

Intégration des Cryomodules de l'accélérateur Linéaire du Projet X-FEL

Journées Accélérateurs – Roscoff 2015

Introduction

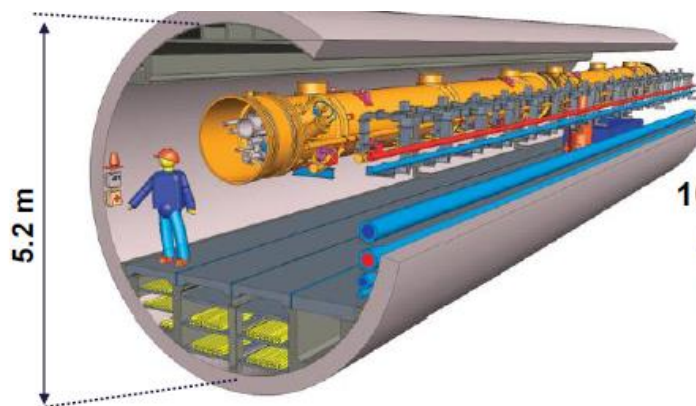
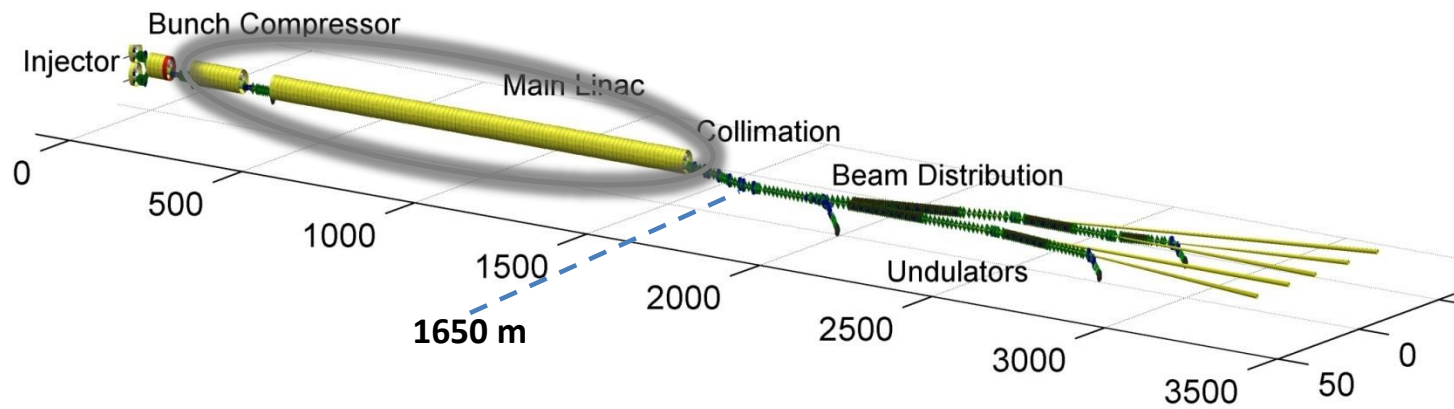
- ❑ Description des Cryomodules X-FEL
- ❑ Infrastructures et Moyens de production
- ❑ Les Etapes d'Intégration
- ❑ Les Missions d'ALSYOM

Description des Cryomodules X-FEL

Description des Cryomodules X-FEL

Projet X-FEL

□ L'Accélérateur X-FEL



101 cryomodules in total

84 in the main linac

12 between two bunch compressors

4 between injector and BC1

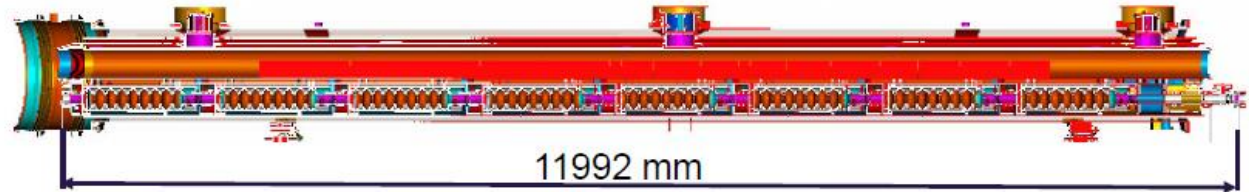
1 in the injector

Projet X-FEL

□ Constituants Principaux de l'Accélérateur X-FEL



101 Cryomodules



11992 mm

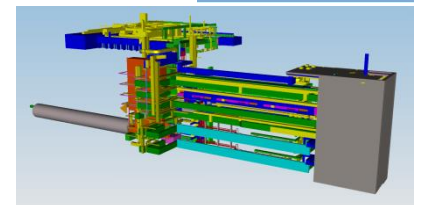
7 tonnes



**25 stations RF
de 5,25 MW**

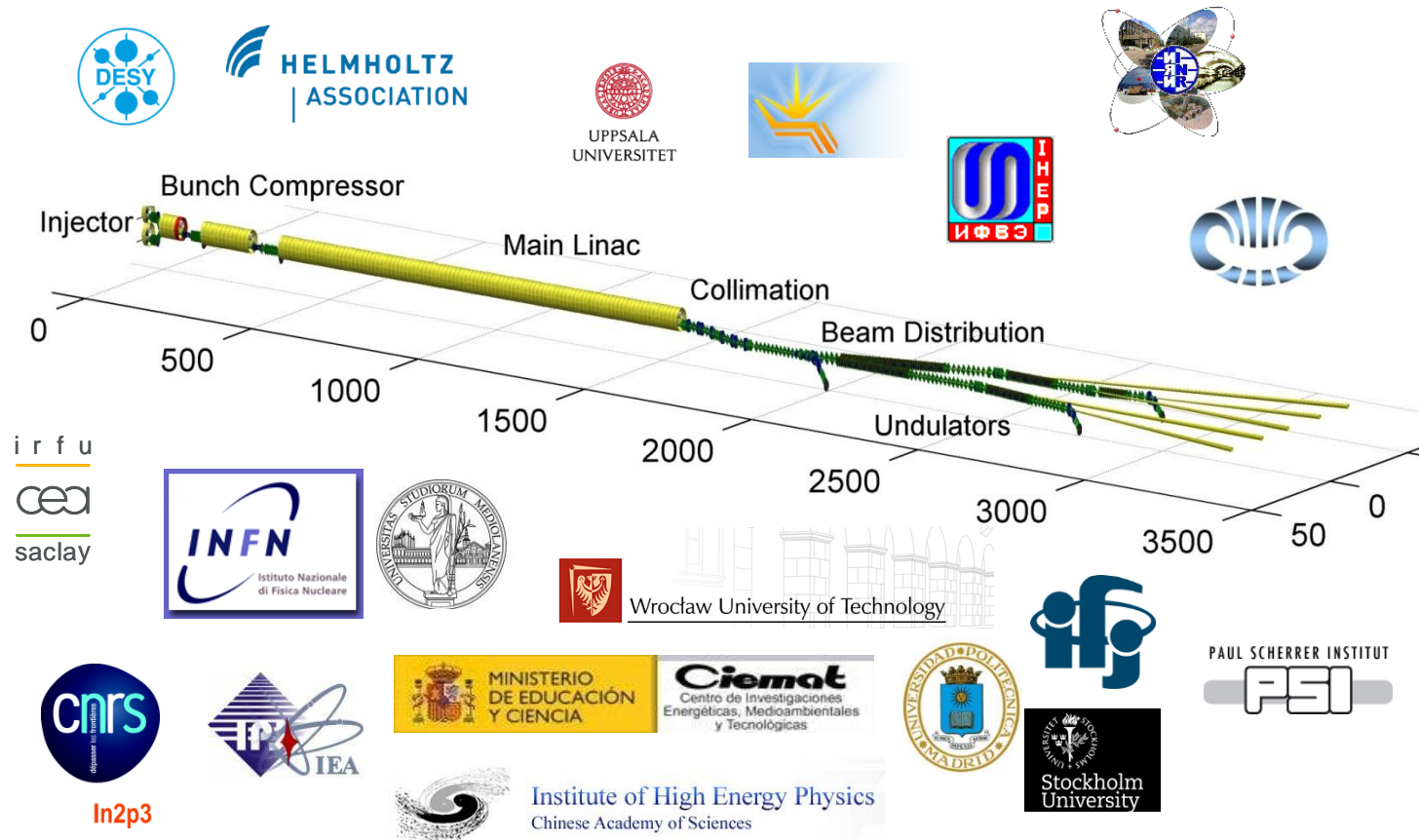


808 cavités accélératrices (9 cellules)



Projet X-FEL

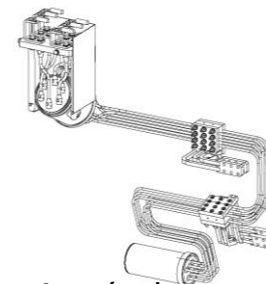
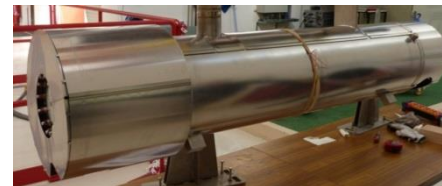
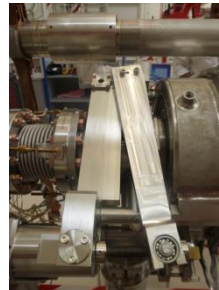
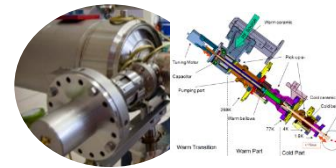
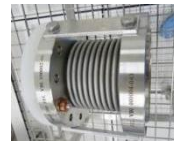
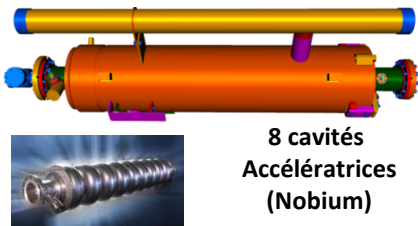
- Instituts impliqués dans la réalisation de l'Accélérateur X-FEL



Le Produit

Principaux composants du Cryomodule X-FEL

496 types de pièces montées

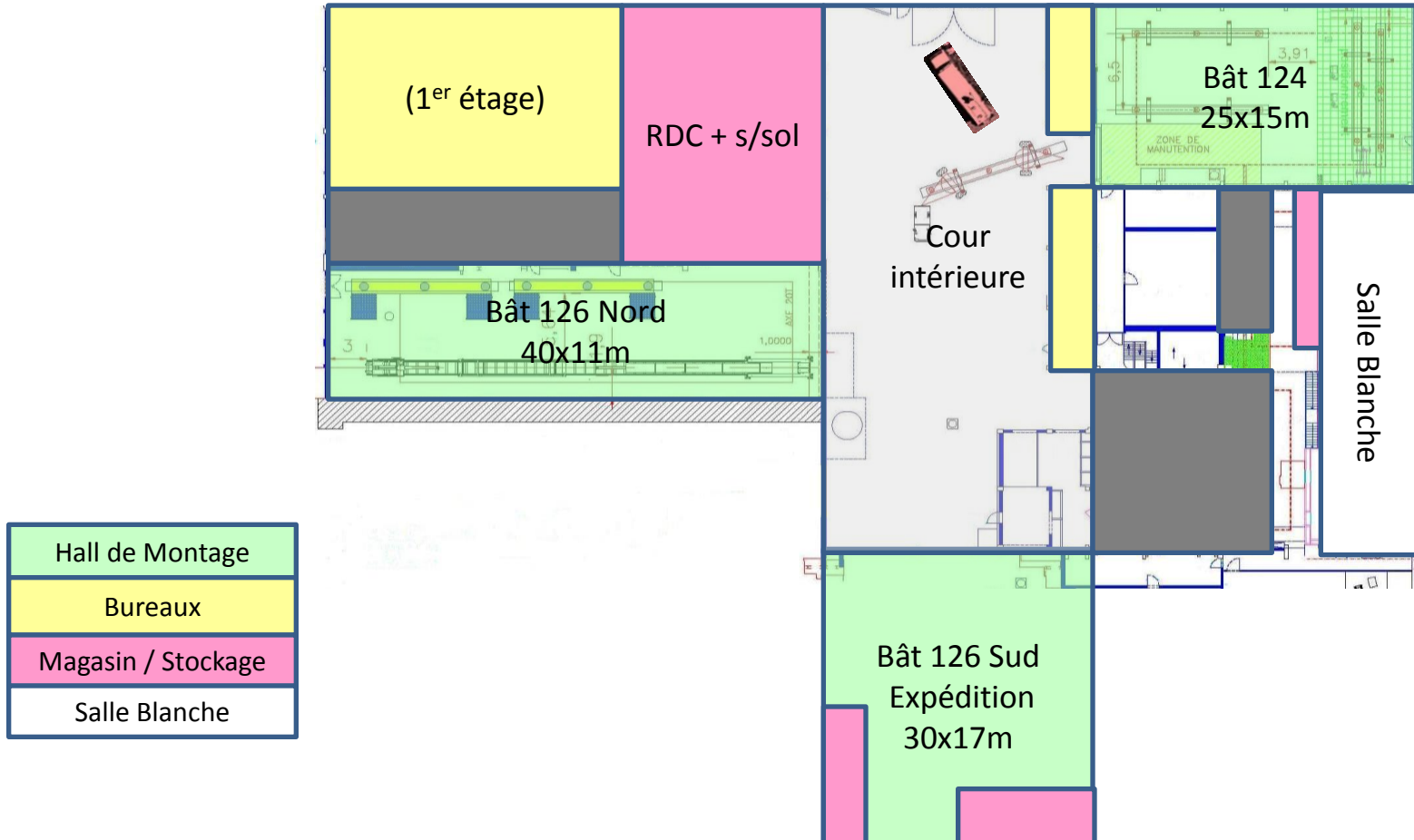


INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

Infrastructures et Moyens de Production

INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

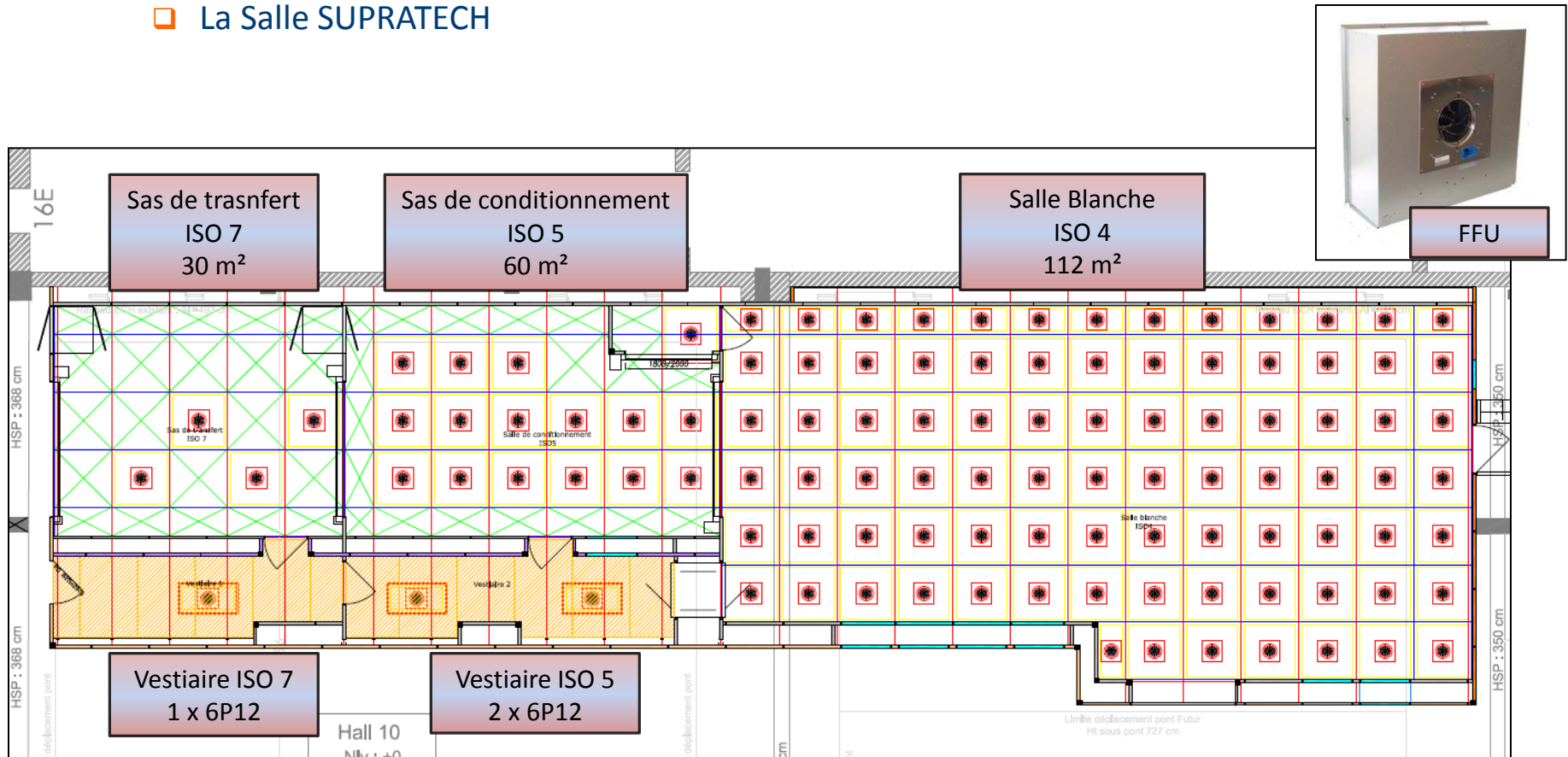
□ Environnement / Infrastructures



Hall de Montage
Bureaux
Magasin / Stockage
Salle Blanche

INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

La Salle SUPRATECH



INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

Machine de lavage BELIMED



Hall → Salle blanche ISO 4

- Entrée des cavités
- Entrées des outillages

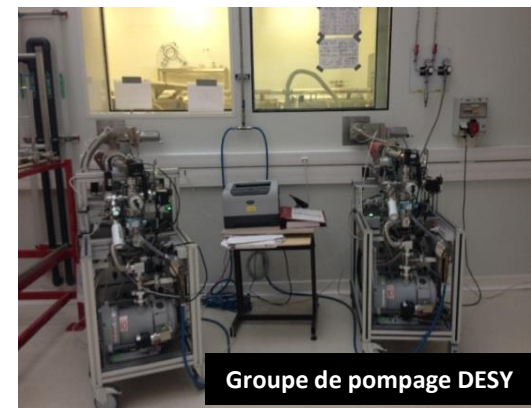


INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

□ La Salle Blanche



- 2 postes d'assemblage des coupleurs (partie froide) + Outillage spécifique
- 2 rails d'assemblage du train de cavités
3 jeux de 16 poteaux supports de cavités
- 6 Compteurs volumiques de particules
- 5 GDP /spectromètres de masses DESY
- 3 GDP 40-30 en sous-sol + pompes turbo
- Alimentation en fluides : Azote, Eau, Air comprimé



INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

□ Hall d'assemblage Bât 124

▪ Poste *Roll Out*



- 2 rails de montage → 2 postes
- Outillages de découpe de tube
- 2 postes à souder AMI + têtes orbitales \varnothing 76mm
- 1 Banc de test RF
- 1 GDP et 1 détecteur de fuite AGILENT
- Multimètre (test électrique sondes de T° + piezos)
- 8 poteaux support de palonnier + masse froide
- 1 pont roulant + palonnier
- Alimentation en fluides (Azote + Air comprimé)



INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

- Hall d'assemblage Bât 124
 - Poste **Alignement**



- 2 postes à souder AMI + têtes orbitales \varnothing 8mm
- 1 poste à souder TIG FRONIUS
- Laser Trackers LEICA AT401 et AT901
- 1 Banc de test RF
- 1 Banc de test Moteurs
- Multimètre (test électrique sondes de T° + piezos)
- 1 testeur d'isolement
- 1 remorque de transfert



INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

- Hall d'assemblage Bât 126
 - Poste **Enfourneur (Cantilever)**



- 1 enfourneur
- 1 pont roulant + palonnier
- 1 poste à souder TIG FRONIUS
- 1 Banc de test RF
- 1 multimètre (test électrique sondes de T° + piezos)

INFRASTRUCTURES & MOYENS DE PRODUCTION

□ Hall d'assemblage Bât 126

▪ Postes *Coupleurs Chauds*



- 3 Flux laminaires ISO 5
- 1 détecteur de fuite AGILENT
- 1 poste à souder TIG FRONIUS
- 1 GDP /spectromètres de masses DESY
- 1 GDP et 1 détecteur de fuite AGILENT
- Multimètre (test électrique sondes de T° + piezos)
- 1 testeur d'isolement
- 1 pont roulant + palonnier



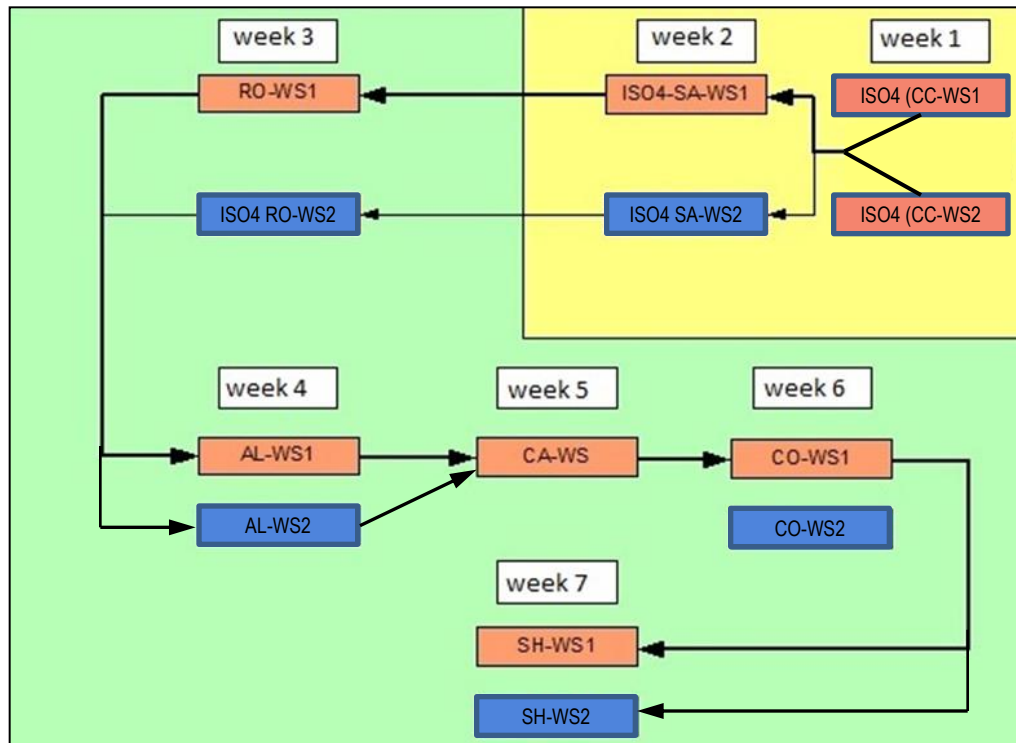
LES ETAPES D'INTEGRATION

Les étapes d'intégration du cryomodules

LES ETAPES D'INTEGRATION

□ Séquences d'assemblage

→ 7 Stations de travail



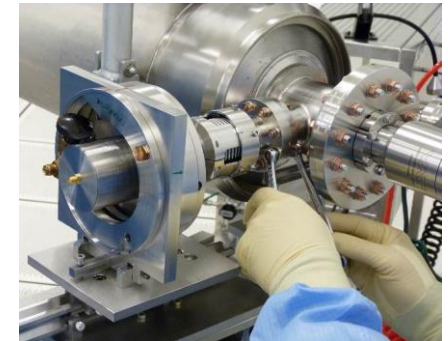
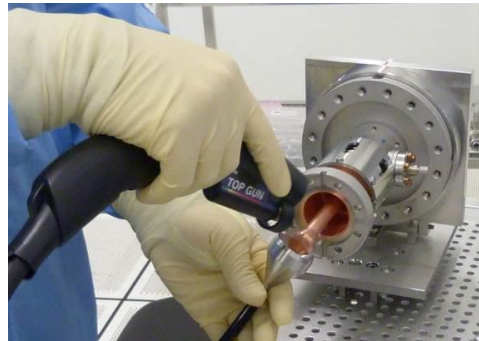
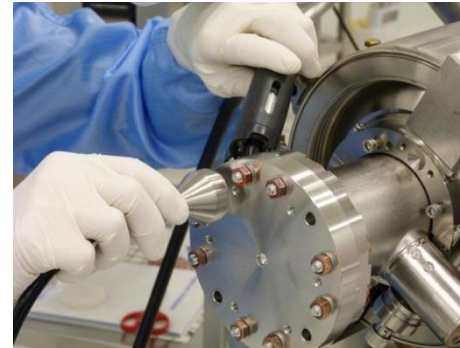
Salle Blanche

Halls d'assemblage

LES ETAPES D'INTEGRATION

1- Cold Coupler Area – (ISO4-CC-WS)

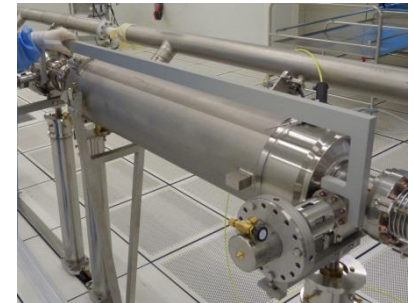
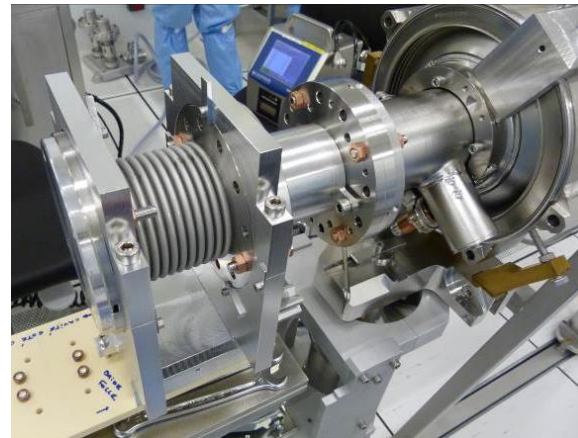
- Connexion des composants aux GDP DESY
- Test d'étanchéité des connexions
- Remise à la Pression atmosphérique (PA)
- Nettoyage des brides / Comptage particulaire
- Montage du coupleur froid sur la cavité
- Montage Gate Valve sur cavité (Pos 1)
- Test étanchéité / RGA du montage
- Remise à la PA



LES ETAPES D'INTEGRATION

2- String Assembly Area – (ISO4-SA-WS1, ISO4-SA-WS2)

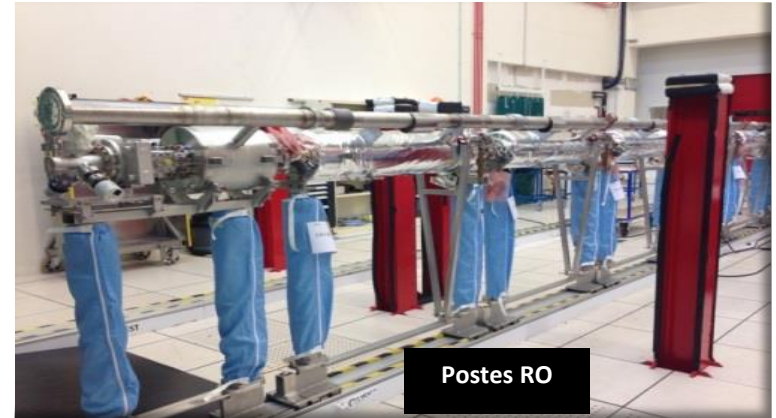
- Positionnement des cavités sur les poteaux
- Réglage d'alignement des cavités entre elles
- Connection des 8 cavités + soufflets + 1 Qpole
- Mise en pompage du train
- Test étanchéité du train + RGA (Residual Gas Analysis)
- Remise à la PA et réglage de la distance inter-cavités



LES ETAPES D'INTEGRATION

3- Roll Out Area – (RO-WS1, RO-WS2)

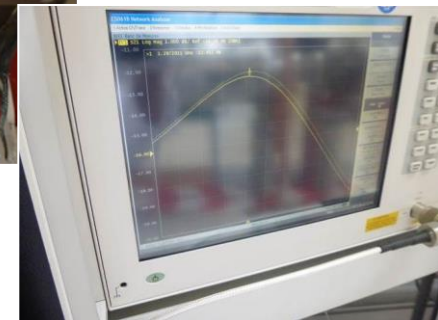
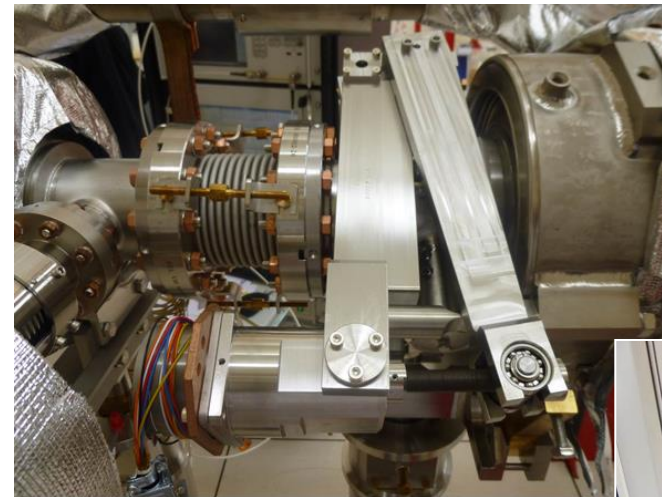
- Soudage soufflets Titane sur tube 2 Phases + tests (VT, LT, PT, RT)
- Sondes de T°, Blindages magnétiques, Coquilles 4K et 70K
- Thermalisation
- Montage de systèmes d'accord + moteurs + contrôles RF



LES ETAPES D'INTEGRATION

3- Roll Out Area – (RO-WS1, RO-WS2)

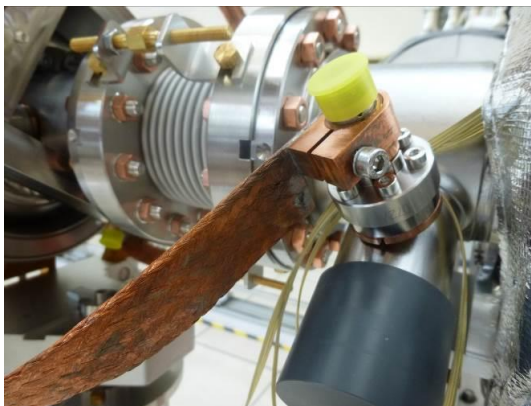
- Soudage soufflets Titane sur tube 2 Phases + tests (VT, LT, PT, RT)
- Sondes de T°, Blindages magnétiques, Coquilles 4K et 70K
- Pose de manteau isolants
- Montage des systèmes d'accord + moteurs + contrôles RF



LES ETAPES D'INTEGRATION

3- Roll Out Area – (RO-WS1, RO-WS2)

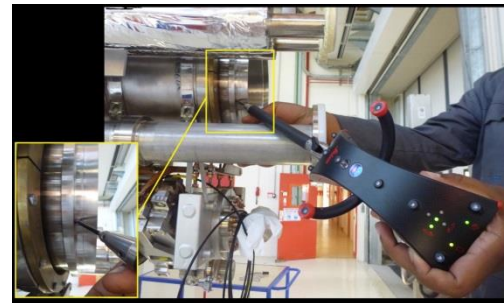
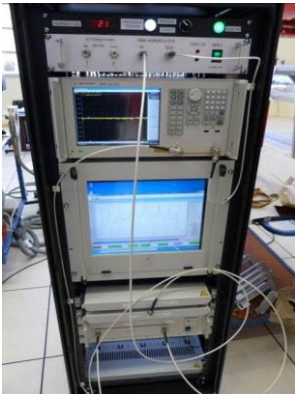
- Montage des tresses de thermalisation
- Positionnement et accrochage masse froide



LES ETAPES D'INTEGRATION

4- Alignment Area – (AL-WS1, AL-WS2)

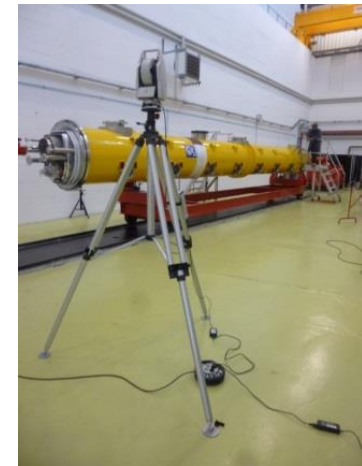
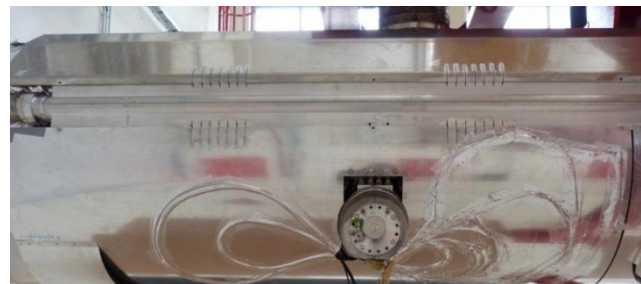
- Réglage Alignement cavités & Qpole ($\sim 100\mu\text{m}$)
- Soudage tube 8mm + tests (VT, LT, PT)
- Test électriques (sondes de T° , piezos)
- Test des moteurs
- Connection et test des amenées de courant
- Connexion des tresses de thermalisation
- Connexion des câbles RF et réglage HOM
- Montage des blindages magnétiques (suite)
- Thermalisation des câbles sur les blindages



LES ETAPES D'INTEGRATION

5- Cantilever Area – (CA-WS)

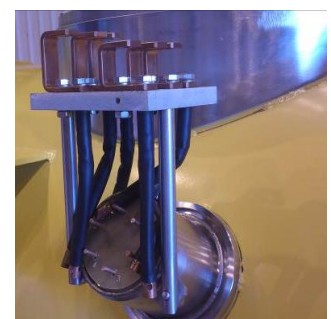
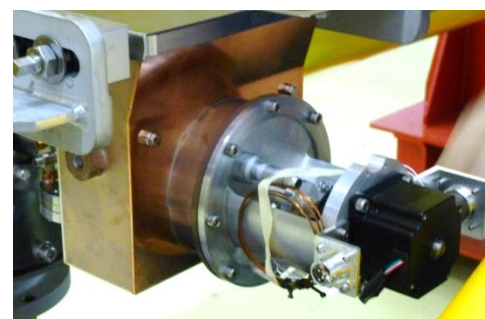
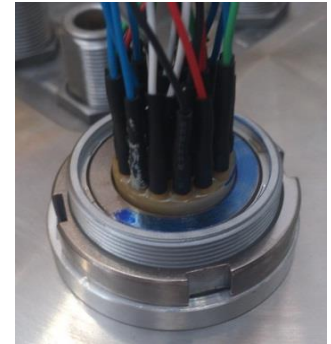
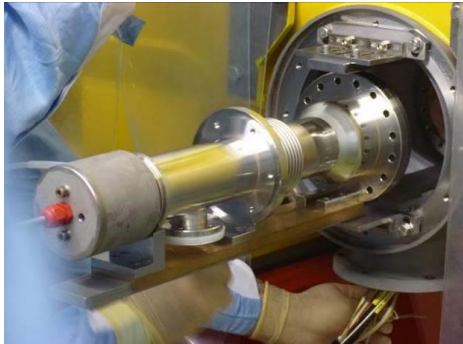
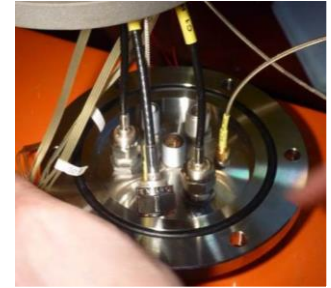
- Positionnement sur l'enfourneur
- Soudage écrans thermiques 4K et 70K
- Pose des manteaux isolants 4K et 70K
- Positionnement et thermalisation des câbles
- Enfournement et accrochage dans l'enceinte à vide
- Alignement Train de cavités / Enceinte à vide



LES ETAPES D'INTEGRATION

6- Coupleur Area – (C0-WS1, CO-WS2)

- Montage coupleurs (partie chaude) + test (LT)
- Montage de la ligne de pompage des coupleurs + test (LT)
- Cablage des 8 brides A (sondes) et brides D (moteurs)
- Soudage de l'amenée de courant à l'enceinte + test (LT)
- Connexion de l'amenée de courant + tests électriques
- Pompage du train de cavités + test final (LT & RGA)



LES ETAPES D'INTEGRATION

7- Shipment Area – (SH-WS1, SH-WS2)

- Contrôles RF, contrôles Moteurs (test final)
- Pose des bouchons (End caps) + pompages + Remise à la PA (N2)
- Connexion des boitiers de mesures pour transport
- Fixation du cryomodule au chassis de transport

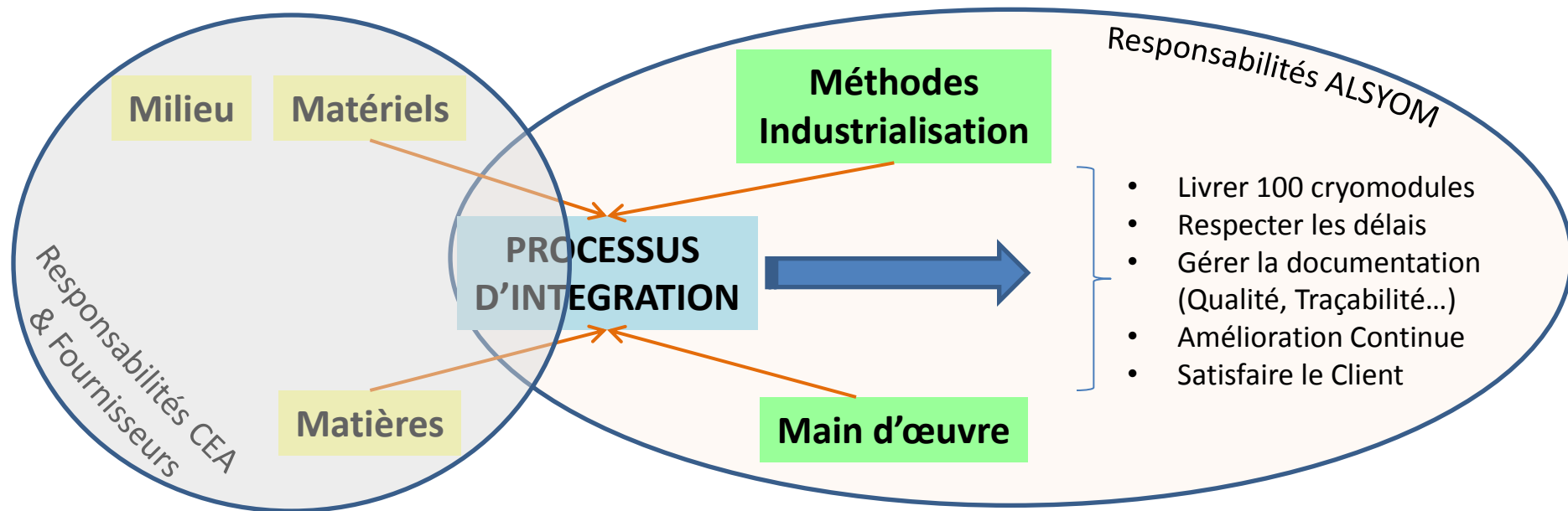


LA MISSION D'ALSYOM

La Mission d'ALSYOM

LA MISSION D'ALSYOM

- Champs d'expertise et de responsabilités :



LA MISSION D'ALSYOM

ORGANISATION

Effectifs : 33 personnes

- ***Chef de Projet***

- ***Atelier :***
 - 1 Chef d'Atelier
 - 16 Opérateurs Monteurs
 - 2 Soudeurs
 - 2 Techniciens Géomètres
 - 2 Techniciens en Techniques du vide (Certification COFREND 2 LT + COFREND 2 RT)
 - 1 Technicien RF
 - 1 Pontier

- ***Logistique :***
 - 1 Gestionnaire de production
 - 1 Magasinier

- ***Coordination en soudage (Prestation SEIV) :***
 - 1 coordonnateur Responsable
 - 1 coordonnateur Suppléant

- ***Management Qualité :***
 - 1 Responsable Qualité
 - 2 Techniciens Qualité Production
 - 1 Agent Qualité - Contrôle réception
 - 1 Technicien Qualité - Gestion documentaire

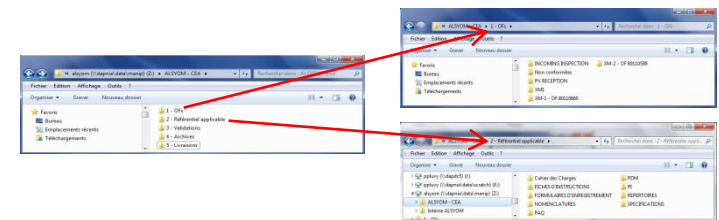
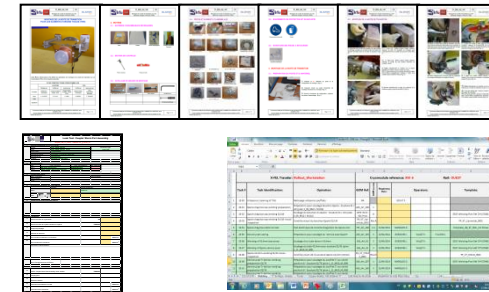
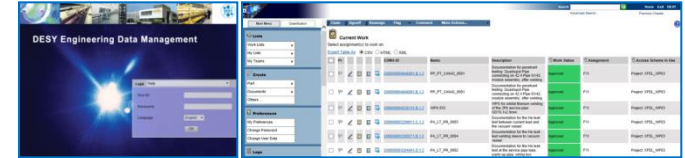
LA MISSION D'ALSYOM

□ Gestion documentaire

- Base de données DESY (EDMS)
 - Nomenclature, Plans, Configuration Produit
 - Rapports de non-conformités

- Documents de Fabrication et Contrôles (DFC)
 - ~ 145 procédures
 - ~ 75 formulaires d'enregistrements

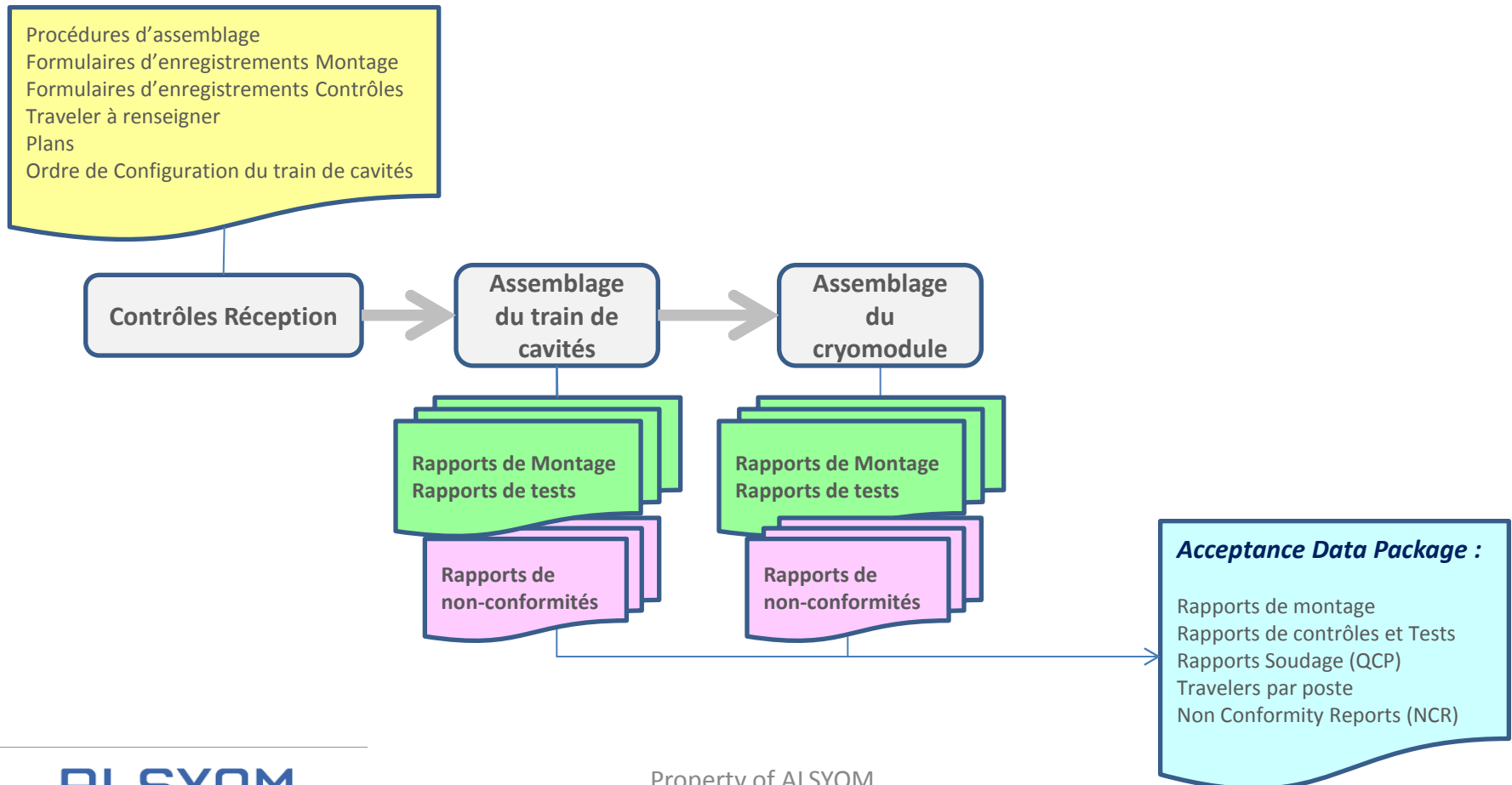
- Gestion informatique des documents
 - Accessibilité en temps réel par le Client.



LA MISSION D'ALSYOM

□ Gestion documentaire

▪ Acceptance Data Package (ADP)



LA MISSION D'ALSYOM

LES ACTIONS D'AMELIORAATION

LES ACTIONS D'AMELIORATION

□ Planning

- Pré-series → 3 cryomodules
 - XM-3 : observation
 - XM-2 and XM-1 : Formation du personnel ALSYOM par le CEA

- Production de la série par ALSYOM → 100 cryomodules
 - Cryomodules XM1 à XM100
 - Objectif initial : Mise à disposition de **1 CM / Semaine**

- Montée en cadence inférieure à l'objectif
 - Problème de fiabilité du processus de soudage des tubes Titane
 - Non conformité de certains composants /
 - Organisation

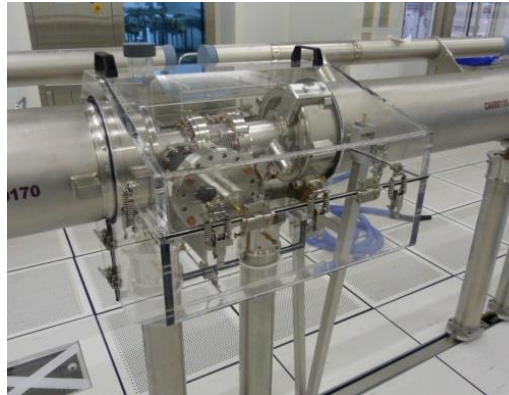
- Fermeture du tunnel à DESY : 30/06/2016
Mise à disposition XM100 : 30/04/2016

- ➔ Revue de l'objectif en Septembre 2014 : cycle de **1 CM / 4 jours**

▣ Actions

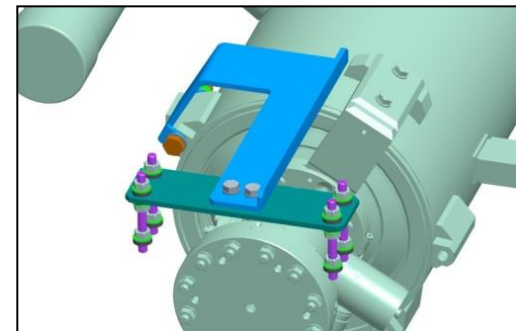
➔ Reduire les temps non productifs (sans valeur ajoutée)

- Modification du processus Salle blanche
- Chaussettes de protection des poteaux
- Coque pour test d'étanchéité



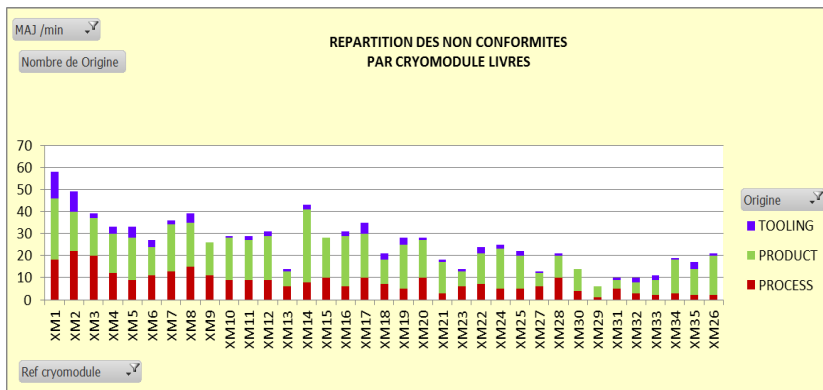
➔ Equilibrer la charge entre les postes (éviter les Bottle neck)

- Montage GV en poste CC vs SA + outillage spécifique
- Favoriser les temps de pompage la nuit en CC et SA



Actions

- ➔ Anticiper la détection des non conformités composants : **Matrice Auto Qualité**
- Renforcement des contrôles des composants en réception



Nombre de FAQ	Lieu d'origine de la NC								Total général	
	FOUR	REC	SUP	SA	RO	AL	CA	CO		SH
REC	47	3								50
CC	15									15
SA	17			3						20
RO	23	1			17					41
AL	1					8				9
CA	6		1			2	2			11
CO	47							3		50
SH	6								1	7
CEA	21	1	2	2	13	9	5	6		59
Total général	183	5	3	5	30	19	7	9	1	262
		60%	0%	60%	57%	42%	29%	33%	100%	36%
										TAQ

- ➔ Réorganiser les ressources
- ➔ Réorganiser les temps de montage / manutention

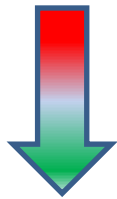
LA MISSION D'ALSYOM

□ Gestion des flux

→ 3 Types de flux

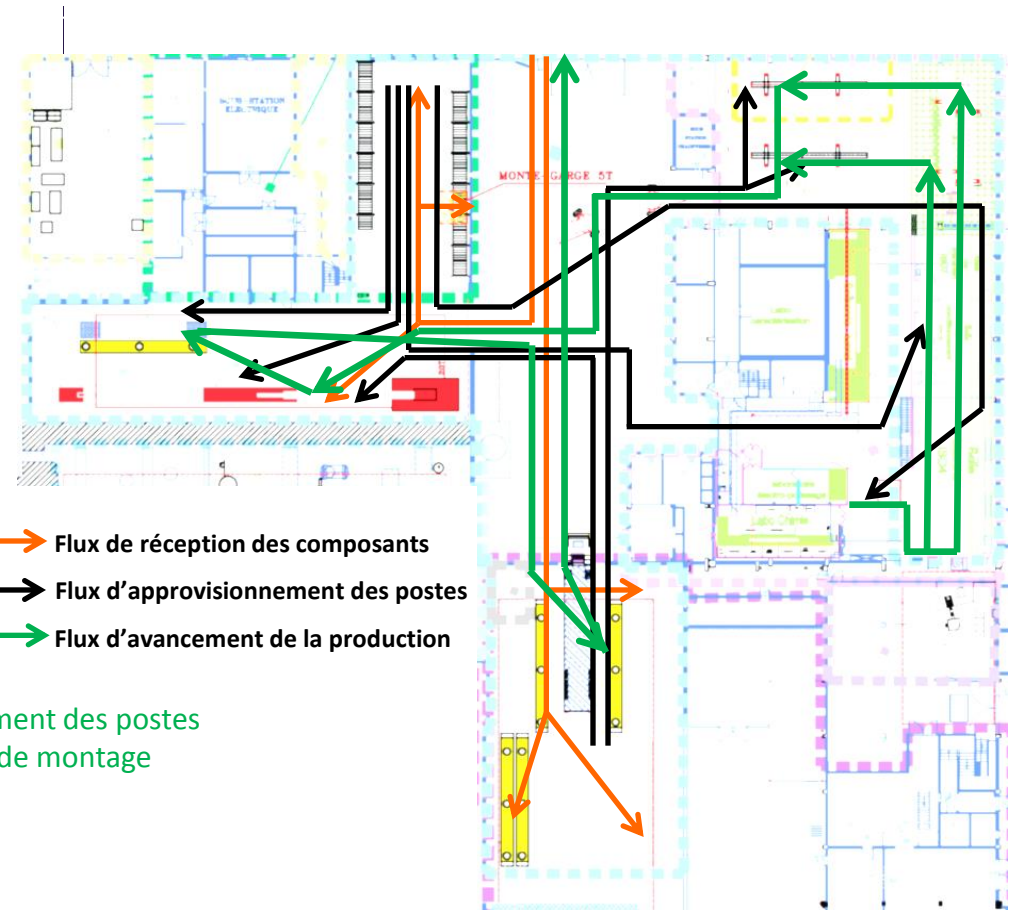
PROBLEMES RENCONTRES

- Sens des flux inverses
- Disponibilité des moyens de manutention
- Surface de stockage limitée
- Co-activité



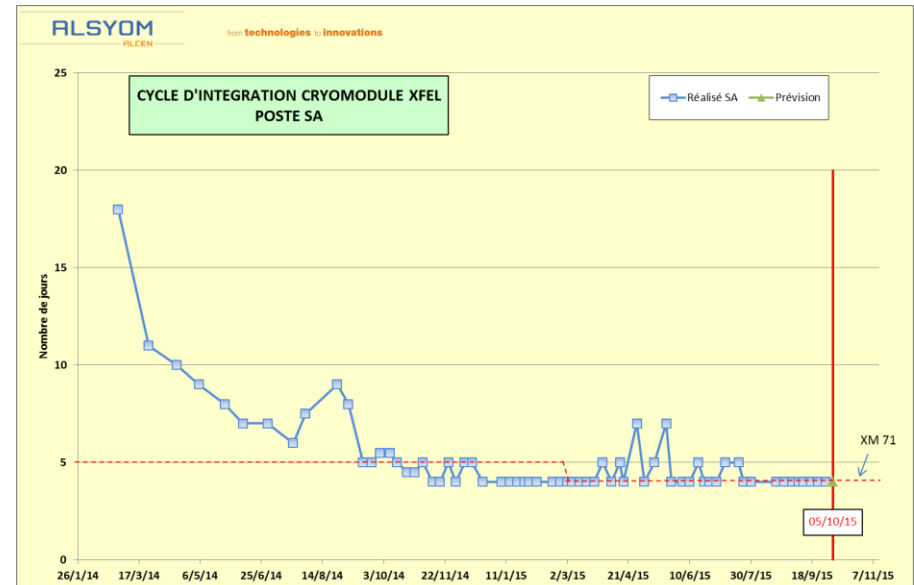
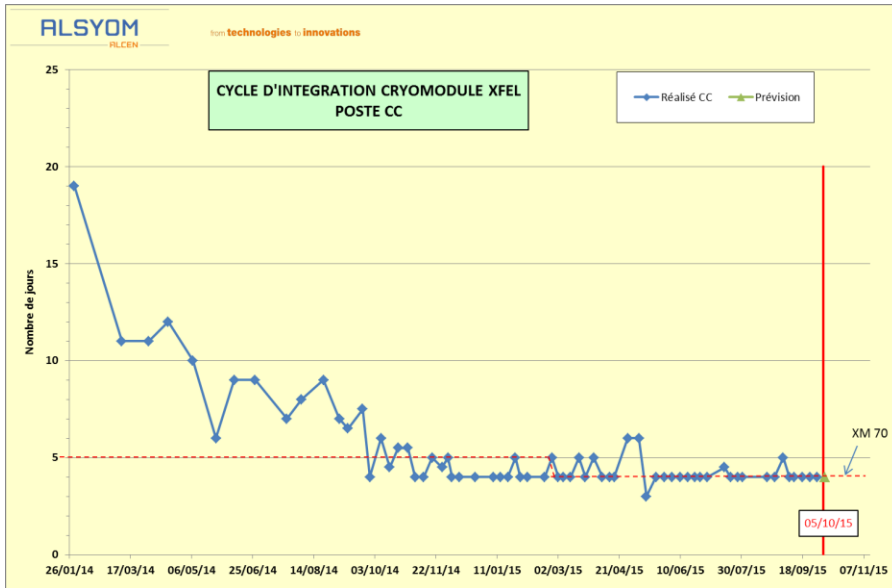
SOLUTIONS

- Ressources spécifiques Manutention et Approvisionnement des postes
- Déconnecter les opérations de manutentions de celles de montage
 - Montage en horaire 7h15 – 14h40
 - Manutention en horaire décalé : 11h40 -19h00
- Approvisionnement des postes après 14h40
- Réorganisation des zones de stockage
- Refonte des séquences de montage.



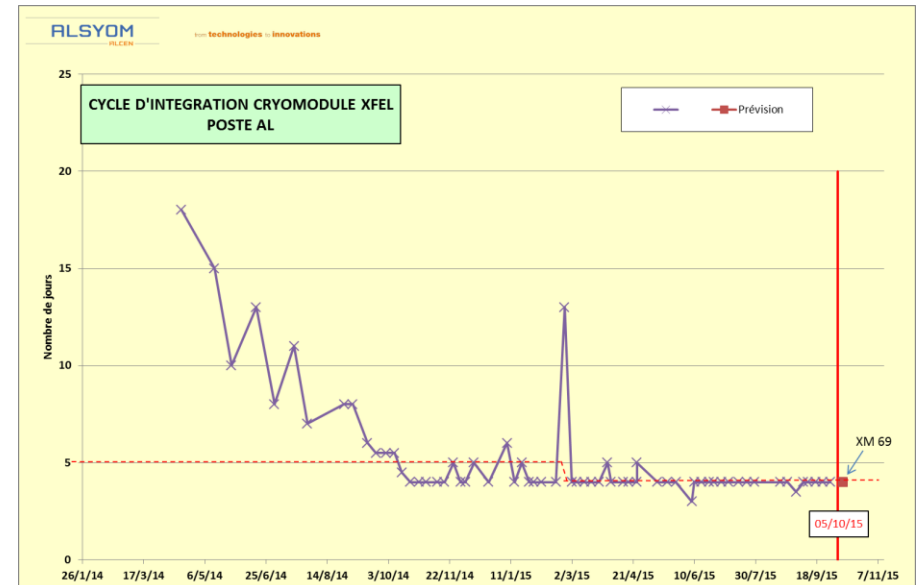
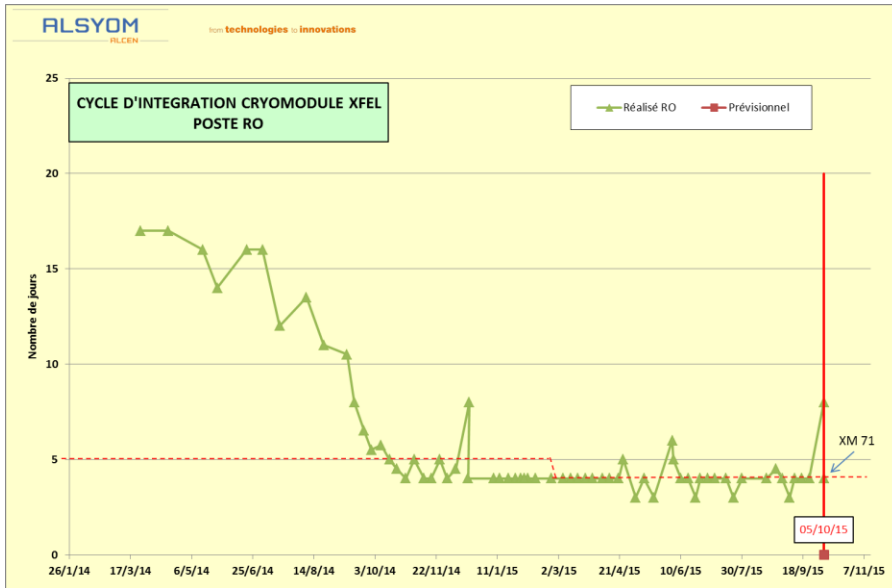
LA MISSION D'ALSYOM

Les cycles de production par poste



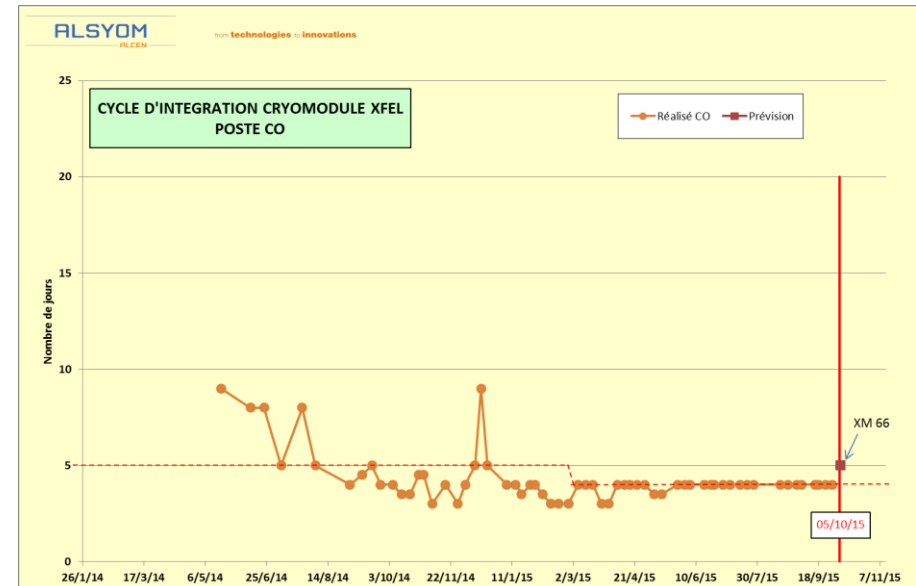
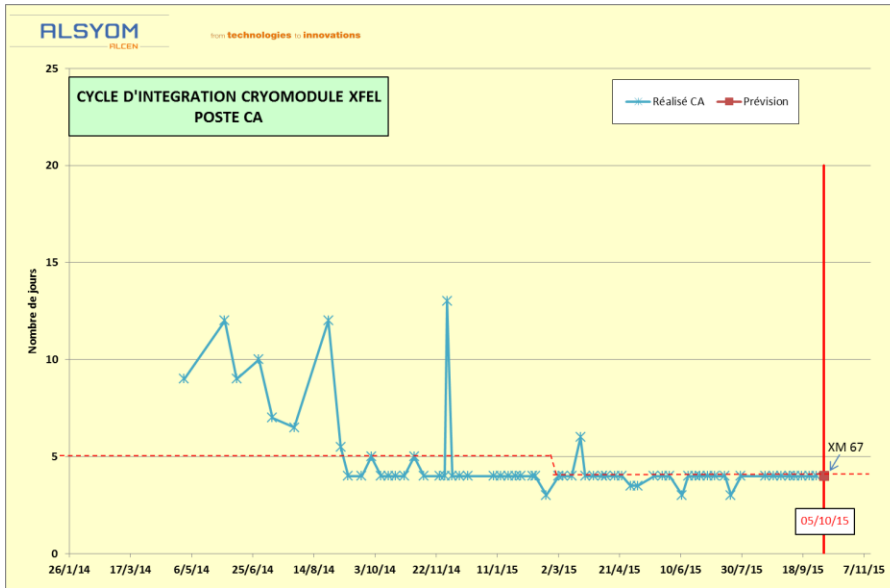
LA MISSION D'ALSYOM

Les cycles de production par poste



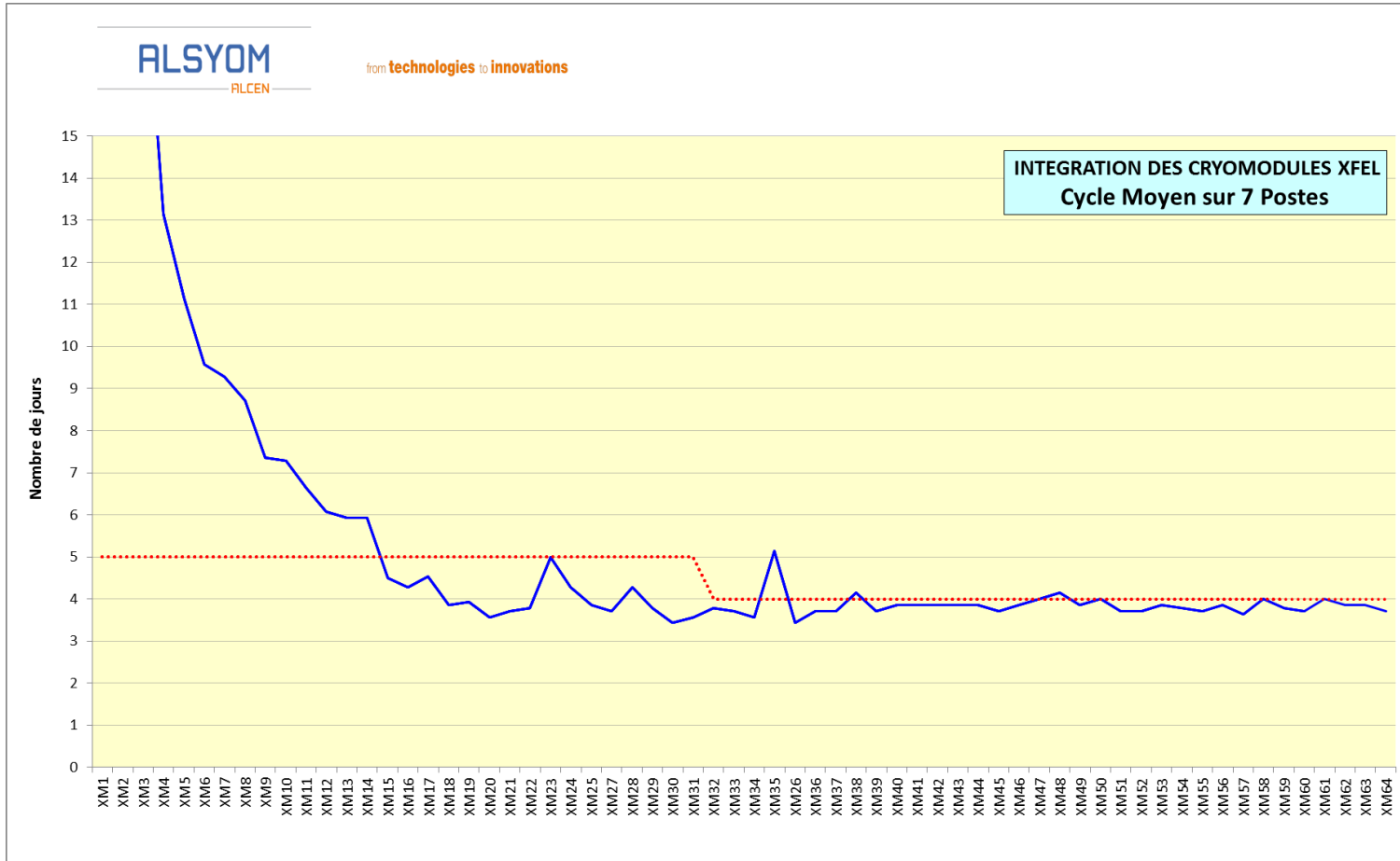
LA MISSION D'ALSYOM

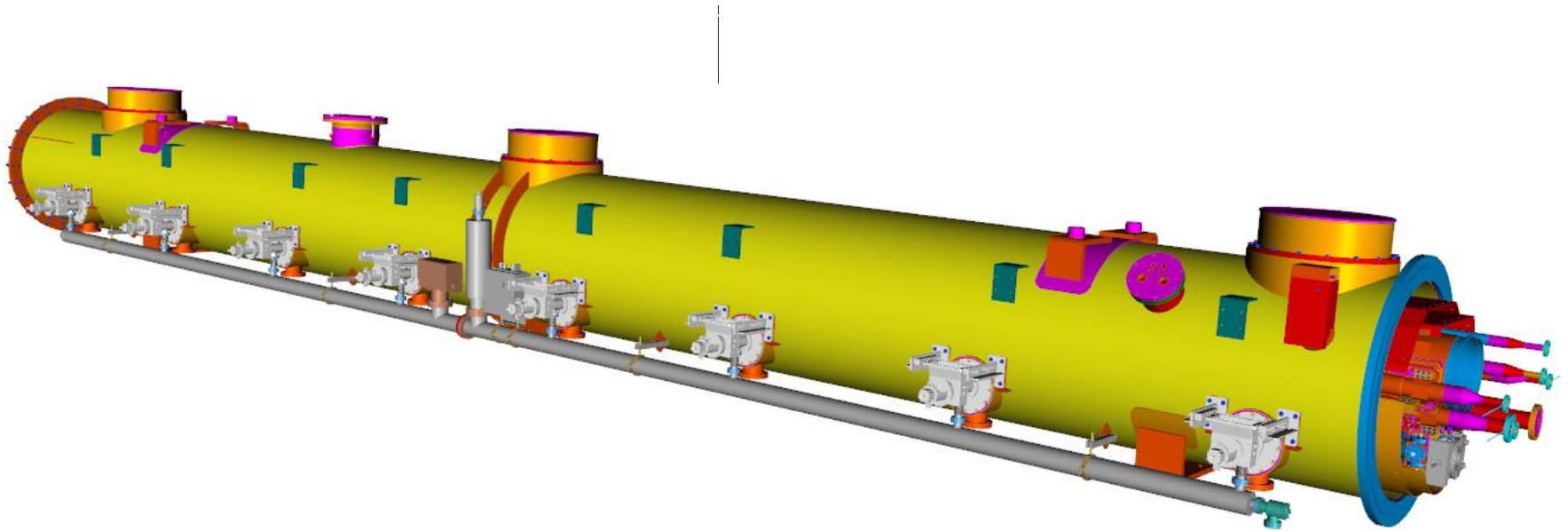
Les cycles de production par poste



LA MISSION D'ALSYOM

□ CYCLE MOYEN DE MISE A DISPOSITION :





MERCI !