	Total by item
Main EO Cable & deployment			0.11	1.68		1.79
Node (1 prototype and 1 final)			0.28	0.48	1.02	1.78
<i>mechanics & elect.</i>			0.28	0.21	0.21	
<i>Manifold</i>				0.12	0.36	
<i>link node-node</i>				0.15	0.45	
Power station			0.09	0.07	0.00	0.16
Control room				0.02	0.04	0.07
Rosettes-gliders	0.50					0.50
Prototype DU		0.33	0.06	0.19	0.00	0.58
Engineering DU				0.30		0.30
Final DU (x2)					1.65	1.65
<i>PMTs</i>					0.62	
<i>mechanics</i>					0.45	
<i>Electronics</i>					0.43	
<i>installation & connection</i>					0.15	
Assembly infrastructure				0.05	0.05	0.10
Environmental instrumented lines				0.15	0.35	0.50
Interlink node-DU			0.01	0.10	0.16	0.27
Site definition		0.10	0.06	0.16		0.32
Total by year	0.50	0.43	0.60	3.20	3.27	8.00

Budgets KM3NeT disponibles :
 France : 8 M€ convention CNRS-FEDER
 Pays Bas : 9 M€
 Italie : 23 M€ fonds régionaux européens
 Roumanie : 2,5 M€
 (+ Grèce : 50 M€ conditionnels)

→ **≥ 40 M€ disponibles**
 au niveau Européen
 (*dominés par fonds régionaux*)
 pour l'engineering puis
 la construction d'une
 première tranche de KM3NeT

RESUME

PROGRES CONSIDERABLES
sur le DESIGN SIMPLIFIE des LIGNES KM3NeT

RESEAU SOUS-MARIN EXTENSIBLE
conçu pour le SITE de TOULON

STRUCTURE CENTRALE DE COLLABORATION
pour la PHASE POST-PP de KM3NeT

BUDGETS CONSEQUENTS DISPONIBLES
pour les ETAPES à VENIR
(PRR KM3NeT en 2014)

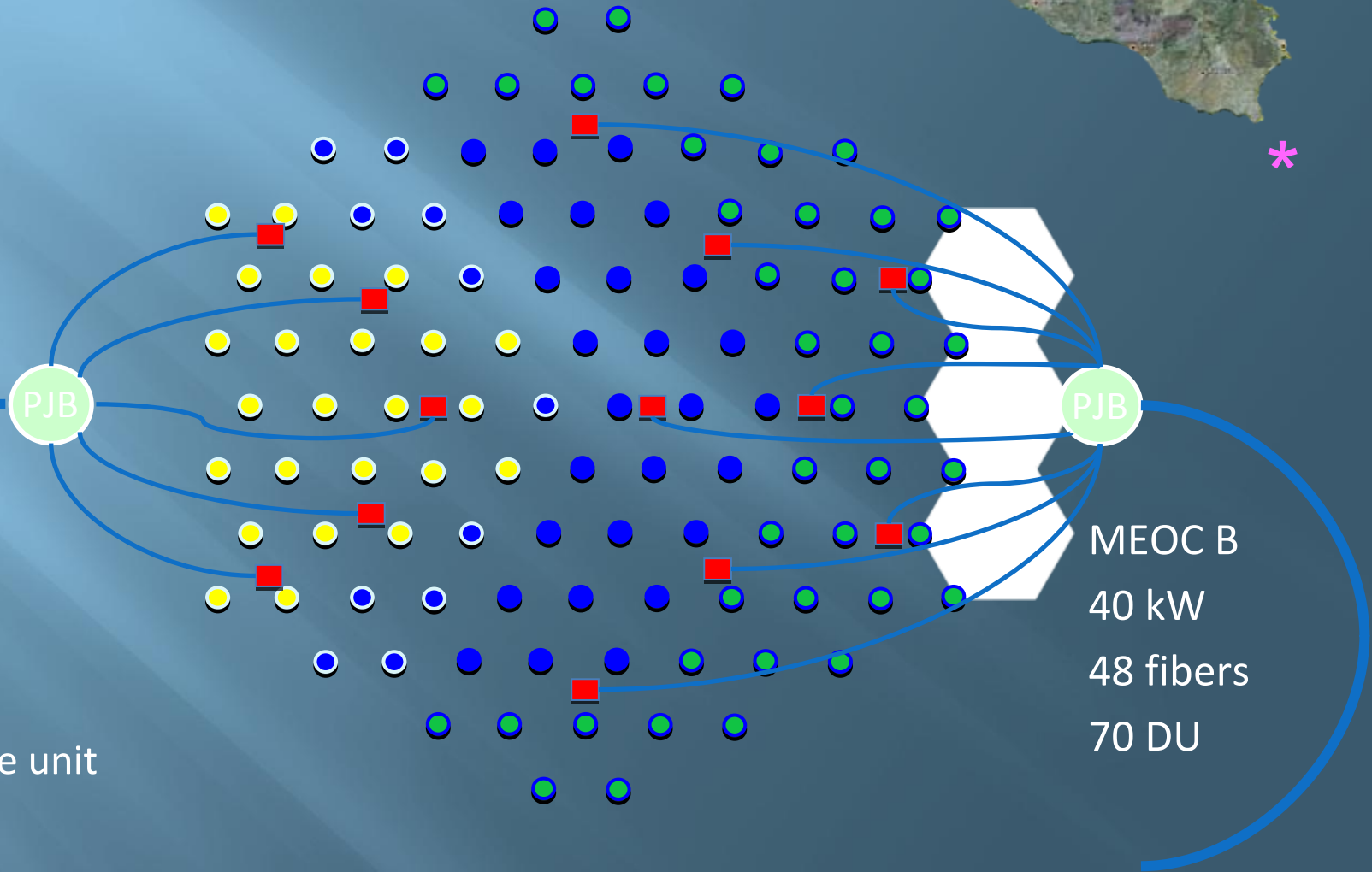
ANTARES

a positionné la France aux avant-postes
des observatoires grand fond pour
l'astroparticule et les sciences de la mer

Avec MEUST:
consolidation de cette excellence
pour préparer la construction de KM3NeT

BACKUP

Capo Passero site: seabed network plan



MEOC A
10 kW
20 fibers
25 - 30 DU

Note:
10 kW spare unit
available

MEOC B
40 kW
48 fibers
70 DU